

Karar Biliminde Nicel Yaklaşımlar: Kuram, Yöntem ve Modelleme

Editör
ENGİN KARAKIŞ



BİDGE Yayınları

**Karar Biliminde Nicel Yaklaşımlar: Kuram, Yöntem ve
Modelleme**

Editör: ENGİN KARAKIŞ

ISBN: 978-625-372-968-4

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-12-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Nicel karar yöntemleri, günümüzde karmaşıklaşan yapıların anlaşılabilir olarak modellenmesi, çok boyutlu problemlerin sistematik biçimde çözülmesi ve belirsizlik altında rasyonel kararlar verilmesi için vazgeçilmezdir. Disiplinler arası araştırma yaklaşımlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, istatistik, yöneylem araştırması, veri bilimi ve yapay zekâ temelli yöntemler; sosyal bilimlerden mühendisliğe, çevre çalışmalarından iktisada kadar geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Bu bağlamda nicel karar yöntemleri, yalnızca teknik araçlar olmanın ötesine geçerek bilimsel düşünmenin temel araçlarından biri hâline gelmiştir.

Bu editöryal kitap, nicel karar yöntemlerinin hem teorik temellerini hem de güncel uygulama alanlarını bir araya getiren özgün ve bütüncül bir perspektif sunmayı amaçlamaktadır. Kitapta yer alan çalışmalar, analitik tutarlılığı esas alan ve güncel bilimsel tartışmalara katkı sunan yaklaşımlar çerçevesinde ele alınmıştır. Ele alınan konular; karar verme süreçlerinde nesnelliğin güçlendirilmesi ve veri temelli analizlerin yaygınlaşmasına yönelik katkılar sunacaktır.

Bu eser, araştırmacıları eleştirel düşünmeye, yöntemler arası karşılaştırmalar yapmaya ve yeni modelleme yaklaşımları geliştirmeye teşvik eden bir kaynak olmayı hedeflemektedir. Kitap nicel karar verme alanında çalışan akademisyenler, lisansüstü öğrenciler ve uygulayıcılar için yararlı bir başvuru eseri niteliği taşımaktadır. Editöryal sürece katkı sunan tüm yazarların bilimsel titizliği ve özgün yaklaşımları, bu kitabın akademik değerini güçlendirmiştir. Bu çalışmanın, nicel karar yöntemleri literatürüne kalıcı bir katkı sağlaması ve yeni araştırmalara ilham vermesi temennimizdir.

Doç. Dr. Engin KARAKIŞ
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

POLİNOM TABANLI ÇKKV YÖNTEMLERİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ	1
---	---

YADİGAR POLAT

OBJEKTİF KRİTER AĞIRLIKLANDIRMA YAKLAŞIMLARININ METODOLOJİK ANALİZİ: CRITIC, ENTROPİ, MEREC VE STANDART SAPMA YÖNTEMLERİ	50
--	----

ENGİN KARAKIŞ

İstatistiksel Tahmin Yöntemlerinden Optimal Ölçeklemeye: Dalgalı En Küçük Kareler Algoritması Analizi	69
--	----

ENGİN KARAMAN

ANALYZING DETERMINANTS OF PER CAPITA CARBON EMISSIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF SYMBOLIC REGRESSION FOR INTERNATIONAL COLLABORATIVE COMMUNITIES	101
--	-----

VOLKAN ETEMAN

INVESTIGATION OF SELLER BEHAVIORS IN THE USED ELECTRIC VEHICLE MARKET	135
--	-----

ENES FİLİZ

ÖĞRENCİLERİN EĞİTİM HAYATINDAKİ BAŞARILARINI ETKİLEYEN KRİTERLERİN İSTATİSTİKİ ANALİZLERLE İNCELENMESİ	159
--	-----

EMRE EKİN, ZEYNEP TUANA ERKUL

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI: AHP İLE BİR UYGULAMA	184
--	-----

RAHİM ARSLAN, SAİT BARDAKÇI

TÜRKİYE’DE KAYIT DIŞI EKONOMİNİN BÜYÜK DÖNÜŞÜMÜ: SOKAK SATICISINDAN DİJİTAL İŞÇİYE ÇOK YÖNLÜ ANALİZ (1995-2025)	208
---	-----

BARIŞ AKSU

HİBRİT ÇALIŞMALARDA EKRANLI ARAÇ ERGONOMİSİ VE PERFORMANS ALGISI KARŞILAŞTIRMASI	248
---	-----

İNCİ BATIR, METİN BAYRAM

EVLENME VE BOŞANMA TRENDLERİ BAĞLAMINDA TÜRKİYE’DE AİLE KURUMUNUN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ	269
--	-----

BAYRAM TOPAL

BÖLÜM 1

POLİNOM TABANLI ÇKKV YÖNTEMLERİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

YADİGAR POLAT¹

Giriş

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, birden fazla kriterin eşzamanlı olarak değerlendirilmesini sağlayan sistematik bir yapı sunduğu için mühendislikten çevresel bilimlere kadar birçok alanda yaygın biçimde kullanılmaktadır (Hwang & Yoon, 1981; Zavadskas & Turskis, 2011; Belton & Stewart, 2012; Chakraborty & Majumder, 2019; Chen, 2000; Choudhury, 2020; Triantaphyllou, 2000; Kumar et al., 2021; Das & Chakraborty, 2024; Hashem et al., 2025). Bununla birlikte, karar verme problemlerinin giderek karmaşık hâle gelmesi, kriterler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin açıklanmasını gerektirmekte ve bu durum daha gelişmiş matematiksel modellere duyulan ihtiyacı artırmaktadır (Hadjmohammadi & Safa, 2004; Fan et al., 2023; Regalado-Méndez et al., 2024). Bu bağlamda polinom tabanlı karar verme yaklaşımları, özellikle doğrusal olmayan veri yapılarının modellenmesi, regresyon tabanlı tahmin mekanizmalarının geliştirilmesi ve optimizasyon

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Orcid: 0000-0001-5603-2149

süreçleri ile yüksek uyum sağlamaları nedeniyle literatürde önemli bir konuma yerleşmiştir (Hadjmohammadi & Nazari, 2013; Jafari-Raddani et al., 2024; Sethuramalingam et al., 2024). Polinom modellerinin hibrit MCDM yöntemleriyle birlikte kullanıldığı araştırmaların artması, bu yaklaşımın hem tahmin performansını hem de karar verme doğruluğunu artırdığına işaret etmektedir (Bano et al., 2024; Rezasefat et al., 2023).

Son yıllarda yayımlanan çalışmalar, polinom regresyon ile Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çeşitli hibrit modellerin giderek daha fazla benimsendiğini göstermektedir. Örneğin Das ve Chakraborty (2024), sürtünme karıştırma kaynağı (FSW) sürecinin parametre optimizasyonunda parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) ile MCDM yaklaşımlarını birleştirmiş ve bu hibrit yapıyı polinom regresyon modelleriyle entegre ederek önemli performans iyileşmeleri elde etmiştir. Benzer şekilde Regalado-Méndez et al. (2024), elektro-oksidasyon süreçlerinde reaksiyon verimliliğini artırmak amacıyla üçüncü dereceden polinom modeller ile çok kriterli optimizasyonu birlikte kullanmış ve veri odaklı polinom modelleme yaklaşımının kimyasal proseslerde yüksek doğruluk sağladığını göstermiştir.

Polinom tabanlı modellerin uygulama alanları mühendislikle sınırlı değildir; sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve talep tahminleme gibi yönetim bilimi alanlarında da etkili sonuçlar sunduğu görülmektedir. Jafari-Raddani et al. (2024), sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisi problemleri için geliştirdikleri hibrit ÇKKV modelinde talep tahminini polinom regresyon tabanlı bir yapı ile gerçekleştirmiştir. Enerji mühendisliği alanında ise Chakraborty ve Majumder (2019), dalga enerjisi dönüştürücülerinin performans izlenmesinde polinom kontrol yapıları ile ÇKKV tekniklerini bütünleştirerek model doğruluğunu artırmıştır.

Literatür incelendiğinde, polinom yaklaşımının çevresel sürdürülebilirlik, patent analitiği ve veri odaklı optimizasyon

bağlamında da yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Fan et al. (2023), patent rekabetçiliği değerlendirmesinde polinom tabanlı eğri modellerini makine öğrenmesi algoritmalarıyla entegre ederek gelişmiş bir MCDM yöntemi geliştirmiştir. Malzeme mühendisliğinde Rezasefat et al. (2023), kompozit yapıların düşük hızlı darbe davranışını hem polinom modellemeler hem de çok kriterli değerlendirme teknikleri kullanarak incelemiştir. Literatür incelemeleri, polinom regresyon modellerinin hibrit ÇKKV yöntemleriyle giderek daha fazla bütünleştirildiğini ve optimizasyon süreçlerinde belirgin performans artışları sağladığını göstermektedir. Örneğin FSW süreç optimizasyonunda polinom tabanlı MCDM–PSO yapılarının kullanılması dikkate değer sonuçlar üretmiştir (Bourguignon et al., 2015; Das & Chakraborty, 2024). Benzer biçimde kimyasal proseslerin ve elektro-oksidasyonun modellenmesinde üçüncü dereceden polinom yapılarının çok kriterli optimizasyonla birlikte etkili bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Regalado-Méndez et al., 2024). Çevresel modellemede, enerji verimliliği ve çevresel sistem performansının izlenmesinde polinom tabanlı kontrol modelleri ile MCDM tekniklerinin başarıyla entegre edildiği çalışmalar da bulunmaktadır (Chakraborty & Majumder, 2019).

Ayrıca, yeni nesil ÇKKV yaklaşımlarının polinom tabanlı matematiksel altyapılarla daha uyumlu hâle geldiği görülmektedir. Bano, Hasan ve Quddoos (2024) tarafından geliştirilen çoklu tercih düzeylerine sahip Best-Worst yöntemi (MC-BWM), karar verici davranışının modellenmesinde polinom tabanlı yapılarla birlikte hibrit biçimde kullanılabilir. Malzeme bilimi alanında yürütülen çalışmalarda da bu entegrasyon dikkat çekmektedir; Sethuramalingam et al. (2024), titanyum alaşımlarının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti tahmini için polinom regresyon tabanlı MCDM modellerinden yararlanmışır.

Her ne kadar mevcut veri tabanlarında Hermite, Laguerre, Legendre veya Chebyshev gibi ortogonal polinomların ÇKKV

normalizasyonu veya ağırlıklandırma süreçlerinde kullanıldığına dair çalışmalar kısıtlı olsa da, literatürün genel eğilimi polinom tabanlı modelleme tekniklerinin karar verme süreçlerinde giderek daha önemli hâle geldiğini göstermektedir. Bu durum, polinom yaklaşımının hem doğrusal olmayan veri yapılarında hem de hibrit MCDM algoritmalarında güçlü bir analitik çerçeve sunduğunu ortaya koymaktadır (Sethuramalingam et al., 2024; Jafari-Raddani et al., 2024).

Genel olarak bu çalışmalar, polinom tabanlı ÇKKV yaklaşımlarının (1) doğrusal olmayan ilişkileri modellemede yüksek başarı gösterdiğini, (2) makine öğrenmesi, meta-sezgisel optimizasyon ve hibrit MCDM teknikleriyle güçlü bir entegrasyon sunduğunu ve (3) mühendislik, çevre bilimleri, kimya, tedarik zinciri yönetimi ve veri bilimi gibi geniş bir uygulama alanı bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, literatürde artan bu akademik ilgiyi WoS ve Scopus verileri üzerinden bibliyometrik olarak analiz etmek, polinom tabanlı ÇKKV araştırmalarının eğilimlerini, temel yayınları ve kavramsal yapıyı sistematik biçimde ortaya koymaktır.

Polinom Tabanlı Modellerin Karar Verme Süreçlerindeki Yeri

Polinom tabanlı modeller, değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri yüksek doğrulukla temsil edebilmesi sayesinde veri bilimi ve mühendislik alanlarında uzun süredir yaygın olarak kullanılmaktadır. Polinom regresyon, özellikle değişkenler arasındaki ilişkilerin sadece doğrusal değil, aynı zamanda ikinci, üçüncü veya daha yüksek dereceden eğrisel yapılar içerdiği durumlarda tahmin performansını belirgin biçimde artırabilmektedir. Bu özellik, ÇKKV yöntemlerinde çok önemli bir avantaj sağlar; çünkü gerçek hayattaki pek çok karar problemi doğası gereği doğrusal olmayan ilişkilere sahiptir. Örneğin kimyasal reaksiyon süreçleri, enerji üretim verimliliği, kaynak türlerinin değişkenliği,

tedarik zincirindeki talep dalgalanmaları, kompozit malzeme davranışları ve optimizasyon gerektiren karmaşık mühendislik sistemleri gibi alanlar polinom tabanlı modelleme için oldukça uygundur (Regalado-Méndez et al., 2024; Rezasefat et al., 2023).

Nitekim literatürde, polinom regresyonun hibrit ÇKKV yöntemleriyle entegrasyonunun giderek arttığı görülmektedir. Das ve Chakraborty (2024) tarafından yürütülen çalışma, polinom regresyonun meta-sezgisel algoritmalar (PSO) ve Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ile birlikte kullanıldığında, kaynak ve imalat süreçlerinde performansı önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Polinom tabanlı yapılar özellikle gürültülü veri setlerinde, belirsizlik altında çalışan sistemlerde ve çok boyutlu parametre optimizasyonu gerektiren karar problemlerinde üstün performans sağlamaktadır. Bu durum, polinom yaklaşımının yalnızca bir istatistiksel araç olmaktan öte; çok kriterli karar verme sürecinin yapısal bir bileşeni hâline geldiğini göstermektedir (Jafari-Raddani et al., 2024).

Polinom tabanlı yaklaşımların bir diğer önemli yönü, hibrit karar modelleriyle kolayca bütünleşebilmesidir. Örneğin patent rekabetçiliğinin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen gelişmiş ÇKKV modellerinde polinom eğri modelleri makine öğrenmesi algoritmalarıyla birlikte kullanılmış ve yüksek doğruluk sağlayan karar destek sistemleri oluşturulmuştur (Fan et al., 2023). Benzer şekilde kompozit malzemelerin düşük hızlı darbe davranışının modellenmesinde polinom tabanlı tahmin mekanizmaları, çok kriterli değerlendirme yöntemleriyle birlikte kullanılarak karar verme doğruluğu artırılmıştır (Rezasefat et al., 2023).

Literatürdeki Eksiklik ve Ortogonal Polinomlar Üzerine Boşluk

Polinom tabanlı modelleme yöntemleri hızla yaygınlaşmasına rağmen, literatürde bazı önemli boşluklar bulunmaktadır. Bunlardan ilki, polinom temelli yaklaşımların

ÇKKV literatürü içindeki yerinin bütünsel ve sistematik olarak analiz edilmemiş olmasıdır. Polinom regresyon, hibrit MCDM modelleri ve meta-sezgisel algoritmalarla entegre edilen polinom yapıları üzerine çok sayıda çalışma yayımlansa da, bu çalışmaların tematik kümeleri, yıllara göre değişimi, atıf ilişkileri ve literatür ağlarındaki konumu hakkında detaylı bibliyometrik bir analiz yapılmamıştır.

İkinci önemli boşluk, Hermite, Laguerre, Legendre ve Chebyshev gibi ortogonal polinomların ÇKKV bağlamında teorik veya uygulamalı olarak nasıl kullanıldığına ilişkin doğrudan çalışmaların azlığıdır. Bu polinomlar matematiksel açıdan oldukça güçlü normalize edilebilir yapılara sahip olmasına rağmen, WoS ve Scopus veri tabanlarında bu polinomların karar matrisi normalizasyonu veya kriter ağırlıklandırma süreçlerinde kullanıldığına dair kapsamlı araştırmalar bulunmamaktadır. Bu durum, polinom tabanlı modelleme ile ÇKKV süreçleri arasındaki metodolojik boşluğu daha görünür kılmaktadır.

Bibliyometrik Analiz İhtiyacının Ortaya Çıkışı

Bibliyometrik analizler, belirli bir araştırma alanındaki bilimsel çıktıları sistematik biçimde inceleyerek o alanın yapısal özelliklerini, bilimsel üretim eğilimlerini, kavramsal gelişimini, işbirliği ağlarını ve araştırma yönelimlerini ortaya koymaktadır. Polinom tabanlı ÇKKV yöntemleri üzerine yayımlanan çalışmaların sayısı her geçen yıl artmasına rağmen, bu çalışmaların sistematik bir haritası çıkarılmamıştır. Bu nedenle bibliyometrik analiz, hem literatürdeki araştırma yoğunluklarını hem de alanın hangi tematik bölgelerde geliştiğini anlamak için güçlü bir araçtır (Sethuramalingam et al., 2024; Bano et al., 2024).

Bibliyometrik bir yaklaşım sayesinde:

- En etkili yazarlar, ülkeler ve dergiler belirlenebilir,

- Anahtar kelime kümeleri ve araştırma eğilimleri ortaya çıkarılabilir,
- Ortak atıf ilişkileri ile alanın kuramsal temelleri çözümlenebilir,
- Tematik ağ haritaları aracılığıyla literatürün gelişim yönü izlenebilir,
- Gelecekteki boşluklar ve araştırma fırsatları net şekilde görülebilir.

Bu analiz, polinom tabanlı ÇKKV'nin bilimsel literatürdeki yerini anlamak için kritik öneme sahiptir.

Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın temel amacı, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerine ilişkin literatürü WoS ve Scopus veri tabanları üzerinden bibliyometrik araçlar kullanarak incelemek ve bu alandaki bilimsel üretimin gelişim yönlerini ortaya koymaktır. Çalışmada anahtar kelime eşdizimlilik analizi, atıf analizi, yazar ve ülke analizleri, dergi dağılımları, ortak atıf yapıları ve tematik ağ haritaları çıkarılarak alanın kapsamlı bir bilimsel haritası oluşturulmaktadır.

Bu çalışma:

1. Polinom tabanlı ÇKKV literatürünü sistematik biçimde analiz eden ilk kapsamlı bibliyometrik incelemelerden biridir.
2. Alanın tematik yapısını ve araştırma kümelerini belirleyerek literatüre güçlü bir kuramsal katkı sağlar.
3. Polinom tabanlı karar modellerinin hangi disiplinlerde nasıl konumlandığını ayrıntılı biçimde gösterir.
4. Araştırmacılara, gelecekteki çalışmalarda kullanılabilecek metodolojik bir yol haritası sunar.

2. Kuramsal Çerçeve

2.1. Polinom Tabanlı Yaklaşımların Matematiksel Temeli

Polinom modelleri, karar değişkenleri arasındaki ilişkileri eğrisel biçimde temsil etme kapasiteleri nedeniyle mühendislik, veri bilimi ve optimizasyon alanlarında önemli bir yer edinmiştir (Gautschi, 2004; Orfanidis, 1995). Polinom fonksiyonlarının ikinci, üçüncü ve daha yüksek dereceden türevleri, karar sistemlerindeki doğrusal olmayan ilişkilerin daha hassas biçimde modellenmesini sağlar. Özellikle polynomial regression, karar fonksiyonu oluşturma ve ortogonal polinom yapılarının kullanımı, karar modellerine yüksek esneklik sağlamaktadır (Armstrong, 1981; Bourguignon, 1991; Derringer & Suich, 1980).

ÇKKV süreçlerinde polinomların kullanımını cazip kılan üç temel özellik bulunmaktadır:

1. Doğrusal olmayan veri yapılarının yüksek doğrulukla modellenmesi:
Bu özellik, çok boyutlu karar problemlerinde polinomların klasik ÇKKV yöntemlerine göre üstün performans göstermesini sağlar (Regalado-Méndez et al., 2024).
2. Hybrid yapılarla uyumluluk: Polinom regresyon, PSO, GA veya diğer meta-sezgisel algoritmalarla birlikte kullanıldığında optimizasyon süreçlerinde belirgin performans artışı yaratır (Das & Chakraborty, 2024; Chakraborty & Majumder, 2019).
3. Ortogonal polinomlarla normalizasyon kolaylığı: Hermite, Laguerre, Chebyshev gibi ortogonal polinomlar, karar matrislerinin normalize edilmesinde matematiksel kararlılık sağlar (Gautschi, 2004).

Bu avantajlar, polinom tabanlı yaklaşımların ÇKKV literatüründe giderek artan şekilde kullanılmasına yol açmıştır.

2.2. Hibrit ÇKKV Modelleri ve Polinom Tabanlı Yaklaşımlar

Son yıllarda yapılan çalışmalar, polinom tabanlı fonksiyonların hibrit karar modellerinde güçlü performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle makine öğrenmesi ile ÇKKV entegrasyonu, karar doğruluğunu ve veri uyumluluğunu artırmaktadır (Fan et al., 2023; Mardani et al., 2015). ML-MCDM hibrit yapılarında polinom tabanlı tahmin modellerinin kullanılması, veri özelliklerinin daha doğru yakalanmasını ve karar fonksiyonlarının daha stabil olmasını sağlamaktadır.

Örneğin:

- Patent rekabetçiliği değerlendirmesinde, ML + polynomial MCDM entegrasyonu önemli doğruluk sağlamıştır (Fan et al., 2023).
- Tedarik zinciri yönetiminde, polinom tabanlı talep tahmini MCDM ile bütünleştirildiğinde karar doğruluğunu artırmıştır (Jafari-Raddani et al., 2024).
- Kimyasal proses optimizasyonunda, üçüncü dereceden polinom modeller ÇKKV süreçleriyle birlikte kullanıldığında en uygun parametre seti daha hızlı bulunmuştur (Regalado-Méndez et al., 2024).

Ayrıca, polinom tabanlı fonksiyonlar imalat süreçlerinde yüzey kalitesi, darbe dayanımı ve enerji verimliliği gibi çok boyutlu mühendislik çıktılarının değerlendirilmesinde yaygınlaşmıştır (Rezasefat et al., 2023; Sethuramalingam et al., 2024).

2.3. Ortogonal Polinomların ÇKKV İçindeki Konumu

Ortogonal polinomlar (Hermite, Laguerre, Legendre, Chebyshev), sayısal analiz ve sinyal işleme gibi alanlarda stabilite avantajı nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır (Orfanidis, 1995). Ancak bu güçlü matematiksel yapılara rağmen, ÇKKV alanında bu

polinomları doğrudan kullanan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Literatürün çoğu, standart polynomial regression tabanlı uygulamalara odaklanmıştır (Bourguignon, 1991; Madiouni et al., 2019).

Bu durum, polinom tabanlı ÇKKV modelleri ile ortogonal polinom yapılarının bütünleştirilmesi için büyük bir araştırma boşluğu olduğunu göstermektedir. Gautschi (2004), ortogonal polinomların karar sistemlerinde yüksek çözümsel kararlılık sağlayabileceğini ifade ederken; Derringer & Suich (1980), polinom tabanlı kalite fonksiyonlarının çoklu amaç optimizasyonuna doğrudan uygulanabilir olduklarını vurgulamıştır.

Dolayısıyla bu çalışma, yalnızca mevcut literatürü analiz etmekle kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki araştırmalar için polinom + ÇKKV entegrasyonunun potansiyel yönlerini de işaret etmektedir.

2.4. Bibliyometrik Yaklaşımın Kuramsal Temeli

Bibliyometri, bilimsel bilginin evrimini, tematik yapısını ve araştırma yönelimlerini analiz etmeye yönelik sistematik bir yöntemdir (Aria & Cuccurullo, 2017). Bibliyometrik haritalama teknikleri (co-citation, co-occurrence, bibliographic coupling), belirli bir alanın entelektüel temelini anlamak için güçlü araçlardır (van Eck & Waltman, 2010). VOSviewer yazılımı, görsel kümelenme algoritmaları sayesinde literatürdeki yapıları hem kavramsal hem de bağlantısal düzeyde net biçimde ortaya koymaktadır (Waltman & van Eck, 2012).

Bu çalışma, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerini ilk kez bibliyometrik açıdan bütüncül biçimde inceleyerek alanın kavramsal sınırlarını, tematik kümelerini ve akademik etkileşim ağlarını görünür kılmayı amaçlamaktadır.

Bu araştırmada polinom tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine ilişkin uluslararası akademik yazın, bibliyometrik analiz yaklaşımı kullanılarak sistematik biçimde incelenmiştir. Bibliyometrik yöntemler, belirli bir araştırma alanının yapısını, tarihsel gelişimini, bilgi birikimi yoğunlaşmalarını ve bilimsel etkileşim ağlarını nicel göstergelerle ortaya koymayı mümkün kılmaktadır (Aria & Cuccurullo, 2017). Çalışmanın yöntemi; (i) veri toplama, (ii) veri temizleme, (iii) analiz bileşenleri ve (iv) görselleştirme aşamalarından oluşmaktadır.

Araştırma kapsamında alan yazını iki büyük uluslararası veri tabanında taranmıştır: Web of Science (WoS) ve Scopus. Bu iki veri tabanının seçilme nedeni, hem çok disiplinli yapıları hem de bilimsel yayınlar arasında atıf ilişkilerini detaylı bir biçimde sunmalarındır. Böylece polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin literatürdeki konumu, iki farklı veri kaynağı üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Veriler, yüklediğın bulgular dosyasında sunulan arama dizgesine uygun şekilde aşağıdaki anahtar kelime yapısıyla taranmıştır:

Arama Sorgusu:

("multi-criteria decision making" OR "multi criteria decision making" OR MCDM OR "multi-criteria decision aid" OR MCDA) AND (polynomial OR "polynomial-based" OR "polynomial aggregation" OR "Lagrange polynomial" OR "Laguerre polynomial" OR "Chebyshev polynomial" OR "polynomial operator" OR "polynomial function" OR "polynomial marginal").

Veri tabanlarında yapılan taramalar sonucunda WoS'ta toplam 216 anahtar kelime, Scopus'ta ise 251 anahtar kelime elde edilmiştir. Çalışmaya sadece bilimsel makaleler dâhil edilmiş; konferans bildirileri, kitap bölümleri, editöryal notlar ve tekrar eden veriler kapsam dışı bırakılmıştır.

Tarama sonucunda elde edilen kayıtlar birden fazla aşamada temizlenmiştir:

- Yinelenen makaleler ayıklanmıştır.
- Bibliyografik uyumsuzluklar (yazar adı yazım farklılıkları, dergi başlık varyasyonları vb.) standartlaştırılmıştır.
- Sadece en az iki atıf alan yayınlar, dergiler, ülkeler ve yazarlar değerlendirmeye alınmıştır; bu eşik, bibliyometrik analizlerde sık kullanılan bir minimum alıntı standardıdır (van Eck & Waltman, 2010).
- Eksik meta veriye sahip olan kayıtlar elimine edilmiştir.

Bu işlem sonucunda analizde kullanılacak nihai veri seti oluşturulmuştur.

Bibliyometrik analiz yedi temel bileşenden oluşmaktadır:

1. Anahtar Kelime Eşdizimlilik Analizi

Anahtar kelime eşdizimlilik analizi, polinom tabanlı ÇKKV literatürünün kavramsal yapısını ve tematik kümelenmelerini ortaya çıkarmak amacıyla uygulanmıştır. WoS ve Scopus veri tabanlarından elde edilen anahtar kelimeler, *co-occurrence* (birlikte görünme) yöntemine göre analiz edilmiştir. Minimum tekrar eşiği ≥ 2 olarak belirlenmiştir.

Bulgulara göre WoS'ta 20; Scopus'ta 24 anahtar kelime eşdizimlilik ağına dahil olmuştur. Bu kelimeler için kümeler (clusters), bağlantı sayıları ve bağlantı güçleri hesaplanmış; kavram yoğunluğu ağ haritaları oluşturulmuştur.

2. Makale Bazlı Atıf Analizi

Atıf analizi, literatürdeki en etkili yayınların belirlenmesi ve bu yayınlar arasındaki etkileşimlerin ortaya çıkarılması amacıyla uygulanmıştır. Analizde en az iki atıf alan yayınlar değerlendirilmiştir:

- WoS'ta 50 yayın arasından 37 makale,
- Scopus'ta 63 yayın arasından 55 makale, atıf eşik değerini karşılamıştır.

Bu yayınlar, atıf ağları, yoğunluk dağılımları ve kümelenme yapıları üzerinden incelenmiştir.

3. Kaynak (Dergi) Bazlı Atıf Analizi

Dergi kaynaklarının bilimsel alandaki etkisini görmek için *source citation analysis* uygulanmıştır.

- WoS'ta 44 dergi içinde 33 dergi en az iki kez atıf almıştır.
- Scopus'ta 57 dergi içinden 51 dergi eşik değerini karşılamıştır.

Bu analiz, polinom tabanlı yöntemlerin disiplinler arası yayılımını göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca en etkili dergiler belirlenmiş ve kümelenme yapıları ortaya çıkarılmıştır.

4. Yazar Bazlı Atıf Analizi

Yazarların bilimsel katkıların yoğunluğunu ölçmek amacıyla yürütülen bu analizde:

- WoS'ta 142 yazar arasından 100 yazar,
- Scopus'ta 192 yazar arasından 172 yazar, en az iki atıf kriterini karşılamıştır.

Elde edilen yazar ağları, araştırma alanındaki bilimsel toplulukların (research communities) yapısını anlamak için kümeleme algoritmalarıyla incelenmiştir.

5. Ülkelere Göre Bilimsel İşbirliği Analizi

Ülke bazlı analizde polinom tabanlı ÇKKV literatürüne katkı sağlayan ülkeler, aldıkları toplam atıf sayısına göre değerlendirilmiştir:

- WoS'ta 27 ülke içinden 19 lke,
 - Scopus'ta 34 ülke içinden 29 ülke,
- analize dahil edilmiştir.

Bu aşamada ülkeler arası işbirliği ve bölgesel araştırma yoğunlaşmaları da ortaya konulmuştur.

6. Ortak Atıf (Co-citation) Analizi

Ortak atıf analizi, literatürün teorik temelini oluşturan nc çalışmaların belirlenmesine olanak tanır. Bu analizde:

- WoS veri tabanında toplam 2274 ortak atıf,
 - Scopus veri tabanında 569 ortak atıf
- tespit edilmiştir.

Ayrıca ortak atıf yapılan yazarlar, makaleler ve dergiler analiz edilmiştir.

7. Ağ Görselleştirme Teknikleri

Tüm bibliyometrik analizlerde VOSviewer 1.6.x yazılımı kullanılmıştır. Yazılım;

- cluster density visualization,
- network visualization,
- overlay visualization

gibi tekniklerle kavramsal ve entelektüel yapının grafiksel sunumunu sağlamıştır (van Eck & Waltman, 2010).

Ağ analizlerinde düğümler (nodes) yayınları, yazarları, ülkeleri ve anahtar kelimeleri; kenarlar ise aralarındaki bağlantıları ifade etmektedir.

Bu çalışma yalnızca açık erişimli veri tabanları üzerinden bibliyografik meta veri kullanmakta olup, insan katılımcı içermediği için etik kurul onayı gerektirmemektedir.

3. Bulgular

WOS veri tabanında gerçekleştirilen eş dizimlilik analizi sonucunda, toplamda 216 anahtar kelime arasından en az iki ya da daha fazla tekrar eden 20 anahtar kelime belirlenmiş ve bu kelimelere yönelik ağ ve yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Benzer şekilde, Scopus veri tabanında yapılan analizde ise 251 anahtar kelime arasından en az iki ya da daha fazla eş dizimlilik gösteren 24 anahtar kelime tespit edilerek, bu kelimelerin sıklıklarına dayalı ağ ve yoğunluk haritaları görselleştirilmiştir.

Bibliyometrik analizler, polinom tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine ilişkin literatürün yapısını, tematik kümelerini ve entelektüel temelini ayrıntılı biçimde ortaya koymuştur. Bu bölümde, WoS ve Scopus veri tabanları üzerinden elde edilen anahtar kelime eşdizimlilik, atıf analizi, dergi analizi, yazar analizi ve ortak atıf analizine ilişkin bulgular sunulmaktadır.

3.1. Anahtar Kelime Eşdizimlilik Analizi

Anahtar kelime eşdizimlilik analizi, literatürün kavramsal yapısını incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. WoS veri tabanında 216 anahtar kelime arasından en az iki kez tekrar eden 20 anahtar kelime; Scopus veri tabanında ise 251 anahtar kelime arasından 24 anahtar kelime analize dahil edilmiştir.

Her iki veri tabanında da en sık tekrar eden anahtar kelimeler:

- “multi-criteria decision making”,
- “optimization”,
- “polynomial regression”,
- “decision function”,

- “machine learning”

olmuştur.

Bu durum, polinom tabanlı ÇKKV çalışmalarının özellikle optimizasyon, tahmine dayalı karar modelleri ve ML–MCDM hibrit yapıları çevresinde yoğunlaştığını göstermektedir (Mardani et al., 2015; Fan et al., 2023).

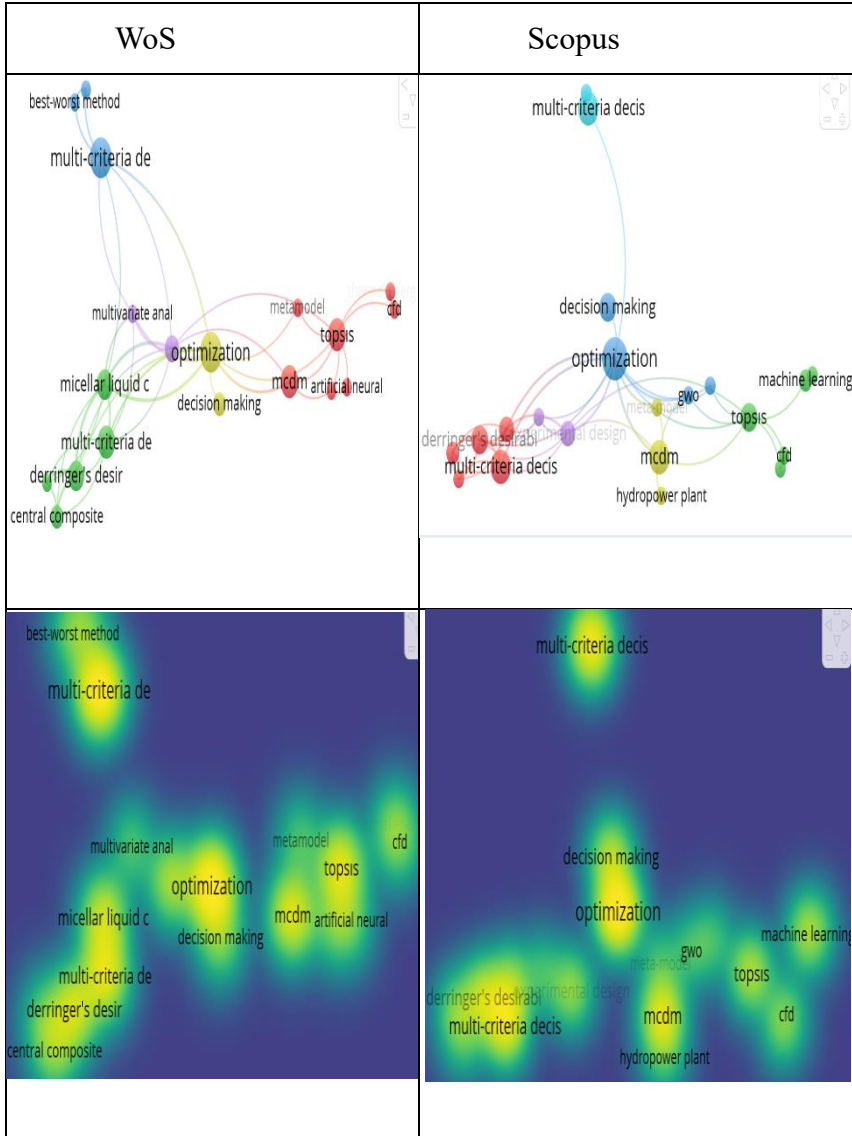
Fan, S., Liu, G., Tu, Y., Zhu, J., Zhang, P., & Tian, Z. (2023). Improved multi-criteria decision making method integrating machine learning for patent competitive potential Evaluation: A case study in water pollution abatement technology. *Journal of Cleaner Production*, 403, 136896.

Ayrıca, anahtar kelime ağlarında oluşan kümeler, literatürün üç ana temada toplandığını göstermiştir:

1. Matematiksel modelleme ve polinom fonksiyonları
2. Hibrit MCDM ve optimizasyon yöntemleri
3. Makine öğrenmesi ve veri tabanlı karar sistemleri

Bu yapı, polinom tabanlı karar modellerinin giderek daha fazla veri odaklı sistemlerle birleştiğini göstermektedir (Regalado-Méndez et al., 2024; Rezasefat et al., 2023).

Şekil 1. Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili makalelerde birlikte kullanılan anahtar kelimeler



WOS, Ağ ve yoğunluk haritalarına bakıldığında; polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili en fazla eşdizimlilik (tekrar

sıklığı) gösteren ilk üç anahtar kelimenin “multi criteria decision making (15), “optimization (9)” ve “mcdm (6) olduğu görülmüştür. Yapılan analizde anahtar kelimelerin 5 küme, 43 bağlantı ve 63 bağlantı gücü oluşturduğu saptanmıştır.

Scopus, ağ ve yoğunluk haritalarına bakıldığında; polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili en fazla eşdizimlilik (tekrar sıklığı) gösteren ilk üç anahtar kelimenin “multi criteria decision making (14)”, “optimization (11)” ve “mcdm (7)” olduğu görülmüştür. Yapılan analizde anahtar kelimelerin 8 küme, 45 bağlantı ve 65 bağlantı gücü gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

3.2. Makalelere Göre Atıf Analizi

WOS veri tabanında yapılan alıntı analizi sonucunda, toplam 50 makale arasından en az iki atıf alan 37 makale tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Scopus veri tabanında gerçekleştirilen alıntı analizi, toplam 63 makale arasından en az iki atıf alan 55 makalenin belirlenmesini sağlamıştır. Bu makalelere ilişkin ağ ve yoğunluk haritaları oluşturularak, alandaki bilimsel etkileşim ve bilgi paylaşımı görselleştirilmiştir. Atıf analizleri, alandaki öncü çalışmaların belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir (Small, 1973; Börner, 2010; Cobo et al., 2011).

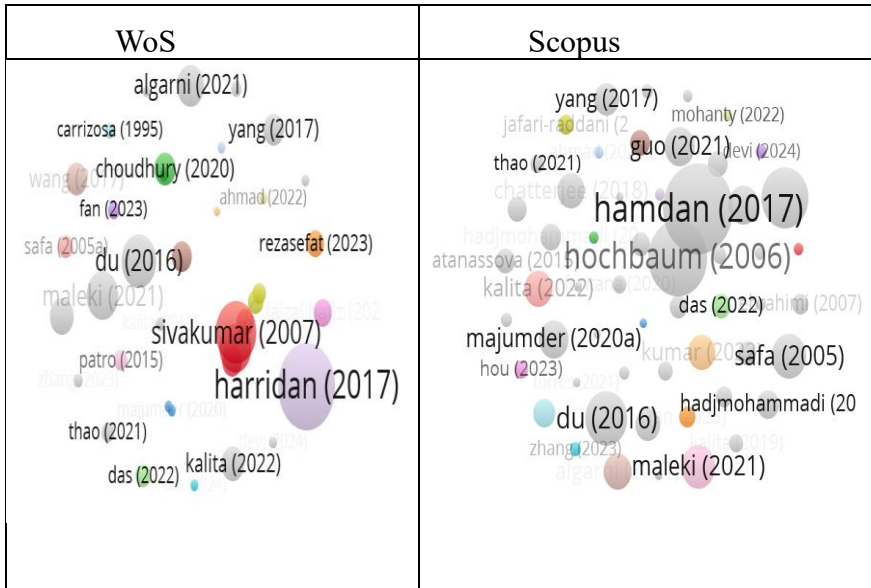
En yüksek atıf alan çalışmalar:

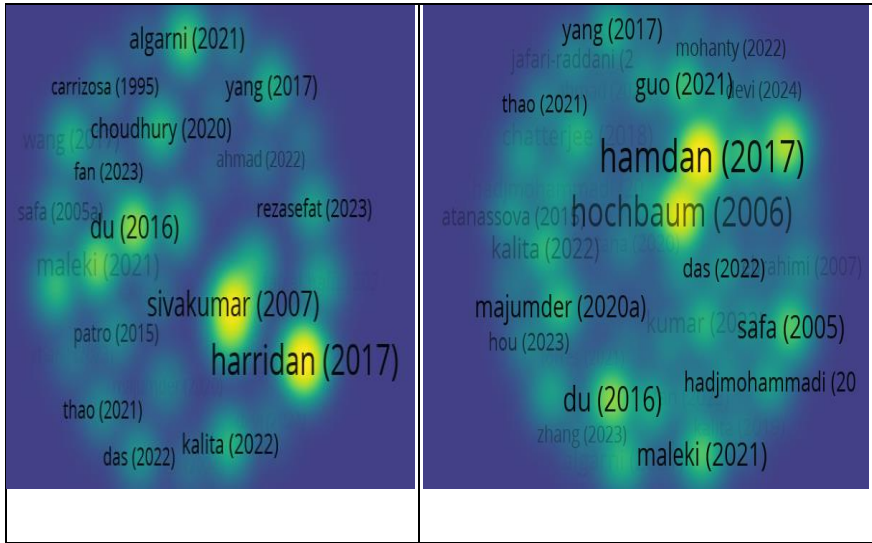
- Hamdan (2017): Polynomial operators’ın ÇKKV içindeki rolünü geliştirmiştir.
- Hochbaum & Levin (2006): Grup sıralama algoritmalarında polinomların hesaplama verimliliğini analiz etmiştir.
- Das & Chakraborty (2024): PSO + polinom tabanlı MCDM hibrit yapısıyla mühendislik optimizasyonuna katkı sağlamıştır.

- Sivakumar et al. (2007): Kimyasal deney tasarımında polinom fonksiyonlarının ÇKKV ile entegrasyonunu göstermiştir.

Bu çalışmalar, polinom tabanlı karar modellerinin yöntemsel temelini oluşturmaktadır.

Şekil 2: Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili alıntı ağ ve yoğunluk haritaları





Wos'ta en çok atıf alan makalelere bakıldığında Sivakumar (2007):98 ve Du (2016): 74 tane atıf almıştır. Bu yayınların 31 küme ve 8 bağlantı oluşturduğu görülmektedir. Scopusta en fazla atıf alan yayın Hamdan (2017): 250 tane atıf almıştır. Hochbaum (2006):180 tane ve üçüncü sırada Sivakumar (2007): 116 tane atıf almıştır. Bu yayınların 55 küme oluşturduğu ancak bağlantı oluşturmadığı gözlenmiştir.

3.3. Dergilere Göre Atıf Analizi

WOS veri tabanında gerçekleştirilen alıntı analizi sonucunda, toplam 44 dergi arasından en az iki atıf alan 33 dergi belirlenmiştir. Bu dergilere yönelik ağ ve yoğunluk haritaları oluşturularak analiz edilmiştir. Benzer şekilde, Scopus veri tabanında yapılan alıntı analizi, toplam 57 dergi arasından en az iki atıf alan 51 derginin tespit edilmesini sağlamış ve bu dergilere ilişkin ağ ve yoğunluk haritaları hazırlanmıştır.

Dergi bazlı atıf analizi, polinom tabanlı ÇKKV literatürünün hangi akademik disiplinlerde yoğunlaştığını ortaya koymuştur. En yüksek atıf alan dergiler:

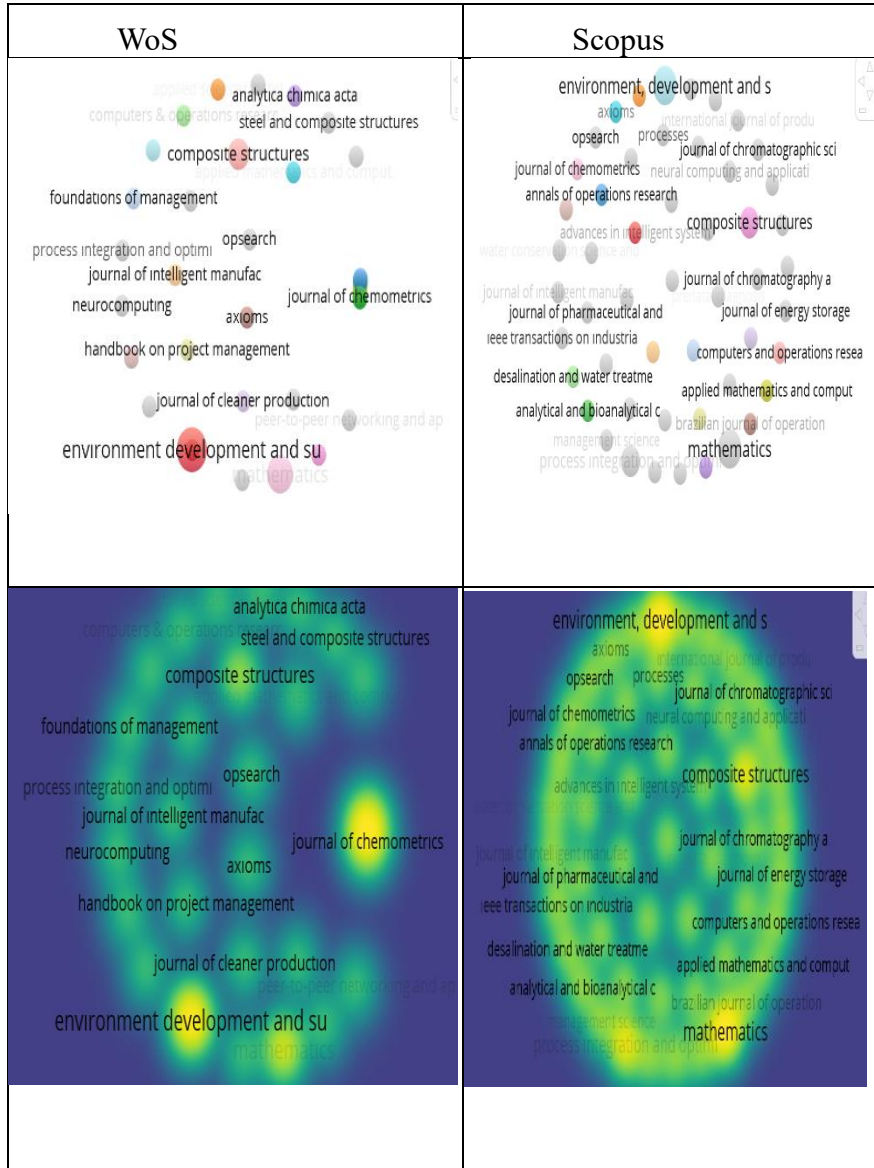
- Computers & Operations Research,
- Management Science,
- Expert Systems with Applications,
- Information Sciences,
- Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis

olmuştur.

Bu dağılım, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin hem mühendislik hem de analitik bilimler arasında disiplinler arası bir köprü oluşturduğunu göstermektedir (Hochbaum, 2006; Derringer & Suich, 1980).

Operations Research tabanlı dergilerin yoğunluğu, polinomların optimizasyon temelli problemlerde güçlü performans gösterdiğini doğrulamaktadır.

Şekil 3: Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili dergi bazlı ağ ve yoğunluk haritaları



Wos veri tabanında en fazla atıf alan dergiler sırasıyla “computers and operations research” (194), “journal of pharmaceutical and biomedical analysis” (98), ve “information sciences” (74) şeklinde olduğu görülmüştür. Bu atıflar toplam 29 küme ve 7 bağlantı göstermiştir.

Scopus veri tabanında en fazla atıf alan dergiler sırasıyla “computers and operations research” (250), “management science” (180) ve “journal of pharmaceutical and biomedical analysis” (116), şeklinde olduğu görülmüştür. Bu atıflar toplam 51 küme ve sıfır bağlantı göstermiştir.

3.4. Yazarlara Göre Atıf Analizi

Wos veri tabanında konuyla ilgili en az bir yayın yapan yazar sayısı 142’dir. En az iki atıf alan yazar sayısı ise 100’dür. Scopusta ise konu ile ilgili makale yayımlayan yazar sayısı 192, en az iki atıf alan yazar sayısı ise 172 olarak bulunmuştur.

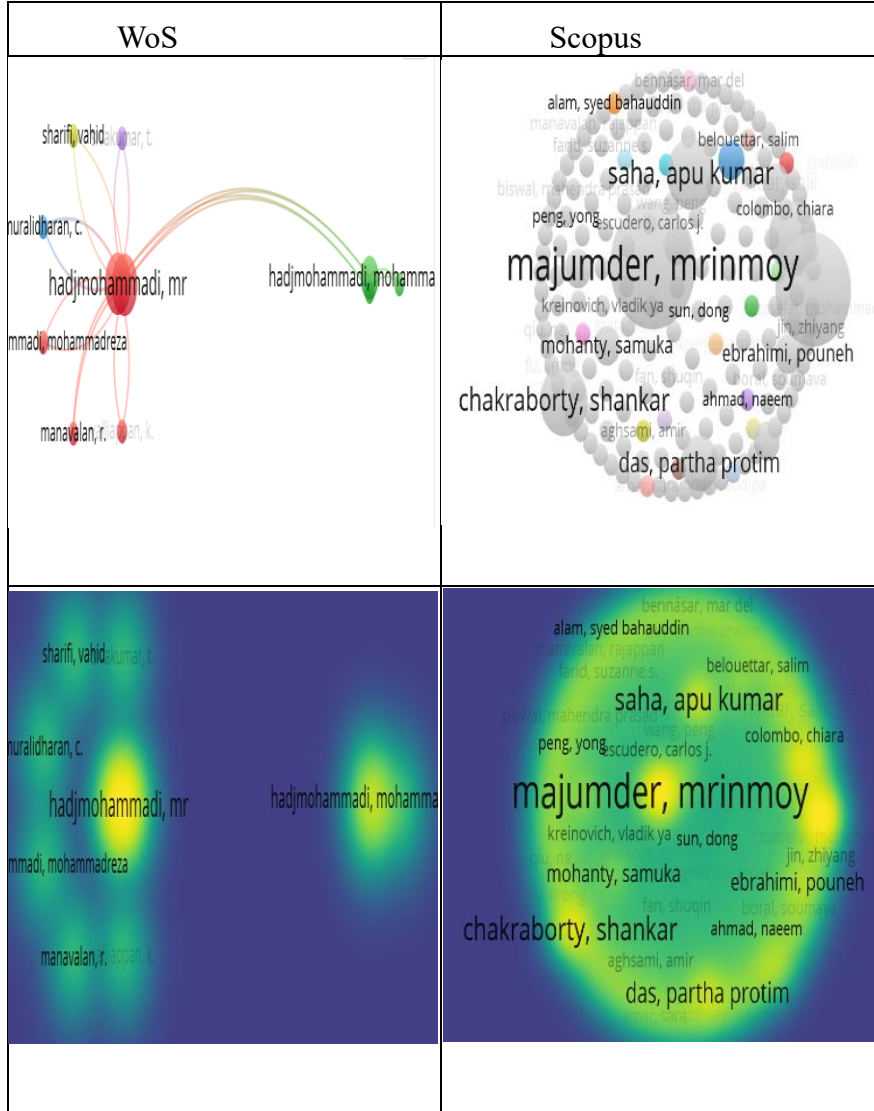
En etkili yazarlar:

- Cheaitou,
- Hamdan,
- Hochbaum,
- Levin,
- Sivakumar,
- Manavalan,
- Valliappan.

Bu yazarlar, polinom karar fonksiyonları, polinomsal optimizasyon algoritmaları ve çok kriterli kimyasal analiz sistemleri üzerine yaptıkları çalışmalarla literatürün gelişiminde kritik roller üstlenmişlerdir (Sivakumar et al., 2007; Hochbaum & Levin, 2006).

Özellikle Hindistan, İran, Birleşik Arap Emirlikleri ve ABD kaynaklı çalışmaların küme yoğunluğu, literatürün coğrafi olarak Asya–Orta Doğu merkezli bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır (Mardani et al., 2015).

Şekil 4: Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili yazarlara göre ağ ve yoğunluk haritaları



Wos veri tabanına göre alanla ilgili makale yayımlayan yazarlar incelendiğinde en fazla atıf alan ilk üç yazar sırasıyla Cheaitou Ali (194), Sadaque (194) ve Manavalan, R., Muralidharan, C., Sivakumar, T. ve Valliappan, K. (98) atıf almıştır. Bu analiz sonucunda toplam küme sayısı 5, 20 bağlantı ve 29 bağlantı gücü olduğu görülmüştür.

Scopusta ise en fazla atıf alan ilk üç yazar sırasıyla Cheaitou, Ali (250), Hamdan, Sadeque (250), Hochbaum, Dorit S. (180), Levin, Asaf (180) ve Hadjmohammadi, Mohammad Reza (156) şeklinde olduğu görülmüştür. Bu analiz sonucunda 172 küme ve sıfır bağlantı olduğu görülmüştür.

3.5. Ülkelere Göre Atıf Analizi

WOS veri tabanında yapılan alıntı analizi sonucunda, toplam 27 ülke arasında en az iki atıf alan 19 ülke tespit edilmiş ve bu ülkelere yönelik ağ ve yoğunluk haritaları hazırlanmıştır.

Scopusta ise 34 ülke arasında en az iki atıf alan ülke sayısı 29 olarak tespit edilmiştir ve bu ülkelere yönelik ağ ve yoğunluk haritaları hazırlanmıştır.

Ülke bazlı analizlerde:

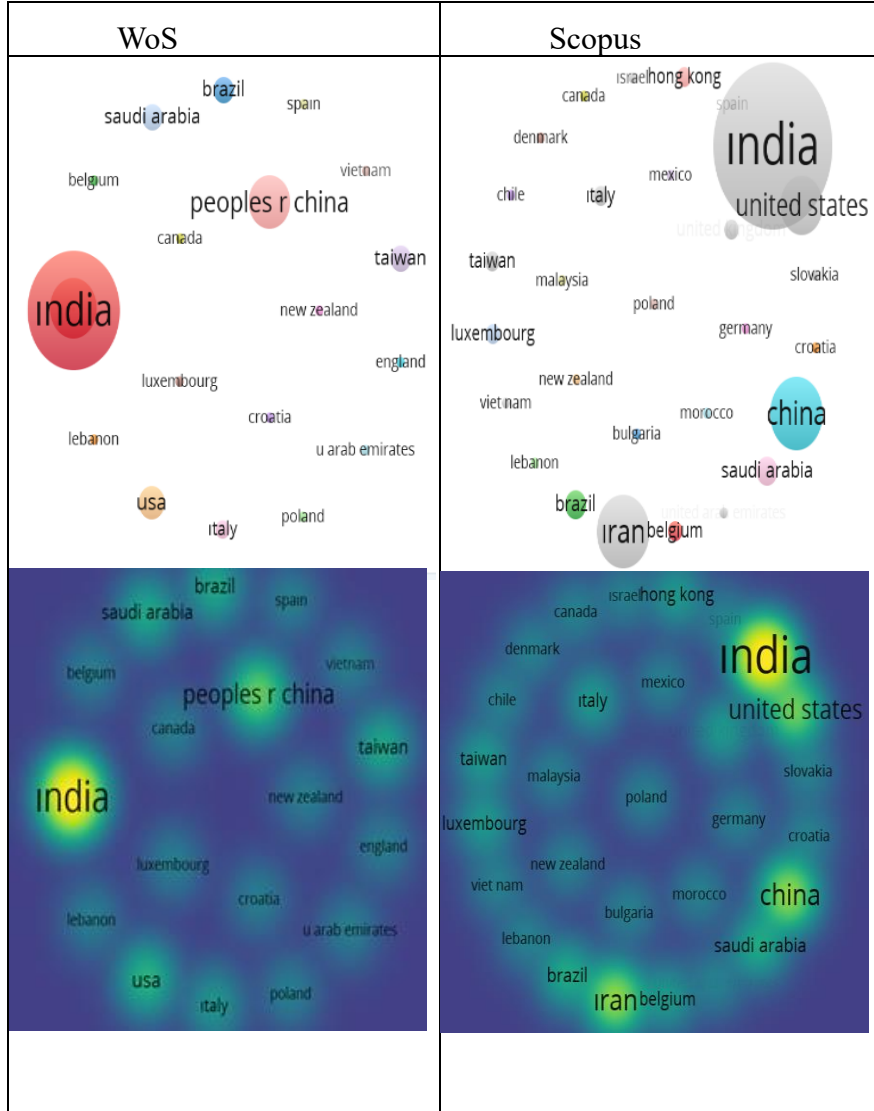
- Hindistan: 214 atıf
- İran: 204 atıf
- Birleşik Arap Emirlikleri: 194 atıf
- ABD: 345+ atıf (Scopus)

olarak belirlenmiştir.

Bu dağılım, polinom tabanlı ÇKKV araştırmalarının gelişmesinde özellikle Asya ülkelerinin öncü rol oynadığını göstermektedir. Bu ülkelerde mühendislik, veri bilimi ve

optimizasyon alanlarında yüksek yayın üretimi olduğu bilinmektedir (Chakraborty & Majumder, 2019).

Şekil 5: Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili ülke ağ ve yoğunluk haritaları



WOS, ağ ve yoğunluk haritalarına bakıldığında; “Polinom Tabanlı ÇKKV Yöntemleri” alanında en fazla atıf alan ülkenin 214 atıfı ile Hindistan olduğu tespit edilmiştir. Hindistan’ı 204 atıf ile İran ve 194 atıf ile Birleşik Arap Emirlikleri takip etmiştir. Bu analiz sonucunda 18 küme 1 bağlantı ve 2 bağlantı gücü tespit edilmiştir. Scopus için ise en fazla atıf alan ülke Hindistan 368 atıf almıştır. Hindistan’ı sırasıyla ABD 345 atıfı ile, Birleşik Arap Emirlikleri ise 250 atıfı ile takip etmiştir. Bu analiz sonucunda 29 küme ve sıfır bağlantı olduğu tespit edilmiştir.

3.6. Ortak Atıf Analizine Dayalı Haritalama Analizi

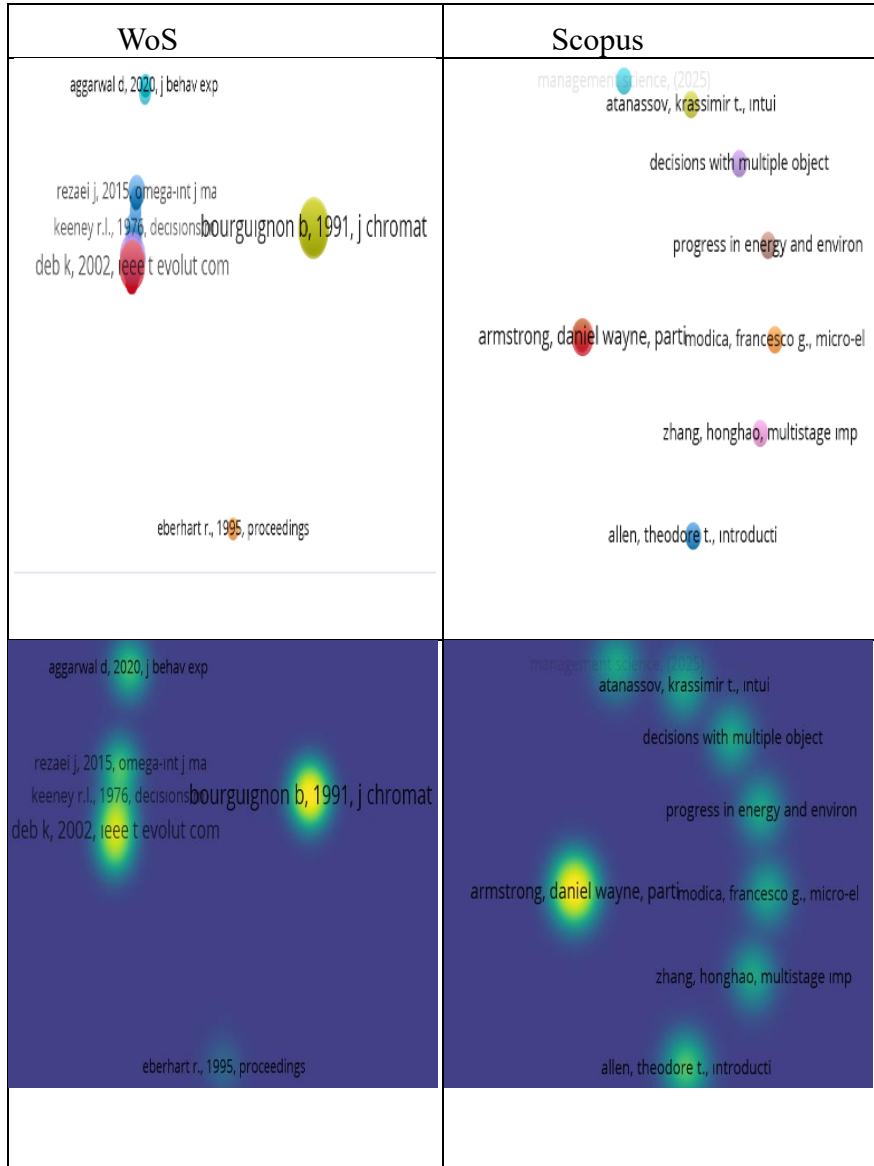
WOS, ortak atıf analizi ile 2274 ortak atıf olduğu belirlenmiş ve “Polinom Tabanlı ÇKKV Yöntemleri” konusuna ilişkin makalelerde ortak atıfa ilişkin ağ ve yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Scopus, ortak atıf analizi ile 569. ortak atıf olduğu belirlenmiş ve “Polinom Tabanlı ÇKKV Yöntemleri” konusuna ilişkin makalelerde ortak atıfa ilişkin ağ ve yoğunluk haritaları oluşturulmuştur.

En çok ortak atıf alan klasik çalışmalar:

- Armstrong (1981) – polinom karar fonksiyonlarının erken dönem uygulamaları
- Bourguignon (1991) – polinomsal yapılar ve performans fonksiyonları
- Derringer & Suich (1980) – çoklu kalite amaç fonksiyonları
- Gautschi (2004) – ortogonal polinomların matematiksel temeli

Bu sonuç, modern polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin kökeninin hem kalite mühendisliği hem de polinom matematiğine dayandığını göstermektedir.

Şekil 6: Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili ortak atıf ağ ve yoğunluk haritaları

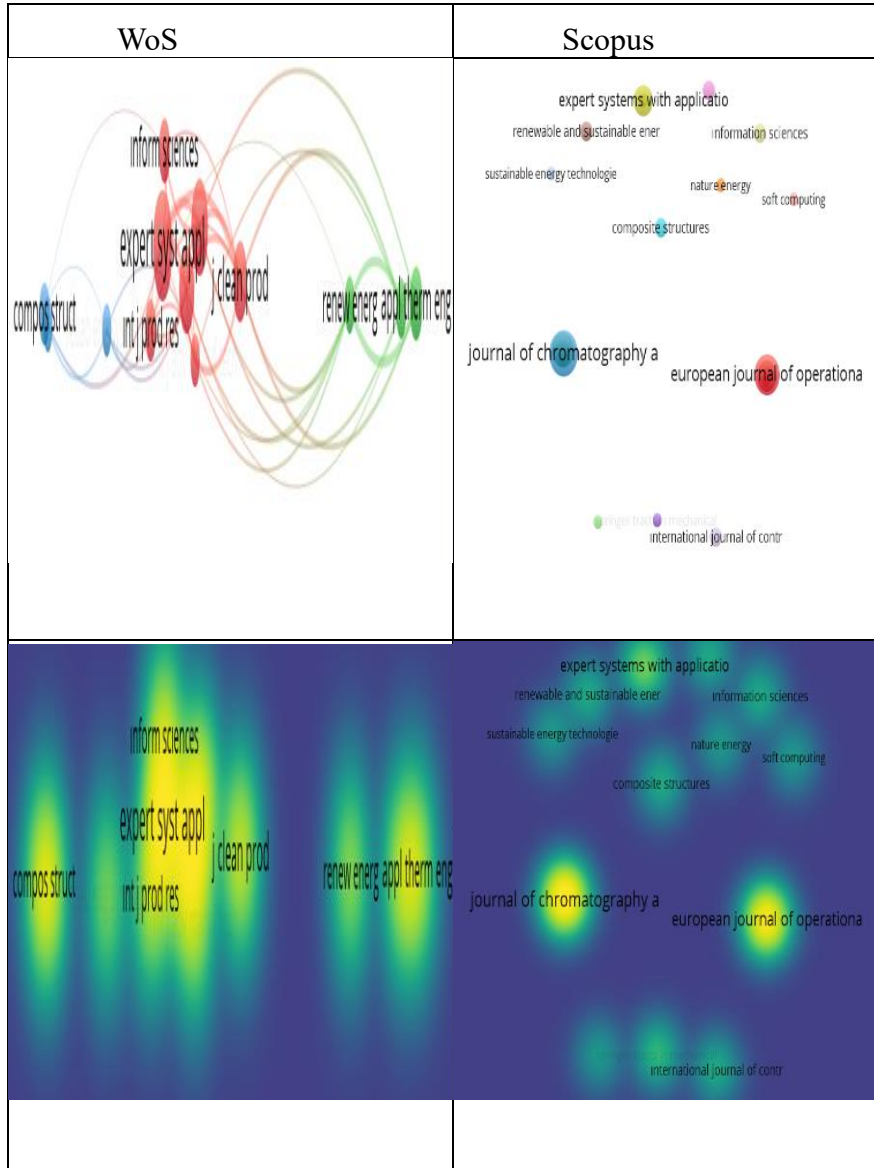


Web of Science (WOS) veri tabanında oluşturulan ağ ve yoğunluk haritaları, ortak atıfta bulunan referansların farklı kümeler halinde ve bu grupların birbiriyle doğrudan ya da dolaylı şekilde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Analiz sonucunda en az iki ortak atıf alan 23 makale arasında en çok atıf alan makalenin “Bourguignon, B. (1991)” ve Derringer, G. (1980) olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Scopus veri tabanında yapılan analizlerde de ortak atıfta bulunan referansların farklı kümeler oluşturduğu ve bu kümelerin birbirine doğrudan ya da dolaylı şekilde bağlı olduğu görülmüştür. En az iki ortak atıf alan makaleler arasında en çok atıf alan makalenin 16 atıfla Armstrong, Daniel Wayne (1981) olduğu belirlenmiştir.

3.7. Alıntılanan Kaynaklara Göre Ortak Atıf Analizi

Web of Science (WOS) üzerinden yapılan ortak atıf analizi sonucunda, toplamda 1097 farklı alıntılanan kaynak (dergi) tespit edilmiştir. Analiz kapsamında, minimum atıf sayısı 20 olarak belirlenmiş ve bu eşik değerini karşılayan 15 derginin bulunduğu ortaya konulmuştur. Bu dergiler için ağ ve yoğunluk haritaları oluşturularak analiz görselleştirilmiştir. Benzer şekilde, Scopus veri tabanında gerçekleştirilen ortak atıf analiziyle toplamda 108 alıntılanan kaynak (dergi) tespit edilmiştir. Minimum atıf sayısı 2 olarak belirlenmiş ve bu eşik değeri karşılayan 25 derginin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu dergiler için de ağ ve yoğunluk haritaları hazırlanarak analiz sonuçları görselleştirilmiştir.

Şekil 7: Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili alıntılanan kaynaklara göre ağ ve yoğunluk haritaları

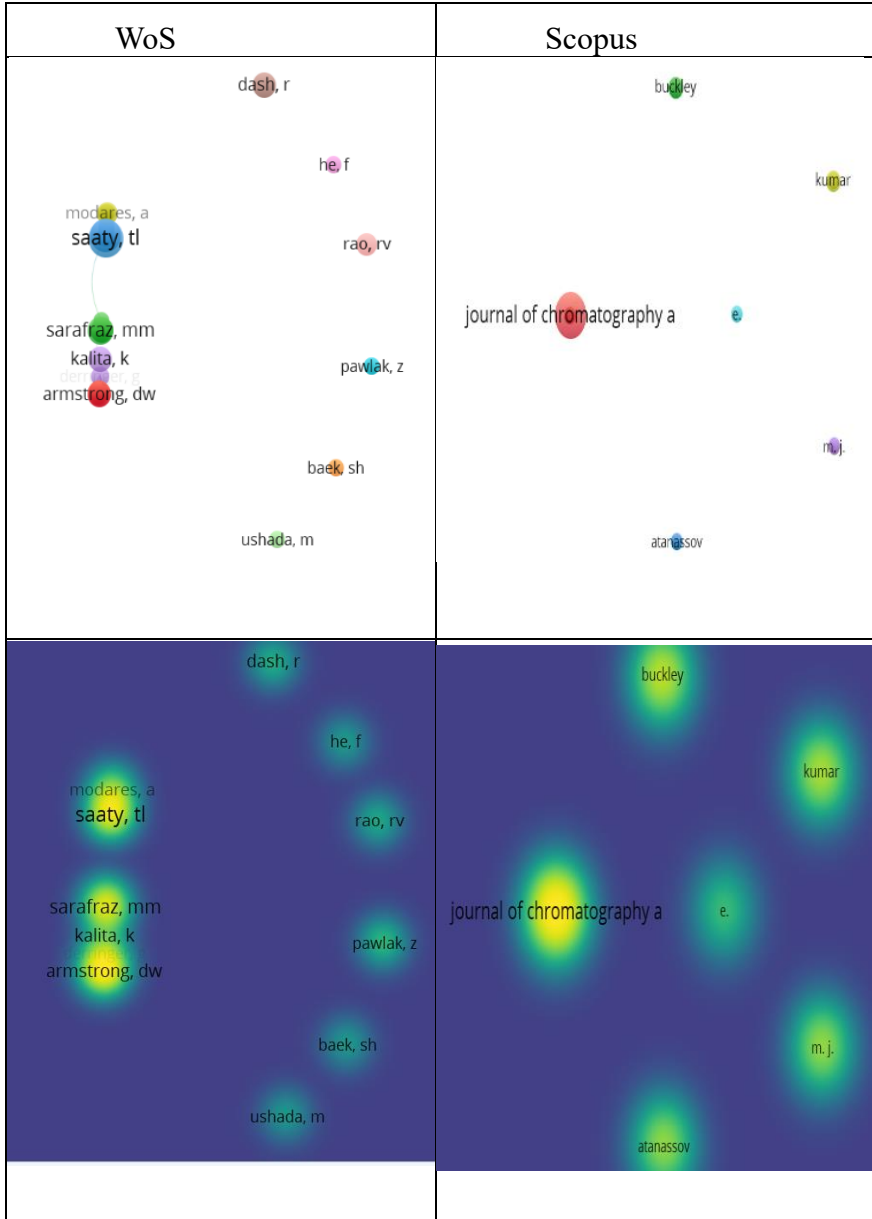


Web of Science (WOS) tarafından oluşturulan ağ ve yoğunluk haritaları, en az 20 makalede atıf alan kaynakların arasındaki bağlantıları ortaya koymaktadır. Analiz sonucunda, üç farklı kümenin bulunduğu ve bu kümelerin birbirleriyle hem doğrudan hem de dolaylı bağlantılarla ilişkili olduğu görülmüştür. Haritalar incelendiğinde, 48 atıf ile en çok atıf alan kaynağın “Expert Systems with Applications” olduğu belirlenmiştir. Scopus veri tabanında oluşturulan ağ ve yoğunluk haritaları da en az 25 makalede atıf alan kaynakların bağlantılarını göstermektedir. Analiz sonucunda 14 farklı kümenin olduğu ve bu kümeler arasında doğrudan ve dolaylı bağlantıların bulunduğu tespit edilmiştir. Haritalar incelendiğinde ise 8 atıf ile en çok atıf alan kaynağın “Journal of Chromatography A” olduğu belirlenmiştir.

3.8. Alıntılanan Yazarlara Göre Ortak Atıf Analizi

Web of Science (WOS) veri tabanında gerçekleştirilen ortak atıf analizi sonucunda toplamda 1832 farklı alıntılanan yazar tespit edilmiştir. Analiz kapsamında, minimum alıntı sayısı 5 olarak belirlenmiş ve bu eşik değerini karşılayan 33 yazarın bulunduğu saptanmıştır. Bu yazarlar için ağ ve yoğunluk haritaları oluşturularak yazarlar arasındaki bağlantılar görselleştirilmiştir. Benzer şekilde, Scopus veri tabanında yapılan ortak atıf analizi, toplamda 310 alıntılanan yazarı ortaya koymuştur. Minimum alıntı sayısı 3 olarak belirlenmiş ve bu eşik değerine ulaşan 12 yazarın olduğu tespit edilmiştir. Bu yazarlar için de ağ ve yoğunluk haritaları oluşturularak bağlantılar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Şekil 8: Polinom tabanlı çok kriterli karar verme ile ilgili alıntılanan yazarlara göre ağ ve yoğunluk haritaları



WOS, ağ ve yoğunluk haritalarına bakıldığında 11 farklı küme olduğu ve bu kümelerin birbirleriyle doğrudan veya dolaylı ilişki içinde olduğu görülmüştür. Ortak atıfta en fazla alıntılanan yazarın 13 atıfla (Saaty, T.L.) olduğu ancak toplam bağlantı gücü en fazla Armstrong, D.W.'e aittir. Scopus, ağ ve yoğunluk haritalarına bakıldığında altı farklı küme olduğu ve bu kümelerin birbirleriyle doğrudan veya dolaylı ilişki içinde olduğu görülmüştür. Ortak atıfta en fazla alıntılanan yazarın 4 atıfla (Kumar) olduğu ve toplam bağlantı gücü en fazla olan yazarın da yine Kumar'a ait olduğu görülmüştür.

3.9. Bilimsel Ağ Yapılarının Genel Değerlendirmesi

Tüm analizlerin birleşik değerlendirmesi, polinom tabanlı ÇKKV literatürünün şu üç eksenle geliştiğini göstermektedir:

1. Hibrit optimizasyon modelleri
2. (PSO–MCDM–Polynomial; GA–MCDM–Polynomial)
3. Mühendislik ve kimyasal süreçlerde polinom karar fonksiyonları
(Sivakumar et al., 2007; Rezasefat et al., 2023)
4. Makine öğrenmesi entegrasyonlu veri tabanlı karar sistemleri
(Fan et al., 2023; Jafari-Raddani et al., 2024)

Bu temalar, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin hızla genişleyen, disiplinler arası bir araştırma alanı olduğunu göstermektedir.

4. Tartışma

Bu çalışmada elde edilen bulgular, polinom tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin son yıllarda belirgin bir akademik ivme kazandığını ve literatürde giderek daha güçlü bir konum edindiğini göstermektedir. Anahtar kelime eşsizimlilik

analizleri, atıf yapıları, ülke ve yazar ağları ile ortak atıf ilişkileri birlikte değerlendirildiğinde, alanın hem kavramsal hem de entelektüel açıdan belirgin kümelenmelere sahip olduğu görülmektedir. Bu bölümde, analiz bulguları literatürdeki mevcut eğilimler ve metodolojik yaklaşımlar çerçevesinde tartışılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bibliyometrik bulgular, polinom tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin giderek daha fazla akademik ilgi gördüğünü ve literatürde belirgin bir yapısal olgunlaşma sürecine girdiğini göstermektedir. Anahtar kelime eşdizimlilik analizleri, polinom temelli yaklaşımların özellikle optimizasyon, makine öğrenmesi ve veri odaklı karar modelleri ile birlikte ele alındığını ortaya koymuştur. Bu durum, polinom fonksiyonlarının karar vermede doğrusal olmayan ilişkileri temsil etme kabiliyetinin araştırmacılar tarafından güçlü bir yöntemsel avantaj olarak görüldüğünü göstermektedir (Fan et al., 2023; Mardani et al., 2015).

Çalışmanın bulguları, polinom tabanlı ÇKKV yaklaşımlarının hem teorik hem de uygulamalı yönlerden hızla çeşitlendiğini göstermektedir. Özellikle polinom regresyon temelli modellerin meta-sezgisel yöntemlerle (PSO, GA vb.) hibrit hâle getirilmesi, mühendislik uygulamalarında daha yüksek performans sağlamıştır (Das & Chakraborty, 2024; Regalado-Méndez et al., 2024). Bu hibrit yapıların tercih edilmesinin temel nedeni, polinom fonksiyonlarının parametrik esnekliği ile meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarının arama kabiliyetlerinin birbirini tamamlamasıdır.

Dergi bazlı atıf analizleri, polinom tabanlı ÇKKV araştırmalarının büyük ölçüde operasyon araştırmaları, bilgisayar bilimleri, kimya mühendisliği ve endüstriyel optimizasyon gibi disiplinlerde yayımlandığını göstermiştir. *Computers & Operations Research*, *Management Science* ve *Expert Systems with Applications* gibi güçlü etki faktörüne sahip dergiler, bu literatürün temel yayın

platformlarını oluşturmaktadır (Hochbaum, 2006; Hamdan, 2017). Bu durum, polinom tabanlı karar süreçlerinin disiplinler arası niteliğini doğrulamaktadır.

Ayrıca, yazar ve ülke bazlı analizlerde Hindistan, İran, ABD ve Birleşik Arap Emirlikleri gibi ülkelerin literatürde baskın olduğu görülmüştür. Bu ülkelerin optimizasyon, makine öğrenmesi ve karar bilimi alanlarında yoğun araştırma çıktısına sahip olmaları, polinom tabanlı ÇKKV modellerinin gelişim hızını desteklemektedir (Chakraborty & Majumder, 2019; Rezasefat et al., 2023).

Ortak atıf analizleri ise polinom tabanlı ÇKKV literatürünün entelektüel kökeninin üç ana kaynaktan beslendiğini göstermektedir:

1. Polinom matematiği ve ortogonal polinomlar
→ Gautschi (2004); Orfanidis (1995)
2. Kalite mühendisliği ve çoklu amaç optimizasyonu
→ Derringer & Suich (1980)
3. Performans fonksiyonlarının polinomsal modellemesi
→ Armstrong (1981); Bourguignon (1991)

Bu temel kaynakların sürekli referans verilmesi, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin yalnızca yeni nesil veri odaklı tekniklerle değil, aynı zamanda köklü matematiksel yapılara dayandığını göstermektedir.

Bununla birlikte literatürde belirgin bazı boşluklar da tespit edilmiştir. Örneğin Hermite, Laguerre, Chebyshev ve Legendre gibi ortogonal polinomların doğrudan ÇKKV süreçlerine entegrasyonu hâlen sınırlı düzeydedir (Gautschi, 2004). Ayrıca sosyal bilimler, sağlık yönetimi ve sürdürülebilirlik alanlarında polinom tabanlı karar modellerinin kullanımı oldukça sınırlıdır. Bu eksiklik, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin daha geniş disiplinlere uygulanması için önemli bir fırsat alanı oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, polinom tabanlı ÇKKV yöntemleri:

- doğrusal olmayan ilişkileri modelleme gücü,
- hibrit optimizasyon teknikleriyle uzlaşabilirliği,
- makine öğrenmesiyle entegre edilebilirliği,
- farklı disiplinlerde uygulanabilirliği

sayesinde literatürde yükselen bir araştırma eksenine hâline gelmiştir. Bulgular polinom tabanlı ÇKKV araştırmalarının üç ana ekseninde yoğunlaştığını göstermektedir:

1. Hibrit optimizasyon yöntemleri (Das & Chakraborty, 2024; Regalado-Méndez et al., 2024)
2. Makine öğrenmesi destekli karar modelleri (Fan et al., 2023)
3. Mühendislik uygulamalı polinom karar fonksiyonları (Rezasefat et al., 2023; Sivakumar et al., 2007)

Buna karşın ortogonal polinomların ÇKKV süreçlerine entegrasyonu hâlen sınırlıdır (Gautschi, 2004). Ayrıca sağlık, sosyal bilimler ve sürdürülebilirlik alanlarında polinom tabanlı karar modellerinin kullanımı oldukça düşüktür (Mardani et al., 2015).

Anahtar kelime eşdizimlilik sonuçları hem WoS hem Scopus veri tabanlarında polinom tabanlı ÇKKV literatürünün “multi-criteria decision making”, “optimization” ve “MCDM” ekseninde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu tematik benzerlik, polinom tabanlı yaklaşımların klasik ÇKKV yöntemlerinin bir tamamlayıcısı olarak konumlandığını; ağırlıklandırma, normalizasyon ve fayda fonksiyonu oluşturma gibi temel karar adımlarında daha esnek matematiksel modellere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Literatürde de ortogonal polinomların doğrusal olmayan ilişkileri temsil etme kapasitesi nedeniyle karar verme modellerine entegre edilmesinin yönetsel bir yenilik sunduğu ifade edilmektedir (Gautschi, 2004). Bu bağlamda, bulgular polinom tabanlı

yaklaşımların mühendislik, optimizasyon ve performans değerlendirme gibi uygulama alanlarında yoğunlaştığını doğrulamaktadır. Özellikle optimizasyonun her iki veri tabanında da ikinci en sık kullanılan anahtar kelime olarak öne çıkması, polinom fonksiyonlarının çok kriterli problemlerde etkin bir çözümleme aracı hâline geldiğini göstermektedir.

Atıf analizleri, literatürde öne çıkan çalışmaların ÇKKV'nin matematiksel temelleri, çok değişkenli optimizasyon ve polinom temelli indeksleme teknikleri üzerine inşa edildiğini göstermektedir. WoS ve Scopus'ta en çok atıf alan çalışmaların önemli bir kısmı (Sivakumar, 2007; Du, 2016; Hamdan, 2017; Hochbaum, 2006) optimizasyon algoritmaları, karar modelleri ve polinom fonksiyonlarının hesaplama verimliliği üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu durum, polinom tabanlı yöntemlerin sadece teorik seviyede değil aynı zamanda hesaplamalı modellerin performansını artırmada da önemli bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Ortak atıf analizinde WoS'ta Bourguignon (1991) ve Derringer (1980), Scopus'ta Armstrong (1981) gibi çalışmaların öne çıkması, karar modellerinde polinom fonksiyonlarının kullanımının tarihsel olarak kalite indeksleri, performans fonksiyonları ve çok değişkenli modelleme literatüründen beslendiğini göstermektedir. Bu etki alanı, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin matematiksel kökeninin güçlü ve disiplinler arası bir zemine dayandığını ortaya koymaktadır.

Ülke bazlı analizlerde Hindistan, İran, Birleşik Arap Emirlikleri ve ABD'nin gerek WoS gerek Scopus sonuçlarında en yüksek atıf yoğunluğuna sahip ülkeler olması, bu bölgelerde ÇKKV ve optimizasyon araştırmalarına verilen önemi göstermektedir. Özellikle Hindistan ve İran üniversitelerinin mühendislik ve uygulamalı matematik alanlarında yüksek yayın üretme kapasitesi, polinom tabanlı yöntemlerin bu bölgelerde hızla gelişmesini açıklamaktadır. Bulgular, literatürün ağırlıklı olarak Asya ve Orta

Doğu merkezli akademik ağlar tarafından şekillendiğini göstermektedir.

Yazar bazlı atıf analizinde WoS'ta Cheaitou; Scopus'ta ise Hamdan, Hochbaum, Levin ve Hadjmohammadi gibi araştırmacıların ön plana çıkması, alanda belirli uzman grupların literatürde yönlendirici rol oynadığını göstermektedir. Bu kümelenmeler, araştırma alanında işbirliğine dayalı bir bilim üretim ekosistemi bulunduğunu ve polinom tabanlı yöntemlerin aynı araştırma toplulukları içinde geliştirilerek yaygınlaştırıldığını göstermektedir.

Dergi bazlı atıf analizleri, polinom tabanlı ÇKKV çalışmalarının disiplinler arası bir yapıya sahip olduğunu doğrulamaktadır. Computers & Operations Research, Information Sciences ve Management Science gibi operasyon araştırmaları ve bilgisayar bilimleri odaklı dergilerin yanı sıra Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis ve Journal of Chromatography A gibi tıp ve analitik kimya dergilerinin yüksek atıf alması, yöntemin çok geniş bir uygulama alanı olduğunu göstermektedir. Bu dağılım, polinom tabanlı yöntemlerin yalnızca mühendislik karar modellerinde değil, aynı zamanda biyomedikal kalite kontrol, ilaç analizi ve laboratuvar optimizasyon süreçlerinde de tercih edildiğini ortaya koymaktadır.

Bu sonuç, polinom temelli ÇKKV yöntemlerinin esnek yapısı sayesinde farklı disiplinlere uyarlanabilirliğinin yüksek olduğunu ve gelecekte daha fazla uygulama alanına yayılma potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

Ortak atıf ve eşdizimlilik analizlerinden elde edilen bulgular, polinom tabanlı ÇKKV literatürünün belirli kavramsal eksenlerde olgunlaştığını ancak hâlâ gelişime açık olduğunu göstermektedir. Özellikle:

- Yöntemsel boşluklar: Polinom fonksiyonlarının karar modellerindeki rolü çoğunlukla normalizasyon ve fayda fonksiyonu oluşturma ile sınırlıdır; ağırlıklandırma, grup karar verme ve belirsizlik modellemesi gibi alanlarda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.
- Sektörel uygulamalar: Mevcut literatürün önemli kısmı mühendislik ve operasyon araştırmaları alanında yoğunlaşmıştır; çevresel sürdürülebilirlik, sağlık yönetimi, tarım, finansal risk analizi ve enerji politikaları gibi alanlarda uygulamalar sınırlıdır.
- Hesaplamalı yöntemler: Bulut bilişim, büyük veri ve makine öğrenmesi ile birlikte polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin hibrit modellerle birleştirilmesi potansiyeli bulunmaktadır.

Bu doğrultuda, bulgular polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin henüz erken ancak hızla büyüyen bir araştırma alanı olduğunu; metodolojik yeniliklere ve uygulama çeşitliliğine açık geniş bir araştırma gündemine sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

5. Sonuç

Bu çalışma, polinom tabanlı Çok Kriterli Kadar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin uluslararası literatürdeki konumunu, gelişim yönelimlerini ve bilimsel etkileşim ağlarını kapsamlı bir bibliyometrik analiz yoluyla incelemiştir. Web of Science (WoS) ve Scopus veri tabanları üzerinden yürütülen analizler, alanın hem kavramsal hem de entelektüel bakımdan belirgin bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Anahtar kelime eşdizimlilik analizleri, polinom tabanlı ÇKKV çalışmalarının çoğunlukla “multi-criteria decision making”, “optimization” ve “MCDM” kavramları etrafında kümелendiğini ortaya koymuş; bu durum polinom temelli yaklaşımların karar verme süreçlerinde özellikle optimizasyon odaklı problemlerde önemli bir metodolojik araç hâline geldiğini göstermiştir.

Anahtar kelime eşdizimlilik analizleri, polinom tabanlı ÇKKV literatürünün özellikle optimizasyon, makine öğrenmesi, polinomsal modelleme ve veri odaklı karar destek sistemleri ekseninde yoğunlaştığını ortaya koymuştur (Fan et al., 2023; Mardani et al., 2015). Atıf analizlerinde, Hamdan (2017), Hochbaum (2006) ve Das & Chakraborty (2024) gibi çalışmaların öne çıkması, polinom karar fonksiyonlarının alternatif sıralama, parametre optimizasyonu ve hibrit karar modellerindeki önemli rollerini doğrulamaktadır.

Makale ve yazar bazlı atıf analizleri, literatürde öne çıkan çalışmaların çoğunlukla optimizasyon algoritmaları, matematiksel karar fonksiyonları ve polinom tabanlı performans ölçüm teknikleri üzerine odaklandığını göstermektedir. Hamdan (2017), Hochbaum (2006) ve Sivakumar (2007) gibi araştırmacıların yüksek atıf alan çalışmaları, bu alandaki entelektüel temelini oluşturmakta ve araştırma yönelimlerine öncülük etmektedir. Ortak atıf analizleri ise polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin teorik temelini Bourguignon (1991), Derringer (1980) ve Armstrong (1981) gibi çok değişkenli optimizasyon ve kalite fonksiyonlarına odaklanan klasik çalışmalara dayandığını ortaya koymuştur.

Dergi bazlı analizler, polinom tabanlı yöntemlerin disiplinler arası niteliğini güçlü biçimde doğrulamaktadır. Computers & Operations Research, Management Science, Information Sciences gibi karar bilimi temelli dergilerin yanı sıra Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis ve Journal of Chromatography A gibi analitik kimya ve biyomedikal odaklı dergilerin de yüksek atıf alması, bu yöntemlerin geniş bir uygulama alanına sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin mühendislikten sağlık bilimlerine kadar geniş bir yelpazedeki problemlere uyarlanabilir olduğunu doğrulamaktadır.

Ülkelere göre atıf analizleri, Hindistan, İran, Birleşik Arap Emirlikleri ve ABD gibi ülkelerin alanda belirleyici olduğunu ortaya koymuş; bu ülkelerin yüksek yayın üretim kapasitesi ve optimizasyon araştırmalarına yaptıkları yatırımın literatürün gelişim hızını artırdığı görülmüştür. Yazar ağlarının incelenmesi ise alanda belirli uzman topluluklarının yoğunlaştığını ve polinom temelli yöntemlerin çoğunlukla benzer araştırma grupları tarafından geliştirildiğini göstermiştir.

Dergi ve yazar analizleri, alanın disiplinler arası niteliğini desteklemektedir. Özellikle *Computers & Operations Research*, *Expert Systems with Applications*, *Information Sciences* ve *Management Science* gibi dergilerin yüksek atıf yoğunluğuna sahip olması, polinom tabanlı karar modellerinin mühendislikten kimya analizine, optimizasyondan veri bilimine kadar geniş bir uygulama alanı bulduğunu göstermektedir (Hochbaum & Levin, 2006; Hochbaum et al., 2023; Derringer & Suich, 1980).

Ortak atıf analizleri ise literatürün matematiksel temelinin büyük ölçüde polinom analizi, ortogonal polinom yapıları, çoklu kalite fonksiyonları ve performans eğrisi modellemesi üzerine kurulduğunu göstermiştir (Gautschi, 2004; Armstrong, 1981; Bourguignon, 1991). Bu da modern ÇKKV uygulamalarında kullanılan polinomsal yaklaşımların aslında uzun bir matematiksel geçmişe dayandığını ortaya koymaktadır.

Araştırmanın bulguları, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin gelişim alanlarını da net biçimde ortaya koymaktadır. Buna göre:

1. Ortogonal polinomların karar matrisi normalizasyonu ve ağırlıklandırma süreçlerine entegrasyonu hâlen yetersizdir. (Gautschi, 2004)
2. Belirsizlik altında karar verme, (ör. bulanık mantık, aralık tip-2 bulanık MCDM)

ile polinomsal fonksiyonların entegrasyonu araştırılmalıdır (Zadeh, 1975).

3. Makine öğrenmesi entegrasyonlu polinomsal karar modelleri, gelecekte en yüksek potansiyeli taşıyan alanlardan biridir (Fan et al., 2023).
4. Sosyal bilimlerde, sürdürülebilirlik çalışmalarında ve sağlık yönetiminde polinom tabanlı karar modellerinin kullanımı henüz oldukça sınırlıdır (Mardani et al., 2015).
5. Polinom tabanlı hibrit MCDM modellerinin büyük veri (big data) yapılarıyla uyumlu hâle getirilmesi, yeni kuşak karar destek sistemleri için kritik önemdedir (Regalado-Méndez et al., 2024).

Genel olarak değerlendirildiğinde, polinom tabanlı ÇKKV yöntemleri:

- değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri modelleme gücü,
- meta-sezgisel yöntemlerle uyumlu hibrit yapı oluşturma kapasitesi,
- veri bilimi ve makine öğrenmesi ile yüksek entegrasyon yeteneği,
- farklı disiplinlerde geniş uygulanabilirlik potansiyeli

sayesinde modern karar biliminin yükselen araştırma alanlarından biri hâline gelmiştir.

Bu çalışma, literatürdeki akademik yönelimleri sistematik biçimde ortaya koyarak, polinom tabanlı ÇKKV yöntemlerinin gelecekteki araştırma gündeminin matematiksel genişleme, hesaplamalı güç, disiplinler arası uygulama çeşitliliği ve hibrit model entegrasyonları üzerinde şekilleneceğini göstermektedir.

Araştırma bulguları genel olarak değerlendirildiğinde polinom tabanlı ÇKKV literatürünün hâlâ gelişmeye açık, dinamik ve hızla büyüyen bir alan olduğu; yöntemsel yeniliklerin ve disiplinler arası uygulamaların bu büyümeyi desteklediği görülmektedir. Buna karşın alanın bazı sınırlılıkları da vardır. Polinom fonksiyonlarının ÇKKV süreçlerinde kullanımı çoğunlukla normalizasyon ve agregasyon adımlarıyla sınırlı kalmakta; belirsizlik modellemesi, grup karar verme, hibrit yapılar ve büyük veri ortamlarında uygulanabilirlik gibi konularda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Ayrıca tarım, enerji politikaları, çevresel sürdürülebilirlik, sağlık yönetimi ve mali risk analizi gibi sektörlerde polinom tabanlı ÇKKV uygulamalarının hâlâ sınırlı olduğu görülmektedir.

Bu nedenle gelecekteki çalışmaların;

- polinom fonksiyonlarını temel alan yeni ağırlıklandırma ve belirsizlik modelleme yaklaşımlarını,
 - makine öğrenmesi ve büyük veri analitiği ile entegre hibrit ÇKKV modellerini,
 - farklı sektörlerde geniş kapsamlı uygulamalar geliştirmeyi,
 - uluslararası araştırma işbirliklerini genişletmeyi
- hedeflemesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma polinom tabanlı ÇKKV literatürünü çok boyutlu bibliyometrik göstergelerle analiz ederek alanın kavramsal yapısını, temel yayınlarını ve gelişim eğilimlerini sistematik biçimde ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, hem araştırmacılar hem de karar bilimi uygulayıcıları için alanın mevcut durumunu değerlendirme ve gelecekteki araştırma yönelimlerini planlama açısından kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Kaynakça

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, 11(4), 959-975.

Armstrong, D. W. (1981). Applications of polynomial functions in analytical decision processes. *Journal of Chromatography A*. Kaynak yok

Bano, S., Hasan, M. G., & Quddoos, A. (2024). A decision-maker confidence level based multi-choice Best–Worst Method: An MCDM approach. *Journal of Applied Mathematics and Informatics*, 42(2), 257–281.

Belton, V., & Stewart, T. (2012). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.

Bourguignon, B. (1991). Polynomial structures for performance evaluation. *Information Sciences*. yok

Bourguignon, S., Ninin, J., Carfantan, H., & Mongeau, M. (2015). Exact sparse approximation problems via mixed-integer programming: Formulations and computational performance. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 64(6), 1405-1419.

Börner, K. (2010). Atlas of science: Visualizing what we know. Mit Press.

Chakraborty, T., & Majumder, M. (2019). Application of statistical charts, multi-criteria decision making and polynomial neural networks in monitoring energy utilization of wave energy converters. *Environment, development and sustainability*, 21(1), 199-219.

Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, 114(1), 1-9.

Choudhury, S., Saha, A. K., & Majumder, M. (2020). Optimal location selection for installation of surface water treatment plant by Gini coefficient-based analytical hierarchy process: S. Choudhury et al. *Environment, Development and Sustainability*, 22(5), 4073-4099.

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 62(7), 1382-1402.

Das, P. P., & Chakraborty, S. (2024). In search of the best multi-criteria decision making-particle swarm optimization-based hybrid approach for parametric optimization of friction stir welding processes. *Opsearch*, 61(4), 1764-1794.

Derringer, G., & Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of quality technology*, 12(4), 214-219.

Du, W. S., & Hu, B. Q. (2016). Dominance-based rough set approach to incomplete ordered information systems. *Information Sciences*, 346, 106-129.

Fan, S., Liu, G., Tu, Y., Zhu, J., Zhang, P., & Tian, Z. (2023). Improved multi-criteria decision making method integrating machine learning for patent competitive potential Evaluation: A case study in water pollution abatement technology. *Journal of Cleaner Production*, 403, 136896.

Gautschi, W. (2004). Orthogonal polynomials: computation and approximation. OUP Oxford.

Hadjmohammadi, M. R., & Nazari, S. S. S. (2013). Optimization of separation of flavonoids in micellar liquid chromatography using experimental design and Derringer's desirability function. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 36(7), 943-957.

Hadjmohammadi, M. R., & Safa, F. (2004). Multi-criteria decision making in micellar liquid chromatographic separation of chlorophenols. *Journal of separation science*, 27(12), 997-1004.

Hamdan, S., & Cheaitou, A. (2017). Supplier selection and order allocation with green criteria: An MCDM and multi-objective optimization approach. *Computers & Operations Research*, 81, 282-304.

Hashem, A. F., Hanif, M. F., Shafiq, A., & Alzahrani, E. (2025). TOPSIS based multi criteria QSPR modeling of antibiotics using graph theoretic indices. *Scientific Reports*, 15(1), 40658.

Hochbaum, D. S. (2009). Polynomial time algorithms for ratio regions and a variant of normalized cut. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 32(5), 889-898.

Hochbaum, D. S., Levin, A., & Rao, X. (2023). Algorithms and complexities of matching variants in covariate balancing. *Operations Research*, 71(5), 1800-1814.

Hochbaum, D. S., & Levin, A. (2006). Methodologies and algorithms for group-rankings decision. *Management Science*, 52(9), 1394-1408.

Hochbaum, D. S. (2006, December). Ranking sports teams and the inverse equal paths problem. In *International workshop on internet and network economics* (pp. 307-318). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Bu önemliiiiiiii

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making*:

methods and applications a state-of-the-art survey (pp. 58-191). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Jafari-Raddani, M., Asgarabad, H. C., Aghsami, A., & Jolai, F. (2024). A hybrid approach to sustainable supplier selection and order allocation considering quality policies and demand forecasting: a real-life case study. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 8(1), 39-69.

Kumar, B., Dube, D. K., Chali, W. E., & Dero, D. C. (2021, June). Erosion Area Prioritization for a Himalayan River Basin Using Entropy Weighting Multi-criteria Decision-Making (E-MCDM). In *Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration* (pp. 453-456). Cham: Springer Nature Switzerland.

Madiouni, R., Bouallègue, S., Haggège, J., & Siarry, P. (2019). Epsilon-multiobjective particle swarm optimization-based tuning of sensitivity functions for polynomial control design. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 41(13), 3688-3704. Bunu ekleeeeeeeee

Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications—Two decades review from 1994 to 2014. *Expert systems with Applications*, 42(8), 4126-4148.

Orfanidis, S. J. (1995). *Introduction to signal processing*. Prentice-Hall, Inc..

Regalado-Méndez, A., Vizarratea-Vásquez, D., Robles-Gómez, E. E., Natividad, R., Escudero, C. J., & Peralta-Reyes, E. (2024). Data-Based Modeling, Multi-Objective Optimization, and Multi-Criterion Decision-Making to Maximize the Electro-Oxidation of Metoprolol over Boron-Doped Diamond Electrodes in a Flow-By Reactor. *Processes*, 12(9), 1958.

Rezasefat, M., Ma, D., da Silva, A. A., Colombo, C., Amico, S. C., Giglio, M., & Manes, A. (2023). Multi-criteria decision-making analysis and numerical simulation of the low-velocity impact response of inter-ply S2-glass/aramid woven fabric hybrid laminates. *Composite Structures*, 312, 116867.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.

Sethuramalingam, P., Uma, M., Raj, S. O. N., Patel, R., & Paul, N. K. (2024). Experimental investigations and surface characteristics analysis of titanium alloy using machine learning techniques. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 33(16), 8066-8089.

Sivakumar, T., Manavalan, R., Muralidharan, C., & Valliappan, K. (2007). Multi-criteria decision making approach and experimental design as chemometric tools to optimize HPLC separation of domperidone and pantoprazole. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 43(5), 1842-1848.

Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for information Science*, 24(4), 265-269.

Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods. In *Multi-criteria decision making methods: A comparative study* (pp. 5-21). Springer, Boston, MA.

Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), 523-538.

Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and economic development of economy*, 17(2), 397-427.

BÖLÜM 2

OBJEKTİF KRİTER AĞIRLIKLANDIRMA YAKLAŞIMLARININ METODOLOJİK ANALİZİ: CRITIC, ENTROPİ, MEREC VE STANDART SAPMA YÖNTEMLERİ

ENGİN KARAKIŞ¹

Giriş

Karar verme alternatifler arasından amaca en uygun olan alternatifi seçme sürecidir. Karar verici, amaç ve hedefler, karar alternatifleri, karar vermede kullanılan karar kriterleri, karar ortamı ve çevresel faktörler karar sürecinin temel unsurlarıdır. Karar verme süreci bilgi odaklı gelişen ve geliştirilen bir süreçtir. karar verme durumlarında eldeki bilgi seviyesi kararın doğru olma niteliğini etkileyen en önemli etkenlerdendir. Karar verme temel olarak belirlilik, belirsizlik ve risk ortamlarında gerçekleştirilir. Eğer kararı etkileyen durumların tümüyle bilindiği ve karar ortamı ile ilgili bir belirsizlik yok ise burada belirlilik ortamından söz edilir. Eğer karar durumları ve karar ortamının ile ilgili tam ve kesin olmayan bilgiler

¹ Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, ORCID:0000-0003-1271-1742, ekarakis@cumhuriyet.edu.tr

var ise, diğ er bir ifade ile bilgi eksikliğı söz konusu ise bu durumda belirsizlik ortamı vardır. Belirsizlik ortamındaki durumlar subjektif ya da objektif olasılıklar ile ifade edilebiliyorsa risk ortamından söz edilir. Karar verme sürecinde tek bir kriter var ise tek kriterli karar vermeden söz edilirken birden çok sayıda karar kriteri var ise çok kriterli karar verme (ÇKKV) söz konusudur. Bir karar probleminde tek bir kriterin bulunması halinde karar problemini tanımlamak ve karar vermek kolaydır. Fakat karar probleminde birden çok sayıda ve çelişen kriterler bulunduğunda karar vermek zorla maktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri bulanık mantık yaklaşımı ile kullanıldığında ya da klasik ÇKKV yaklaşımlarında uzman yargıları kullanıldığında alternatiflerin aldığı değ erler için bir olasılık ataması söz konusu olmayıp alternatif değ erlerinin bir kümeye ait olma derecesini ifade eden üyelik derecesi belirlenmesini ifade eder. Dolayısıyla çok kriterli karar verme yaklaşımları daha çok belirlilik ortamında karar verme süreçlerini içerir. Gündelik hayatta ve i  hayatında karşılaşılan ÇKKV problemlerinin çözümü için matematiksel modellemelere dayalı pek çok yöntem geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme problemlerinde sonuçlar kriterlerin önem ağırlıklarına oldukça duyarlıdır. Bu nedenle ÇKKV yöntemlerinin, ağırlıklandırma yöntemleri ile ele alınarak incelenmesi gereklidir. Bu bağlamda ÇKKV yöntemlerinde kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanılan yöntemin seçimi, karar teorisinin önemli bir çalışma konusudur.

ÇKKV yöntemlerinin uygulanmasında genel olarak dört aşama vardır: (i) problemin ilgili alternatifleri ve kriterleri tanımlamak, (ii) problemdeki kriterlerin ağırlıklarını belirlemek, (iii) her bir kritere göre alternatiflerin performans değ erlerini belirlemek ve (iv) alternatifleri tüm kriterlerdeki toplam performanslarına göre değ erlendirmek (Alfares, ve Duffuaa, 2016).

ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıkları, çözüm sonuçları üzerinde önemli ölçüde etkilidir. Bu nedenle, kriter ağırlıklarının

belirlenmesinde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde subjektif, objektif ve karma ağırlıklandırma yaklaşımları kullanılmaktadır.

Çok Kriterli Karar Vermede Kriter Ağırlıklarının Önemi

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözüm sürecinde probleme etki eden tüm kriterlerin ve tüm çözüm alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından önce yapılması gereken karar probleminin doğru ve eksiksiz bir şekilde tanımlanmasıdır. Daha sonra seçilen doğru bir yöntem ile kriterlerin önem düzeyi, ağırlıkları belirlenir. Bu aşamadan sonra ise bir yönteme bağlı olarak alternatiflerin performans değerleri hesaplanarak alternatifler değerlendirilir. Karar verme probleminin çözümünde kullanılan yöntemle bağılı olmaksızın karara etki eden tüm kriterlerin karar modeline dahil edilmesi önem ağırlıklarının belirlenmesinden bağımsız ve öncelikli bir problem tanımlama aşamasıdır. Çok kriterli karar vermede kriter ağırlıkları analiz sürecinin sonuçlarını ve sonuçların güvenilirliğini doğrudan etkilemesi nedeniyle önemlidir. Bu nedenle çok kriterli karar verme probleminde kullanılacak olan kriter ağırlıklandırma yönteminin seçimi önemlidir.

Çok kriterli karar vermede kriter ağırlıkları subjektif, objektif ve karma yöntemler olmak üzere üç farklı yaklaşımla belirlenebilmektedir. Subjektif yöntemlerin kullanılmasında karar verici tercihleri veya uzman görüşlerine dayalı olarak yargısal değerlendirme söz konusudur. Subjektif yöntemlerde karar sürecinde kişilerin önyargıları, sahip oldukları değerler sürece etki ederek doğru karar vermeyi olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca bu gibi durumlarda kriter sayısı arttıkça zihinsel yoğunluk artmakta tercihlerin doğruluğu azalmaktadır(Alfares, ve Duffuaa, 2016:2). Objektif ağırlıklandırma da ise yargılardan bağımsız karar problemi verilerine dayalı olarak ağırlıklandırma söz konusudur. Objektif yöntemler karar sürecinde nesnelliği sağlarken karar verici ve uzman

deneyimlerini dışarda bırakmaktadır. Bu nedenle subjektif ve objektif yöntemlerin birlikte kullanıldığı karma yöntemler kullanılmaktadır.

Kriter Ağırlıklandırma Yöntemi Seçimi

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde farklı kriter ağırlıklandırma yöntemleri farklı kriter ağırlıkları hesaplamaktadır. Analiz sonuçları üzerindeki etkisi nedeniyle kriter önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan yöntemin seçimi çok önemlidir.

Karar kriterlerinin önem ağırlıklarının subjektif olarak belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır;

- Doğrudan değerlendirme yöntemi,
- Sıralama (Puanlama) yöntemi,
- İkili karşılaştırmalara dayalı yöntemler,
- DELPHI yöntemi,
- Oran Yöntemi,
- SMART Yöntemi.

Subjektif ağırlıklandırma yöntemlerinin temel ortak özellikleri kişisel yargılara dayalı olmaları yanında bu yöntemlerin dikkate alınan kriter sayısının az olduğu karar problemlerinde kullanıldıkları ve kişisel puanlamaların normalize edilerek nihai ağırlıkların hesaplanmasıdır.

Kişisel yargıları dışlayarak, karar probleminin verilerini dikkate alarak nesnel bir yaklaşım sunan ve yaygın olarak kullanılan objektif ağırlıklandırma yöntemleri şunlardır;

- Entropi Yöntemi
- CRITIC Yöntemi

- MEREC Yöntemi
- Ortalama Ağırlık Yöntemi
- Standart Sapma Yöntemi
- İstatistiksel Varyans Yöntemi

Çok kriterli karar problemlerinden kullanılan ağırlıklandırma yöntemi temelde karar probleminin yapısına bağlıdır. Karar probleminin çözümünde karar vericilerin tercihleri, uzman görüşleri gibi subjektif değerlendirmelere ihtiyaç duyuluyorsa subjektif yöntemler tercih edilmektedir. Bununla birlikte karar problemlerinin çözümünde kişisel tercihler, kişisel değerler yerine analitik yaklaşımlara ve çözümlere ihtiyaç duyuluyor ise objektif ağırlıklandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Günümüzde çok kriterli karar verme problemleri sadece kurum ve kuruluşların karşılaştıkları problemler olmayıp nihai tüketicilerin diğer bir ifadeyle bireylerin de sıkça karşılaştıkları problemlerdir. Örneğin bir cep telefonu seçiminde kişisel yargılar, kişisel tercihler karar probleminin çözümünde dikkate alınırken, bir işletmenin tedarikçi seçiminde kişisel yargılar ve değerlerden daha çok rasyonellik öne çıkmaktadır.

Çok kriterli karar verme süreçlerinde, karar probleminin yapısı, karar analizini yapan kişinin bilgi ve yetenekleri, yöntemin karmaşıklığı, problemde kişisel yargı ve değerlendirmelerin gerekliliği ağırlıklandırma yönteminin seçiminde etkilidir. Çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılacak olan kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin seçiminde alternatif sayısı, kriter sayısı, alternatiflerin kriterlere göre aldıkları değerler arasındaki uzaklık, etkili olan diğer temel faktörlerdir.

Kriterlerin Ağırlıklandırılmasında Objektif Yöntemler

Objektif ağırlıklandırma yöntemleri karar verici tercihleri ya da uzman görüşlerini dikkate almayan karar matrisi verilerine dayalı

olarak kriter önem ağırlıklarını nesnel olarak belirleyen yöntemlerdir. Bazı ÇKKV problemlerinde öznel yargı ve uzman görüşlerine ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu gibi durumlarda nesnel ağırlıklandırma yöntemleri karar verici ve uzman görüşlerinin karar modeline katılmaması karar problemlerinin yapısına bağlı olarak bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir(Syur,2025). Belirsizlik ve bulanıklık içeren karar problemlerinde öznel yargılara ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu gibi durumlarda kriter sayısı arttıkça, zihinsel süreçlerde tercihlerin doğruluğu azalmaktadır(Alfares ve Duffuaa, 2016). Bu tür karar durumlarında objektif ve subjektif değerlendirmeleri kapsayan karma ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir.

Literatürde objektif ağırlıklandırma yöntemi ile yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır; Nguyen vd(2020) finansal oranların ağırlıklandırmasında standart sapma yöntemini, Salabun vd. (2020), bir simülasyonla kriter ağırlıklandırmasında kullanılan objektif yöntemlerin sonuçlarını incelemişler, Vavrek ve Becica(2020) tiyatroların verimliliği araştırmasında finansal ve teknik verilerin ağırlıklandırılmasını Narayanamoorthy(2020), su dağıtım sistemlerini değerlendirdikleri çalışmada bulanık kümeler ile standart sapma yöntemini, Şahin(2020) malzeme seçimi probleminde standart sapma ve CRITIC yöntemlerinin sonuçlarını incelemişlerdir.

Bu bölümde öncelikle ENTROPİ, CRITIC, MEREC ve Standart Sapma Yöntemlerinin matematiksel yapısı açıklanacaktır. Daha sonra varsayımsal olarak belirlenen bir dizüstü bilgisayar seçimi problemi açıklanan karar verme yöntemleri ile ağırlıklandırılacaktır. Ağırlıklandırma sonuçları incelenerek kullanılan kriterlerin benzerlikleri ve farklılıkları tespit edilerek bu yöntemler karşılaştırılacaktır.

Örnek karar probleminin çözümünde Fiyat, İşlemci(CPU), Bellek(RAM), Depolama, Pil Kullanım Süresi, Ağırlık olmak üzere

altı adet karar kriteri belirlenmiştir. Bu kriterlerden Fiyat ve Ağırlık maliyet yönlü kriterler olup, CPU, RAM, Depolama Hacmi, Pil Kullanım Süresi fayda yönlü kriterleridir. Kriterlerin normalizasyon işlemlerinde ağırlıklandırma yönteminin formülleri kullanılmış, farklı normalize etme yöntemleri uygulanmamıştır.

- ENTROPİ Yöntemi

Objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden Entropi Shannon(1948) tarafından geliştirilmiş ve belirsizliğin hesaplanması düşüncesine dayanır. Entropi bir belirsizlik ölçüsüdür. Uygulama adımları ile açıklanan yöntem verilerin geniş bir aralıkta dağılımı daha dar bir aralıklı dağılıma göre daha yüksek belirsizliği ifade eder(Zardari vd. 2015);

Adım 1. Karar matrisi x_{ij} i. alternatifin j. kriterine göre aldığı değeri göstermek üzere formül (1) deki gibi gösterilebilir.

$$C = [X_{ij}]_{m \times n} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Alternatiflerin kriterlere göre aldığı değerleri gösteren karar matrisinden, formül (2) kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2)$$

Adım 3. Normalize edilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra formül (3) yarımıyla Entropi değerleri hesaplanır.

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n r_{ij} \cdot \ln r_{ij} \quad ; j = 1, 2, \dots, n \quad 0 \leq E_j \leq 1 \quad (3)$$

Adım 4. Entropi değerlerinin farkları formül (4) kullanılarak bulunur.

$$d_j = 1 - E_j, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

Adım 5. Son adımda her bir kriterin önem ağırlık değeri formül (5) yardımıyla belirlenir.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

- CRITIC Yöntemi

Diakoulaki, Mavrotas, ve Papayannakis (1995) tarafından önerilen CRITIC yöntemi önem ağırlıklarının hesaplanmasında standart sapma ve korelasyon değerlerine dayanır. Standart sapma değerinin büyük olması durumunda o kriterin önem ağırlığının yüksek olması sonucunu doğurur. Yöntem sadece kriterin kendi içindeki değişim ölçüsünü değil aynı zamanda diğer kriterler ile olan korelasyon derecesini de dikkate alır. Yöntem aşağıdaki gibi özetlenebilir (Alinezhad ve Khalili, 2019; Hassan, Kamal, Moniruzzaman, Zulkifli and Yusop, 2015):

Karar matrisi formül (1) deki gibi oluşturulduktan sonra kriterlerin fayda veya maliyet nitelikli olmalarına göre formül (7) ve formül (8) kullanılarak karar matrisi normalize edilir.

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (6)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (8)$$

Karar matrisi normalize edildikten sonra kriterler arasındaki standard sapma değerleri ve korelasyon katsayıları bulunur. Kriter önem ağırlıkları formül (9) ile bulunur.

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{i=1}^n C_j}; i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Formülde w_j , j kriterinin önem düzeyini ifade eder. C_j , ise j kriterinin indeks değerini ifade eder ve aşağıdaki formül ile bulunur.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - p_{jk}) j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Formül (10)'daki σ_j , j. kriterin standart sapması ve p_{jk} , kriterler arasındaki korelasyon katsayısıdır. Kriterlerin standart sapması formül (11) ile hesaplanır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}}; i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

Korelasyon katsayısı formül (12) kullanılarak hesaplanır.

$$p_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}} \quad (12)$$

- MEREC Yöntemi

MEREC yöntemi yeni geliştirilen bir ÇKKV yöntemi olup objektif ağırlıklandırmada kullanılmaktadır. MEREC yöntemi bir kriterin kaldırılmasının karar sonuçları üzerindeki etkisini ölçerek

her bir kriterin önem ağırlığını belirler. Yöntemin uygulama adımları aşağıdaki verilmiştir(Ghorabae vd. 2021).

Adım 1. Karar matrisi oluşturulması

Adım 2. Normalize Karar matrisinin oluşturulması edilmesi. Normalize karar matrisi için aşağıdaki formüller kullanılır.

$$r_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \quad (13)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad (14)$$

Adım 3. Alternatiflerin performans değerleri hesaplanır.

$$K_{ij} = \ln \left(1 + \frac{\sum_{j=1}^n |\ln(r_{ij})|}{n} \right) \quad (15)$$

Adım 4. Alternatiflerin performans değerlerindeki değişimler hesaplanır.

$$K_{ij}^* = \ln \left(1 + \frac{\sum_{j=1, j \neq k}^n |\ln(r_{ij})|}{n} \right) \quad (16)$$

Adım 5. Performans değerlerindeki sapmaların mutlak değerleri bulunur.

$$E_j = \sum |K_{ij}^* - K_{ij}| \quad (17)$$

Adım 6. Sapma değerleri kullanılarak kriterlerin önem ağırlıkları bulunur.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^n E_j} \quad (18)$$

- İstatistiksel Varyans Yöntemi

İstatistiksel Varyans Yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesinde varyans hesaplamasına dayalı bir yöntemdir(Zardari vd. 2015). Verilerin yayılımını ölçen varyans, istatistikte temel bir analiz yöntemi olarak ortalamalar arasındaki farkın anlamlılığı ile ilgili olarak kullanılan analizdir(Arslan ve Zorlutuna, 2025;720).

$$w_j = \frac{w_j}{\sum_{i=1}^n w_j} ; j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2} \quad ; j = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

w_j kriter ağırlıklarını ve σ_j standart sapma değerini göstermektedir.

- Standart Sapma Yöntemi

Bu yöntemde alternatiflerin her bir kritere göre aldıkları değerlerin standart sapma değerleri hesaplanır. Bir kriterin standart sapma değeri ne kadar yüksek ise o kriterin önem düzeyinin yüksek olması gerektiği düşüncesine dayanır. Yöntemde aşağıda gösterilen formüller yardımıyla hesaplama yapılır(Zardari vd. 2015)

$$w_j = \frac{w_j}{\sum_{i=1}^n w_j} ; j = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2} \quad ; j = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

w_j kriter ağırlıklarını ve σ_j standard sapma değerini göstermektedir.

- Ortalama Ağırlık Yöntemi

Ortalama ağırlık yöntemi kriterlerin önem ağırlıklarının seat olduğu varsayımına dayanır. Kriterlerin ağırlıklar $w_j=1/n$ formülü ile hesaplanır. Karar ortamı ile ilgili belirsizlik ve karar vericinin bir değerlendirmesi olmadığı durumlarda kullanılır(Zardari vd. 2015). Ortalama ağırlıklandırma yöntemi kriterlerin ağırlıklarının eşit olduğu durumlarda, kriterlerin diğerlerine baskın olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Uygulama kolaylığı, tarafsızlığı, şeffaflığı ile öne çıkar. Yaklaşım, yargısal bir değerlendirmeye başvurmamasına rağmen veriye dayalı olmaması nedeniyle subjektif ağırlıklandırma yöntemi olarak da değerlendirilmektedir.

Uygulama

Bu bölümde belirlenen objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin birlikte karşılaştırmasını yapmak amacıyla varsayımsal bir örnek ile konu incelenmiştir. Örnekte bir dizüstü bilgisayar seçimi karar probleminde kullanılan kriterlerin önem ağırlıkları beş farklı objektif ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Kriter ağırlıkları ÇKKV yöntemlerinden olan ENTROPİ, CRTIC, MEREC ve Standart Sapma ve Ortalama Ağırlık Yöntemi ile belirlenerek bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Örnek karar probleminde varsayımsal olarak oluşturulan üç alternatif A1, A2, A3 ve alternatiflerin değerlendirildiği kriterler Fiyat, İşlemci(CPU), Bellek(RAM), Depolama, Pil Kullanım Süresi, Ağırlık olmak üzere altı adet kriter kullanılmıştır. Bu kriterlerden Fiyat ve Ağırlık maliyet yönlü, diğer kriterler fayda yönlü kriterlerdir. Kriterler sırasıyla C1, C2, C3, C4, C5 ve C6 sembolleri ile gösterilmiştir.

Kriter ağırlıklandırmasının önemli bir aşaması karar matrisinin normalize edilmesidir. Kullanılan normalize matris yöntemlerinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Normalize matris elde edilerek farklı ölçümler ile elde edilen değerler birimsizleştirilmektedir. Diğer bir ifade ile tüm kriter değerleri aynı ölçeğe dönüştürülerek karşılaştırılabilir olmaları sağlanmaktadır. Normalize karar matrisinde değerler 0-1 aralığında ifade edilmektedir. Böylece büyük değerlere sahip değerlerin sonuçlar üzerindeki etkisi sınırlanmakta, her kriterin eşit bir ölçek ile sonuçlara etki etmesi sağlanmaktadır. Karşılaştırılan yöntemler en küçük ve en büyük değerleri dikkate alan normalizasyon yöntemini kullanmaktadır. Standart sapma ve ortalama ağırlık yönteminde normalizasyon işlemi uygulanmamakta ham veriler üzerinden işlem yapılmaktadır. İncelenen objektif ağırlıklandırma yöntemlerinde normalize karar matrisi hesaplama işlemlerinin farklılık göstermektedir. Karar matrisinin normalize edilmiş değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. ENTROPİ yöntemi normalize edilmiş karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0.309	0.250	0.250	0.253	0.258	0.288
A2	0.366	0.438	0.500	0.494	0.323	0.385
A3	0.325	0.313	0.250	0.253	0.419	0.327

Yukarıdaki Tablo 1’de ENTROPİ yönteminin normalize edilmiş karar matrisi yer alırken Tablo 2’de CRITIC yöntemi ile elde edilen normalize karar matrisi verilmiştir. Normalize matrisler matematiksel yöntemlerin farklı olmasına bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmektedir.

Tablo 2. CRITIC yöntemi normalize edilmiş karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0.149	0.000	0.000	0.000	0.000	0.227
A2	0.000	1.000	1.000	1.000	0.400	0.000

A3	0.106	0.333	0.000	0.000	1.000	0.136
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tablo 3'te MEREC yönteminin normalize edilmiş karar matrisi verilmiştir. Her üç yöntemle elde edilen normalize karar matrisleri farklılık gösterdiği görülmektedir.

Tablo 3. MEREC yöntemi normalize edilmiş karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	1.000	0.571	0.500	0.512	0.615	1.000
A2	0.844	1.000	1.000	1.000	0.769	0.750
A3	0.950	0.714	0.500	0.512	1.000	0.882

Yöntemlerin işlem adımları uygulanarak her bir yönetime göre elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 4'te verilmiştir

Tablo 4. Kriter ağırlıkları

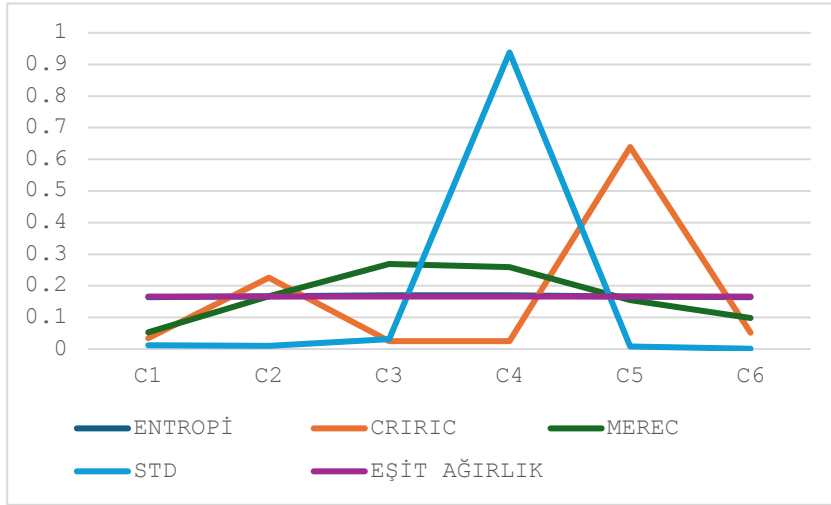
	ENTROPİ	CRIRIC	MEREC	STD	ORTALAMA AĞIRLIK
C1	0.164	0.034	0.053	0.012	0.166
C2	0.167	0.226	0.167	0.010	0.166
C3	0.170	0.025	0.269	0.031	0.166
C4	0.170	0.025	0.259	0.938	0.166
C5	0.166	0.639	0.155	0.008	0.166
C6	0.164	0.052	0.098	0.001	0.166

Tabloya göre kriter ağırlıklarının değerleri bütün yöntemlerde farklıdır. Bununla birlikte ENTROPİ ve MEREC yöntemlerinin kriter ağırlıkları arasında güçlü bir korelasyon olduğu görülmektedir. Tablo 4'teki sonuçlara göre yöntemler ayrı ayrı değerlendirildiğinde en yüksek değişim aralığı standart sapma yönteminde ve sırasıyla CRITIC ve MEREC yöntemlerinde görülürken ENTROPİ yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarının birbirine daha yakın olduğu görülmektedir.

Varyans hesaplamasına duyarlı olan yöntemler olan CRITIC ve standart sapma yöntemleri veri aralığının genişliğine bağlı olarak uç değerler vermiştir. ENTROPİ yöntemi biraz daha birbirine yakın

bir ağırlıklandırma yapmıştır. Aynı şekilde MEREC yönteminde de ağırlıkların yakın belirlendiği görülmektedir.

Grafik 1. Yöntemlere göre kriter ağırlıkları



Grafik 1'deki yöntemlerin kriter ağırlıkları gösterilmiştir. ENTROPİ yönteminde kriter ağırlıklarının daha benzer değerler aldığı MEREC yöntemi ile bu bakımdan benzer ağırlıklar verdikleri görülmektedir. Bunun yanı sıra standart sapma ve CRITIC yöntemlerinde kriter ağırlıkları daha geniş bir aralıkta belirlenmiştir.

Sonuç

Çok kriterli karar problemlerinin çözümünde kriter ağırlıklarının belirlenmesi karar sürecinin önemli bir aşamasıdır. Çünkü kriter ağırlıkları sonuçlar üzerinde doğrudan etkilidir. Bu durumda kriter ağırlıklarının belirlenmesinde yöntem seçiminin doğru ve dikkatli bir şekilde yapılması çok önemlidir.

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde etkili olan pek çok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden ilki problemin yapısı ve kriterlerin sayısıdır. Problemin yapısını kişisel tercih ve uzman

görüşleri gerekli kılıyor ise subjektif ağırlıklandırma yöntemleri kullanılır. Problemin yapısı kişisel tercih ve uzman görüşlerini dışarıda bırakmayı gerektiriyor ise diğer bir ifadeyle objektif ve veriye dayalı bir çözüm gerektiriyor ise objektif ağırlıklandırma yöntemleri kullanılmalıdır. Buna ilaveten karar probleminde çok sayıda kriter olduğunda subjektif ağırlıklandırma yöntemlerini kullanmak zorlaşacaktır. Çünkü insan beyni belirli bir kapasite ile değerlendirme yapabilmekte ve hassas düşünebilmektedir. Buna ilaveten bir şekilde bilgi işleme kapasitesi ile alternatif sayısı, kriter sayısının ve kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan ölçek genişliğinin ters orantılı olduğu görülmektedir(Miller 1956). Çok sayıda kriter olduğunda objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanılarak problemin çözülmesi daha doğru sonuçlar vermektedir.

Kriter ağırlıklandırma yöntemleri, kendi formülasyonu içinde karar matrisinin normalize edilmesi için bir formül geliştirmiştir. Normalize karar matrisinin elde edilmesi amacıyla kullanılan bu yöntemler de karar sonuçları, diğer bir ifade ile alternatiflerin kriterlere göre alacağı değerler üzerinde etkilidir. Dolayısıyla bir karar probleminde seçilen kriter ağırlıklandırma yönteminin formülünü kullanmak ya da farklı bir normalizasyon formülü kullanmak yeni bir tercih durumunu ortaya çıkarmaktadır. Seçilen normalizasyon yönteminin de karar sonuçları üzerinde etkilidir.

Aynı karar problemi için beş objektif ağırlıklandırma yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin sonuçlarına bakıldığında hesaplanan kriter ağırlıklarının yöntemlere göre farklı olduğu Tablo 4'te görülmektedir. Veriye dayalı ağırlıklandırma yöntemleri olan objektif ağırlıklandırma yöntemleri matematiksel hesaplamalar bakımından farklılıklar içerir. Yöntemlerin matematiksel yapısı dışında uygulanan normalizasyon yöntemleri de kriterlerin ağırlıklandırılmasında farklılıklara neden olmaktadır. Bu çalışmada

ağırlıklandırma yöntemleri bir bütün olarak incelenmiş normalizasyon yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınmamıştır. Ancak yöntemlerin normalizasyon işlemlerine karşı duyarlı olduğu görülmektedir.

Bir karar probleminin çözümünde seçilecek ağırlıklandırma yöntemine karar vermek karar sonuçlarını etkileyen önemli bir aşamadır. Bu aşamada karar probleminin yapısına bağlı olarak uygun yöntemin belirlenmesinde, yöntemler arasındaki farklılıklar dikkate alınarak birden çok ağırlıklandırma yönteminin birlikte kullanılması ya da karar verici ve uzman yargılarının da modele dahil edildiği karma ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanılması ağırlıklandırmada uzlaştırmacı bir yaklaşım olarak kullanılabilir.

Kaynakça

Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). *New methods and applications in multiple attribute decision making (MADM)* (Vol. 277, pp. 199-203). Cham: Springer.

Arslan, A. Ş., & Zorlutuna, Ş. Çalışanların İş Tatmini ve İşten Ayrılma Niyetlerinde Bireysel Farklılıkların Etkisi: Demiryolu Çalışanları Üzerine Bir Araştırma. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(4), 715-739.

Alfares, H. K., & Duffuaa, S. O. (2016). Simulation-based evaluation of criteria rank-weighting methods in multi-criteria decision-making. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(01), 43-61.

Bozorg-Haddad, O., Zolghadr-Asli, B., & Loaiciga, H. A. (2021). *A handbook on multi-attribute decision-making methods*. John Wiley & Sons.

Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & operations research*, 22(7), 763-770.

Hwang, CL., Yoon, K. (1981). *Methods for Multiple Attribute Decision Making*. In: *Multiple Attribute Decision Making*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, vol 186. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3

Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC). *Symmetry*, 13(4), 525.

Miller, G. A. (1956). The magic number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63, 91-97.

Narayanamoorthy, S., Annapoorani, V., Kalaiselvan, S., & Kang, D. (2020). Hybrid hesitant fuzzy multi-criteria decision making method: a symmetric analysis of the selection of the best water distribution system. *Symmetry*, 12(12), 2096.

Nguyen, P. H., Jung-Fa, T. S. A. I., Nguyen, V. T., Dang-Duong, V. U., & Trong-Khoi, D. A. O. (2020). A decision support model for financial performance evaluation of listed companies in the Vietnamese retailing industry. *The journal of Asian finance, economics and business*, 7(12), 1005-1015.

Salabun, W., Wątróbski, J., & Shekhovtsov, A. (2020). Are mcdm methods benchmarkable? a comparative study of topsis, vikor, copras, and promethee ii methods. *Symmetry*, 12(9), 1549.

Shyur, H. J. (2025). Combination weighting method using Z-numbers for multi-criteria decision-making. *Applied Soft Computing*, 174, 112992.

Şahin, M. (2020). Hybrid multiattribute decision method for material selection. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(2), 107-117.

Zardari, N. H., Yusop, Z. B., Ahmed, K., Shirazi, S. M.,(2015). *Weighting methods and their effects on multi-criteria decision making model outcomes in water resources management*. Springer.

Vavrek, R., & Bečica, J. (2020). Efficiency evaluation of cultural services in the Czech Republic via multi-criteria decision analysis. *Sustainability*, 12(8), 3409.

BÖLÜM 3

İSTATİSTİKSEL TAHMİN YÖNTEMLERİNDEN OPTİMAL ÖLÇEKLEMeye: DALGALI EN KÜÇÜK KARELER ALGORİTMASI ANALİZİ

ENGİN KARAMAN¹

Giriş

İstatistiksel analizde, özellikle sosyal bilimler gibi alanlarda karşılaşılan kategorik (nitel) verilerin modellenmesi, geleneksel lineer yöntemlerin varsayımlarını (örn. çoklu normallik) karşılamadığı için önemli zorluklar barındırır. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve nitel verileri analize uygun hale getirmek için Optimal Ölçekleme (Optimal Scaling) teknikleri geliştirilmiştir. Bu çalışmanın odak noktasını, Optimal Ölçekleme'nin temelini oluşturan ve kategorik verilerin sayısallaştırılmasında merkezi bir rol oynayan Dalgali En Küçük Kareler (Alternating Least Squares - ALS) algoritması oluşturmaktadır. ALS, nitel değişkenlere minimum bilgi kaybıyla sayısal dönüşümler uygulayarak, bu

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Topkapı Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Veri Bilimi ve Analitiği, Orcid: 0000-0002-2336-6289

* Bu çalışma, yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

değişkenler arasındaki karmaşık ilişkilerin düşük boyutlu bir uzayda etkin bir şekilde temsil edilmesini amaçlar.

Bölüm, doğrudan ALS algoritmasının teknik ayrıntılarına girmeden önce, okuyucuya gerekli teorik altyapıyı sunmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda, istatistiksel tahmin yöntemlerine temel bir giriş yapılacaktır. İlk olarak, parametre tahmininde en sık kullanılan yaklaşımlardan biri olan En Çok Olabilirlik (Maximum Likelihood Estimation - MLE) yöntemi incelenecektir. R. A. Fisher tarafından geliştirilen bu yöntem, gözlenen veri setini elde etme olasılığını maksimize eden parametre değerlerini bulma ilkesine dayanır. Ardından, Gauss ile anılan ve regresyon analizinin temel taşı olan klasik En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ve varsayımları ele alınacaktır. EKK'nın yanı sıra, çoklu doğrusallık gibi spesifik sorunlara çözüm üreten Toplam En Küçük Kareler, Yanlı (Ridge) ve Kısmi En Küçük Kareler gibi alternatif tekniklere de değinilecektir. Bu temel tahmin yöntemleri anlaşıldıktan sonra, bölümün ana konusu olan ALS algoritmasının kayıp fonksiyonu, iteratif çalışma mantığı ve sayısallaştırma süreci detaylı bir biçimde analiz edilecektir.

En Çok Olabilirlik Tahmini (Maximum Likelihood Estimation)

İstatistiki modellerde parametrelerin tahmin edilebilmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biri En Çok Olabilirlik Tahmin Yöntemi (EÇOB)'dur. Yöntem, gözlenen veri kümesini elde etme olasılığını maksimum yapan bilinmeyen parametrelerin değerlerini verir (Bircan, 2004:190) Başka bir tanıma göre, gözlenen değişken değerleriyle elde edilecek tahmini değerler arasındaki benzerliği maksimum yapacak olan logaritmik benzerliğin belirlenmesidir (Orhunbilge, 2010:190) İstatistikçi ve de genetikçi olan İngiliz bilim insanı R. A. Fisher tarafından 1912 ile 1922 yılları arasında geliştirilen yöntem, ilk zamanlarda Bayes istatistiğinde sık sık kullanılmakla birlikte ilerleyen dönemlerde basitleştirilerek farklı

alanlarda uygulanmaya başlanmıştır (Pfanzagl, 1994:207). En Çok Olabilirlik Tahmin Yönteminin ardında yatan temel ilke şu beklentidir:

“Rastsal bir olayın gerçekleşmesi, o olayın gerçekleşme olasılığı en yüksek olay olmasındandır.” (Yalta, 2004:84).

En Çok Olabilirlik Tahmin Yönteminin çalışma prensibi şu şekilde işler; ana kütlenin olasılık dağılımı biliniyor ise eldeki örneklemin gelme ihtimalinin en çok olduğu ana kütlenin hangi katsayılarla sahip olduğu saptanır, eğer ana kütlenin olasılık dağılımı bilinmiyorsa varsayımda bulunarak yola devam edilir.

Ana kütleninin olasılık yoğunluk fonksiyonu belirlenir. Bu fonksiyon aslında verilen bir θ değeri için koşullu olasılık formülüyle hesaplanır. Burda amaç, θ değerinin gözlemlenen değerlerde maksimum olasılığa sahip olmasıdır.

$X_1, X_2, X_3 \dots, X_n$ gözlenen ana kütle değerleri olmak üzere

$$f(x_1, x_2 \dots x_n | \theta) = f(x_1 | \theta, x_2 | \theta \dots x_n | \theta)$$

tüm ana kütlelerden alınan örneklemlerin olasılık yoğunluk fonksiyonu olmak üzere θ nın olabilirlik fonksiyonu;

$$L(\theta | x_1, x_2 \dots x_n) = f(x_1 | \theta, x_2 | \theta \dots x_n | \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i | \theta)$$

olarak bulunur.

$L(\theta)$ olabilirlik fonksiyonunu maksimum yapan değer θ nın en çok olabilirlik tahminhisi olarak belirlenir. Genelde olabilirlik fonksiyonunun en çoklanması yerine fonksiyonun logaritması alınarak maksimizasyon işlemi sağlanır (Akdi, 2011).

$$l(\theta) = \log L(\theta | x_1, x_2 \dots x_n)$$

EÇOB yöntemini kullanarak farklı dağılımlar için anakütle parametrelerinin tahmini yapılmaktadır. Dağılım türüne göre tahmin ediciler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Dağılım Türlerine Göre En Çok Olabilirlik Tahmin Edicileri

Dağılım Türü	Parametreler	EÇOB Tahmin Edicisi
Binom Dağılım	n: Deney sayısı p: Başarı gerçekleşme olasılığı k: İlgilenilen özelliğin sayısı	$\tilde{p} = \frac{\sum_{i=1}^N k_i}{\sum_{i=1}^N n_i}$
Poisson	λ : Gerçekleşen ortalama olay sayısı n: Deney sayısı	$\tilde{\lambda} = \frac{\sum x_i}{n}$
Normal Dağılım	μ : Ortalama σ : Standart sapma	$\tilde{\sigma}^2 = \frac{\sum \hat{u}_i^2}{n}$
Üstel Dağılım	x: Ortalama süre θ : Süre oranı	$\tilde{\theta} = \frac{\sum x_i}{n}$

EÇOB yöntemi, birçok istatistiksel modelleme alanında kullanılmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sınıflanabilir:

- Logistik Regrasyon Analizi
- Açıklayıcı ve Doğrulayıcı Faktör Analizi
- Yapısal Eşitlik Modellemesi
- Bilgi Kriterleri Oluşumunda

Bunun dışında pek çok test tekniğinde de bütünleşik olarak kullanılmaktadır.

En Çok Olabilirlik Tahmini için Basit Bir Uygulama

$L(\theta)$ olabilirlik fonksiyonu tezin ilerleyen bölümlerinde sıklıkla telaffuz edileceğinden, basit bir uygulama üzerinden nasıl tahmin edildiği aşağıdaki örnekte gösterilmiştir.

Örnekte ana kütesinin normal dağıldığı varsayılan 6 yıllık tütün mahsulünün yıllık ürün miktarı kilogram cinsinden verilmiştir. Buna göre yıllara ait ürün hasılatı 24, 26, 32, 34, 36 ve 38 kg olarak tespit edilmiş olsun. Acaba örneklem üzerinden giderek anakütle parametreleri olan standart sapma ve ortalama hangi olasılıkla bulunur.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n | \theta) = f(x_1 | \theta, x_2 | \theta, \dots, x_n | \theta)$$

tüm ana kütlelerden alınan örneklemelerin olasılık yoğunluk fonksiyonu olmak üzere θ nın olabilirlik fonksiyonu;

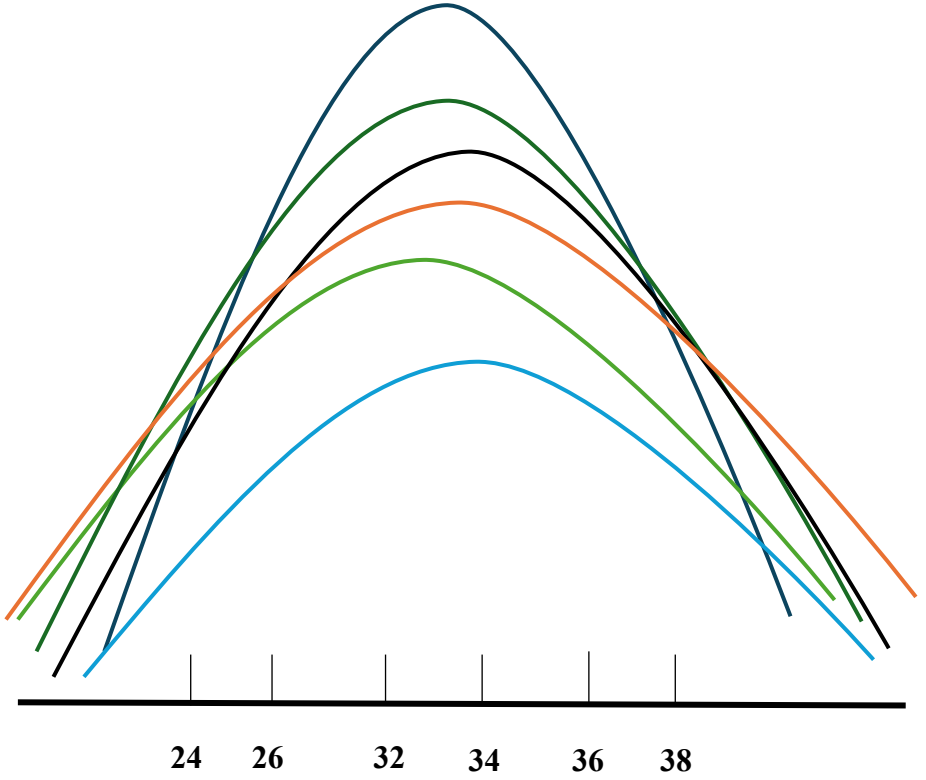
$$L(\theta | x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x_1 | \theta, x_2 | \theta, \dots, x_n | \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i | \theta)$$

şeklinde hesaplanır. Buna göre ana kütesinin normal dağıldığını varsayıldığına göre formül

$$pr(x | \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

parametrelerini kullanarak olasılık yoğunluk fonksiyonu hesaplar. Acaba bu örneklem hangi ana kütlede hangi olasılıkla gelmiş olabilir.

Şekil 1 : Farklı Ana Kütle Dağılımları



Örneğin; ortalaması ($\hat{X}$) 28, standart sapması (S) 6 olan anakütleden gelme olasılığı şu şekilde hesaplanır.

$$L(\mu, \sigma \setminus x_1, x_2, x_3 \dots x_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

$$L(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 24, 26, 32, 34, 36 \text{ ve } 38)$$

$$L(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 24) \times L(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 26) \times L(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 32) \times$$

$$\begin{aligned}
& xL(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 34) \times L(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 36) \times L(\mu \\
& \quad = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 38) \\
& = \frac{1}{\sqrt{2\pi 6^2}} e^{-\frac{(24-28)^2}{2 \cdot 6^2}} x \frac{1}{\sqrt{2\pi 6^2}} e^{-\frac{(26-28)^2}{2 \cdot 6^2}} x \frac{1}{\sqrt{2\pi 6^2}} e^{-\frac{(32-28)^2}{2 \cdot 6^2}} x \dots \\
& x \frac{1}{\sqrt{2\pi 6^2}} e^{-(36-28)^2/2 \cdot 6^2} x \frac{1}{\sqrt{2\pi 6^2}} e^{-(38-28)^2/2 \cdot 6^2} x
\end{aligned}$$

$$L(\theta) = 0,00000000330$$

bulunur. Yani örneklemin belirlenen ana kütleden gelme olasılığını bulmuş olduk. Bu işlemi tahmini olarak verilen başka ana kütle parametreleri için de kullanabiliriz. Yapılan bir çok denemeden sonra aşağıdaki tabloya ulaşabiliriz.

Tablo 2: $L(\theta)$, En Çok Olabilirlik Tahmincisi

Parametreler	$L(\theta)$
$L(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 24, 26, 32, 34, 36 \text{ ve } 38)$	0,00000000330
$L(\mu = 30 \text{ ve } \sigma = 6 \setminus 24, 26, 32, 34, 36 \text{ ve } 38)$	0,00000000790
$L(\mu = 32 \text{ ve } \sigma = 5 \setminus 24, 26, 32, 34, 36 \text{ ve } 38)$	0,00000001140
$L(\mu = 28 \text{ ve } \sigma = 5 \setminus 24, 26, 32, 34, 36 \text{ ve } 38)$	0,00000000230
$L(\mu = 31 \text{ ve } \sigma = 5 \setminus 24, 26, 32, 34, 36 \text{ ve } 38)$	0,00000001090
$L(\mu = 30 \text{ ve } \sigma = 5 \setminus 24, 26, 32, 34, 36 \text{ ve } 38)$	0,00000000830

Tablo 2’den de anlaşılaçağı gibi, denenen parametler bakımından örneklemin gelme ihtimali en yüksek ana kütlenin ortalaması 32, standart sapması 5 olarak tahmin edilmiştir. En  ok Olabilirlik Tahmincisi ($L(\theta)$) diğ r dağılımlar üzerinden de bulunabilir. Son bir not olarak, görüldüğü gibi tahmin edicinin değerleri çok küçük sayılardır. Bu sayıları karşılaştırmak adına değerlerin logaritması alınabilir. Ancak 0-1 arasındaki sayıların logaritması negatif  ıkağından literatürde genellikle ‘-2log’ çarpanı kullanılır. Bu şekilde mukayese de kolaylık sağlanır.

En Küçük Kareler Yöntemi

Doğrusal regresyon modellerinin parametrelerinin tahminde kullanılan çeşitli yöntemler arasında en yaygın kullanılan yöntem olan EKK (En Küçük Kareler) tahmincileri, klasik doğrusal regresyon modelinin varsayımları sağlandığında sapmasız doğrusal tahminciler içerisinde en küçük varyanslı olanlardır; yani en iyileridir. Bu yöntem 1806 yılında Legendre tarafından geliştirilse de yöntemi Gauss’un daha önce bulduğı bilinmektedir. Bu nedenle yöntem Legendre ile değil, Gauss ile anılır. Gauss, hata teriminin normal dağıldığı durumda EKK’nın en iyi olduğunu gösterdikten sonra, yöntem uygulamada standart bir mekanizma haline gelmiştir (Türkay, 2004:106).

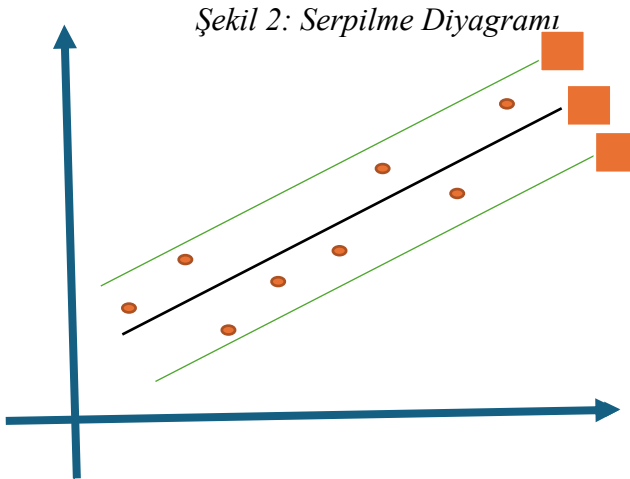
EKK yöntemi, belli varsayımların sağlanması halinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ortalama ilişkiyi gerçeğe en yakın

şekilde tahmin eden yöntemdir. EKK yönteminin varsayımları aşağıda verilmiştir:

- Hata terimi stokastik bir değişken olmalıdır.
- Hata terimlerinin ortalaması sıfır olmalıdır.
- Hata terimleri normal dağılmalıdır.
- Hata terimi sabit varyanslıdır.
- Hata terimleri arasında ilişki olmamalıdır.
- Bağımsız değişkenler arasında güçlü bir korelasyon ilişkisi

olmamalıdır (Tarı, 2016)

Çeşitli bağımsız değişkenler (X) karşısındaki bağımlı değişken (Y) değerlerinin dağılımını gösteren serpilme diyagramları incelendiğinde doğrusal bir eğilim gözüküyorsa X'in Y'ye göre matematik fonksiyonunun doğrusal olduğuna karar verilebilir (Orhunbilge, 2010:66).



Bu doğrusallığın tahmini için birçok lineer fonksiyon saptanır. Bu fonksiyonlar (1, 2 ve 3) içinden en optimalı, Y gözlem değerine en yakın tahmini veren $\hat{Y}$ değerini saptayan doğrusal fonksiyon olacaktır. Burada temel amaç, gözlenen değerler ile tahmin değerleri arasındaki farkın mümkün olduğunca en küçüklenmesidir. Başka bir ifadeyle tahmin hatalarının (e) minimal seviyede olması hedeflenmektedir.

Serpilme diyagramında görüldüğü gibi, Y ile X arasındaki gerçek ilişkiyi en iyi temsil eden fonksiyon (2) numaralı doğrudur. Bu fonksiyon X ve Y gözlem değerlerine en yakın bulunan doğrudur. EKK yöntemi ile tahmin değişkenini oluşturacak olan doğrusal fonksiyon denklemi bulunur.

Y ve X arasındaki ilişki;

$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$ şeklinde olacaktır.

β_0 = Doğrunun y eksenini kestiği nokta

β_1 = Doğrunun eğimi

ϵ = Şansa bağlı hata terimi

Pratikte β_0 ve β_1 değerleri bilinmiyorsa, ana kütleden bir örnek alınarak ana kütle parametreleri hakkında istenilen bilgiler üretilir. Bu noktada tahmini değerler olarak b_0 ve b_1 kullanılır.

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x + e$$

$\hat{y}$ = y'nin tahmini değeri

Gözlenen değer ile tahmin değerleri arasındaki farkın (hatanın) en az olması gerektiği için istenilen özellik aşağıdaki gibi olacaktır:

$$e = y - \hat{y} = y - b_0 - b_1 x_i$$

Hata terimlerinin bir kısmı negatif bir kısmı pozitif olacağından toplam sonuç sıfır çıkacaktır. Bu nedenle hata terimlerinin işaret farkını giderebilmek için karelerinin alınması çözüm olarak sunulmuştur. Yönteme ismini veren olgu da budur, hataların karelerini en küçüklemek.

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2$$

Bu fonksiyonun en küçük olabilmesi için b_0 ve b_1 parametrelerine göre birinci mertebeden türev 0'a eşitlenir. Süreç sonunda parametreleri veren aşağıdaki denklemlere ulaşılır.

$$\sum y = nb_0 + b_1 \sum x$$

$$\sum xy = b_0 \sum x + b_1 \sum x^2$$

Böylece gözlemlere en uygun fonksiyon denklemi (doğru) bulunur. Bu denklemlere EKK Normal Denklemleri de denir. EKK yöntemi, varsayımları sağlandığı koşullarda tahmin geliştirme süreçlerinde etkin kullanılan bir yöntemdir.

Toplam En Küçük Kareler Tekniği

Doğrusal regresyon modellerinde değişken tahminlerindeki *hatalar* için en yaygın olarak kullanılan tekniklerden bir tanesi de Toplam En Küçük Kareler Yöntemidir. Yöntem ayrıca Ortogonal Regresyon olarak da adlandırılır. Ortogonal Regresyon analizinde

amaç, veri noktalarından uyumlu eğriye olan dik uzaklıkları en az yapmaktır. Eğer, varsayımlar sağlanırsa, Toplam En Küçük Kareler Yöntemi mükemmele yakın bir tahmin değerlendirme yöntemidir (Öztürk, 2012:60). En Küçük Kareler Yönteminden farklı olarak, bir değişkenin diğerine nasıl bağımlı olduğunu bulmaktan ziyade, iyi bir grafik temsilinin sağlanması amaç edilir (Costantini ve Bernardi, 2008:243).

Yanlı (Ridge) En Küçük Kareler Tekniği

Çoklu doğrusal bağlantı sorununun olduğu analizlerden elde edilen EKK tahmin edicisinin varyans değerleri normalden büyük olmakta ve regresyon katsayıları olması gereken değerlerden uzaklaşmaktadır. Bu sorunu aşmak için 1970 yılında Hoerl ve Kennard tarafından önerilen Ridge tahmin edicisi kavramı ortaya atılmıştır. Yöntem parametreleri yanıli olarak tahmin ederek daha küçük varyansa sahip regresyon katsayıları elde eder. Sistemin temel mantığı $X'X$ matrisinin köşegen elemanlarına küçük bir k sabite ekleyerek tahmin geliştirmektir. (Bulut, 2011:20). Ridge tahmin edicisi aşağıdaki eşitlikle elde edilir.

$$\hat{\beta}_R = (X'X + kI)^{-1}X'y \quad (0 < k < 1)$$

k sabiti Ridge tahmin edicisinin verimliliğini etkilemektedir. k=0 olması durumunda tahmin edici EKK yöntemine dönüşmektedir. Varyanstaki azalma, k daki artışın karesindeki artıştan fazla olduğu sürece yöntemin performansı başarılı olarak görülmektedir.

Kısmi En Küçük Kareler Tekniği

Yanlı bir regresyon türü olan Kısmi En Küçük Kareler (KEKK) Tekniği ile Y değişkenlerini X değişkenleriyle birlikte döndürebilmek için X ile türdeş olan gizli değişkenler elde edilir. Bu gizli değişkenler kullanılarak boyut azaltma işlemi gerçekleştirilmiş olur (Bağcı 2017:15). Temel Bileşenler analizene benzer şekilde gizli değişkenler X 'in doğrusal ayırımlarını içermektedir. Farklı olan yanı ise gizli değişkenler belirlenirken bağımlı değişkenin ağırlığı da göz önüne alınır. KEKK ilk adımında X ve Y arasındaki kovaryansın büyük olması için gizli değişkenler hesaplar. Yöntem birçok algoritmayla çalışabilmektedir. Bunlar; Tek Değişkenli Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (PLS), Lineer Olmayan Yinelemeli Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (NIPALS) bu bütünleşik algoritmalarındandır. Sonuç olarak X bağımsız değişkenlerine uygulanan dönüşümler neticesinde elde edilen daha küçük boyuttaki gizli değişkenler vasıtasıyla, bağımlı değişkene (Y) En Küçük Kareler Tekniği uygulanır. Süreç biraz yanı olsa da hata varyanslarının düşük olması hedefi sağlanır.

Dalgalı (Ağırlıklı) En Küçük Kareler Tekniği

Bu makale kapsamında işlenecek olan *Optimal Ölçekleme* konusunun temelini oluşturan algoritma, Dalgalı En Küçük Kareler (Alternating Least Squares of Optimal-ALS) tekniğidir. Lineer Çok Değişkenli Analiz teknikleri Öklityen uzay özelliklerinden yararlanmakta ve değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiler üzerinde çalışmaktadır. NonLineer Çok Değişkenli Analiz teknikleri ise

kategorik değişkenlere çeşitli dönüşümler uygulayarak sayısallaştırma işlemleri gerçekleştirir. Böylece minumum bir kayıp ile gerçek uzaydaki ilişkiler iki ya da üç boyutlu uzayda temsili olarak ifade edilebilecektir.

Özellikle Sosyal Bilimler alanında yapılan çalışmalar daha çok anket ve tutum ölçekleri gibi sınıflayıcı ya da sıralayıcı kategorik testler ile gerçekleşir. Ancak verilerin kategorik olması Çok Değişkenli Analiz tekniklerinin uygulanabilmesi için gerekli koşul olan varsayımların (çoklu normallik, otokorelasyon, çoklu doğrusallık vb...) sağlanmasına engel teşkil eder. Nitel değişkenlere kodlama gerçekleştirerek nicel bir değer atanabilir fakat bu kategoriler arasında doğru bir ilişkiyi tanımlayamaz. Gerçek anlamda bir sayısallaştırma işlemini Dalgalı En Küçük Kareler algoritmasını kullanan *Optimal Ölçekleme* yöntemi gerçekleştirir. *Optimal Ölçekleme* yöntemi, kurucusu ve geliştiricisi olan GİFİ ile özdeşleşerek Gifi Teknikleri olarak da adlandırılmaktadır. Tam olarak Optimal Ölçekleme teorisi 1980’li yılların başında Gifi, De Leeuw, Young ve Takane tarafından geliştirilmiş ve ilerleyen yıllarda birçok tekniğin alt yapısını oluşturmuştur (Michailidis ve de Leeuw 1998:73).

Optimal Ölçekleme kavramına, test türleri ve uygulama yöntemleri daha sonraki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır. Şimdi sayısallaştırma işlemlerinin nasıl gerçekleştiği ve bunun için gerekli olan Dalgalı En Küçük Kareler algoritmasının nasıl yapıldığını küçük bir örnekle açıklanacaktır. Örneğe geçmeden

önce bilinmesi gereken bazı temel kavramları açıklamak algoritmanın anlaşılması açısından önemlidir.

Kayıp Fonksiyon

İlk olarak Gifi tarafından kullanılan Homojenlik Analizi Teorisi'nde kendine yer bulan Kayıp Fonksiyon; hem kategorik verilere sayısal dönüşümü uygulayacak fonksiyonun minumum kayıpla tespit edilmesidir. Homojenlik analizi, ayrıklığın homojenlikten en aza indirilmesi kriterine dayanmaktadır. Bu farklılık, kayıp fonksiyonu ile ölçülür (De Leeuw ve Mair 2007:2). Optimal Ölçekleme Tekniğinin temel amacı, sayısal dönüşümler yapacak bir fonksiyon üretmek ve bu fonksiyon sonucu elde edilen kayıpları belirli kısıtlar altında minimize etmektir. Kayıp fonksiyon notasyonu aşağıda verilmiştir:

$$\sigma(\mathbf{x}, \mathbf{a}) = \mathbf{m}^{-1} \sum_j \mathbf{SSQ}(\mathbf{x} - \mathbf{G}_j \mathbf{a}_j)$$

Notasyonların açılımı aşağıdaki gibidir:

$\mathbf{x}$: nesne skorları

$\mathbf{a}_j$: kategori sayısallaştırmaları vektörü

$\mathbf{m}$: H veri matrisinin sütün değişken sayısı

$\mathbf{G}_j$: j. değişken için Gösterge matrisi

$\mathbf{SSQ}()$: matris elemanlarının karelerinin toplamı

Kayıp fonksiyonun minimize edilmesi için bir takım kısıtlar oluşturulur.

$$\mathbf{Kısıtlar} : \mathbf{x}'\mathbf{x} = n\mathbf{I} \quad \text{ve} \quad \mathbf{u}'\mathbf{x} = 0$$

Kısıtlar ile nesne skorları, ortalaması 0 ve varyansı 1 olan standart normal değişkenler haline dönüştürülecektir. Bu nedenle bu kısıtlar normalizasyon kısıtları olarak bilinmektedir (Gifi 1991:88).

ALS Algoritması ve Aşamaları

Dalgacı En Küçük Kareler algoritmasının başlangıç noktası $H_{n \times m}$ ile gösterilen data matrisini (satır sayısı n; nesne sayısı ve sütun sayısı m; değişken sayısı) kayıp fonksiyon iterasyonlarla (Bauer-Rutishauser simultane iterasyonları olarak da bilinir) optimum seviyeye getirinceye kadar sayısal dönüşüme tabi tutmaktır. Algoritma iki amaç üzerinden çalışır: Birincisi nesne skorlarını (x) oluşturmak ikincisi ise kategori puanlarını (a) hesaplamaktır. Her ikisini aynı anda yapamaz. Ayrı ayrı yapılan her adımda kayıp fonksiyon, a sabit tutulup x skoruna göre en küçüklenirken, daha sonraki adımda x sabit tutulup a puanına göre küçüklenir (Gifi 1991:87-88).

Normalleştirilmiş Skor Algoritması

Normalleştirilmiş Skor Algoritmasında nesne skorları $x'x = 1$ koşulu ile sınırlandırılmıştır. Algoritmanın başlaması için a puanları için önsel değerler ataması yapılır ($a \neq 0$). Ardından aşağıdaki adımlar izlenir (Gifi, 1991:88):

- (1) Nesne skorlarını güncelle : $\tilde{x} \leftarrow H\tilde{a}/m$
- (2) Normalizasyon : $x^+ \leftarrow \tilde{x}(\tilde{x}'\tilde{x})^{-1/2}$
- (3) Ağırlık puanlarını güncelle: $a^+ \leftarrow H'x^+$

- (4) **Yakınsaklık testi** : x^+ ve a^+ değerleri yeterince dengelenmedikçe birinci adıma geri dön.

Algoritmanın içeriği Tekil Değer Ayırıştırma Yöntemiyle ilişkilidir. Algoritma K'nin ilk köşegen elemanı k_1 , Λ 'nın ilk köşegen elemanı λ_1 , L'nin ilk elemanı l_1 ile aşağıda verilen formüle göre yakınsama gerçekleştirir.

$$H'x^* = L\Lambda K'x^* = L\Lambda K'k_1 = \lambda_1 I_1 = a^*$$

Ayrıca göreceli kayıp, $R=H'H$ matrisinin baskın özdeğeriyle aşağıdaki şekilde hesaplanır(Gifi, 1991:89):

$$\frac{W}{T} = 1 - \frac{B}{T} = 1 - \frac{\lambda_1^2}{m}$$

Buna ek olarak $L\Lambda$ matrisi, Temel Bileşenler Analizinin yük matrisi olarak da bilinir.

Normalleştirilmiş Ağırlıklar Algoritması

Normalleştirilmiş Ağırlıklar Algoritmasında ağırlıklar $a'a = 1$ koşulu ile sınırlandırılmıştır. Normalleştirilmiş Skor Algoritmasında skor puanları (x) için geçerli olan adımlar bu sefer ağırlık puanı olan a için uygulanır. Algoritmanın başlaması için x puanları için önsel değerler ataması yapılır ($x \neq 0$). Ardından aşağıdaki adımlar izlenir:

- (1) **Ağırlıkları güncelle** : $\tilde{a} \leftarrow H'\tilde{x}$
 (2) **Normalizasyon** : $a^+ \leftarrow \tilde{a}(\tilde{a}'\tilde{a})^{-1/2}$

(3) **Nesne skorlarını güncelle:** $x^+ \leftarrow Ha^+/m$

(4) **Yakınsaklık testi** : x^+ ve a^+ değerleri yeterince dengelenmedikçe birinci adıma geri dön

Süreç baştan sona kadar Normalleştirilmiş Skor Algoritması ile benzer şekilde işler. Aynı anda hem nesne skorlarını hem de kategori puanlarını bulan bir algoritma henüz geliştirilememiştir. İlerleyen bölümlerde ayrıntısıyla anlatılacak olan farklı Optimal Ölçekleme Test Tekniklerinde ihtiyaca bağlı olarak bu algoritmalarından biri ya da ikisi birden kullanılabilir.

Dalgalı En Küçük Kareler'de Sayısallaştırma işlemi Üzerine Bir Uygulama

Dalgalı En Küçük Kareler (DEKK-ALS) yönteminin sayısallaştırma işlemini nasıl yaptığını küçük bir örnekle açıklayalım. Burada Normalleştirilmiş Skor Algoritması kullanılarak x nesne skorları tespit edilecektir. Bunun için dönüşüme uğratılacak bir H matrisi oluşturulalım.

$$H = \begin{bmatrix} 3 & -4 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \\ -5 & -1 & -2 \\ 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \text{ olsun;}$$

Şimdi her j sütununun (h_j) ağırlığı olan a vektörünü önsel olarak atayalım.

$$\tilde{a} = [1 \ 1 \ 1]$$

Bu ağırlıkları ilgili sütun değerleriyle çarpıp yeni bir H matrisi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ H = \begin{bmatrix} 3 & -4 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \\ -5 & -1 & -2 \\ 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \text{yeni matris } H = \begin{bmatrix} 3 & -4 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \\ -5 & -1 & -2 \\ 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \text{ olur.}$$

Şimdi algoritmanın birinci adımı olan güncellenmiş nesne skorları vektörü bulunur.

$$\tilde{x} = \sum H\tilde{a} = \begin{bmatrix} 3 + (-4) + 0 \\ -1 + 2 + 1 \\ -5 + (-1) + (-2) \\ 3 + 3 + 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ -8 \\ 7 \end{bmatrix}$$

İkinci adım olarak skorların normalizasyonu² yapılır. Bunun için genellikle Öklit uzaklık fonksiyonu kullanılır. Bunun için x vektörünün uzunluğu bulunur.

$$\|x\| = \sqrt{(-1)^2 + (2)^2 + (-8)^2 + (7)^2} = 10,863$$

Normalizasyonunu son adımı olarak her bileşen, o vektörün büyüklüğüne bölünür.

$$\hat{x} = \frac{x}{\|x\|}$$

² **Normalizasyon:** Vektörün uzunluğunun bir birim olacak şekilde ölçeklenmesidir. Bu amaçla vektörün tüm bileşenleri vektörün uzunluğuna bölünür.

$$x^+ = \begin{bmatrix} \frac{1}{10,863} \\ -\frac{2}{10,863} \\ \frac{8}{10,863} \\ -\frac{7}{10,863} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,092 \\ 0,184 \\ -0,736 \\ 0,644 \end{bmatrix}$$

ya da;

$$x^+ \leftarrow \tilde{x}(\tilde{x}'\tilde{x})^{-1/2} = \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ -8 \\ 7 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} -1 & 2 & -8 & 7 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ -8 \\ 7 \end{bmatrix} \right)^{-1/2}$$

$$= \begin{bmatrix} -0,092 \\ 0,184 \\ -0,736 \\ 0,644 \end{bmatrix}$$

olarak bulunur ve 3. adıma geçilir. Bu adımda güncellenmiş ağırlık puanları hesaplanır. Ancak burada algoritma H data matrisinin homojen olması (0 -1 arası değerler) varsayımını zorunlu kılar. Örneğimizdeki veriler heterojen olduğundan, H matrisinin sütunlarını D diagonal tekli marjinal matrisiyle güncellenir.

D matrisi, H data matrisinin transpozesiyle çarpımının diagonal elemanlarından oluşur.

$$D = \text{diag}(H'H) =$$

$$\text{diag} \left(\begin{bmatrix} 3 & -1 & -5 & 3 \\ -4 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & -4 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \\ -5 & -1 & -2 \\ 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \right) =$$

$$\text{diag} \left(\begin{bmatrix} 44 & 0 & 12 \\ 0 & 30 & 7 \\ 12 & 7 & 6 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} 44 & 0 & 0 \\ 0 & 30 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{bmatrix}$$

Buna göre algoritma güncellenmiş ağırlık puanlarını aşağıdaki gibi hesaplar:

$$a^+ \leftarrow D^{-1}H'x^+ =$$

$$\begin{bmatrix} 44 & 0 & 0 \\ 0 & 30 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 3 & -1 & -5 & 3 \\ -4 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,092 \\ 0,184 \\ -0,736 \\ 0,644 \end{bmatrix}$$

$$a^+ = [0,117 \ 0,113 \ 0,383]$$

olarak bulunur. Bu şekilde 1. iterasyon tamamlanmıştır. Burada $\tilde{a}$ ve $D^{-1}H'x^+$ değerlerinin birbirine kayıp minimum olacak kadar yakınsayıp yakınsamadığına bakılır. Eğer yakınsama sağlanmışsa iterasyon bitirilir, sağlanmamışsa 1. adıma tekrar dönülür. İterasyon işlemleri Tablo 3' te özetlenmiştir.

Tablo 3: Heterojen H Matrisinin Normalleştirilmiş Skor Algoritması İterasyon Özeti

iterasyon	$\tilde{a}$	$H\tilde{a}$	x^+	$D^{-1}H'x^+$
	1	-1	-0,092	0,117
1.	1	2	0,184	0,113

1	-8	-0,736	0,383
	7	0,644	

Görüldüğü gibi yakınsama istenilen seciyede gerçekleşmemiştir. Bu yüzden iterasyon ikinci adıma geçecektir. Aynı şekilde H data matrisinin sütunları yeni bulunan $D^{-1}H'x^+$ ağırlık puanlarıyla çarpılıp güncellenir.

$$[0,117 \ 0,113 \ 0,383]$$

$$H = \begin{bmatrix} 3 & -4 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \\ -5 & -1 & -2 \\ 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow H = \begin{bmatrix} 0,351 & -0,452 & 0 \\ -0,117 & 0,226 & 0,383 \\ -0,585 & -0,113 & -0,766 \\ 0,351 & 0,339 & 0,383 \end{bmatrix}$$

olur.

Ardından sırayla aşağıdaki değerler bulunur:

$$\tilde{x} = \sum H\tilde{a} = \begin{bmatrix} -1,101 \\ 0,492 \\ -1,464 \\ 1,073 \end{bmatrix}$$

$$x^+ \leftarrow \tilde{x}(\tilde{x}'\tilde{x})^{-1/2} = \begin{bmatrix} -0,053 \\ 0,261 \\ -0,777 \\ 0,569 \end{bmatrix}$$

$$a^+ \leftarrow D^{-1}H'x^+$$

$$= \begin{bmatrix} 44 & 0 & 0 \\ 0 & 30 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 3 & -1 & -5 & 3 \\ -4 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,053 \\ 0,261 \\ -0,777 \\ 0,569 \end{bmatrix}$$

$$a^+ = [0,117 \ 0,107 \ 0,397]$$

Şeklinde bulunur. Dikkat edilirse a^+ vektörünün ilk elemanı (a_{1x1}^+) durağanlaşmıştır. Yani kayıp minimize olmuş fakat diğer iki eleman için aynı şeyler istenilen hale gelmemiştir. Bu yüzden algoritma çalışmaya devam eder. Sonuç itibarıyla iterasyon 6. adımda yakınsamayı sağlayarak kaybı minimize etmiştir. Tablo 4'te İterasyon özetini göstermektedir.

Tablo 4: Heterojen H Matrisinin Normalleştirilmiş Skor Algoritması Sonuç İterasyon Özeti

İterasyon	$\tilde{a}$	$H\tilde{a}$	x^+	$D^{-1}H'x^+$
1.	1	-1	-0,092	0,117
	1	2	0,184	0,113
	1	-8	-0,736	0,383
		7	0,644	
2.	0,117	-0,101	-0,053	0,117
	0,113	0,492	0,261	0,107
	0,383	-1,464	-0,777	0,397
		1,073	0,569	
3.	0,117	-0,077	-0,040	0,118
	0,107	0,494	0,260	0,105
	0,397	-1,490	-0,783	0,398
		1,071	0,563	
4.	0,118	-0,064	-0,033	0,119
	0,105	0,490	0,257	0,104
	0,398	-1,495	-0,785	0,398
		1,070	0,561	

	0,119	-0,058	-0,030	0,119
5.	0,104	0,487	0,255	0,103
	0,398	-1,497	-0,786	0,398
		1,068	0,561	
	0,119	-0,054	-0,028	0,119
6.	0,103	0,485	0,254	0,103
	0,398	-1,498	-0,787	0,398
		1,067	0,560	

Tablo 4'te görüldüğü üzere $\tilde{a}$ ve $D^{-1}H'x^+$ arasındaki durağanlık $\varsigma = 0,001$ farkla sağlanmıştır. İterasyon sonucunda H matrisini oluşturan nesnelerin (sütunların) skorları belirlenmiştir. Buna göre H matrisinin nesne skor matrisi;

$$\tilde{x} = \begin{bmatrix} -0,028 \\ 0,254 \\ -0,787 \\ 0,560 \end{bmatrix}$$

olarak saptanmıştır. Aynı şekilde Normalleştirilmiş Ağırlıklar Algoritmasını kullanarak da kategorilerin puanları bulunabilir. Bu prosedürde hem x hem de a için tek bir çözüm bulunur. Genelde p boyutta farklı çözümle ilgilenebilir. Yani test tekniğine göre tekli ya da çoklu sayısallaştırma yapılabilir.

Çoklu sayısallaştırma yapılması durumunda, kategori puanları (k_jxp) boyutlu Y_j matrisiyle $(n xp)$ boyutlu indirgenmiş nesne skorları matrisi elde edilir. Tekli sayısallaştırmanın yapıldığı testlerde ölçek düzeyi kısıtı devreye girebilmekte, Çoklu

sayısallaştırmanın yapıldığı analizlerde ise bu kısıta gerek duyulmamaktadır (Michailidis ve Leeuw, 1998:319)

Sayısallaştırma sürecini sağlayan kodlar MATLAB programında yazılmıştır. Algoritmanın aşamaları ve kodları aşağıda sunulmuştur.

```
function [Q,G,a]=sayisallastirma(H,itrsyn,xb,fark)

%
    [n,m]=size(H);
% -----
%
%   Varsayılan parametereler
%
    fark=0.000001;
    itrsyn=50;
    c=rand(n,1);
    xb=c-(sum(c)/n)*ones(n,1);

% -----
%   G; Gösterge matrisi hesaplanır.
%   D1 tekli marjinler matrsisnin tersidir.

[n,m]=size(H);
M=max(H);
tplmm=sum(M);
G=zeros(n,tplmm);
```

```

for i=1:n,
    jmax=0;
    for s=1:m,
        jmin=jmax+1;
        jmax=jmin+M(s)-1;
        b=zeros(1,M(s));
        b(H(i,s))=1;
        G(i,jmin:jmax)=b;
    end
end

d=sum(G);
D1=diag(d.*(-1));

% -----

if nargin==1,
    itrshn=default_itrshn;
end

if nargin>=3
    [n1,n2]=size(xb);
    if n1==n && n2==1,
        x0=xb;
    else
        if n1==1 && n2==n,
            x0=xb';
        else

```

```

                                disp('*** oncel skor matrisi boyutu
hatalidir');

                                xb=default_xb;

                                end

                                end

                                xb=default_xb;

                                end

% -----
% -----
%   durağanlık sağlanması

if nargin<4
    fark=default_fark;

end

% -----
% -----
%   Tüm yinelemeleri için depo matrislerini başlat.
%
X=zeros(n,itrsyn);
Y=zeros(tplmm,itrsyn);
Alfa=zeros(1,itrsyn);

% -----
% -----
%
%   x ve y oluştur
%
x=x0;

```

```

y=D1*G'*x;
alfa=norm(x*y'-G, 'fro')/m;
X(:,1)=x;
Y(:,1)=y;

% -----
%
% Iterasyon
%
for i=2:itrsyn
    x=G*y/m;
    lx=norm(x);
    x=sqrt(n)*x/lx;
    y=D1*G'*x;
    alfa=norm(x*y'-G, 'fro')/m;
    X(:,i)=x;
    Y(:,i)=y;
    Alfa(i)=alfa;
    if norm(Y(:,i-1)-y)<fark
        disp('*** HOMALS1:Ulaşılan y için
yakinsama');
        break
    end
end

num_iter=i;
X=X(:,1:num_iter);
Y=Y(:,1:num_iter);
Alfa=Alfa(:,1:num_iter);

```

```

a=Y(:,end);

%      M vektörü, değişkenler ve bu değişkenlerin
kategorilerinin sayısını belirtir.

M = [ k1 k2 kn...]; %   ilk değişken n kategorili,
ikinci m.

m=length(M);
[n,tplmm]=size(G);
Q=zeros(n,m);
jmax=0;
for alpha=1:m
    jmin=jmax+1;
    jmax=jmax+M(alpha);
    Q(:,alpha)=G(:,jmin:jmax)*a(jmin:jmax);
end
end

```

Sonuç

Bu çalışmada, istatistiksel parametre tahmini için yaygın olarak kullanılan En Çok Olabilirlik (EÇOB) ve En Küçük Kareler (EKK) yöntemleri detaylıca incelenmiştir. EÇOB, olasılık temelli bir yaklaşım sunarken, EKK doğrusal modellerde hata karelerini minimize etmeye odaklanır. Klasik EKK'nin varsayımlarının (çoklu doğrusallık gibi) zorlandığı durumlarda Ridge, Kısmi EKK (PLS) ve Toplam EKK (TLS) gibi alternatif tahmin ediciler öne

çıkmaktadır. Bu teknikler arasında öne çıkan Dalgalı En Küçük Kareler (DEKK-ALS) algoritması ve Optimal Ölçekleme ise, özellikle sosyal bilimlerde sıkça karşılaşılan kategorik verilerin nicelleştirilerek çok değişkenli analizlere dahil edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Bu anlamda konunun anlaşılması için notasyonlar hipotetik bir örneklem üzerinden anlatılmıştır. Böylece kategorik veri ile çalışılacak araştırmalarda bir rehber olma niyetiyle bu çalışma düzenlenmiştir.

KAYNAKÇA

BAĞCI, İ.: 2017 Kısmi En Küçük Kareler Yönteminin Simülasyon Verileri İle Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması, Muğla: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

BİRCAN, H.: 2004 “Lojistik Regresyon Analizi: Tıp Verileri Üzerine Bir Uygulama,” Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 185–208.

BULUT, Y. M.: 2011 Çoklu İç İlişki Durumunda Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü.

COSTANTİNİ, M., BERNARDİ, G.: 2008“Correlations Between Coding And Contiguous Non-Coding Sequences In Isochore Families From Vertebrate Genomes,” Gene, 410, 241–48.

GİFİ, A.: 1991 Nonlinear Multivariate Analysis, reprint. with corrections. Chichester: Wiley & Sons.

MİCHAİLİDİS, G., DE LEEUW, J.:1998 “The Gifi System of Descriptive Multivariate Analysis,” Statistical Science, 13, 307–36.

ORHUNBİLGE, N.: 2010 Çok Değişkenli İstatistik Yöntemler, İstanbul: İşletme Fakültesi Yayın.

TARI, R.: 2016 Ekonometri, 12. Baskı.KÜV Yayınları.

TÜRKAY, H.: 2004 “Doğrusal Regresyon Analizinde M Tahminciler Ve Ekonometrik Bir Uygulama,” Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi, 2, 106–15.

YALTA, A. T.:2018 Ekonometri Ders Notları , <http://yalta.etu.edu.tr/econometrics-lecture-notes.html>, Accessed 03/15/2018.

BÖLÜM 4

ANALYZING DETERMINANTS OF PER CAPITA CARBON EMISSIONS WITHIN THE FRAMEWORK OF SYMBOLIC REGRESSION FOR INTERNATIONAL COLLABORATIVE COMMUNITIES

Volkan ETEMAN¹

Introduction

As part of the fight against climate change and global warming, it is important to research, examine, and model sectoral impacts and countries' total emissions. In addition to the aforementioned models, examining per capita carbon emissions will also allow for the modeling of individual contributions to carbon emissions, thereby contributing to the fight against climate change. By examining and identifying the factors that affect per capita carbon emissions, and by determining individual habits and consumption preferences, social awareness can be raised to reduce carbon emissions. It is believed that organizations and communities established on the basis of international binding treaties can create

¹ Res. Assist., Munzur University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of International Trade and Business Administration, Orcid: 0000-0002-3430-7073

healthier, more transparent, and more effective control mechanisms than domestic control mechanisms in terms of raising awareness and controlling and monitoring the fight processes.

Global warming is defined as the increase in the average temperature of the atmosphere due to greenhouse gases resulting from human activities (Houghton 2005; Ahima 2020). Human activities that contribute to global warming include cutting down trees because of burning fossil fuels like coal, oil, and natural gas for energy; clearing land for farming and business; using fertilizers and raising livestock for agriculture; and managing waste, which releases gases from decaying organic matter in landfills (Evseeva et al. 2021; Rahmani and Ahmadi 2024). The greenhouse gases from these activities mainly include carbon dioxide (CO₂) from burning fossil fuels and cutting down trees, methane (CH₄) (Lashof and Ahuja 1990), from landfills and farming, and gases from factories like chlorofluorocarbons (CFCs), hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs), and sulfur hexafluoride (SF₆) (Dubeck et al. 2004). Generally, gases that increase the average temperature in the atmosphere and cause the greenhouse effect are defined as greenhouse gases, while CFCs, HFCs, and PFCs are defined as carbon-based greenhouse gases and are examined in terms of carbon emissions. The increase in carbon emissions, which directly or indirectly causes harmful effects on climate change, global warming, human health, and the environment, makes reducing these emissions vital for a sustainable future. In this regard, researching carbon emission dynamics (Parker and Bhatti 2020), which refers to the study of how carbon emissions change over time and space and what factors influence this change, is important for determining its effects and dependencies and for developing effective strategies to combat climate change and global warming.

Carbon emission dynamics can be influenced by many factors, including demographics, economic development,

technology, the use of renewable energy, income inequality, urbanization, and political activity. Since these dynamics can have different characteristics in different countries and regions, examining these factors with a single global model would be insufficient. Therefore, modeling carbon emission dynamics by region or classifying countries with similar characteristics provides an opportunity to address them in a healthier and more interpretable way.

This study looks at what affects carbon emissions per person by separately analyzing groups of countries that are similar in geography and institutions. Differences in countries' industrial infrastructure, demographic characteristics, and governance structures create non-linear and complex relationships. The main objective of this study is to determine how per capita carbon emissions are obtained and modeled as a closed equation as a function of these relationships and what the relationships are between these models. To achieve this goal, the functional forms created with the symbolic regression algorithm will help us closely look at the differences or similarities based on location or type of organization, instead of just using one global model. The different models created will give results that can help make policy suggestions for specific areas or organizations, and another goal of the study is to look at which factors change their effects or stay the same when comparing different regions or types of organizations.

Can closed-form equations be obtained that explain the impact of variables determined in the context of macroeconomics, energy, demography, politics, production, and trade on per capita carbon emissions, in line with the relevant objectives? According to

the equations obtained, what are the differences and similarities between international organizations²? It has been determined as.

In this study, it is assumed that the internal dynamics of each geographical or institutional cluster are homogeneous and contain enough similarities to allow symbolic regression to make a meaningful generalization of the model. The basic assumption of this study is that countries with similar institutional structures also have similar data production processes. Although the data obtained from the countries differed in terms of the number of observations during the data collection phase, they were treated as a single dataset, and integrated symbolic regression models were built. Increasing the observation points in this way will enhance the model's ability to generalize. The second limitation of the study is that although there are numerous variables affecting carbon emissions per person examined, the analysis will be conducted based on the variables explained under the data heading. Carbon emissions from different countries can be characterized by different variables, but in this study, modeling will be performed based on the fixed variables determined for all groups.

Literature Review

Economic, social, energy, government policies, and trade factors significantly influence countries' per capita carbon emissions, according to relevant literature. While the factors affecting per capita carbon emissions are quite diverse, combinations of these factors influence carbon emissions. It is stated that it varies according to countries' income levels and structural characteristics. The studies in question are summarized as follows.

² The concept of international organizations used here is used in the sense of encompassing international organizations defined in international law and other non-governmental organizations.

A study conducted between 1990 and 2021 used data from 125 countries to classify them according to their income levels and to examine per capita carbon emissions using panel data and time series methods (Shuai et al. 2017). It has been determined that the most important determinant globally is the level of prosperity, followed by technology and population factors. However, while technology has the greatest impact in high-income countries, the level of prosperity is the determining factor in low-income countries. The study revealed that the impact of technological development on carbon emissions strengthens as national income levels increase, while the impact of welfare levels diminishes. These findings highlight that low- and middle-income countries need to balance emission reduction policies with economic growth, while technology investments could play a larger role in high-income countries. Another study, using a comparative analysis and evaluation approach, examined the global greenhouse gas emissions of G7 and BRICS countries in detail (Zheng et al. 2019). In a study that compared and examined the policies for reducing greenhouse gas emissions in G7 and BRICS countries using sustainable energy development indicators, it was found that per capita greenhouse gas emissions in G7 countries decreased, while they increased in BRICS countries, indicating that economic growth is a key determinant of emissions. Another study, conducted in the context of developing or newly industrialized countries, highlights the importance of understanding the impact of key factors in carbon emissions for sustainable development. Using data from 10 newly industrialized countries (Brazil, India, China, South Africa, Mexico, Indonesia, the Philippines, Malaysia, Thailand, and Turkey) between 1991 and 2013, they analyzed the factors affecting carbon emissions within the framework of the extended STIRPAT model (Ghazali and Ali 2019). The study revealed that population density, GDP, and energy use intensity are determining factors for carbon emissions. However, the study emphasizes the importance of environmentally friendly

industrial policies and low-carbon energy use for countries undergoing industrialization. In a study comparing ASEAN countries and China regarding international organizations and the separation of carbon emissions, it was found that economic growth per person is the key reason for the rise in carbon emissions (Zhang et al. 2020). The study shows that GDP per capita is the primary driver increasing carbon emissions, while energy intensity stands out as the most important factor reducing emissions. Moreover, both carbon intensity and population growth contribute to the rise in emissions. The study's findings indicate that strong decoupling of economic growth and carbon emissions rarely occurs in China and ASEAN countries, and that reducing carbon emissions in the region is possible through diversifying the energy structure, increasing the share of renewable energy, and strengthening energy efficiency measures. Another study, conducted within the framework of regression and causality analysis, revealed that per capita carbon emissions are influenced by changes in economic growth, energy use, and trade structure (Li et al. 2021). Using data from 147 countries spanning the period 1990-2015, the study analyzed the impact of changes in economic, energy, social, and trade structures on per capita carbon emissions. In the study, ordinary least squares (OLS), fully modified least squares (FMOLS), and Granger causality tests were applied. According to the findings, while economic growth at the global level increases carbon emissions, the transformation of the economic structure reduces them. Additionally, the increase in renewable energy consumption and the expansion of trade openness have an emission-reducing effect. Analysis at the income group level revealed that urbanization increases carbon emissions in low-income countries but is effective in reducing them in middle-income countries. The study suggests that policymakers should focus on transforming the economic structure, increasing energy efficiency, and promoting renewable energy sources to reduce carbon emissions. In another study examining demographic

and economic factors, data from 154 countries between 1992 and 2016 were used to analyze the effects of population aging, life expectancy, unemployment rate, population density, GDP per capita, and urbanization on carbon emissions per capita (Wang and Li 2021). The study used panel data analysis methods to evaluate the effects of the examined factors. The study reveals that while population aging, life expectancy, and population density reduce carbon emissions, urbanization and GDP per capita increase them. Additionally, it was found that the impact of per capita GDP on carbon emissions decreases after reaching a certain threshold, while the emission-reducing effect of population density diminishes over time. It has been determined that the unemployment rate has no statistically significant effect on carbon emissions. Another study examining the relationship between the age distribution of the population and carbon emissions was conducted using the dynamic panel analysis method, with data from 27 European countries covering the period 2000-2021 (Sabău-Popa et al. 2024). The study used variables such as adjusted disposable income, GDP, energy consumption, Gini coefficient, and median age. The analysis using the Arellano-Bond estimator found that past values of CO₂ emissions, GDP, and median age have a significant impact on carbon emissions. The study shows that population rejuvenation increases carbon emissions, while aging reduces them. Additionally, it was determined that there was a slight decrease in carbon emissions with the increase in GDP. However, it was found that adjusted disposable income, energy consumption, and economic inequality did not have a statistically significant impact on carbon emissions.

A study conducted using the symbolic regression method was carried out using data from the 1995-2014 period for 34 OECD member countries (Pan et al. 2019). Unlike traditional regression models, this study automatically explores relationships between data using a genetic programming-based approach. The results revealed

that the factors determining carbon emission intensity vary from country to country. GDP was the most dominant factor in 17 countries, while industrialization and technological innovation were prominent factors in 4 countries each, and urbanization, total population, and foreign direct investment were important factors in 3 countries each. The study emphasizes that each country needs to develop policies tailored to its unique economic and environmental dynamics to reduce carbon emissions.

In another study conducted using the symbolic regression method, the comparison of different regions of a country was addressed (Liu and Zhang 2022). This study examined the factors determining carbon emissions using data from 30 regions in China from 1995 to 2016, employing symbolic regression and Tapio decomposition analysis. Regions based on energy intensity and GDP have the highest contribution to emissions, while regions based on urbanization have the lowest decoupling coefficient and have been less effective in reducing emissions. These results have highlighted the need for developing localized policy strategies that consider regional differences to reduce carbon emissions in China.

Examining previous studies reveals that they analyze the factors affecting carbon emissions by evaluating each country separately. Studies that conduct research at the organizational level have been examined within the context of comparing one or two organizational structures. Furthermore, research typically employs various statistical methods, limiting the use of symbolic regression analysis. This study aims to add to existing knowledge by figuring out and modeling the per capita carbon emissions of international organizations, which are grouped by how developed their institutions are, using symbolic regression, a clear and adaptable analysis method, and looking at which factors depend on the differences in institutionalization between countries.

Data and Methods

The study is based on modeling and comparing the groups and relevant variables considered separately according to their geographical and institutional similarities. For this purpose, since the measurement units of the determined variables are different, data normalization was first applied to balance the search space and prevent parameter inflation. The symbolic regression process was performed using the Python and Julia programming languages, and the purpose-built PySr symbolic regression analysis library (Cranmer 2023) was used for these languages. The data is divided into training and test sets. MSE was used as the error criterion. At the beginning of the analysis, various set combinations were tested to determine the elements of the symbol set, and the suitable elements were manually added to the symbol set.

Data

The study's main population consists of all countries with different geographical or institutional structures at the global level, as well as the international communities and institutionalized structures formed by economic, political, regional, and cultural collaborations. The sample studied consists of institutions for which regular records of carbon emissions and socio-economic indicators are available and comparable, including the Shanghai Cooperation Organization (SCO), the G7, the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN), and the Central American Integration System (SICA). When examining the member countries and geographical distribution of the organizations in question, 8 countries are included within the SCO, 8 within ASEAN, 5 within SICA, and 7 within the G7. Table 1 classifies the 28 countries in question based on the organizations they belong to.

Table 1. Countries and the International Organizations They Are Members Of

SCO	ASEAN	G7	SICA
China	Cambodia	Canada	Costa Rica
India	Indonesia	USA	Guatemala
Kazakhstan	Laos	United Kingdom	Honduras
Kyrgyzstan	Malaysia	Germany	Nicaragua
Pakistan	Philippines	Italy	Panama
Russia	Singapore	Japan	
Tajikistan	Thailand	France	
Uzbekistan	Vietnam		

The sample taken covers 3 continents: Asia, Europe, and North America, and 8 geographical regions: East Asia, South Asia, Southeast Asia, Central Asia, Europe, North America, Central America, and Eastern Europe. Brunei and Myanmar, member countries of ASEAN, were excluded from the scope because acceptable data could not be found for them.

The dependent variable used in the study is per capita carbon emissions. Per capita carbon emissions are an indicator calculated by dividing a country's or region's total carbon emissions by its population (Aldy 2005). The independent variables determined to explain the dependent variable are summarized in Table 2.

Table 2. Variables Examined Within the Scope of the Research

Dependent Variable	Unit of Measurement
Carbon Dioxide Emissions Per Capita	Ton/person
Independent Variables	Unit of Measurement
GDP Per Capita	USD
Share of Manufacturing in GDP	%
Primary Energy Consumption Per Capita	kWh
Urban Population Rate	%
Renewable Energy Production Rate	%
Rule of Law Index	-2,5/+2,5
Trade Openness	%
Population Density	Person/km ²
Rate of Electricity Produced from Fossil Fuels	%

Gross Domestic Product (GDP) per capita purchasing power parity is an indicator used to measure economic well-being. This criterion is a monetary measure of the market value of final goods and services produced by a country in a specific period (Chandra Agarwal 2018). Electricity generation from fossil fuels refers to the amount of energy obtained by using fossil fuels (such as coal, oil, and natural gas) for electricity production (Holechek et al. 2022). The rate of renewable energy production refers to the use of renewable energy sources in electricity generation. These resources include natural and sustainable energy sources such as solar, wind, hydroelectric, biomass, and biogas. Renewable energy offers a more environmentally friendly alternative compared to fossil fuels and reduces the carbon footprint in energy production (Eweka et al. 2022). The urban population rate is defined as the percentage of the total population living in urban areas. This ratio is calculated by dividing the urban population by the total population (Williams 1983). The rule of law index is a measurement tool that assesses the extent to which a country adheres to the rule of law. This index measures how committed countries are to these principles by evaluating various dimensions of the rule of law (Dougherty et al. 2018). The share of manufacturing in GDP is the ratio that indicates how much of a country's gross domestic product comes from the manufacturing sector. This ratio indicates how dependent the economy is on industry (Szirmai and Verspagen 2015). Per capita primary energy consumption refers to the per capita use of total energy produced from primary energy sources in a country or region (Lizunkov et al. 2018). Trade openness is a measure of how open a country is to foreign trade. It is generally defined as the ratio of total trade (exports and imports) to gross domestic product (GDP) (Fujii 2017). Population density is a measure obtained by dividing the number of individuals living in a specific geographical area by the size of that area (Hawkins and Berryman 2000).

All indicators and data were obtained from data sources called Theglobaleconomy.com and ourworldindata.org, which provide data provider services by collecting relevant data from public or closed official sources and compiling it in an up-to-date, clean, and well-organized manner (Data 2024; Global economy, world economy 2024).

Symbolic Regression

Symbolic regression, which uses genetic algorithms, is a type of machine learning that finds mathematical connections in data without needing any guesses or assumptions beforehand (Makke and Chawla 2022). Symbolic regression is used to reach a model of the complex and non-linear structure between the data. The resulting models can be explained and interpreted and are composed of closed-form functions in the form of a mathematical function. A closed-form equation is an equation that is solved using a set of functions or operations that are predetermined and widely accepted (Borwein and Crandall 2013). Examples of the aforementioned predetermined and widely used expression include logarithmic, exponential, and trigonometric functions. Symbolic regression derives the mathematical functions of relationships between data in closed form. This approach directly contributes to interpretability and understandability.

In symbolic regression analysis, the process begins by initially defining a set of symbols containing expressions in the form of (+, -, $\times$, $\div$, sin, cos, log, e). When searching the solution space of an algorithm, it initially explores it based on combinations of the given set of symbols (Austel et al. 2017). The principle of parsimony determines the elements and their number in the symbol set (Sun et al. 2022). Symbolic regression is an optimization method that uses genetic algorithms, which involve ideas like individuals, populations, genes, chromosomes, fitness functions, selection,

crossover, mutation, and generations, along with their processes. An individual is a structure that represents a candidate solution to a problem. Individuals are considered structures that evolve in genetic algorithms (Forrest 1996). The set of individuals is called the solution space, which is referred to as the population. The quality of an individual's solution is evaluated using a fitness function, which measures how successfully a solution candidate addresses the problem. Individuals create new individuals through selection and crossover operations to generate better solutions, and the process continues with the elimination of unsuitable individuals and the continuation of the successful individuals' lineage (Forrest 1996; Deng-yin 2015). The mutation operation is performed with the aim of increasing the diversity of the population, achieving new solutions, and conducting a broader search in the solution space, which means making small changes to the functions (De Falco et al. 2002).

Figure 1. Initial Population individual 1

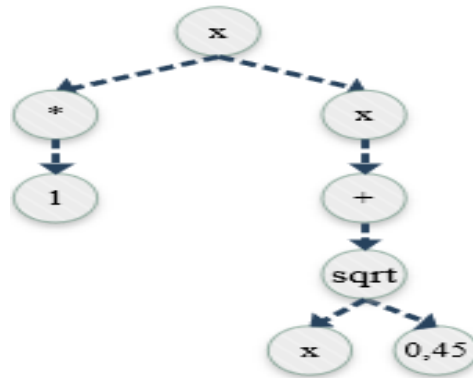


Figure 2. Initial Population individual 2

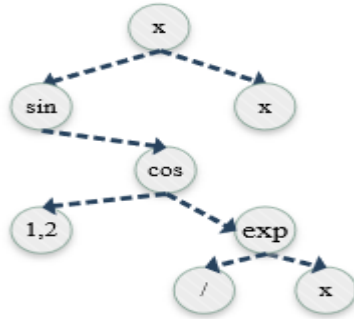


Figure 3. Individual 1 and Individual 2 Crossover

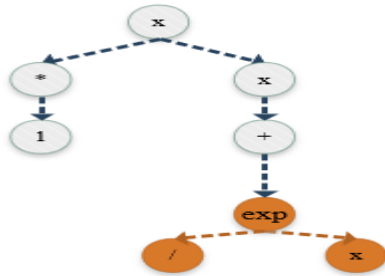
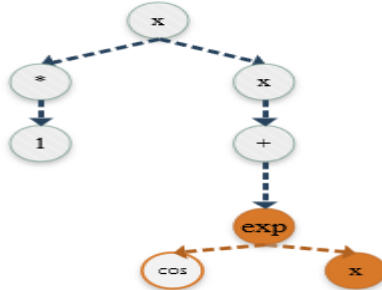


Figure 4. Mutation



To search the solution space using symbolic regression, a random initial population is first created. Individuals in this population are composed of random combinations of elements from the symbol set. The differences between the predicted values and the actual values obtained after applying each function to the dataset are

calculated using a fitness function, and individuals who perform relatively well are selected. Parts of the selected functions are crossed over through a crossover operation to obtain new functions. Random changes are made by applying mutation to the newly obtained functions. A new population formed after the steps of selection, crossing, and mutation is called a new generation, and generational development is continued until the desired result is achieved. Symbolic regression treats the solution space as a tree structure to find the optimal result and attempts to reach the optimal outcome by applying the principles of genetic algorithms to this tree structure. Figures 1, 2, 3, and 4 depict the application of genetic operators.

The solution space is explored by continuously searching the aforementioned tree structure. The performance of each obtained function is evaluated using a fitness function. The process is repeated until the best result is achieved. The algorithm applies a principle of parsimony to prevent the tree structure from growing excessively, which would increase processing and time costs, and to avoid unnecessary branching.

Ethics and Validity

The data used in the study was obtained from the data providers theglobaleconomy.com and ourworldindata.org. Since these providers offer data services from public sources on an anonymous and aggregated level, there is no ethical violation. Since separate models will be created for each group identified in the study using the data related to that group, the validity will increase to the extent of the assumption of homogeneity within the group.

Results

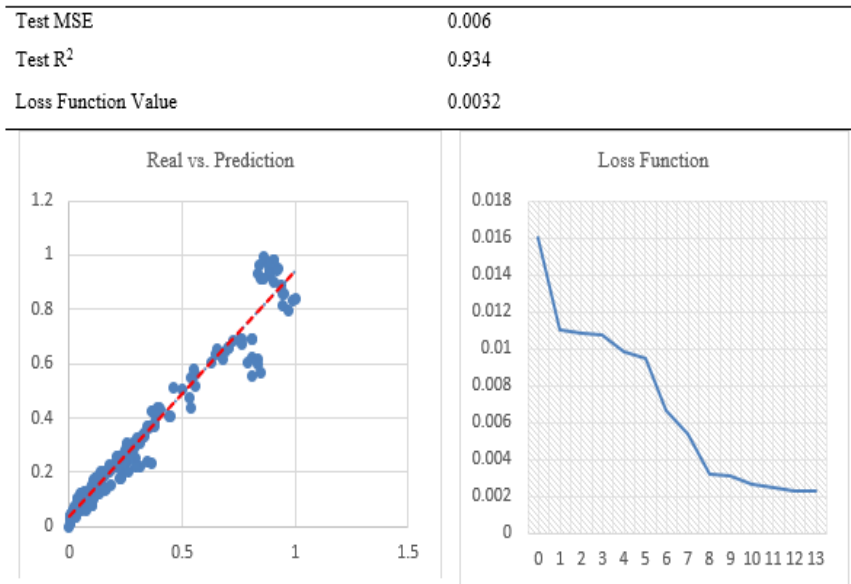
The symbolic equation obtained from the symbolic regression analysis performed for the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) is expressed in Equation 1.

$$\sqrt{EnConPer * (FosGen^3 - 2,4 * RuLaw^3 + 2.4 * UrPop)} \quad (1)$$

Equation 1 explains per capita carbon emissions (Co2Per) for ASEAN by modeling it with four variables. The variables in question are per capita primary energy consumption (EnConPer), the share of electricity generated from fossil fuels (FosGen), the rule of law index (RuLaw), and the urban population ratio (UrPop).

Per capita energy consumption, contributing to the symbolic equation through multiplication, is directly proportional to carbon emissions. The electricity produced from fossil fuels, entering the equation with a positive sign, indicates a tendency to increase carbon emissions cubically. The rule of law index contributes to the symbolic equation with a negative sign. Considering the rule of law index, it is interpreted that factors leading to an increase in it, such as reducing corruption and increasing the enforceability of laws, have a decreasing effect on per capita carbon emissions. The urban population ratio, contributing positively to the symbolic equation, indicates that increased urbanization may tend to increase carbon emissions. The square root in the equation shows that the way per capita carbon is spread out doesn't change in a straight line with the other factors; even though carbon emissions keep rising as those factors increase, the rate of increase will slow down after reaching a certain point. Table 3 displays the performance metrics for the per capita carbon emissions model, as expressed in Equation 1. According to Table 3, the model created using symbolic regression is considered successful overall, as it has a low error (MSE: 0.006) and a high ability to explain the data (R²: 0.934).

Table 3. ASEAN Symbolic Equation Performance Summary Table



Considering that the variables used in the modeling are scaled between 0 and 1, obtaining a test MSE value of 0.006 indicates an error close to 0 and low. Additionally, the model's high coefficient of determination, with an R² value of 0.934, indicates that the model has successful predictive power. Real vs. The distribution formed on the prediction graph is relatively evenly distributed around the 45-degree diagonal, indicating that the predicted values are close to the actual values. When examining the loss function, the continuous decrease in the function value as the iteration progresses indicates that the model continues to learn throughout the training process, suggesting a low risk of overfitting.

The symbolic equation obtained from the symbolic regression analysis performed for G7 countries is expressed in equation 2.

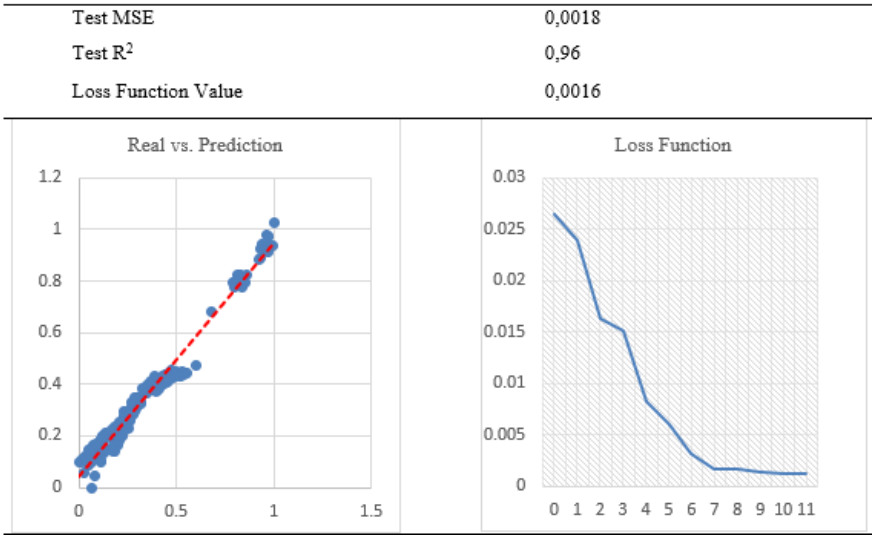
$$\sqrt{EnConPer * (EnConPer * TrOp + FosGen)} \quad (2)$$

Equation 2 explains per capita carbon emissions (Co2Per) for G7 countries using three variables. The variables in question are included in the relevant equation as per capita primary energy consumption (EnConPer), trade openness (TrOp), and the share of electricity generated from fossil fuels (FosGen).

The per capita energy consumption (EnConPer) variable is included in the equation both as a multiplier and because it is multiplied by the trade openness (TrOp) variable. The symbolic equation considers per capita energy consumption to be the most decisive factor for per capita carbon emissions in the G7 community. The linear relationship between per capita carbon emissions and per capita energy consumption is highlighted. When the square root element is added to the relationship in question, it can be said that the relationship between them shows a diminishing marginal effect of per capita energy consumption on per capita carbon emissions. The model includes the trade openness variable after multiplying it by the per capita energy consumption variable. This situation indicates that a compound effect occurs on per capita carbon emissions if trade openness also increases while energy consumption rises. Energy consumed from fossil fuels contributes to per capita carbon emissions, adding to the model with a positive sign. The presence of square root transformations in the model indicates that as the variables increase, per capita carbon emissions also rise, but at a decreasing rate. It states that the function created by the model exhibits a saturation effect after a certain increase. In terms of the G7, an increase in per capita energy consumption will directly increase per capita carbon emissions, while increased trade openness and fossil fuel use will have a multiplier effect. In this regard, according to the model, not only reducing energy consumption but also decreasing the share of fossil fuels is considered important. The balancing of imports and exports is interpreted as having a reducing effect on trade openness by lowering transportation requirements,

and the multiplier effect can be reduced. Table 4 displays the performance metrics for the per capita carbon emissions model as expressed in Equation 1. Table 4 shows that the model created using symbolic regression is considered successful overall because it has a low error (MSE: 0.0018) and a high explanatory power (R^2 : 0.96).

Table 4. G7 Countries Symbolic Equation Performance Summary Table



The mean squared error (MSE) is determined to be 0.0018, indicating that the model's predictions are very close to the actual values. The high explained variance ratio (R^2 : 0.96) shows that the model does a great job predicting the dependent variable (Co2Per), the loss function is low at 0.0016, and there is a low risk of overfitting.

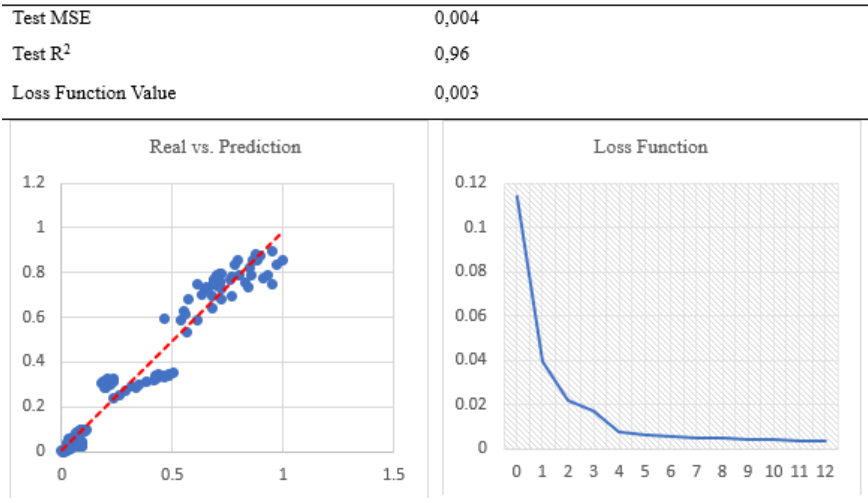
The symbolic equation obtained from the symbolic regression analysis performed for the Shanghai Cooperation Organization (SCO) is expressed in equation 3.

$$1.2 \sqrt[4]{EnConPer^3 * FosGen^4 \left(0,82 * \sqrt{PopDen^{-RuLaw} - 1}\right)^4} \quad (3)$$

Equation 3 explains per capita carbon emissions (Co2Per) for SCO countries using four variables. The variables included in the equation are per capita primary energy consumption (EnConPer), the percentage of electricity made from fossil fuels (FosGen), population density (PopDen), and the rule of law index (RuLaw).

The resulting symbolic equation indicates that per capita carbon emissions are most influenced by the variables of per capita energy consumption (EnConPer) and energy produced from fossil fuels (FosGen). It states that the increase in per capita energy consumption will have a cubic effect on per capita carbon emissions. Similarly, the energy produced from fossil fuels appears in the equation with the fourth power, indicating that an increase in fossil fuel use will severely increase per capita carbon emissions. The expression $\sqrt{PopDen^{-RuLaw} - 1}$ in the symbolic equation indicates that population density and the rule of law index interact and should be considered together. It states that the effect of population density on per capita carbon emissions will decrease as the rule of law index increases. The large coefficients in the model are interpreted as meaning that small changes in the variables can lead to large jumps. The variables being under a radical expression in the model indicate that per capita carbon emissions increase at a proportionally slowing rate, and the function created by the model exhibits a saturation effect after a certain increase.

Table 5. SCO Countries Symbolic Equation Performance Summary Table



The mean squared error (MSE) is determined to be 0.004, indicating that the model's predictions are very close to the actual values. The high explained variance ratio (R^2 : 0.96) shows that the model does a great job predicting the dependent variable (Co2Per), the loss function is low at 0.003, and there is a low chance of overfitting.

The symbolic equation obtained from the symbolic regression analysis performed for the Central American Integration System (SICA) is expressed in equation 4.

$$0,45^4 \sqrt{\log \left(\sqrt{e^{EnConPer}} \right)^3} \tag{4}$$

Equation 4 explains per capita carbon emissions (Co2Per) for SICA countries using one variable. The variable in question has been identified as the Per Capita Carbon Emissions (EnConPer) variable. Since the complexity of the resulting equation is higher than that of the other equations, and for the purpose of interpretation, the

equation was simplified through the following operations to obtain the form in equation 5, which was then interpreted.

$$\begin{aligned}
 Co2Per &= 0,45 \sqrt[4]{\log \left(e^{\frac{EnConPer}{2}} \right)^3} \\
 Co2Per &= 0,45 \sqrt[4]{\log(e^{\frac{3}{2}EnConPer})} \\
 Co2Per &= 0,45 \sqrt[4]{\frac{3}{2}EnConPer}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

In the context of SICA, the symbolic equation attempts to explain per capita carbon emissions through a single variable, excluding other variables. It states that the increase in energy consumption leads to an increase in per capita carbon emissions, but after a certain point, there is a marginal diminishing effect.

Table 6. SICA Countries Symbolic Equation Performance Summary Table

Test MSE	0,004
Test R ²	0,83
Loss Function Value	0,005

Real vs. Prediction

Loss Function

The model's mean squared error (MSE) of 0.004 and the loss function of 0.003 indicate successful modeling, but the explained variance ratio (83%) remains relatively low.

Conclusion

It is observed that all models explaining per capita carbon emissions are obtained as fundamental equations. This situation indicates that the factors explaining per capita carbon emissions affect emissions in relation to the concept of diminishing marginal returns. It is understood that an increase in the amounts of factors affecting per capita carbon emissions consistently increases carbon emissions, but the rate of increase has a decreasing characteristic. To mathematically express diminishing marginal returns, logarithmic expressions, another closed-form equation, can also be used. In this context, why were functions containing logarithms not included in the models, while radical functions were preferred? It has been examined in light of the question. Since logarithmic functions are used for situations that start with fast growth and then slow down, and since per capita carbon emissions are not growing quickly or leveling off, it shows that the symbolic regression algorithm effectively models this situation.

Although the symbolic regression algorithm operates on the entire dataset included in the model, it generates an equation using the variables with the highest variance explanation ratio. This approach bears similarities to principal component analysis, as it also incorporates a dimensionality reduction function. In this context, we used a total of six variables out of the nine included in the model to create four different equations. While ASEAN and SCO organizations were modeled with 4 different variables, and G7 countries with 3 different variables, it is observed that SICA, which was modeled with a single variable, had the lowest explained

variance (83%). This means that the variables used for all groups don't explain SICA as well as the others.

The variables obtained in the equation explaining the ASEAN group were compared with the studies in the literature. This indicates that per capita primary energy consumption, particularly from non-renewable energy sources, leads to an increase in per capita carbon emissions. The relationship between economic growth and energy consumption is expressed as a significant factor affecting carbon emissions (Saboori and Sulaiman 2013; Anwar et al. 2021). There is a long-term equilibrium relationship between urbanization, energy use, and carbon emissions in ASEAN countries. It has been stated that a 1% increase in the urban population can lead to a 0.20% increase in carbon emissions. In this context, it has been stated that there is a direct relationship between urbanization and the increase in per capita emissions (Wang et al. 2016; Perwithosuci et al. 2023). The rule of law index has not been directly linked to the ASEAN group in the literature, studies examining ASEAN member countries individually indicate that it, along with institutional factors such as political stability and corruption control, is critically important in reducing carbon emissions. It is stated that the interaction of these factors can contribute to the more effective implementation of environmental laws and thus to a reduction in carbon emissions (Muhammad and Long 2021; Mahmood et al. 2022).

When looking at the research that includes the important variables, it usually shows that the variables in the equation match those found in other studies, and a strong and reliable equation explaining per capita carbon emissions for ASEAN countries has been created. Although the dataset includes variables that can be associated with economic growth, such as GDP per capita, the share of manufacturing in GDP, and trade openness, they have been excluded from the model. This exclusion is seen in the literature as very important for ASEAN countries, indicating that the connection

between per capita carbon emissions and economic growth might be related to other factors instead of these.

The equation about the G7 group shows that how much energy each person uses is said to greatly influence the amount of carbon emissions per person in G7 countries. Research shows that energy consumption has both short-term and long-term effects on carbon emissions (Liu et al. 2019). Trade openness in G7 countries has complex and varied effects on per capita carbon emissions, as indicated by the literature. The relationship between trade openness and per capita carbon emissions is emphasized as being influenced by various factors such as economic size, energy consumption, and environmental policies (Mutascu 2018; Wang and Li 2021).

This study's equation for G7 countries reveals an interesting finding: the relationship between trade openness and carbon emissions is complex and influenced by other factors, compared to the literature. When examining the equality obtained for G7 countries, it is observed that the trade openness variable is multiplied by the per capita primary energy consumption variable, which is consistent with the literature.

Due to the lack of relevant literature on the factors affecting per capita carbon emissions within the context of the SCO and SICA organizations, no specific interpretations were made regarding the variables in this study.

Within the scope of this study, the closed-form equations for the variables of per capita primary energy consumption and the share of energy produced from fossil fuels, which fall under the energy category; the population density and urban population ratio variables, which fall under the demographic category; the rule of law index, which falls under the policy category; and the trade openness variable, which falls under the trade category, were obtained within the framework of the research question investigated in this study.

These equations have a high variance explanation rate and low error rates in terms of modeling performance, and it has been determined that the risk of overfitting is low for all models.

According to the equations obtained, the common factor affecting per capita carbon emissions for all international organizations studied is the per capita primary energy consumption variable. It is considered that the variable for fossil fuel production is a common variable in three of the four equations obtained. It has been observed that demographic variables and rule of law index variables are found together in equations explaining per capita carbon emissions.

Future Research and Recommendations

In the research conducted for the SICA organization, it was found that the variables used were insufficient and had a lower variance explanation rate compared to other models. Future studies could consider determining suitable variables for SICA and increasing the variance explanation ratio. The fact that the equation obtained for ASEAN countries excludes economic growth factors means it cannot examine the relationship between per capita carbon emissions and economic growth, as found in the literature. Therefore, it is recommended that suitable variables related to economic growth be added to the dataset and modeled in future studies.

By including more corporate structures in the study and examining the phenomenon under investigation in global contexts, it is possible to achieve more generalizable results. However, it may not be possible to determine whether a country's inclusion in multiple models undermines the independence between them, making it unclear whether the results stem from institutional structure or specific influence. For this reason, it is recommended that data sets where the member countries of the organizations under

consideration do not have multiple memberships be included in the research.

When looking at the research as a whole, the results indicate that we can understand and explain per capita carbon emissions in clear mathematical ways, and that these numbers can vary based on different regions and types of organizations. It is recommended that international organizations develop policies to reduce per capita carbon emissions by creating their own models and that mechanisms to reduce per capita carbon emissions be established through the joint efforts of member countries.

References

- Ahima, Rexford S. 2020. "Global Warming Threatens Human Thermoregulation and Survival." *The Journal of Clinical Investigation* 130(2):559–61. doi:10.1172/JCI135006.
- Aldy, Joseph E. 2005. "Per Capita Carbon Dioxide Emissions: Convergence or Divergence?" *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.881086.
- Anwar, Ahsan, Muhammad Siddique, Eyup Dogan, and Arshian Sharif. 2021. "The Moderating Role of Renewable and Non-Renewable Energy in Environment-Income Nexus for ASEAN Countries: Evidence from Method of Moments Quantile Regression." *Renewable Energy* 164:956–67. doi:10.1016/j.renene.2020.09.128.
- Austel, Vernon, Sanjeeb Dash, Oktay Gunluk, Lior Horesh, Leo Liberti, Giacomo Nannicini, and Baruch Schieber. 2017. "Globally Optimal Symbolic Regression."
- Borwein, Jonathan M., and Richard E. Crandall. 2013. "Closed Forms: What They Are and Why We Care." *Notices of the American Mathematical Society* 60(01):50. doi:10.1090/noti936.
- Chandra Agarwal, Satish. 2018. "Gross Domestic Product & It's Various Approaches." *International Journal of Tax Economics and Management* 1(2):70–85. doi:10.35935/tax/12.8570.
- Cranmer, Miles. 2023. "Interpretable Machine Learning for Science with PySR and SymbolicRegression.Jl."
- Data, Our World in. 2024. "OWID Homepage." *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org>.
- De Falco, I., A. Della Cioppa, and E. Tarantino. 2002. "Mutation-Based Genetic Algorithm: Performance Evaluation." *Applied*

Soft Computing 1(4):285–99. doi:10.1016/S1568-4946(02)00021-2.

Deng-yin, Xuan. 2015. “An Improved Fitness Function of Genetic Algorithm.” *Mathematics in Practice and Theory*. https://www.semanticscholar.org/paper/An-Improved-Fitness-Function-of-Genetic-Algorithm-Deng-yin/beaa52c141d08512e80d0a1fe28038b4003d5fd6?utm_source=consensus.

Dougherty, Alyssa, Amy Gryskiewicz, and Alejandro Ponce. 2018. “Measuring the Rule of Law: The World Justice Project’s Rule of Law Index.” Pp. 255–76 in *The Palgrave Handbook of Indicators in Global Governance*, edited by D. V. Malito, G. Umbach, and N. Bhuta. Cham: Springer International Publishing.

Dubeck, Leroy W., Judith E. Boss, and Suzanne E. Moshier, eds. 2004. “Global Warming and the Greenhouse Effect.” Pp. 143–50 in *Fantastic Voyages: Learning Science Through Science Fiction Films*. New York, NY: Springer.

Evseeva, Oksana, Svetlana Evseeva, and Tamara Dudarenko. 2021. “The Impact of Human Activity on the Global Warming.” *E3S Web of Conferences* 284:11017. doi:10.1051/e3sconf/202128411017.

Eweka, Ebuwa Elisabeth, Enrique Lopez-Arroyo, Christian Oluwaremilekun Medupin, Abiola Oladipo, and Luiza Cintra Campos. 2022. “Energy Landscape and Renewable Energy Resources in Nigeria: A Review.” *Energies* 15(15):5514. doi:10.3390/en15155514.

Forrest, Stephanie. 1996. “Genetic Algorithms.” *ACM Comput. Surv.* 28(1):77–80. doi:10.1145/234313.234350.

- Fujii, Eiji. 2017. "What Does Trade Openness Measure?" *Econometric Modeling: International Economics eJournal*. doi:10.1111/obes.12275.
- Ghazali, Ahmad, and Ghulam Ali. 2019. "Investigation of Key Contributors of CO₂ Emissions in Extended STIRPAT Model for Newly Industrialized Countries: A Dynamic Common Correlated Estimator (DCCE) Approach." *Energy Reports* 5:242–52. doi:10.1016/j.egy.2019.02.006.
- Global economy, world economy. 2024. <https://www.theglobaleconomy.com/>.
- Hawkins, Bradford A., and Alan A. Berryman. 2000. "Site-Dependent Regulation of Population Size: Comment." *Ecology* 81(4):1166–68. doi:10.1890/0012-9658(2000)081[1166:SDROPS]2.0.CO;2.
- Holechek, Jerry L., Hatim M. E. Geli, Mohammed N. Sawalhah, and Raul Valdez. 2022. "A Global Assessment: Can Renewable Energy Replace Fossil Fuels by 2050?" *Sustainability* 14(8):4792. doi:10.3390/su14084792.
- Houghton, John. 2005. "Global Warming." *Reports on Progress in Physics* 68(6):1343. doi:10.1088/0034-4885/68/6/R02.
- Lashof, Daniel A., and Dilip R. Ahuja. 1990. "Relative Contributions of Greenhouse Gas Emissions to Global Warming." *Nature* 344(6266):529–31. doi:10.1038/344529a0.
- Li, Rongrong, Qiang Wang, Yi Liu, and Rui Jiang. 2021. "Per-Capita Carbon Emissions in 147 Countries: The Effect of Economic, Energy, Social, and Trade Structural Changes." *Sustainable Production and Consumption* 27:1149–64. doi:10.1016/j.spc.2021.02.031.
- Liu, Haiying, and Zhiqun Zhang. 2022. "Probing the Carbon Emissions in 30 Regions of China Based on Symbolic Regression and Tapio Decoupling." *Environmental Science*

and Pollution Research 29(2):2650–63. doi:10.1007/s11356-021-15648-x.

Liu, Huajun, Mingyu Lei, Naixin Zhang, and Guangjie Du. 2019. “The Causal Nexus between Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth: New Evidence from China, India and G7 Countries Using Convergent Cross Mapping.” *PLOS ONE* 14(5):e0217319. doi:10.1371/journal.pone.0217319.

Lizunkov, V., E. Politsinskaya, E. Malushko, A. Kindaev, and M. Minin. 2018. “Population of the World and Regions as the Principal Energy Consumer.” *International Journal of Energy Economics and Policy*. https://www.semanticscholar.org/paper/Population-of-the-World-and-Regions-as-the-Energy-Lizunkov-Politsinskaya/5bde24fa26ee1c58b22cc71e7eeeab94ba63b6a9?utm_source=consensus.

Mahmood, Haider, Shafiqul Hassan, Muhammad Tanveer, and Abdul-Rahim Ahmad. 2022. “The Effects of Rule of Law, Regulatory Quality, and Renewable Energy on CO2 Emissions in South Asia.” *International Journal of Energy Economics and Policy* 12(6):16–21. doi:10.32479/ijee.13468.

Makke, Nour, and Sanjay Chawla. 2022. “Interpretable Scientific Discovery with Symbolic Regression: A Review.” doi:10.48550/ARXIV.2211.10873.

Muhammad, Sulaman, and Xingle Long. 2021. “Rule of Law and CO2 Emissions: A Comparative Analysis across 65 Belt and Road Initiative(BRI) Countries.” *Journal of Cleaner Production* 279:123539. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123539.

Mutasqu, M. 2018. “G7 Countries: Between Trade Openness and CO2 Emissions.” *Economics Bulletin*. <https://www.semanticscholar.org/paper/G7-countries%3A->

between-trade-openness-and-CO2-
Mutascu/690992689ab818f6d84d0681e80239d9863c185d?
utm_source=consensus.

- Pan, Xiongfeng, Md. Kamal Uddin, Bowei Ai, Xianyou Pan, and Umme Saima. 2019. “Influential Factors of Carbon Emissions Intensity in OECD Countries: Evidence from Symbolic Regression.” *Journal of Cleaner Production* 220:1194–1201. doi:10.1016/j.jclepro.2019.02.195.
- Parker, Steven, and M. Ishaq Bhatti. 2020. “Dynamics and Drivers of per Capita CO2 Emissions in Asia.” *Energy Economics* 89:104798. doi:10.1016/j.eneco.2020.104798.
- Perwithosuci, Winny, Hamim Zaky Hadibasyir, and Muhammad Arif. 2023. “Carbon Emissions and Urbanization in ASEAN-5 Countries.” *Optimum: Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan* 12(2):203–12. doi:10.12928/optimum.v12i2.6582.
- Rahmani, Zahra, and Jamshid Ahmadi. 2024. “The Impact of Human Activities on Climate Change.” *Sprin Journal of Arts, Humanities and Social Sciences* 3(6):24–27. doi:10.55559/sjahss.v3i6.362.
- Sabău-Popa, Claudia Diana, Diana Claudia Perțicaș, Adrian Florea, Luminița Rus, and Hillary Wafula Juma. 2024. “Is Younger Population Generating Higher CO2 Emissions? A Dynamic Panel Analysis on European Countries.” *Sustainability* 16(17):7791. doi:10.3390/su16177791.
- Saboori, Behnaz, and Jamalludin Sulaiman. 2013. “CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Countries: A Cointegration Approach.” *Energy* 55:813–22. doi:10.1016/j.energy.2013.04.038.
- Shuai, Chenyang, Liyin Shen, Liudan Jiao, Ya Wu, and Yongtao Tan. 2017. “Identifying Key Impact Factors on Carbon Emission:

- Evidences from Panel and Time-Series Data of 125 Countries from 1990 to 2011.” *Applied Energy* 187:310–25. doi:10.1016/j.apenergy.2016.11.029.
- Sun, Fangzheng, Yang Liu, Jian-Xun Wang, and Hao Sun. 2022. “Symbolic Physics Learner: Discovering Governing Equations via Monte Carlo Tree Search.”
- Szirmai, Adam, and Bart Verspagen. 2015. “Manufacturing and Economic Growth in Developing Countries, 1950–2005.” *Structural Change and Economic Dynamics* 34:46–59. doi:10.1016/j.strueco.2015.06.002.
- Wang, Qiang, and Lejia Li. 2021. “The Effects of Population Aging, Life Expectancy, Unemployment Rate, Population Density, per Capita GDP, Urbanization on per Capita Carbon Emissions.” *Sustainable Production and Consumption* 28:760–74. doi:10.1016/j.spc.2021.06.029.
- Wang, Yuan, Lili Chen, and Jumpei Kubota. 2016. “The Relationship between Urbanization, Energy Use and Carbon Emissions: Evidence from a Panel of Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Countries.” *Journal of Cleaner Production* 112:1368–74. doi:10.1016/j.jclepro.2015.06.041.
- Williams, L. S. 1983. “The Urbanization Process: Toward a Paradigm of Population Redistribution.” *Urban Geography*. https://www.semanticscholar.org/paper/The-urbanization-process%3A-toward-a-paradigm-of-Williams/383c18130d139b4bd1ed403d120a76073630d092?utm_source=consensus.
- Zhang, Jie, Zuojun Fan, Yaowen Chen, Jingjing Gao, and Wen Liu. 2020. “Decomposition and Decoupling Analysis of Carbon Dioxide Emissions from Economic Growth in the Context of China and the ASEAN Countries.” *Science of The Total*

Zheng, Xiaosong, Dalia Streimikiene, Tomas Balezentis, Abbas Mardani, Fausto Cavallaro, and Huchang Liao. 2019. “A Review of Greenhouse Gas Emission Profiles, Dynamics, and Climate Change Mitigation Efforts across the Key Climate Change Players.” *Journal of Cleaner Production* 234:1113–33. doi:10.1016/j.jclepro.2019.06.140.

BÖLÜM 5

INVESTIGATION OF SELLER BEHAVIORS IN THE USED ELECTRIC VEHICLE MARKET

ENES FİLİZ¹

Introduction

Electric vehicles (EVs) are experiencing a phase of rapid innovation and dynamic evolution, marked by unprecedented global sales that now account for a substantial proportion of the automotive market. Although the pace of growth in certain regions is beginning to stabilize, the overall trajectory of EV market expansion remains robust. Projections indicate a continued increase in global market share for EVs by 2025. Central to this progress are advancements in battery technologies, particularly those aimed at improving energy density, which have contributed to extended driving ranges and reduced charging times. Emerging technologies, including solid-state batteries, are anticipated to enable driving ranges of up to 1,000 kilometers. In parallel, the global expansion of charging infrastructure is enhancing the practicality of EV ownership. Significant investments

¹Asist. Prof., Balıkesir University, Department of Business Administration,
Orcid:0000-0002-8006-9467

from both governments and private industry are accelerating these developments. In response to evolving consumer expectations, automobile manufacturers are actively diversifying their EV portfolios by launching competitive models across all vehicle segments.

The automotive industry is undergoing a structural transition from the production of fossil fuel powered vehicles to the development and manufacture of fully electric alternatives. A growing number of countries and automotive manufacturers have set definitive targets to phase out or restrict the sale of internal combustion engine (ICE) vehicles in the coming decades. The trajectory of electric vehicle (EV) market growth will continue to be shaped primarily by government policy, including regulatory emission standards, financial incentives, and investments in supporting infrastructure. Beyond the passenger car segment, substantial growth is also being observed in the electric truck, bus, and light commercial vehicle sectors. As a result, EVs are emerging as a critical element within the global transportation ecosystem, with their market share expected to accelerate significantly in tandem with ongoing technological innovation.

The term *smart vehicles* broadly refer to the integration of two key technological domains: electric propulsion systems and autonomous driving capabilities. While these domains exhibit distinct performance characteristics, contemporary smart vehicles often incorporate both functionalities to enhance overall efficiency and user experience. The principal performance attributes of electric vehicles (EVs) include torque, driving range, energy consumption, fast charging capability, acceleration time, noise reduction (silent operation), emergency braking responsiveness, and lane keeping assistance. Collectively, these features function as critical performance indicators, ensuring that electric vehicles are not only high-performing but also safe, energy-efficient, and

technologically advanced. In this context, such attributes significantly influence the market valuation and pricing structure of electric vehicles.

The growing significance of electric vehicles (EVs) arises from the intersection of environmental, economic, and technological considerations. From an operational standpoint, EVs produce zero tailpipe emissions, thereby contributing substantially to the reduction of urban air pollution. Although total carbon emissions associated with EVs depend on the energy mix used for electricity generation, they generally produce fewer lifecycle emissions than internal combustion engine (ICE) vehicles. This advantage becomes particularly pronounced when EVs are powered by renewable energy sources, enhancing their role in global climate change mitigation efforts. Additionally, due to the inherently quieter operation of electric motors compared to traditional engines, EVs contribute to a significant reduction in urban noise pollution, thereby fostering quieter, healthier urban environments.

Electric vehicles (EVs) offer significant economic advantages over internal combustion engine (ICE) vehicles. Electricity generally delivers a lower cost per kilometer than gasoline or diesel, making EVs more economical to operate. Moreover, electric motors contain fewer moving components than their ICE counterparts, which reduces mechanical complexity, lowers the likelihood of malfunction, and minimizes routine maintenance expenditures. From an energy efficiency standpoint, EVs convert a much greater proportion of electrical energy into kinetic energy, whereas ICE vehicles exhibit comparatively low conversion efficiency. In addition to their operational benefits, EVs contribute to national energy security and macroeconomic stability by decreasing reliance on petroleum imports. This shift enhances the diversification of energy sources, promoting the integration of renewables and other domestic energy options. From a

technological perspective, electric motors can deliver immediate and high torque, resulting in rapid acceleration and an enhanced driving experience. Contemporary EV models are typically equipped with advanced technologies, including driver-assistance systems, smart connectivity features, and infotainment interfaces. Furthermore, the near-silent operation of EVs contributes to greater in-vehicle comfort and a reduction in urban noise pollution. Collectively, these characteristics position EVs as a critical technology for achieving environmental sustainability, operational cost savings, and energy transition goals (Google, 2025).

A significant number of important studies pertaining to electric vehicles (EVs) have been conducted in literature, particularly in recent years. Riesenman (1992) investigated the preference status of electric vehicles, noting that despite their advantages over internal combustion engine (ICE) vehicles, range and charging issues influenced adoption. Chan (2002) addressed the projected size of the electric vehicle market and the potential impacts of EVs in the coming years. Cairns and Albertus (2010) explored the critical role of batteries within electric and hybrid vehicle technologies. Jahangir et al. (2020) discussed different aspects of electrifying transportation fleets and various methods to increase EV prevalence soon. Kittner et al. (2020) aimed to determine the learning rates for electric vehicles and investigated leading issues related to the potential global scaling of battery electric vehicles. Amjad et al. (2022) reviewed the methods and techniques utilized for wireless charging in electric vehicles. Pramuanjaroenkij and Kakaç (2023) sought to highlight the importance of fuel cell electric vehicles. Adedeji (2023) conducted a study on the architecture of electric vehicles and proposed an artificial neural network application for estimating energy consumption in all-electric vehicles. More recently, Hwang et al. (2024) examined how heat is generated in a lithium-ion cell in electric vehicles and reviewed current research conducted on four

main types of battery thermal management systems: air-cooled, liquid-cooled, phase-change material-based, and thermoelectric-based systems. Jiang et al. (2024) introduced in-vehicle energy sources and energy storage technologies, followed by an analysis of the in-vehicle energy sources employed in pure electric vehicles. They then focused on the energy management strategies utilized in pure electric vehicles. Finally, they summarized the energy technology of pure electric vehicles, emphasizing associated problems and solutions.

Various studies related to electric vehicle sales are also present in existing literature. Hagman and Stier (2022) utilized a qualitative investigation with car salespeople in the Swedish market who sold both EVs and ICE vehicles. Their findings revealed that sales representatives focused on selling ICE vehicles due to a lack of training and experience regarding EVs, as well as the longer sales and delivery times associated with electric models. Ullah et al. (2022) employed a community learning algorithm and Shapley additive explanations to estimate electric vehicle charging time. Afandizadeh et al. (2023) utilized machine learning algorithms to predict the prevalence of electric vehicles in the automotive market. Bera and Maitra (2023) aimed to identify priority areas for improvement in the small passenger car segment of the Indian vehicle market. Mpoi et al. (2023) determined that travel and demographic characteristics, the provision of financial incentives, environmental awareness, charging time, and charging infrastructure were significant factors for purchasing an electric vehicle in Greece. Ma and Pinsky (2024) attempted to identify the key factors influencing the probability of EV ownership across different income levels. Fatima et al. (2024) used machine learning methods with various variables to predict vehicle prices. Similarly, Putra et al. (2024) leveraged random forest and decision tree algorithms to predict used car prices.

This study investigates seller behavior in Turkey's used

electric vehicle (EV) market, with a particular emphasis on pricing practices. It aims to identify the key vehicle attributes that sellers consider when determining prices and to assess which characteristics most significantly affect the market value of second-hand EVs.

Methodology

To fulfill the objective of the study, basic statistical frequency tables and the Correlation Attribute feature selection method were utilized to determine the factors that sellers consider when pricing electric vehicles.

Data Set

The study's objective to investigate seller behavior within Turkey's used electric vehicle (EV) market, a dedicated dataset was compiled. The data were collected from the sahibinden.com website, a leading online marketplace for vehicle listings in Turkey. The dataset comprises information on 100 electric passenger vehicles advertised on October 16, 2025. To ensure relevance and comparability, only vehicles classified within the passenger car segment were included in the analysis.

To minimize the influence of outliers, the sample was restricted to vehicles priced between ₺1,000,000 and ₺4,000,000. The final dataset includes the following variables: seller type, brand, mileage (in kilometers), motor power, acceleration, driving range, vehicle segment, torque, energy consumption, fast charging time, presence of major damage record, and listed price. In the analytical model, Price serves as the dependent variable, while all other variables are treated as independent variables.

The mean value of the Price variable was calculated as ₺2,007,706. For the purposes of binary classification and simplified analysis, a

dummy variable was constructed: vehicles priced below the mean were coded as 0, and those priced above were coded as 1. Detailed descriptions and definitions of the variables utilized in the study are presented in Table 1.

Table 1 Variables Used in the Study

Variable Name	Definition
Seller	Owner, Dealership (Galerie)
Brand	Vehicle's manufacturer's brand
Mileage (Km Information)	Vehicle's mileage in kilometres
Motor Power	Hp
Acceleration (0-100)	sec.
Range	km.
Segment	Vehicle segment
Torque	Nm
Energy Consumption (100 km)	kWh
Fast Charging Time	Min.
Major Damage Status	Yes, no
Price	Vehicle price

Correlation Attribute variable selection

Variable selection is a fundamental procedure in empirical research and is widely applied across various domains to improve model reliability and interpretability. Identifying which independent variables effect a statistically significant influence on the dependent variable is essential for constructing a robust analytical framework. In this study, variable selection was conducted using Pearson correlation analysis, a method that quantifies the linear relationship between each independent variable and the dependent outcome. For continuous variables, the Pearson correlation coefficient was computed directly to assess the strength and direction of association with the price variable. In instances where a variable was measured on a nominal (categorical) scale, a weighted average correlation approach was employed. This method accounts for category

frequencies, enabling a meaningful interpretation of the overall correlation with the dependent variable. Through this process, variables with the strongest associations were identified for further analysis and inclusion in the final model. (Jiang vd., 2009; Filiz ve Öz, 2019).

Application

Consistent with the objective of the study, an application plan was developed to determine seller behaviors in the used electric vehicle market in Turkey. The first step of the application will involve identifying the relationship between Price and the other variables using basic statistical frequency tables. In the second step, the influence and corresponding impact values of the variables on the Price will be investigated using the Correlation Attribute variable selection method.

Findings

In accordance with the application plan formulated to meet the study's objective, seller behaviors in the used electric vehicle market in Turkey and the impact values of the variables affecting prices were determined. Following the first step of the application, Table 2 presents the number of vehicles based on the seller type and their corresponding listing prices.

Table 2 Number of Vehicles by Seller and Listed Price

Seller	Price		Total
	Below Average	Above Average	
Owner	18	20	38
Dealership	36	26	62
Total	54	46	100

According to Table 2, 18 of the vehicles advertised by the

vehicle owner and 36 of the vehicles advertised by the dealership were priced below average. In addition, 20 of the vehicles advertised by the vehicle owner and 26 of the vehicles advertised by the dealership were priced above average.

In line with step 1 of the application, Table 3 provides figures related to the seller, brand, and advertised prices.

Table 3 Number of Vehicles by Seller, Brand, and Listed Price

Seller	Brand	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	<i>Bmw</i>	0	0	0
	<i>Byd</i>	0	4	4
	<i>Citroen</i>	4	0	4
	<i>Mercedes</i>	0	1	1
	<i>Mg</i>	4	0	4
	<i>Mini</i>	1	0	1
	<i>Cooper</i>			
	<i>Opel</i>	3	0	3
	<i>Renault</i>	4	0	4
	<i>Peugeot</i>	0	0	0
	<i>Tesla</i>	2	15	17
Total from Owner		18	20	38
Dealership	<i>Bmw</i>	0	3	3
	<i>Byd</i>	2	1	3
	<i>Citroen</i>	5	0	5
	<i>Mercedes</i>	0	2	2
	<i>Mg</i>	5	0	5
	<i>Mini</i>	4	0	4
	<i>Cooper</i>			
	<i>Opel</i>	6	0	6
	<i>Renault</i>	8	0	8
	<i>Peugeot</i>	4	0	4
	<i>Tesla</i>	2	20	22

Total from Dealership	36	26	62
------------------------------	----	----	----

Based on Table 3, the following results were obtained: BMW and Mercedes-Benz branded vehicles were priced above the average regardless of the seller type. Furthermore, out of a total of 39 Tesla branded vehicles, only 4 were priced below the average. It was determined that these 4 vehicles had a major damage record. In the case of BYD vehicles, all those listed directly by the owner were priced above average, whereas only 1 of the 3 BYD vehicles listed by a dealership was priced above average.

Following the first step of the application, Table 4 presents the numbers related to the seller, mileage (km information), and the listed prices.

Table 4 Number of Vehicles by Seller, Mileage (Km Information), and Listed Price

Seller	Mileage	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	6000-10000	5	10	15
	10001-20000	4	3	7
	20001-30000	2	2	4
	30001-40000	3	1	4
	40001-50000	3	2	5
	50001-60000	1	1	2
	60001-70000	0	1	1
	70001-80000	0	0	0

	<i>80001-90000</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Total from Owner		<i>18</i>	<i>20</i>	<i>38</i>
Dealership	<i>6000-10000</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>10</i>
	<i>10001-20000</i>	<i>11</i>	<i>6</i>	<i>17</i>
	<i>20001-30000</i>	<i>8</i>	<i>3</i>	<i>11</i>
	<i>30001-40000</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>8</i>
	<i>40001-50000</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
	<i>50001-60000</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>5</i>
	<i>60001-70000</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
	<i>70001-80000</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
	<i>80001-90000</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
Total from Dealership		<i>36</i>	<i>26</i>	<i>62</i>

Based on Table 4, the following observation was made: In vehicles listed directly by the owner, as the mileage (km) increases, prices generally tend to fall below the average price. Conversely, a more balanced distribution was observed in the prices of vehicles listed by a dealership.

Following the first step of the application, Table 5 presents the numbers related to the seller, motor power, and the listed prices.

Table 5 Number of Vehicles by Seller, Motor Power, and Listed Price

Seller	Motor Power (hp)	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	<i>100-150</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>4</i>
	<i>151-200</i>	<i>6</i>	<i>0</i>	<i>6</i>
	<i>201-250</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>16</i>
	<i>251-300</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
	<i>301-350</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>351-400</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>401-450</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>451-500</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>500+</i>	<i>1</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Total from Owner		<i>18</i>	<i>20</i>	<i>38</i>
Dealership	<i>100-150</i>	<i>11</i>	<i>0</i>	<i>11</i>
	<i>151-200</i>	<i>14</i>	<i>0</i>	<i>14</i>
	<i>201-250</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	<i>21</i>
	<i>251-300</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
	<i>301-350</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
	<i>351-400</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>401-450</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>451-500</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>500+</i>	<i>0</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
Total from Dealership		<i>36</i>	<i>26</i>	<i>62</i>

Based on Table 5, the following observations were recorded: In vehicles listed directly by the owner, as the motor power (hp) generally increases, the vehicles were priced above average. Vehicles priced below average in the 251-300 hp and 500+ hp categories were found to have a major damage record. The same trend was observed in vehicles listed by a dealership.

Following the first step of the application, Table 6 presents the numbers related to the seller, acceleration, and the listed prices.

Table 6 Number of Vehicles by Seller, Acceleration, and Listed Price

Seller	Acceleration (0-100) (sec.)	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	<i>3,50-5,00</i>	<i>1</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
	<i>5,01-6,50</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
	<i>6,51-8,00</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>21</i>
	<i>8,01-9,50</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>5</i>
	<i>9,51-11,00</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>2</i>
Total from Owner		<i>18</i>	<i>20</i>	<i>38</i>
Dealership	<i>3,50-5,00</i>	<i>0</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
	<i>5,01-6,50</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
	<i>6,51-8,00</i>	<i>18</i>	<i>10</i>	<i>28</i>
	<i>8,01-9,50</i>	<i>10</i>	<i>0</i>	<i>10</i>
	<i>9,51-11,00</i>	<i>8</i>	<i>0</i>	<i>8</i>
Total from Dealership		<i>36</i>	<i>26</i>	<i>62</i>

Based on Table 6, the following observations were recorded: In vehicles listed directly by the owner, when the vehicle's acceleration time (0-100 km/h) is shorter, the vehicle is generally priced above average. The vehicle priced below average in the 3,50-5,00 second range had a major damage record. As the acceleration time increases, the price generally remains below average. The same trend was also observed in vehicles listed by a dealership.

Following the first step of the application, Table 7 presents the numbers related to the seller, range, and the listed prices.

Table 7 Number of Vehicles by Seller, Range, and Listed Price

Seller	Range (km)	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	200-250	1	0	1
	251-300	0	0	0
	301-350	6	0	6
	351-400	0	0	0
	401-450	9	0	9
	451-500	2	13	15
	501-550	0	6	6
	551+	0	1	1
Total from Owner		18	20	38
Dealership	200-250	4	0	4
	251-300	0	0	0
	301-350	7	0	7
	351-400	7	0	7
	401-450	16	0	16
	451-500	2	14	16
	501-550	0	7	7
	551+	0	5	5
Total from Dealership		36	26	62

Based on Table 7, the following observations were recorded: In vehicles listed directly by the owner, as the range (km) generally increases, the vehicles were priced above average. The two vehicles priced below the average in the 451-500 km range had a major damage record. The same trend was observed in vehicles listed by a dealership. Specifically, the two vehicles priced below the average in the 451-500 km range for dealerships also had a major damage record.

Following the first step of application, Table 8 presents the numbers related to the seller, segment, and the listed prices.

Table 8 Number of Vehicles by Seller, Segment, and Listed Price

Seller	Segment	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	<i>B</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>4</i>
	<i>C</i>	<i>12</i>	<i>0</i>	<i>12</i>
	<i>D</i>	<i>2</i>	<i>19</i>	<i>21</i>
	<i>E</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
Total from Owner		<i>18</i>	<i>20</i>	<i>38</i>
Dealership	<i>B</i>	<i>12</i>	<i>0</i>	<i>12</i>
	<i>C</i>	<i>22</i>	<i>0</i>	<i>22</i>
	<i>D</i>	<i>2</i>	<i>23</i>	<i>25</i>
	<i>E</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
Total from Dealership		<i>36</i>	<i>26</i>	<i>62</i>

Based on Table 8, the following observations were recorded: In vehicles listed directly by the owner, vehicles were generally priced below the average if their segment was B or C and priced above the average if their segment was D or E. Additionally, the two vehicles in the D segment priced below the average had a major damage record. The same trend was observed in vehicles listed by a dealership.

Following the first step of the application, Table 9 presents the numbers related to the seller, torque, and the listed prices.

Table 9 Number of Vehicles by Seller, Torque, and Listed Price

Seller	Torque (Nm)	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	<i>101-200</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
	<i>201-300</i>	<i>15</i>	<i>0</i>	<i>15</i>
	<i>301-400</i>	<i>1</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
	<i>401-500</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>501-600</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>4</i>

	<i>601-700</i>	<i>0</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
	<i>700+</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Total from Owner		<i>18</i>	<i>20</i>	<i>38</i>
	<i>101-200</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>201-300</i>	<i>32</i>	<i>0</i>	<i>32</i>
	<i>301-400</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>12</i>
Dealership	<i>401-500</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
	<i>501-600</i>	<i>0</i>	<i>8</i>	<i>8</i>
	<i>601-700</i>	<i>0</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
	<i>700+</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
Total from Dealership		<i>36</i>	<i>26</i>	<i>62</i>

Based on Table 9, the following observations were recorded: In vehicles listed directly by the owner, it was observed that as the torque (Nm) generally increased, the vehicles were priced above average. Vehicles priced below the average in the 301-400 Nm and 501-600 Nm ranges had a major damage record. The same trend was observed in vehicles listed by a dealership.

Following the first step of application, Table 10 presents the numbers related to the seller, energy consumption, and the listed prices.

Table 10 Number of Vehicles by Seller, Energy Consumption, and Listed Price

Seller	Energy Consumption (100 km.) (kWh)	Price		Total
		Below Average	Above Average	
	<i>14,50-15,00</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
	<i>15,01-15,50</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Owner	<i>15,51-16,00</i>	<i>5</i>	<i>3</i>	<i>8</i>
	<i>16,01-16,50</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
	<i>16,51-17,00</i>	<i>8</i>	<i>0</i>	<i>8</i>

	<i>17,01-17,50</i>	<i>3</i>	<i>12</i>	<i>15</i>
	<i>17,51-18,00</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>18,01+</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
Total from Owner		<i>18</i>	<i>20</i>	<i>38</i>
	<i>14,50-15,00</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>2</i>
	<i>15,01-15,50</i>	<i>8</i>	<i>0</i>	<i>8</i>
	<i>15,51-16,00</i>	<i>9</i>	<i>7</i>	<i>16</i>
	<i>16,01-16,50</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
	<i>16,51-17,00</i>	<i>10</i>	<i>0</i>	<i>10</i>
	<i>17,01-17,50</i>	<i>7</i>	<i>16</i>	<i>23</i>
	<i>17,51-18,00</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>18,01+</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
Total from Dealership		<i>36</i>	<i>26</i>	<i>62</i>

Based on Table 10, the following observation was recorded: In vehicles listed directly by the owner, it was generally observed that as the energy consumption (kWh/100 km) increased, the vehicles were priced above the average. The same trend was observed in vehicles listed by a dealership.

Following the first step of the application, Table 11 presents the numbers related to the seller, fast charging time, and the listed prices.

Table 11 Number of Vehicles by Seller, Fast Charging Time, and Listed Price

Seller	Fast Charging Time (min.)	Price		Total
		Below Average	Above Average	
	<i>17,50-22,50</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>22,51-27,50</i>	<i>7</i>	<i>0</i>	<i>7</i>
	<i>27,51-32,50</i>	<i>5</i>	<i>17</i>	<i>22</i>
	<i>32,51-37,50</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
	<i>37,51-42,50</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>

	42,50+	4	0	4
Total from Owner		18	20	38
Dealership	17,50-22,50	2	1	3
	22,51-27,50	8	0	8
	27,51-32,50	11	25	36
	32,51-37,50	4	0	4
	37,51-42,50	3	0	3
	42,50+	8	0	8
Total from Dealership		36	26	62

Based on Table 11, the following observation was recorded: In vehicles listed directly by the owner, it was generally observed that as the fast-charging time increased, the vehicles were priced below the average. The same trend was observed in vehicles listed by a dealership.

Following the first step of the application, Table 12 presents the numbers related to the seller, major damage status, and the listed prices.

Table 12 Number of Vehicles by Seller, Major Damage Status, and Listed Price

Seller	Major Damage Status	Price		Total
		Below Average	Above Average	
Owner	<i>Evet</i>	2	0	2
	<i>Hayır</i>	16	20	36
Total from Owner		18	20	38
Dealership	<i>Evet</i>	3	0	3
	<i>Hayır</i>	33	26	59
Total from Dealership		36	26	62

Based on Table 12, the following observation was recorded: Irrespective of the seller type, vehicles with a major damage record were consistently priced below average.

Following the second step of the application, Table 13 demonstrates which variables sellers consider when determining prices and the extent of the influence of these variables.

Table 13 Impacts of Variables on Price

Variable	Impact Value
<i>Segment</i>	<i>0,8184</i>
<i>Range (km)</i>	<i>0,7593</i>
<i>Torque (Nm)</i>	<i>0,7349</i>
<i>Motor Power (hp)</i>	<i>0,6514</i>
<i>Acceleration (0-100) (sec.)</i>	<i>0,6415</i>
<i>Energy Consumption (100 km.) (kWh)</i>	<i>0,3621</i>
<i>Brand</i>	<i>0,3514</i>
<i>Fast Charging Time (min.)</i>	<i>0,3005</i>
<i>Major Damage Status</i>	<i>0,2117</i>
<i>Seller</i>	<i>0,1042</i>
<i>Mileage (Km Information)</i>	<i>0,0123</i>

Based on Table 13, the following results were obtained regarding the influence of variables on price determination: The segment variable (0.8184) was identified as the most significant feature considered by sellers when determining the price. This was followed by the range (0.7593) and torque (0.7349) variables. Conversely, the variables determined to have the least influence were the seller type (0.1042) and the mileage (km information) (0.0123).

Discussion and Conclusion

The analytical procedures designed to achieve the study's objective successfully uncovered patterns of seller behavior in Turkey's used electric vehicle (EV) market. By examining a range of vehicle specific characteristics, the study explored the relationship between seller type and price, with additional variables incorporated to provide a comprehensive understanding of pricing dynamics. The two-stage application process yielded several noteworthy findings. In the first stage, descriptive statistical analyses revealed that the variables motor power, acceleration, range, segment, and torque exhibited the most prominent associations with vehicle price. These attributes appeared consistently influential across the dataset. A particularly significant observation was the consistency in pricing strategies across seller types. Regardless of the seller classification, similar valuation patterns were observed, suggesting that price determination is largely driven by vehicle features rather than by seller identity. This finding was corroborated in the second stage, which applied the Correlation Attribute Evaluation method. The same five variables motor power, acceleration, range, segment, and torque were identified as having the strongest statistical impact on final pricing outcomes. This alignment between the two analytical steps strengthens the validity of the results and underscores the central role of technical specifications in shaping pricing behavior within the second-hand EV market. The significance of the range variable (Ullah et al., 2022; Bera & Maitra, 2023; Ma & Pinsky, 2024) and the acceleration time variable (Bera & Maitra, 2023) have been previously highlighted in the literature. Furthermore, a unique situation was observed regarding the energy consumption variable: as energy consumption increased, vehicle prices also rose. This inverse relationship suggests that higher consumption is associated with higher-performance vehicles.

Overall, the study is believed to yield significant results for the used electric vehicle market. Seller behaviors in this segment

exhibit certain differences due to the market's novel and unique challenges. The most critical and expensive component of an electric vehicle is the battery. Essential variables such as motor power, acceleration, and torque are directly influenced by battery health. Since this directly impacts the vehicle's performance and value, providing accurate information is a crucial behavior for establishing buyer confidence. Electric vehicles may depreciate faster than Internal Combustion Engine (ICE) vehicles due to rapid technological advancements (better range, faster charging) and new incentives that lower the price of new vehicles. To manage this swift devaluation, sellers are compelled to react more quickly to market conditions in their pricing strategies. Unlike conventional vehicle sellers, EV sellers are expected to possess deeper knowledge regarding charging infrastructure, range calculations, winter performance, and battery technologies. Confidently answering customer queries about range anxiety and charging processes constitutes a vital part of seller behavior. As with all used vehicles, records of regular maintenance, accident, and damage history are paramount. In the EV market, transparency is particularly demonstrated regarding damage that may have affected the battery or the electrical system (Google, 2025).

The study is subject to several limitations. First, this research exclusively considered the used electric vehicle market in Turkey. Second, only 100 electric vehicles listed for sale on October 16, 2025, were included in the sample. Third, the focus was limited to the passenger car segment. Finally, to prevent the results from being skewed by outliers, the analysis utilized only vehicles listed with prices ranging between ₺1,000,000 and ₺4,000,000.

References

- Adedeji, B. P. (2023). Electric vehicles survey and a multifunctional artificial neural network for predicting energy consumption in all-electric vehicles. *Results in Engineering*, 19, 101283.
- Afandizadeh, S., Sharifi, D., Kalantari, N., & Mirzahosseini, H. (2023). Using machine learning methods to predict electric vehicles penetration in the automotive market. *Scientific reports*, 13(1), 8345.
- Amjad, M., Farooq-i-Azam, M., Ni, Q., Dong, M., & Ansari, E. A. (2022). Wireless charging systems for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167, 112730.
- Bera, R., & Maitra, B. (2023). Identification of priority areas of improvement for small passenger car segment in Indian market. *Vision*, 27(2), 225-242.
- Cairns, E. J., & Albertus, P. (2010). Batteries for electric and hybrid-electric vehicles. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 1(1), 299-320.
- Chan, C. C. (2002). An overview of electric vehicle technology. *Proceedings of the IEEE*, 81(9), 1202-1213.
- Fatima, A., Rasheed, A., Khan, A., & Atif, M. (2024). Improving Car Price Predictions by Identifying Key Features. *Spectrum of Engineering Sciences*, 2(5), 148-172.
- Filiz, E., & Öz, E. (2019). Finding the Best Algorithms and Effective Factors in Classification of Turkish Science Student Success. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 239-253.
- Google. (2025). "Can you provide general information about electric vehicles?" Response to the request. *Gemini* (Gemini 2.5 Flash) (Large language model). Access address: <https://gemini.google.com/>

Hagman, J., & Stier, J. J. (2022). Selling electric vehicles: Experiences from vehicle salespeople in Sweden. *Research in Transportation Business & Management*, 45, 100882.

Hwang, F. S., Confrey, T., Reidy, C., Picovici, D., Callaghan, D., Culliton, D., & Nolan, C. (2024). Review of battery thermal management systems in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114171.

Jahangir, H., Golkar, M. A., Ahmadian, A., & Elkamel, A. (2020). Why electric vehicles? In *Electric Vehicles in Energy Systems: Modelling, Integration, Analysis, and Optimization* (pp. 1-20). Cham: Springer International Publishing.

Jiang, F., Meng, W., & Meng, X. (2009). Selectivity estimation for exclusive query translation in deep web data integration. In: *International Conference on Database Systems for Advanced Applications* (21-23 April 2009, Brisbane, Australia) (pp. 595- 600). Heidelberg-Berlin: Springer.

Jiang, F., Yuan, X., Hu, L., Xie, G., Zhang, Z., Li, X., ... & Wang, H. (2024). A comprehensive review of energy storage technology development and application for pure electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 86, 111159.

Kittner, N., Tsiropoulos, I., Tarvydas, D., Schmidt, O., Staffell, I., & Kammen, D. M. (2020). Electric vehicles. In *Technological learning in the transition to a low-carbon energy system* (pp. 145-163). Academic Press.

Ma, M., & Pinsky, E. (2024). Using machine learning to identify primary features in choosing electric vehicles based on income levels. *Data Science and Management*, 7(1), 1-6.

Mpoi, G., Milioti, C., & Mitropoulos, L. (2023). Factors and incentives that affect electric vehicle adoption in Greece. *International journal of transportation science and technology*, 12(4), 1064-1079.

Pramuanjaroenkij, A., & Kakaç, S. (2023). The fuel cell electric vehicles: The highlight review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(25), 9401-9425.

Putra, P. H., Azanuddin, A., Purba, B., & Dalimunthe, Y. A. (2024). Random forest and decision tree algorithms for car price prediction. *Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam LLDikti Wilayah I (JUMPA)*, 4(1), 81-89.

Riezenman, M. J. (1992). Electric vehicles. *IEEE spectrum*, 29(11), 18-21.

Sahibinden Web Page, www.sahibinden.com, Access Date: 16.10.2025.

Ullah, I., Liu, K., Yamamoto, T., Zahid, M., & Jamal, A. (2022). Prediction of electric vehicle charging duration time using ensemble machine learning algorithm and Shapley additive explanations. *International Journal of Energy Research*, 46(11), 15211-15230.

ÖĞRENCİLERİN EĞİTİM HAYATINDAKİ BAŞARILARINI ETKİLEYEN KRİTERLERİN İSTATİSTİKİ ANALİZLERLE İNCELENMESİ

Doç.Dr. EMRE EKİN¹
ZEYNEP TUANA ERKUL²

Giriş

Eğitim, uygarlığın başlangıcından beri toplumların yapısı, kültürü, yaşadıkları ortam ve toplumun karakteristik özelliklerine göre farklılık gösteren bir alandır. Eğitim; uygarlığın gelişmesiyle birlikte değişen yöntemler ve teknolojinin ilerlemesiyle gelişim gösteren materyaller kullanılarak uygulanmakta ve topluma yararlı bireyler yetiştirmeyi amaçlamaktadır.

Eğitimin kalitesini ve amacını, eğitimi doğrudan etkileyen psikolojik ve çevresel kriterler belirler. Bu kriterler; uyum, barınma, arkadaş çevresi, ekonomik şartlar, doğumdan itibaren kazanılan alışkanlıklar, aile etkisi, eğitim alınan kişiler ve bu kişilerin tutumları gibi birçok unsuru kapsamaktadır. Öğrencinin başarılı olabilmesi için bu faktörlerden olumlu yönde etkilenmesi gerekir. Walberg (1984), eğitimde verimlilik kuramını geliştirirken var olan modellerdeki öğrenci davranışları ve öğretimi içine alan öğretimin kalitesi, öğretime ayrılan zaman, güdüleme ve öğrenci yeteneği gibi temel faktörlere ek olarak ev ortamı, sınıfın sosyal ortamı, okul dışındaki akran grupları ve okul dışındaki boş zamanların değerlendirilmesi gibi faktörlere de yer vermiştir. Ayrıca eğitimsel verimliliğin yükseltilmesi çalışmalarında ekonomiklik, tekrar ve genellenebilirlik ilkeleri izlenmiştir. Ekonomiklik, bilişsel, duyuşsal ve psikomotor öğrenmeyi açıklayan, birbiriyle tutarlı ve güçlü faktörlerin çoğunu aynı noktaya getirerek anlaşılır bir şekilde ifade etmektedir. Tekrarlar ile birbirine yakın bulgular veren araştırma sonuçlarını aynı kategori altında toplayarak sonuçların karşılaştırılmasını hedeflemektedir. Genellenebilirlik ilkesi ise, farklı öğrencilerden oluşan uluslararası örneklemeler üzerinde yapılan araştırmaların benzer sonuçlar vermesi ve araştırma sonuçlarının genellenerek kullanılabilmesini ifade etmektedir. Aynı şekilde Carroll (1963), okulda öğrenme modelinde, öğrencinin bir öğrenme görevine ayırdığı zaman ile bu görevi öğrenmek için ihtiyaç duyduğu zaman arasındaki ilişkinin öğrenme düzeyini belirlediğini vurgulamaktadır.

Literatürde öğrenci başarısında pek çok faktörün etkili olduğu öne sürülmektedir (Yıldırım, 2006). Uygulamaya dayalı araştırmalardan hareketle öğrenci başarısını etkileyen çeşitli faktörler, aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

¹ Doç.Dr., Milli Savunma Üniversitesi, emrenike@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-4043-9750

² Endüstri Mühendisi, erkulzeyneptuana@gmail.com, ORCID: 0009-0006-7812-3870

- *Öğrencinin özgüven ve duygu durumlarından kaynaklanabilecek sorunlar.
- *Kaygı yoğunluğu, motivasyon gibi çeşitli psikolojik eksiklikler.
- *Derslere hazırlık yapmamak.
- *Devamsızlık.
- *Planlı ve disiplinli çalışmamak.
- *Düzensiz ve yetersiz uyku.
- *Dikkat gücü ve bilişsel dayanıklılıkta yetersizlik.
- *İletişim eksiklikleri.
- *Bireyin fizyolojik ya da psikolojik çeşitli gelişim kusurları.
- *Aile yapısının ekonomik ve sosyal sorunları, ailedeki birey sayısı.
- *Aile içi geçimsizlik, düzensizlik ve iletişim sorunları.
- *Öğrenim sürecini olumsuz yönde etkileyebilecek, çeşitli anne-baba tutumları.
- *Öğrenim için gerekli olabilecek temel gereksinimleri karşılayamamak.
- *Kalabalık sınıflar.
- *Yönetici, öğretmen ve öğretim elemanlarının yetersizliği.
- *Programların, öğrencilerin ilgi ve yeteneklerine göre düzenlenmemiş olması.
- *Öğretimin ezbere dayalı olması.
- *Öğretmen tutum ve davranışlarındaki yanlışlık, yetersizlik.
- *Çalışma ortam ve olanaklarının yokluğu ya da yetersizliği.

Bu çalışmada öğrencilerin eğitimden aldığı verim ve eğitim hayatındaki başarısını etkileyen psikolojik ve çevresel kriterler üzerine bir çalışma yapılmaktadır. Öğrencilerin eğitimden aldığı verim düzeyinin neden düşük olduğu ve öğrencilerin eğitim hayatında etkili olan kriterler araştırılmıştır. Bu kapsamda öğrencilerin eğitimden aldığı verimin artırılmasında belirlenen kriterlere göre eğitim veriminin nasıl artırılacağı araştırmalar sonucunda ortaya konulmuş ve bu kriterler anket sorularının oluşturulmasında kullanılmıştır. Elde edilen veriler SPSS programında analiz edilerek anket sonuçları elde edilmiştir.

SPSS, İngilizce açılımı Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paket Programı) olan ve sosyal bilimler, eğitim bilimleri, sağlık bilimleri ve fen bilimleri alanlarında kullanılan bir paket programdır. Kurum ve kuruluşlar tarafından pazar araştırması yapmak maksadıyla da çok sık kullanılmaktadır. SPSS programı, anket analizlerinde ve çeşitli araştırmalarda katılımcıların demografik özelliklerinin tanımlanması, frekans ve yüzde hesaplamaları, güvenilirlik analizleri, korelasyon, regresyon ve farklılık analizleri gibi istatistiksel işlemlerin yapılmasında kullanılmaktadır (Field, 2013).

Bu çalışmanın amacı, üniversite öğrencilerinin eğitimden aldıkları verimi ve bu verimi etkileyen psikolojik ve çevresel faktörleri belirlemektir. Böylece öğrencilerin eğitim ortamına, ders içeriklerine, öğretim elemanlarına ve zaman kullanımına ilişkin algı ve beklentilerini ölçmeye yönelik 25 soruluk

bir anket formu hazırlanarak 117 üniversite öğrencisine uygulanmıştır. Anketin amacı ve yanıtlanmasına ilişkin gerekli açıklamalar katılımcılara önceden yapılmış, güvenilirliği olumsuz etkileyebilecek yönlendirici ifadelerle özellikle yer verilmemiştir. Elde edilen veriler SPSS paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın uygulama bölümünde sorulara ilişkin istatistiki analizlere yer verilmiş ve sonuç bölümünde ise bu analizlerden elde edilen bulgular yorumlanarak öğrencilerin eğitimden aldıkları verimi etkileyen başlıca faktörler tartışılmaktadır. Bu sebeple çalışma, üniversitelerde öğrenci odaklı eğitim politikalarının ve öğrenme ortamlarının iyileştirilmesine yönelik uygulamalara veri temelli bir bakış açısı kazandırmayı amaçlamaktadır.

Literatür İncelemesi

Bu bölümde öğrencilerin eğitimden aldıkları verimi ve akademik başarılarını etkileyen psikolojik ve çevresel faktörlere ilişkin ulusal ve uluslararası çalışmalar kuramsal bir çerçeve ile sunulmaktadır.

Kapıkıran (2020), ergenlerde ebeveyn akademik başarı baskısı ve desteği, sınav kaygısı ve akademik dayanıklılık arasındaki ilişkileri incelemiştir. Ayrıca aileden gelen fazla başarı baskısının sınav kaygısını artırırken, destekleyici ebeveyn tutumlarının kaygıyı azalttığını ve akademik dayanıklılığı güçlendirdiğini göstermiştir. Çalışma, aile ortamındaki beklenti ve destek dengesinin öğrencinin psikolojik olarak iyi oluşu ve akademik performansı üzerinde belirleyici bir çevresel faktör olduğunu vurgulamaktadır.

Mishra (2020), üniversite öğrencileri için yürütülen kapsamlı bir derlemede sosyal ağlar, sosyal sermaye ve sosyal desteğin akademik başarıyla ilişkisini sistematik olarak incelemiş ve öğrencilerin hem bireysel hem kurumsal düzeyde sahip oldukları ilişkisel kaynakların başarıyı anlamlı biçimde desteklediğini ortaya koymuştur. Özellikle dezavantajlı gruplarda, güçlü sosyal sermaye ve destekleyici ağların, akademik başarıdaki eşitsizlikleri azaltmada kritik rol oynadığı belirtilmektedir.

Mahmood vd. (2021), üniversite öğrencilerinde sosyal desteğin sosyal uyum ve akademik başarı üzerindeki yordayıcı rolünü incelemiş; algılanan sosyal desteğin hem sosyal uyumu hem de akademik başarıyı anlamlı ve iyi yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Böylece özellikle akran ve aile desteğinin öğrencinin üniversite ortamına uyumunu kolaylaştırdığını, bunun da doğal olarak akademik performansı iyi bir duruma getirdiğini vurgulamaktadır.

Bittmann (2021), Almanya'daki üniversite öğrencileri üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada akademik başarı ile psikolojik dayanıklılık arasındaki ilişkiyi inceleyerek, yüksek dayanıklılık düzeyine sahip öğrencilerin akademik sorunlar karşısında daha az geri çekildiklerini ve başarılı olma olasılıklarının anlamlı biçimde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Çalışma, akademik başarıyı yalnızca bilişsel kapasiteye değil,

zorluklar karşısında yeniden ayağa kalkabilme becerisine de bağlayarak psikolojik faktörlerin önemini kuvvetle ortaya koymaktadır.

Acar, Deniz, ve Doğan (2022), üniversite öğrencilerinin sınav kaygısında akademik başarı, motivasyon ve boş zaman yöneliminin rolünü incelemiştir. Akademik başarı ve içsel motivasyon arttıkça sınav kaygısının azaldığını, plansız ve pasif boş zaman yönelimlerinin ise kaygıyla pozitif ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu sebeple öğrencilerin zaman yönetimi, planlı dinlenme ve anlamlı etkinliklere katılımının kaygıyı azaltarak eğitimden alınan verimi yükselttiğini göstermektedir.

Demir (2023), öğrencilerin psikolojik sağlamlık ile matematik dersine ilişkin akademik yılmazlık arasındaki ilişkide akademik dayanıklılığın aracı rolünü incelemiştir. psikolojik sağlamlık, akademik dayanıklılık ve akademik başarı arasında pozitif yönlü anlamlı ilişkiler tespit etmiştir. Çalışma, akademik dayanıklılığın psikolojik sağlamlık ile başarı arasındaki ilişkide kısmi aracı rol oynadığını ve öğrencilerin zorlayıcı akademik koşullara rağmen hedefe odaklanma kapasitelerinin başarı için kritik olduğunu söylemektedir.

Ateş ve Sağar (2024), üniversite öğrencilerinde sosyal destek, öz-düzenleme, akademik başarı ve yaşam doyumu arasındaki ilişkileri yol analiziyle incelemiştir. Yaşam doyumunun, akademik başarı ve algılanan sosyal destekle pozitif ilişkili olduğunu ve öz disiplin ile becerilerinin başarıyı dolaylı olarak güçlendirdiğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, destekleyici ilişkilerin ve güçlü öz disiplin becerilerinin, öğrencilerin hem akademik performanslarını hem de genel yaşam memnuniyetlerini artırdığını ortaya koymaktadır.

Acar Açar ve Atli (2024), öğrencilerin algılanan akademik destek, akademik akış ve öğrenci tükenmişliği arasındaki ilişkileri inceleyerek aile, öğretmen ve akranlardan algılanan akademik desteğin akademik akışla pozitif, tükenmişlikle ise negatif ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma öğrencinin kendini derse tam olarak kaptırabildiği akış yaşantısının, destekleyici okul iklimi içinde daha sık ortaya çıktığını ve bunun da akademik tükenmişliği azaltarak başarıyı koruduğunu belirtmektedir.

Ocak, Akça, ve Hocaoglu (2024), üniversite öğrencilerinde akademik erteleme davranışı ile algılanan stres düzeyi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ayrıca akademik erteleme arttıkça algılanan stresin anlamlı biçimde yükseldiğini ortaya koymuştur. Bu yüzden öğrencilerin ders çalışma ve ödev tamamlama süreçlerini geciktirmelerinin zaman baskısı ve başarısızlık kaygısı üzerinden hem psikolojik iyi oluşu hem de akademik çıktıları olumsuz etkileyebileceğine vurgulamaktadır.

Tunç ve Atmaca (2024), öğrencilerin başarı yönelimi, algılanan ebeveyn desteği ve baskısı ile akademik motivasyon arasındaki ilişkileri inceleyerek, öğrenme yaklaşma yönelimlerinin yüksek olduğu öğrencilerde ebeveyn desteğinin ve motivasyonlarının daha güçlü olduğunu göstermiştir. Buna

karşılık, başarıyı sadece dış ödüller ve baskıyla ilişkilendiren öğrencilerde motivasyon ve öz disiplin göstergelerinin zayıfladığı vurgulamaktadır. Bu durum, aileden algılanan nitelikli desteğin uzun vadeli akademik hedeflere bağlanma kapasitesini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Akşab ve Seggie (2024), PISA 2018 Türkiye örnekleminde öğrencilerin 13 farklı psikososyal faktördeki durumlarını inceleyerek bu faktörlerin okuma, matematik ve fen başarısı üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Çalışmalarında akademik benlik algısı, okula aidiyet, öğretmen desteği ve sınav kaygısı gibi değişkenlerin akademik başarıyla anlamlı biçimde ilişkili olduğunu; olumlu okul iklimi ve yüksek öz yeterlik algısının başarıyı güçlendirdiğini, yüksek kaygı ve düşük aidiyetin ise başarıyı zayıflatıldığını ortaya koymaktadır.

Çetinkaya, Akyıldız ve Kazancı (2025), üniversite öğrencilerinde algılanan stres düzeyi ile başarı yönelimleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Böylece performans kaçınma yönelimleri yüksek olan öğrencilerde stres düzeylerinin daha yüksek, öğrenme yaklaşma yönelimi baskın olan gruplarda ise stres puanlarının daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, öğrencinin başarıyı öğrenme ve gelişme fırsatı olarak mı yoksa değerlendirilme ve hata yapma riski olarak mı gördüğünün, yaşadığı stres ve akademik performans üzerinde belirleyici olduğunu anlatmaktadır.

Uçurmaz, Karapınar ve Demirel (2025), üniversite öğrencilerinin hayata bakışları, sosyo demografik özellikleri, sanatsal ve sportif faaliyetlere katılımı, sosyal ilişkileri ve algılanan akademik başarı düzeyleri ile yaşam doyumunu arasındaki ilişkileri incelemiş; aile tutumları, gelir durumu, kronik hastalık/engellilik, kültürel ve sportif etkinliklere katılım ve akademik başarı algısının yaşam doyumunu anlamlı biçimde yordadığını göstermiştir. Böylece akademik başarının tek notlardan ibaret olmadığını, geniş bir psikososyal birlik içinde yaşam doyumunu ve iyi oluşla birlikte ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Uygulama

Lisans eğitimini tamamlayan bireyler yaklaşık 16 yılını eğitim ortamlarında geçirmektedir. Öğrencilerin zamanlarının büyük bir kısmını okulda geçirdiği düşünüldüğünde, eğitimden aldıkları verimi ve psikolojik durumlarını etkileyen pek çok etken ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma bu etkenleri belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Öğrencilerin demografik özellikleri, duyu durumları, ders programı ve saatleri, derslerin işlenişi, ödev ve projelere ilişkin görüşleri, öğretim elemanlarıyla iletişimleri, ders içerikleri, fiziksel imkânlar ve sosyal etkinliklere yönelik memnuniyetlerini kapsayan 25 soruluk bir anket 117 öğrenciye uygulanmıştır. Elde edilen veriler SPSS paket programı ile analiz edilmiş; tanımlayıcı istatistikler ve temel istatistik testler kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tanımlayıcı İstatistikler

Tablo 1: Anket Soruları Tanımlayıcı İstatistikler

	Kişi sayısı	En küçük değer	En büyük değer	Toplam	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
Soru 1	117	1	2	168	1,44	0,498	0,248	0,262	-1,965
Soru 2	117	18	32	2379	20,33	1,912	3,655	2,659	12,229
Soru 3	117	1	4	166	1,42	0,801	0,642	1,958	3,013
Soru 4	117	1	5	316	2,70	1,069	1,142	0,065	-0,758
Soru 5	117	1	5	324	2,77	1,170	1,369	-0,228	-1,259
Soru 6	117	1	5	335	2,86	1,238	1,533	-0,068	-1,194
Soru 7	117	1	5	353	3,02	1,137	1,293	-0,249	-0,947
Soru 8	117	1	5	382	3,26	1,163	1,352	-0,568	-0,563
Soru 9	117	1	5	351	3,00	1,160	1,345	-0,337	-0,850
Soru 10	117	1	5	336	2,87	1,063	1,130	-0,309	-,588
Soru 11	117	1	5	434	3,71	1,043	1,087	-0,783	0,067
Soru 12	117	1	5	393	3,36	1,004	1,008	-0,150	-0,572
Soru 13	117	1	5	386	3,30	1,248	1,556	-0,398	-0,850
Soru 14	117	1	5	386	3,30	1,093	1,194	-0,460	-0,561
Soru 15	117	1	5	354	3,03	0,748	0,560	-0,670	2,718
Soru 16	117	1	5	410	3,50	1,096	1,200	-0,711	-0,231
Soru 17	117	1	5	354	3,03	1,200	1,439	-0,324	-0,795
Soru 18	117	1	5	477	4,08	0,939	0,882	-1,299	2,162
Soru 19	117	1	5	400	3,42	1,028	1,056	-0,675	0,197
Soru 20	117	1	5	416	3,56	1,054	1,111	-0,778	0,201
Soru 21	117	1	5	335	2,86	0,991	0,981	-0,370	-0,054
Soru 22	117	1	5	350	2,99	0,866	0,750	-0,632	1,011
Soru 23	117	1	5	374	3,20	0,893	0,797	-0,473	1,000
Soru 24	117	1	5	316	2,70	0,985	0,970	-0,192	-0,295
Soru 25	117	1	5	345	2,95	1,065	1,135	-0,419	-0,219
Geçerli Sayı	117								

Tablo 1’ de anket sorularının tanımlayıcı istatistikleri bir arada verilmiştir. 25 anket sorusunun her birinin frekans tablosu oluşturulmuş ve her biri ayrı ayrı yorumlanmıştır.

Sıklık Analizleri

Tablo 2: Cinsiyet Frekans Tablosu

Cinsiyetiniz Nedir?					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kadın	66	56,4	56,4	56,4
	Erkek	51	43,6	43,6	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 2’de anketin öğrencilere cinsiyetleri sorulmuştur. Toplam 51 erkek 66 kadın olmak üzere toplamda 117 kişi anketi yanıtlamıştır. 117 kişinin cevaplarının tamamı değerlendirmeye alındığı için geçerli yüzdelik %100 olmuştur.

Tablo 3: Yaş Frekans Tablosu

Yaşınız Kaç?					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	18	9	7,7	7,7	7,7
	19	31	26,5	26,5	34,2
	20	40	34,2	34,2	68,4
	21	14	12,0	12,0	80,3
	22	12	10,3	10,3	90,6
	23	7	6,0	6,0	96,6
	24	1	0,9	0,9	97,4
	26	1	0,9	0,9	98,3
	27	1	0,9	0,9	99,1
	32	1	0,9	0,9	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 3’te katılımcılara yaşları sorulmuştur. Katılımcıların çoğunluğunun %96,6 ile 18-23 yaş aralığında olduğu görülmektedir.

Tablo 4: Sınıf Durumu Frekans Tablosu

Sınıfınız Nedir?					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	1. Sınıf	86	73,5	73,5	73,5
	2. Sınıf	18	15,4	15,4	88,9
	3. Sınıf	8	6,8	6,8	95,7
	4. Sınıf	5	4,3	4,3	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 4’te katılımcılara kaçınıcı sınıfta oldukları sorulmuştur. Birinci sınıfta okuyanların %73,5 ile çoğunluğu oluşturduğu görülmektedir.

Tablo 5: Duygu Durumu Frekans Tablosu

Derse Gideceğim Günler kendimi enerjik ve mutlu hissedirim					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	17	14,5	14,5	14,5
	Katılmıyorum	34	29,1	29,1	43,6
	Kararsızım	37	31,6	31,6	75,2
	Katılıyorum	25	21,4	21,4	96,6
	Kesinlikle Katılıyorum	4	3,4	3,4	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 5’te katılımcıların derse gideceği günler kendini enerjik ve mutlu hissedip hissetmediği sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %31,6 ile kararsızım dediği görülmektedir.

Tablo 6: Ders Programı Memnuniyet Frekans Tablosu

Uygulanan ders programından memnunum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	23	19,7	19,7	19,7
	Katılmıyorum	25	21,4	21,4	41,0
	Kararsızım	27	23,1	23,1	64,1
	Katılıyorum	40	34,2	34,2	98,3
	Kesinlikle Katılıyorum	2	1,7	1,7	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 6’da uygulanan ders programından memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %34,2 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 7: Ders Saatleri Memnuniyet Frekans Tablosu

Ders programındaki ders saatlerinden memnunum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	20	17,1	17,1	17,1
	Katılmıyorum	30	25,6	25,6	42,7
	Kararsızım	21	17,9	17,9	60,7
	Katılıyorum	38	32,5	32,5	93,2
	Kesinlikle Katılıyorum	8	6,8	6,8	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 7’de ders programındaki ders saatlerinden memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %32,5 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 8: Ders Anlaşılrlığı Frekans Tablosu

Ders esnasında anlatılanları anlamakta güçlük çekmem.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	13	11,1	11,1	11,1
	Katılmıyorum	28	23,9	23,9	35,0
	Kararsızım	27	23,1	23,1	58,1
	Katılıyorum	42	35,9	35,9	94,0
	Kesinlikle Katılıyorum	7	6,0	6,0	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 8’de ders esnasında anlatılanları anlamakta güçlük çekmem sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %35,9 ile katılıyorum dediği görülmektedir. Kesinlikle katılmıyorum diyenler %11,1, katılmıyorum diyenler %23,9, kararsızım diyenler %23,1, katılıyorum diyenler %35,9, kesinlikle katılıyorum diyenler %6,0, olarak totalde %100 olacak şekilde frekans tablosunun oluştuğu görülmektedir.

Tablo 9: Derslere Katılım Frekans Tablosu

Derslere zamanında katılmakta sorun yaşamam.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	13	11,1	11,1	11,1
	Katılmıyorum	16	13,7	13,7	24,8
	Kararsızım	27	23,1	23,1	47,9
	Katılıyorum	49	41,9	41,9	89,7
	Kesinlikle Katılıyorum	12	10,3	10,3	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 9’da derslere zamanında katılmakta sorun yaşamam sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %41,9 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 10: Ödev ve Projelerin Amacına Uygunluğu Frekans Tablosu

Ödevlerin projelerin amacına uygun verildiğini düşünüyorum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	17	14,5	14,5	14,5
	Katılmıyorum	20	17,1	17,1	31,6
	Kararsızım	33	28,2	28,2	59,8
	Katılıyorum	40	34,2	34,2	94,0
	Kesinlikle Katılıyorum	7	6,0	6,0	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 10’da ödevlerin projelerin amacına uygun verildiğini düşünüyorum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %34,2 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 11: Derslerin İşlenme Yöntemine Duyulan Memnuniyet Frekans Tablosu

Derslerin işlenme yönteminden memnunun.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	17	14,5	14,5	14,5
	Katılmıyorum	19	16,2	16,2	30,8
	Kararsızım	47	40,2	40,2	70,9
	Katılıyorum	30	25,6	25,6	96,6
	Kesinlikle Katılıyorum	4	3,4	3,4	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 11’de derslerin işlenme yönteminden memnunun sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %40,2 ile kararsızım dediği görülmektedir

Tablo 12: Ödevlerin Tamamlana Bilirlik Frekans Tablosu

Verilen ödevleri zamanında ve eksiksiz yapabiliyorum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	4	3,4	3,4	3,4
	Katılmıyorum	14	12,0	12,0	15,4
	Kararsızım	19	16,2	16,2	31,6
	Katılıyorum	55	47,0	47,0	78,6
	Kesinlikle Katılıyorum	25	21,4	21,4	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 12’de verilen ödevleri zamanında ve eksiksiz yapabiliyorum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %47 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 13: Kaynaklara Ulaşım Kolaylığı Frekans Tablosu

Derslerle ilgili, hocaların istediği kaynaklara ulaşmakta güçlük çekmem.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	3	2,6	2,6	2,6
	Katılmıyorum	21	17,9	17,9	20,5
	Kararsızım	39	33,3	33,3	53,8
	Katılıyorum	39	33,3	33,3	87,2
	Kesinlikle Katılıyorum	15	12,8	12,8	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 13’te derslerle ilgili, hocaların istediği kaynaklara ulaşmakta güçlük çekmem sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %33,3 ile kararsızım ve katılıyorum dediği bir eşitlik görülmektedir.

Tablo 14: Hocalarla İletişim Kurabilme Frekans Tablosu

Bölümdeki hocalarla iletişime geçmekte ve sürdürmekte zorluk yaşamam.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	13	11,1	11,1	11,1
	Katılmıyorum	19	16,2	16,2	27,4
	Kararsızım	25	21,4	21,4	48,7
	Katılıyorum	40	34,2	34,2	82,9
	Kesinlikle Katılıyorum	20	17,1	17,1	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 14’te bölümdeki hocalarla iletişime geçmekte ve sürdürmekte zorluk yaşamam sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %34,2 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 15: Ders İçeriği Memnuniyet Frekans Tablosu

Ders İçeriklerinden memnunum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	8	6,8	6,8	6,8
	Katılmıyorum	21	17,9	17,9	24,8
	Kararsızım	28	23,9	23,9	48,7
	Katılıyorum	48	41,0	41,0	89,7
	Kesinlikle Katılıyorum	12	10,3	10,3	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 15’te ders içeriklerinden memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %41 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 16: Yemekhane Yemeklerine Duyulan Memnuniyet Frekans Tablosu

Okulumuz yemekhanesindeki yemeklerin uygun fiyatlı, sağlıklı, doyurucu ve hijyenik olduğunu düşünüyorum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	8	6,8	6,8	6,8
	Katılmıyorum	4	3,4	3,4	10,3
	Kararsızım	85	72,6	72,6	82,9
	Katılıyorum	17	14,5	14,5	97,4
	Kesinlikle Katılıyorum	3	2,6	2,6	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 16’da okulumuz yemekhanesindeki yemeklerin uygun fiyatlı, sağlıklı, doyurucu ve hijyenik olduğunu düşünüyorum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %72,6 ile kararsızım dediği görülmektedir.

Tablo 17: Not Tutma Frekans Tablosu

Katıldığım derslerde not tutarım.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	7	6,0	6,0	6,0
	Katılmıyorum	17	14,5	14,5	20,5
	Kararsızım	20	17,1	17,1	37,6
	Katılıyorum	56	47,9	47,9	85,5
	Kesinlikle Katılıyorum	17	14,5	14,5	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 17’de katıldığım derslerde not tutarım sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %47,9 ile katılıyorum dediği görülmektedir. Kesinlikle katılmıyorum diyenler %6,0, katılmıyorum diyenler %14,5, kararsızım diyenler %17,1, katılıyorum diyenler %47,9, kesinlikle katılıyorum diyenler %14,5, olarak totalde %100 olacak şekilde frekans tablosunun oluştuğu görülmektedir.

Tablo 18: Eğitim Gördüğün Üniversiteden Memnuniyet Frekans Tablosu

Eğitim gördüğün üniversiteden memnunum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	19	16,2	16,2	16,2
	Katılmıyorum	15	12,8	12,8	29,1
	Kararsızım	37	31,6	31,6	60,7
	Katılıyorum	36	30,8	30,8	91,5
	Kesinlikle Katılıyorum	10	8,5	8,5	100,0
Total		117	100,0	100,0	

Tablo 18’de eğitim gördüğün üniversiteden memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %31,6 ile kararsızım dediği görülmektedir.

Tablo 19: Okumakta Olunan Bölümden Memnuniyet Frekans Tablosu

Okumakta olduğun bölümden memnunum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	4	3,4	3,4	3,4
	Katılmıyorum	2	1,7	1,7	5,1
	Kararsızım	17	14,5	14,5	19,7
	Katılıyorum	52	44,4	44,4	64,1
	Kesinlikle Katılıyorum	42	35,9	35,9	100,0
Total		117	100,0	100,0	

Tablo 19’da okumakta olduğun bölümden memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %44,4 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 20: Bölüm Hocalarından Memnuniyet Frekans Tablosu

Bölümümde bulunan hocalardan memnunum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	8	6,8	6,8	6,8
	Katılmıyorum	10	8,5	8,5	15,4
	Kararsızım	37	31,6	31,6	47,0
	Katılıyorum	49	41,9	41,9	88,9
	Kesinlikle Katılıyorum	13	11,1	11,1	100,0
Total		117	100,0	100,0	

Tablo 20’de bölümümde bulunan hocalardan memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %41,9 ile katılıyorum dediği görülmektedir.

Tablo 21: Harflendirme Sistemi Memnuniyet Frekans Tablosu

Eğitim aldığın üniversitenin harflendirme sisteminden memnunum.					
		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle Katılmıyorum	7	6,0	6,0	6,0
	Katılmıyorum	11	9,4	9,4	15,4
	Kararsızım	27	23,1	23,1	38,5
	Katılıyorum	54	46,2	46,2	84,6
	Kesinlikle Katılıyorum	18	15,4	15,4	100,0
Total		117	100,0	100,0	

Tablo 21’de eğitim aldığın üniversitenin harflendirme sisteminden memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %46,2 ile katılıyorum dediği görülmektedir. Kesinlikle katılmıyorum diyenler %6,0, katılmıyorum diyenler %9,4, kararsızım diyenler %23,1, katılıyorum diyenler %46,2, kesinlikle katılıyorum diyenler %15,4,olarak totalde %100 olacak

şekilde frekans tablosunun oluştuğu görülmektedir. (iki yana yaslı yapıldı)

Tablo 22: Teknik Ekipman Yeterliliği Hakkındaki Düşüncelerin Frekans Tablosu

Okulumuzun teknik ekipmanlarının yeterli olduğunu düşünüyorum.					
Geçerli		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
	Kesinlikle Katılmıyorum	16	13,7	13,7	13,7
	Katılmıyorum	14	12,0	12,0	25,6
	Kararsızım	61	52,1	52,1	77,8
	Katılıyorum	22	18,8	18,8	96,6
	Kesinlikle Katılıyorum	4	3,4	3,4	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 22’de okulumuzun teknik ekipmanlarının yeterli olduğunu düşünüyorum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %52,1 ile kararsızım dediği görülmektedir. Kesinlikle katılmıyorum diyenler %13,7, katılmıyorum diyenler %12,0, kararsızım diyenler %52,1, katılıyorum diyenler %18,8, kesinlikle katılıyorum diyenler %3,4, olarak totalde %100 olacak şekilde frekans tablosunun oluştuğu görülmektedir.

Tablo 23: Kampüs İçi Ulaşım Olanaklarına Duyulan Memnuniyet Frekans Tablosu

Kampüs içi ulaşım olanaklarından memnunum.					
Geçerli		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
	Kesinlikle Katılmıyorum	11	9,4	9,4	9,4
	Katılmıyorum	8	6,8	6,8	16,2
	Kararsızım	72	61,5	61,5	77,8
	Katılıyorum	23	19,7	19,7	97,4
	Kesinlikle Katılıyorum	3	2,6	2,6	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 23’te kampüs içi ulaşım olanaklarından memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %61,5 ile kararsızım dediği görülmektedir.

Tablo 24: Personellerin Davranışlarına Duyulan Memnuniyet Frekans Tablosu

Personellerin öğrencilere karşı davranışlarından memnunum.					
Geçerli		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
	Kesinlikle Katılmıyorum	8	6,8	6,8	6,8
	Katılmıyorum	6	5,1	5,1	12,0
	Kararsızım	65	55,6	55,6	67,5
	Katılıyorum	31	26,5	26,5	94,0
	Kesinlikle Katılıyorum	7	6,0	6,0	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 24’te personellerin öğrencilere karşı davranışlarından memnunum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %55,6 ile kararsızım dediği görülmektedir.

Tablo 25: Sosyal Aktiviteleri Yeterli Bulma Frekans Tablosu

Okulumuzda yapılan sosyal aktiviteleri yeterli buluyorum.					
Geçerli		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
	Kesinlikle Katılmıyorum	18	15,4	15,4	15,4
	Katılmıyorum	22	18,8	18,8	34,2
	Kararsızım	57	48,7	48,7	82,9
	Katılıyorum	17	14,5	14,5	97,4
	Kesinlikle Katılıyorum	3	2,6	2,6	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 25’de okulumuzda yapılan sosyal aktiviteleri yeterli buluyorum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun %48,7 ile kararsızım dediği görülmektedir.

Tablo 26: Kulüpler Hakkında Düşünceler Frekans Tablosu

Okulumuzdaki kulüplerde düzenlenen etkinlik ve faaliyetlerin etkili, yeterli ve faydalı olduğunu düşünüyorum.					
Geçerli		Frekans	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
	Kesinlikle Katılmıyorum	18	15,4	15,4	15,4
	Katılmıyorum	9	7,7	7,7	23,1
	Kararsızım	57	48,7	48,7	71,8
	Katılıyorum	27	23,1	23,1	94,9
	Kesinlikle Katılıyorum	6	5,1	5,1	100,0
	Total	117	100,0	100,0	

Tablo 26’da okulumuzdaki kulüplerde düzenlenen etkinlik ve faaliyetlerin etkili, yeterli ve faydalı olduğunu düşünüyorum sorusunun frekans tablosu verilmiştir. Çoğunluğun kararsızım dediği görülmektedir.

Güvenilirlik Analizi

Tablo 27: Güvenilirlik Analizi

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,863	,861	25

SPSS programından yararlanılarak tüm sorular analize dahil edilmiş ve sonuçlar bulunmuştur. Analiz sonucuna göre güvenilirlik analizi Cronbach's Alpha değeri %86,3 olarak bulunmuştur. Anketin güvenilirlik analizinin %60’tan büyük olması gerek ve yeter şart olarak görüldüğü için anket sorularının güvenilir ve doğru olduğu görülmektedir.

Analizler

Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki değişken arasında ilişki veya bağımlılık olup olmadığını, var ise yönünü ve gücünü göstermek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir analiz tekniğidir. Korelasyon analizinin güvenilir sonuçlar verebilmesi için verinin metrik özellikler taşıması gerekir. Korelasyon analizinde, değişkenler arasındaki ilişki doğrusal değilse bu ilişkinin şekli korelasyon analizi ile saptanamaz. Korelasyon katsayısı olan “r” (-1) ile (+1) arasında bir değer alabilir. Korelasyon katsayısı (r) sadece iki değişken arasındaki ilişkinin yönü ve gücü hakkında bilgi verir.

Tablo 28: Korelasyon Analizi

		Yaşınız Kaç?	Eğitim gördüğüm üniversiteden memnunum.	Okumakta olduğum bölümden memnunum.	Bölümümde bulunan hocalardan memnunum.
Yaşınız Kaç?	Pearson Correlation	1	0,090	-0,086	-0,037
	Sig. (2-tailed)		0,333	0,354	0,695
	N	117	117	117	117
Eğitim gördüğüm üniversiteden memnunum.	Pearson Correlation	0,090	1	0,258**	0,614**
	Sig. (2-tailed)	0,333		0,005	<0,001
	N	117	117	117	117
Okumakta olduğum bölümden memnunu m.	Pearson Correlation	-0,086	0,258**	1	0,440**
	Sig. (2-tailed)	0,354	0,005		<0,001
	N	117	117	117	117
Bölümümde bulunan hocalardan memnunum.	Pearson Correlation	-0,037	0,614**	0,440**	1
	Sig. (2-tailed)	0,695	<0,001	<0,001	
	N	117	117	117	117

Korelasyon Analizinde “yaşınız kaç?” sorusu ile “eğitim gördüğüm üniversiteden memnunum”, “okumakta olduğum bölümden memnunum”, “bölümümde bulunan hocalardan memnunum” soruları ilişkilendirilmiştir.

“Yaşınız kaç?” sorusu ile “eğitim gördüğüm üniversiteden memnunum” sorusu arasında yapılan korelasyon analizi sonucu Pearson korelasyon değeri 0,090 çıkmıştır. Korelasyon değeri +1’e yaklaştığından dolayı bu iki soru birbiri ile doğru orantılıdır.

“Yaşınız kaç?” sorusu ile “okumakta olduğum bölümden memnunum” sorusu arasında yapılan korelasyon analizi sonucu Pearson korelasyon değeri -0,086 çıkmıştır. Korelasyon değeri +1’e yaklaşmadığından dolayı bu iki soru birbiri ile doğru orantılı değildir.

“Yaşınız kaç?” sorusu ile “bölümümde bulunan hocalardan memnunum” sorusu arasında yapılan korelasyon analizi sonucu Pearson korelasyon değeri -0,037 çıkmıştır. Korelasyon değeri +1’e yaklaşmadığından dolayı bu iki soru birbiri ile doğru orantılı değildir.

Doğrusal Regresyon Analizi

Ho: Öğrencilerin sınıfları kampüs içi ulaşım olanaklarına olan memnuniyetlerini etkilememektedir.

H1: Öğrencilerin sınıfları kampüs içi ulaşım olanaklarına olan memnuniyetlerini etkilememektedir.

Tablo 29: Doğrusal Regresyon Analizi Model Özeti

Model Özeti				
Model	R	R Kare	Adjusted R Kare	Std. Error of the Estimate
1	,371 ^a	,138	,130	,464
a. Predictors: (Constant), Kampüs içi ulaşım olanaklarından memnunuz.				

Tablo 30: Doğrusal Regresyon Analizi Tablosu

ANOVA ^a						
Model		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
1	Regression	11,979	1	11,979	18,365	<,001 ^b
	Residual	75,012	115	,652		
	Total	86,991	116			
a. Dependent Variable: Kampüs içi ulaşım olanaklarından memnunuz.						
b. Predictors: (Constant), Cinsiyetiniz Nedir?						

Doğrusal regresyon analizi ile öğrencilerin sınıflarının, kampüs içi ulaşım olanaklarına duyulan memnuniyeti yüzde kaç oranında açıkladığı bulunmak istenmiştir. Modelde bağımsız değişken olarak “Cinsiyetiniz Nedir?” ifadesi seçilirken, bağımlı değişken olarak “Kampüs içi ulaşım olanaklarından memnunuz.” ifadesi seçilmiştir. Doğrusal regresyon analizi yaparken bu açıklanabilirlik yüzdesinin anlamlı olabilmesi için significant değeri <0,05 olmalıdır. Seçilen modelin significant değeri 0,01 çıkmıştır. Bu modelin anlamlı olabilmesi için kabul gören bir değerdir. Doğrusal regresyon analizi tablosunda yer alan R Square değeri öğrencilerin sınıflarının, öğrencilerin kampüs içi ulaşım olanaklarına duyduğu memnuniyeti %13,8 oranında açıklayabildiğini ifade etmektedir.

Anova Analizi

Ho: “Okulumuzda yapılan sosyal aktiviteleri yeterli buluyorum” ifadesine verilen cevaplar, sınıfa göre farklılık göstermemektedir.

Ha: “Okulumuzda yapılan sosyal aktiviteleri yeterli buluyorum” ifadesine verilen cevaplar, sınıfa göre farklılık göstermektedir.

Tablo 31: Homojenlik Testi

		Levene İstatistiği	df1	df2	Sig.
Okulumuzda yapılan sosyal aktiviteleri yeterli buluyorum.	Based on Mean	4,633	3	113	,004
	Based on Median	2,714	3	113	,048
	Based on Median and with adjusted df	2,714	3	103,875	,049
	Based on trimmed mean	4,461	3	113	,005

Tablo 32: Anova Analizi Testi

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Between Groups	5,335	3	1,778	1,875	,138
Within Groups	107,195	113	,949		
Total	112,530	116			

Anova testine göre Sig.: 0,138 çıkmıştır. Söz konusu değer 0,05'ten büyük olduğu için H_0 hipotezinin doğru olduğu söylenebilir. Yani okulumuzda yapılan sosyal aktiviteleri yeterli buluyorum ifadesine verilen cevaplar sınıfa göre farklılık göstermemektedir. Sig.>0,05= H_0 kabul edilir.

Faktör Analizi

Tablo 33: KMO ve Bartlett's Testi

KMO ve Bartlett's Testi		
Kaiser-Meyer-Olkin Örnekleme Yeterliliğinin Ölçüsü		,799
Bartlett Küresellik Testi	Approx. Chi-Square	1213,473
	df	253
	Sig.	<,001

Örnek büyüklüğünün faktör analizi için uygun olup olmadığının anlaşılması için yapılan test sonucunda $KMO=0,799>0,6$ olduğundan örnekler büyüklüğünün faktör analizi için uygun olduğu anlaşılmaktadır. Faktör analizinde varimax yöntemi seçilerek değişkenlerin yapısının aynı kalması sağlanmıştır. Yapılan Bartlett testi sonucunda $p=,001<0,05$ olduğundan örnekler arası ilişki olduğu görülmüştür.

Tablo 34: Açıklanan Toplam Varyans Testi

Açıklanan Toplam Varyans									
Bileşen	Başlangıç Özdeğerleri			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Toplam	% Varyans	Kümülatif %	Total	% Varyans	Kümülatif %	Toplam	% Varyans	Kümülatif %
1	7,048	30,643	30,643	7,048	30,643	30,643	4,598	19,991	19,991
2	2,492	10,834	41,477	2,492	10,834	41,477	3,026	13,156	33,147
3	1,588	6,904	48,380	1,588	6,904	48,380	2,398	10,428	43,575
4	1,431	6,220	54,600	1,431	6,220	54,600	1,633	7,101	50,676
5	1,259	5,473	60,073	1,259	5,473	60,073	1,616	7,026	57,701
6	1,058	4,601	64,674	1,058	4,601	64,674	1,604	6,973	64,674
7	,983	4,272	68,946						
8	,932	4,052	72,997						
9	,763	3,316	76,313						
10	,733	3,188	79,501						
11	,670	2,913	82,415						
12	,571	2,483	84,897						
13	,544	2,365	87,262						

14	,447	1,943	89,205						
15	,427	1,859	91,063						
16	,394	1,715	92,779						
17	,379	1,650	94,428						
18	,294	1,276	95,704						
19	,269	1,170	96,874						
20	,215	,936	97,810						
21	,197	,855	98,665						
22	,174	,757	99,422						
23	,133	,578	100,000						

Öğrencilerin eğitimden aldığı verim ve eğitim hayatındaki başarısını etkileyen psikolojik ve çevresel faktörler anketi için yapılan faktör analizi sonucunda 6 farklı faktör belirlenmiştir.

Bağımsız Örneklerle T Testi

Hipotez 1 ve T Testi:

Ho: Genç yaştaki insanlar katıldıkları derslerde daha çok not tutarlar.

Ha: Genç yaştaki insanlar katıldıkları derslerde daha çok not tutmazlar.

Tablo 35: Grup İstatistikleri-1

	Yaşınız Kaç?	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Sapma Hatası
Katıldığım derslerde not tutarım.	>= 20	77	3,51	1,096	,125
	< 20	40	3,50	1,109	,175

Tablo 36: Bağımsız Gruplar Testi 1

		Levene Varyans Eşitliği Testi		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Significance		Ort. Fark	Standart Sapma Hatası	95% Confidence Interval of the Difference	
						Tek Uçlu p	İki Uçlu p			En Düşük	En Yüksek
Katıldığım derslerde not tutarım.	Equal variances assumed	,041	,840	,030	115	,488	,976	,006	,214	-,418	,431
	Equal variances not assumed			,030	78,233	,488	,976	,006	,215	-,422	,435

Yukarıda görülen iki tablo bu hipotezin doğruluğunu test etmek için SPSS programında yapılan T testinin sonuçlarıdır.

Levene Testine göre Sig(p): 0 ,840 çıkmış dolayısıyla dağılım homojendir. Bunu diyebilmek için $p \geq 0.05$ olması lazım.

İkinci tabloda Sig (Anlamlılık) sütunundaki değerin 0,976 olduğu görülmektedir. Söz konusu değer 0,05 'den büyük olduğu için H_0 hipotezinin doğru olduğu söylenebilir.

Hipotez 2 ve T Testi:

H_0 : Kadın ve erkeklerin okudukları bölümden memnuniyetleri aynıdır.

H_a : Kadın ve erkeklerin okudukları bölümden memnuniyetleri aynı değildir.

Tablo 37: Grup İstatistikleri-2

	Cinsiyetiniz Nedir?	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
Okumakta olduğum bölümden memnunum.	Kadın	66	4,21	,775	,095
	Erkek	51	3,90	1,100	,154

Tablo 38: Bağımsız Gruplar Testi-2

		Levene Varyans Eşitliği Testi		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Significance		Ort. Fark	Standart Hata Farkı	95% Confidence Interval of the Difference	
						Tek Uçlu p	İki Uçlu p			En Düşük	En Yüksek
Okumakta olduğum bölümden memnunum	Equal variances assumed	3,487	,064	1,788	115	,038	,076	,310	,173	-,033	,654
	Equal variances not assumed			1,712	85,969	,045	,091	,310	,181	-,050	,670

Yukarıda görülen iki tablo bu hipotezin doğruluğunu test etmek için SPSS programında yapılan T testinin sonuçlarıdır. Levene testine göre Sig (p): 0,64 olup 0,05'ten büyük olduğu görülmekte ve dağılımın bu sonuçlar eşliğinde homojen olduğu söylenebilmektedir. T testi incelendiğinde Sig. (Anlamlılık) sütunundaki değerin 0,076 olduğu görülmektedir. Bu değerin 0,05 'den büyük olması hipotezimizin doğru olduğunu kanıtlamak için yeterlidir.

Hipotez 3 ve T Testi:

H0: Derse gideceği günler kendini enerjik hisseden insanların derse zamanında katılma oranı daha yüksektir.

Ha: Derse gideceği günler kendini enerjik hisseden insanların derse zamanında katılma oranı daha yüksek değildir.

Tablo 39: Grup İstatistikleri-3

	Derslere zamanında katılmakta sorun yaşamam.	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
Derse Gideceğim Günler kendimi enerjik ve mutlu hissederim	Kesinlikle Katılmıyorum	13	1,54	,660	,183
	Kesinlikle Katılıyorum	12	3,33	,888	,256

Tablo 40: Bağımsız Gruplar Testi-3

Derse Gideceğim Günler kendimi enerjik ve mutlu hissederim	Levene Varyans Eşitliği Testi		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Significance		Ort. Fark	Stand. Hata Farkı	95% Confidence Interval of the Difference	
					Tek Uçlu p	İki Uçlu p			En düşük	En yüksek
Equal variances assumed	,890	,355	-5,768	23	<,001	<,001	-1,795	,311	-2,439	-1,151
Equal variances not assumed			-5,699	20,260	<,001	<,001	-1,795	,315	-2,451	-1,138

Yukarda görülen iki tablo bu hipotezin doğruluğunu test etmek için SPSS programında yapılan T testinin sonuçlarıdır. Levene testinin sonuçlarına bakıldığında Sig(p): 0,355 olup, 0,05 ten büyük olduğu görülmekte ve grupların homojen olduğu yorumu yapılabilmektedir. Sig (Anlamlılık) sütunun ikinci satırındaki değer 0,001<0,05 olduğu için Ho hipotezinin doğruluğu kabul edilemez.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada üniversite öğrencilerinin eğitimden aldıkları verim ve eğitim hayatlarındaki başarılarını etkileyen psikolojik ve çevresel faktörler incelenmiştir. Çalışma kapsamında 117 öğrenciye uygulanan anket sonuçları, hem öğrencilerin mevcut durumuna ilişkin betimleyici bir tablo sunmakta hem de eğitim ortamının güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlerine işaret etmektedir. Öncelikle örneklem yapısına bakıldığında, katılımcıların çoğunluğunu kadın öğrencilerin ve birinci sınıf düzeyinde öğrenim görenlerin oluşturduğu görülmektedir. Yaş dağılımı ağırlıklı olarak 18–23 yaş aralığında yoğunlaşmakta, daha ileri yaşlardaki

katılımcı sayısı sınırlı kalmaktadır. Bu durum, bulguların özellikle üniversiteye yeni başlamış genç yetişkinlerin deneyimlerini yansıttığını göstermektedir. Öğrencilerin duygu durumlarına ilişkin bulgular, önemli bir kısmının okula genel olarak enerjik ve mutlu gitmediğini ortaya koymaktadır. Enerjik ve olumlu duygu durumuyla okula giden öğrencilerin oranı daha düşüktür. Kayda değer bir kesim ise bu konuda kararsızdır. Bu tablo, öğrencilerin eğitimden aldıkları verimin yalnızca akademik düzenlemelerle değil, aynı zamanda psikolojik iyi oluş ve motivasyon düzeyiyle yakından ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Okula isteksiz ve düşük enerjili gelen öğrencilerin derslere aktif katılım ve akademik başarılarının da sınırlı kalması beklenmektedir. Ders programı, ders saatleri ve derslerin işleniş biçimi ile ilgili değerlendirmeler, öğrencilerin önemli bir bölümünün bu alanlardan memnun olmadığını ya da kararsız kaldığını göstermektedir. Ders programından ve ders saatlerinden memnun olmayan öğrencilerin oranı, memnun olanlardan yüksektir. Derslerin işleme yöntemine ilişkin olarak da memnuniyet düzeyi düşük, kararsızların oranı yüksektir. Bu sebeple öğrencilerin hatırı sayılır bir kısmı anlatılanları anlayabildiğini belirtmekle birlikte, anlayamadığını ifade eden ve kararsız kalan öğrencilerin toplam oranı da küçük görülmeyecek düzeydedir. Bu yüzden öğretim yöntemlerinin ve ders programının öğrenci merkezli biçimde yeniden gözden geçirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Ödev ve projelere ilişkin bulgular daha dengeli bir tablo sunmaktadır. Öğrencilerin bir kısmı ödev ve projelerin amacına uygun olduğunu düşünürken, azımsanmayacak bir grup aksini belirtmektedir. Önemli bir kesim de kararsız kalmaktadır. Buna rağmen, katılımcıların büyük çoğunluğu ödevlerini zamanında ve eksiksiz yapabildiğini ifade etmektedir. Bu durum, öğrencilerin görev sorumluluğunu genel olarak yerine getirdiklerini, ancak verilen ödev ve projelerin niteliği ve işlevselliğinin öğrenciler açısından tartışmalı kaldığını göstermektedir. Öğretim elemanları ve bölümle ilgili değerlendirmeler, daha olumlu bir görünüm sunmaktadır. Öğrencilerin yarıdan fazlası ders içeriklerinden ve bölümde görev yapan hocalardan memnun olduğunu belirtmektedir. Bölüm tercihindan memnuniyet ise oldukça yüksektir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu okudukları bölümden memnun olduklarını ifade etmektedir. Bu bulgular, öğrencilerin alan seçimleri açısından genel bir uyum ve tatmin yaşadıklarını, temel sorunların daha çok ders programı, derslerin yürütülme biçimi ve öğrenme sürecinin organizasyonunda yoğunlaştığını göstermektedir. Hocalarla iletişime geçme ve bu iletişimi sürdürme konusunda da çoğunluk zorluk yaşamadığını belirtmekte, ancak bu alanda güçlük bildiren kayda değer bir azınlık bulunmaktadır. Üniversite düzeyindeki genel memnuniyet orta seviyededir. Katılımcıların bir kısmı üniversiteden memnunken, benzer büyüklükte bir grup memnun olmadığını belirtmekte ve kayda değer bir kesim kararsız kalmaktadır. Bu tablo, üniversitenin genel imajı ve öğrenci deneyimi açısından geliştirilmesi gereken alanlar bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Fiziksel koşullar ve kampüs olanaklarına ilişkin bulgular, iyileştirme gereksinimini daha da belirginleştirmektedir. Teknik ekipmanların yeterliliği, kampüs içi ulaşım,

yemekhane hizmetleri, personel davranışları, sosyal aktiviteler ve öğrenci kulüplerinin etkinlikleri gibi alanlarda öğrencilerin önemli bir bölümü ya olumsuz görüş bildirmekte ya da kararsız kalmaktadır. Özellikle sosyal aktivitelerin ve kulüp etkinliklerinin yetersiz bulunması, öğrencilerin üniversiteyi yalnızca akademik bir ortam olarak deneyimlediğini, sosyal ve kültürel boyutun ise beklenen düzeyde desteklenmediğini düşündürmektedir. Buna karşın, derslerde not tutma alışkanlığının yaygın oluşu, öğrencilerin akademik sürece belli ölçüde aktif katılım gösterdiğini işaret eden olumlu bir bulgudur. Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışma öğrencilerin eğitimden aldıkları verimin; duygu durum, motivasyon ve psikolojik iyi oluş gibi bireysel faktörlerle, ders programı, öğretim yöntemleri, öğretim elemanlarıyla iletişim, teknik altyapı ve kampüs yaşamı gibi çevresel faktörlerin ortak etkisi altında şekillendiğini göstermektedir. Bulgular, özellikle öğrenme sürecinin organizasyonu ve kampüs olanakları alanlarında yapılacak iyileştirmelerin, öğrencilerin akademik başarılarını ve eğitimden aldıkları genel memnuniyeti artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Böylece aşağıdaki önerileri geliştirilebiliriz:

Eğitim-öğretim süreci: Ders programları ve ders saatleri, öğrencilerin geri bildirimleri dikkate alınarak yeniden düzenlenmelidir. Derslerin işlenişinde daha etkileşimli, uygulama ağırlıklı ve öğrenci merkezli yöntemlere ağırlık verilmelidir. Ödev ve projeler, nicelikten çok nitelik odaklı olacak şekilde yapılandırılmalı ve gerçek öğrenme çıktılarıyla ilişkilendirilmelidir.

Öğretim elemanları ve iletişim: Öğrencilerle öğretim elemanları arasındaki iletişimi güçlendirmeye yönelik danışmanlık saatleri, açık ofis uygulamaları veya düzenli geri bildirim toplantıları yaygınlaştırılmalıdır. Böylece, derslerin anlaşılabilirliği ve öğrencilerin derse katılımı desteklenebilir.

Fiziksel ve teknik altyapı: Dersliklerdeki teknik ekipmanların güncellenmesi, sayısının artırılması ve düzenli bakımının yapılması; kampüs içi ulaşım olanaklarının iyileştirilmesi ve erişilebilirliğin artırılması öncelikli adımlar arasında olmalıdır.

Sosyal ve kültürel ortam: Sosyal aktivitelerin ve öğrenci kulüplerinin sayısı ve çeşitliliği artırılmalı; kulüplerin etkinlik düzenleyebilmesi için idari ve maddi destek güçlendirilmelidir. Yemekhane hizmetleri, öğrencilerin geri bildirimleri temel alınarak gözden geçirilmeli ve kaliteyi artırmaya dönük düzenlemeler yapılmalıdır.

Psikolojik destek ve öğrenci iyi oluşu: Öğrencilerin okula daha motive ve enerjik şekilde gelebilmeleri için rehberlik ve psikolojik danışma hizmetleri görünür kılınmalı; stres, kaygı ve motivasyon konularında seminerler, atölyeler ve destek programları yaygınlaştırılmalıdır.

Kaynakça

- Acar Açar, B., & Atli, A. (2024). Lise Öğrencilerinde Algılanan Akademik Destek, Akademik Akış ve Tükenmişlik Arasındaki İlişkiler. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 22(1), 561-586.
- Acar, S., Deniz, S., & Doğan, U. (2022). Üniversite Öğrencilerinin Sınav Kaygısında Akademik Başarı, Motivasyon ve Boş Zaman Yöneliminin Rolü. *Ege Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 22-37.
- Akşab, Ş., & Seggie, F. N. (2024). Yükseköğretimde Yapay Zekâ: Öğretim, Araştırma ve Topluma Hizmet Açısından Bakış. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 20(2), 29-45.
- Ateş, B., & Sağar, M. E. (2024). Sosyal Destek, Öz-Düzenleme, Akademik Başarı ve Yaşam Doyumunun İncelenmesi: Yol Analizi. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 13(3), 651-662.
- Bittmann, F. (2021). When Problems Just Bounce Back: About the Relation Between Resilience and Academic Success in German Tertiary Education. *SN Social Sciences*, 1(65).
- Carroll, J. B. (1963). A Model of School Learning. *Teachers College Record*, 64(8), 723-733.
- Çetinkaya, S., Akyıldız, G., & Kazancı, B. A. (2025). Üniversite Öğrencilerinde Algılanan Stres Düzeyi ve Başarı Yönelimleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Simetrik İletişim Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 120-135.
- Demir, B. (2023). The Mediating Effect of Academic Resilience on the Relationship Between Psychological Resilience and Academic Achievement / Psikolojik Sağlamlık ile Akademik Başarı Arasındaki İlişkide Akademik Yılmazlığın Aracı Etkisi. *e-International Journal of Educational Research*, 14(3), 52-67.
- Field, A. (2013). Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. *SAGE Publications*.
- Kapıkıran, Ş. (2020). Ergenlerde Ebeveyn Akademik Başarı Baskısı ve Desteği ile Sınav Kaygısı Arasındaki İlişkide Akademik Dayanıklılığın Aracı Rolü. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 48, 409-430.
- Mahmood, D., Maqbool, H., Zaidi, S. I., Ajid, A., Javaid, Z. K., & Mazhar, R. (2021). The Predictive Role of Social Support in Social Adjustment and Academic Achievement among University Students. *Psychology and Education*, 58(5), 2745-2753.
- Mishra, S. (2020). Social Networks, Social Capital, Social Support and Academic Success in Higher Education: A Systematic Review with a Special Focus on 'Underrepresented' Students. *Educational Research Review*, 29, 100307.
- Ocak, İ., Akça, T., & Hocaoglu, N. (2024). Üniversite Öğrencilerinin Akademik Erteleme Davranışları ile Algılanan Stres Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Uluslararası Bilim ve Eğitim Dergisi*, 7(2), 131-154.
- Tunç, H., & Atmaca, T. (2024). Ortaöğretim Öğrencilerinde Başarı Yönelimi, Algılanan Ebeveyn Desteği ve Baskısı ile Akademik Motivasyon Arasındaki İlişki. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 13(4), 858-868.
- Uçurmaz, B., Karapınar, M., & Demirel, A. C. (2025). Üniversite Öğrencilerinin Yaşam Doyumlarını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi: Muğla Örneği. *Firat University Journal of Social Sciences*, 35(2), 383-394.
- Walberg, H. J. (1984). Improving the Productivity of America's Schools. *Educational Leadership*, 41(8), 19-27.
- Yıldırım, İ. (2006). Akademik Başarının Yordayıcısı Olarak Gündelik Sıkıntılar ve Sosyal Destek. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (30):258-267.

EKLER

Anket Soruları

Cinsiyetiniz Nedir?: ☐ Kadın ☐ Erkek

Yaşınız Kaç? :

Sınıfınız Nedir? : ☐ 1. Sınıf ☐ 2. Sınıf ☐ 3. Sınıf ☐ 4. Sınıf

Sorular	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
Derse gideceğim günler kendimi enerjik ve mutlu hissedirim					
Uygulanan ders programından memnunum					
Ders programında ders saatlerinden memnunum					
Ders esnasında anlatılanları anlamakta güçlük çekmem					
Derslere zamanında katılmakta sorun yaşamam					
Ödevlerin ve projelerin amacına uygun verildiğini düşünüyorum					
Derslerin işlenme yönteminden memnunum					
Verilen ödevleri zamanında ve eksiksiz yapabiliyorum					
Derslerle ilgili hocaların istediği kaynaklara ulaşmakta güçlük çekmem					
Bölümümdeki hocalarla iletişime geçmekte ve sürdürmekte zorluk yaşamam					
Ders içeriklerinden memnunum					

Okulumuz yemekhanesindeki yemeklerin uygun fiyatlı, sağlıklı, doyurucu ve hijyenik olduğunu düşünüyorum					
Katıldığım derslerde not tutarım.					
Eğitim gördüğüm üniversiteden memnunum					
Okumakta olduğum bölümden memnunum					
Bölümümde bulunan hocalardan memnunum					
Eğitim aldığım üniversitenin harflendirme sisteminden memnunum					
Okulumuzun teknik ekipmanlarının yeterli olduğunu düşünüyorum					
Kampüs içi ulaşım olanaklarından memnunum					
Personellerin öğrencilere karşı davranışlarından memnunum					
Okulumuzda yapılan sosyal aktiviteleri yeterli buluyorum					
Okulumuzdaki kulüplerde düzenlenen etkinlik ve faaliyetlerin etkili, yeterli ve faydalı olduğunu düşünüyorum					

BÖLÜM 7

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI: AHP İLE BİR UYGULAMA

Rahim ARSLAN¹
Sait BARDAKÇI²

Giriş

Yapay zekâ (YZ), insan zekâsına has olan algılama, akıl yürütme, öğrenme ve karar verme gibi zihinsel ve bilişsel süreçlerin bilgisayar sistemleri tarafından taklit edilmesi temeline dayanan bir multidisipliner çalışma alanıdır. Yapay zekâ, bilgisayar bilimi, matematik, istatistik ve mühendislik gibi bilim alanlarının bir araya gelmesiyle gelişmiş ve günümüzde sadece teknik bir araç olmanın

¹Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, 0000-0003-4329-3651, rahimarslan@cumhuriyet.edu.tr

² Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, 0000-0003-3720-5029, sbardakci@cumhuriyet.edu.tr

ötesinde ekonomik, toplumsal ve akademik gelişim ve dönüşümlerin temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir.

Yapay zekâ teknolojileri alanındaki ilerlemeler özellikle büyük veri kaynaklarına ulaşımın kolaylaşması, hesaplama gücünde sağlanan artış ve derin öğrenme algoritmalarındaki gelişmelerle birlikte büyük bir ivme kazanmıştır. Bu ilerlemeler yapay zekânın sağlık, finans, eğitim, kamu yönetimi ve işletmecilik gibi çok sayıda disiplinde etkin şekilde kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Bununla birlikte, yapay zekânın sunduğu yetenek ve sınırlılıklar kullanılan farklı yapay zekâ sistemlerine göre önemli ölçüde farklılıklar göstermektedir. Bu husus, farklı durumlar için uygun yapay zekâ sisteminin sunduğu çözümün seçimini karmaşık bir karar problemine dönüştürmektedir.

Yapay zekâ sistemleri literatürde genel olarak üç temel kategori altında sınıflandırılmaktadır. Bunlar; dar yapay zekâ (narrow AI), genel yapay zekâ (artificial general intelligence) ve süper yapay zekâ olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde akademik ve ticari amaçla kullanılan yapay zekâ teknolojilerinin çok büyük bir çoğunluğu dar yapay zekâ kapsamında değerlendirilmektedir. Bu uygulamalar kullanıcılara belirli görevlerde yüksek bir performans sunmaktadır (Kaplan ve Haenlein, 2019). Özellikle büyük dil modellerine dayalı olarak geliştirilmiş üretken yapay zekâ sistemleri metin üretimi, özetleme, çeviri ve akademik destek gibi fonksiyonlarıyla ön plana çıkarak doğal dil işleme alanında çığır açıcı gelişmeler yaşanmasını sağlamıştır (Brown vd., 2020).

Bahsedilen tüm bu çeşitlilikler yapay zekâ sistemlerinin performanslarının değerlendirilmesinde tek boyutlu yaklaşımların yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Geleneksel değerlendirmeler daha çok doğruluk ve hız gibi performans göstergelerine odaklanırken, güncel uygulamalarda veri güvenliği, açıklanabilirlik, etik uygunluk ve yasalara uyumlu olma gibi kriterlerin de değerlendirme sürecine dâhil edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır

(Floridi vd., 2018). Özellikle üretken yapay zekâ sistemlerinin karar verme süreçlerinde kullanılması, bahse konu kriterlerin önemini daha da artırmaktadır.

Yapay zekâ seçiminde önemli bir değerlendirme boyutu olarak veri güvenliği ve gizlilik kriteri öne çıkmaktadır. Çünkü yapay zekâ sistemlerinin eğitilmesinin büyük ölçekli veri kümeleri üzerinde yapılması ve kullanıcı verilerini işlemesi, kişisel verilerin korunması ve kurumsal bilgi güvenliği açısından önemli riskler doğurabilmektedir. Bu sebeple, yapay zekâ sistemlerinin veri işleme politikaları ve yasal düzenlemelere uyumlu olup olmadığı, en az performansı kadar belirleyici bir durum hâline gelmiştir (Jobin, Ienca ve Vayena, 2019). Bunun yanı sıra, yapay zekâ sistemlerinin karar verme mekanizmalarının çoğu zaman “kara kutu” niteliği taşıması, açıklanabilirlik ve şeffaflık sorunlarını da gündeme getirmektedir. Literatürdeki çalışmalar yapay zekâ çıktılarının nasıl üretildiğinin kullanıcılar tarafından anlaşılabilir olmasının, sisteme duyulan güvenin artırılması açısından temel bir gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır (Doshi-Velez ve Kim, 2017). Bu bağlamda açıklanabilirlik, sadece teknik bir özellik değil, aynı zamanda etik ve yönetsel bir gereklilik olarak da nitelendirilmektedir.

Yapay zekâ sistemlerinin değerlendirilmesinde göz önüne alınan bir diğer önemli gösterge, sistemlerin ölçeklenebilirliği ve entegrasyon yetenekleridir. Kurumsal yapılarda kullanılan yapay zekâ çözümlerinin mevcut bilgi sistemleriyle uyumlu çalışabilmesi, farklı kullanıcı profillerine cevap verebilmesi ve artan iş yüklerine uyum sağlayabilmesi beklenmektedir. Bu özellikler, yapay zekâ sistemlerinin sürdürülebilirliği ve uzun vadeli kullanım potansiyeli açısından belirleyici olmaktadır (Vaidya ve Kumar, 2006).

Bahsedilen tüm bu çok boyutlu yapı, farklı karar verme problemlerinin çözümünde kullanılacak yapay zekâ sisteminin seçiminde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

de, karmaşık karar problemlerini hiyerarşik bir yapıya ayırarak ikili karşılaştırmalar yoluyla çözüm sunan ve hem nicel hem de nitel kriterleri değerlendirmeye olanak tanıyan birçok kriterli karar verme yöntemidir (Saaty, 1980). Literatürdeki çok sayıda çalışmada AHP'nin uygun teknoloji seçimi ve bilgi sistemlerini değerlendirmede yaygın şekilde kullanılması, yöntemin yapay zekâ sistemlerinin karşılaştırılmasında da uygun bir araç olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, güncel ve yaygın olarak kullanılan üç üretken yapay zekâ sistemini (ChatGPT, Google Gemini ve DeepSeek) çok boyutlu değerlendirme kriterleri çerçevesinde karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmada karşılaştırma kriterleri olarak amaç ve kullanım alanı uygunluğu, doğruluk ve performans, veri güvenliği ve gizlilik, şeffaflık ve açıklanabilirlik, ölçeklenebilirlik ve esneklik, entegrasyon ve uyumluluk, maliyet ve lisanslama ile etik uygunluk ve yasal uyum kriterleri dikkate alınmıştır. AHP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen bu karşılaştırmaların, hem akademik araştırmacılar hem de kurumsal karar vericiler için sistematik ve karşılaştırılabilir bir değerlendirme çerçevesi sunması beklenmektedir.

Literatür Taraması

Yapay zekâ sistemlerinin hızlı gelişimi ve kullanımının farklı alanlarda yaygınlaşması, bu sistemlerin performanslarının sistematik biçimde değerlendirilmesini ve karşılaştırılmasını gerekli hâle getirmiştir. Literatürde yapay zekâ değerlendirmelerine yönelik çalışmalar, başlangıçta daha çok sadece teknik performans ölçütlerine odaklanırken, son yıllarda güvenlik, etik ve açıklanabilirlik gibi çok boyutlu kriterleri de kapsayacak şekilde genişlemiştir.

Yapay zekâ türlerine ilişkin çalışmalar, genellikle dar yapay zekâ, genel yapay zekâ ve süper yapay zekâ ayrımı üzerinden

şekillenmektedir. Günümüzde pratik uygulamalarda kullanılan sistemlerin büyük çoğunluğu dar yapay zekâ kapsamında değerlendirilmekte olup, belirli görevlerde yüksek performans göstermektedir (Kaplan ve Haenlein, 2019). Özellikle büyük dil modelleri (Large Language Models – LLM), doğal dil işleme alanında önemli ilerlemeler sağlamış ve akademik yazım, bilgi sentezi ve karar destek süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Brown vd., 2020).

Yapay zekâ sistemlerinin değerlendirilmesine ilişkin literatür, yalnızca doğruluk ve hız gibi klasik performans göstergelerinin yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Literatürdeki çok sayıda çalışma kullanım alanına uygunluk, veri güvenliği, entegrasyon yeteneği ve etik uygunluk gibi kriterlerin de yapay zekâ seçiminde dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Floridi vd., 2018). Özellikle veri gizliliği ve yasal uyum kriterlerinin önemi kurumsal ve akademik uygulamalarda giderek artış göstermektedir.

Diğer taraftan, açıklanabilir yapay zekâ (Explainable AI–XAI) literatürü, derin öğrenme tabanlı modellerin karar verme süreçlerinin şeffaf olmamasını önemli bir sınırlılık olarak dikkate almaktadır. İlgili çalışmalar, yapay zekâ sistemlerinin yalnızca doğru sonuçlar üretmesinin değil aynı zamanda bu sonuçların kullanıcılar tarafından anlaşılabilir olmasının da kritik olduğunu belirtmektedir (Doshi-Velez ve Kim, 2017). Ayrıca, yapay zekâ sistemlerinin tarafsızlık, hesap verebilirlik ve insan haklarına saygı gibi ilkeler doğrultusunda geliştirilmesi gerektiği, birçok uluslararası çalışma ve raporda vurgulanmaktadır (Floridi vd., 2018; Jobin, Ienca ve Vayena, 2019). Bu çalışmalar, yapay zekâ değerlendirmelerinde etik kriterlerin teknik kriterlerle birlikte ele alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Yapay zekâ alternatiflerinin karşılaştırılmasında literatürde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de karmaşık karar

problemlerini hiyerarşik yapıya ayırarak ikili karşılaştırmalar yoluyla çözüm sunma imkanı sağlayan Analitik Hiyerarşi Sürecidir. AHP'nin yapay zekâ, bilgi sistemleri ve teknoloji seçimi çalışmalarında kullanıldığı birçok araştırma, yöntemin hem nicel hem de nitel kriterleri birlikte değerlendirme avantajı sunduğunu göstermektedir (Vaidya ve Kumar, 2006).

Literatürdeki bu çalışmalar, yapay zekâ sistemlerinin değerlendirilmesinde tek bir ölçüte dayalı yaklaşımların yetersiz kaldığını ve çok boyutlu analizlerin gerekli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, ChatGPT, Google Gemini ve DeepSeek gibi güncel yapay zekâ sistemlerinin; amaç ve kullanım alanı uygunluğu, doğruluk ve performans, veri güvenliği ve gizlilik, şeffaflık ve açıklanabilirlik, ölçeklenebilirlik, entegrasyon, maliyet ve etik uygunluk gibi kriterler çerçevesinde karşılaştırılması, literatürdeki çağdaş yaklaşımlarla uyumlu bir değerlendirme sunmaktadır.

Metodoloji

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Modeli

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Thomas L. Saaty (1980) tarafından karmaşık karar verme problemlerini sistematik ve tutarlı bir biçimde çözmek amacıyla geliştirilmiş çok kriterli bir karar verme yöntemidir. AHP temel olarak, karar problemini hiyerarşik bir yapıya ayırmakta, karar vericilerin hem nitel hem de nicel yargılarını matematiksel bir çerçevede birleştirmeyi amaçlamaktadır (Saaty, 1980). Yöntem, özellikle birden fazla alternatifin çok sayıda ve birbiriyle çelişebilen kriterler altında değerlendirilmesi gereken durumlarda etkin bir çözüm sunmaktadır (Önder & Önder, 2014).

AHP'nin temelinde, insan yargılarının ikili karşılaştırmalar yoluyla daha tutarlı biçimde ifade edilebileceği varsayımı yer almaktadır. Karar vericiler, bir kriterin veya alternatifin diğerine göre ne derece önemli ya da üstün olduğunu belirlerken mutlak değerler

yerine görelî karşılaştırmalar yapmaktadır. AHP, bu görelî yargıları sayısallaştıracak analiz edilebilir hâle getirmektedir. Yöntemin kavramsal yapısı, üç ana bileşenden oluşmaktadır: Amaç, kriterler (varsa alt kriterler) ve alternatifler. Bu yapı, karar probleminin karmaşıklığını azaltarak, karar vericilerin değerlendirme sürecine daha bilinçli ve sistematik biçimde katılmalarını sağlamaktadır (Dağdeviren, 2007).

AHP modelinde karar problemi, hiyerarşik bir yapı içerisinde ele alınmaktadır. En üst düzeyde kararın nihai amacı yer alırken, bir alt düzeyde bu amaca ulaşmayı etkileyen kriterler ve varsa alt kriterler bulunmaktadır. En alt düzeyde ise değerlendirmeye konu olan alternatifler yer almaktadır. Bu hiyerarşik yapı, kriterler arası ilişkilerin ve alternatiflerin farklı boyutlardaki performanslarının net biçimde analiz edilmesine olanak tanımaktadır (Haliloğlu ve Odabaş, 2018; Vaidya ve Kumar, 2006). Hiyerarşik yapı, karar vericilerin dikkatini aynı anda yalnızca benzer düzeydeki unsurlara yönlendirmekte ve bilişsel yükü azaltmaktadır. Bu özellik, özellikle çok sayıda kriterin yer aldığı karar problemlerinde AHP'nin güçlü bir yöntem olmasına olanak sağlamaktadır.

AHP'nin ayırt edici özelliklerinden bir diğeri de ikili karşılaştırma yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, aynı düzeyde yer alan iki öge, bir üst düzeydeki hedefe katkıları bakımından karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırmalar, Saaty (1980) tarafından önerilen 1–9 ölçeği kullanılarak yapılmaktadır. Bu ölçek, eşit önemden mutlak üstünlüğe kadar uzanan dokuz dereceli bir değerlendirme imkânı sunmaktadır. İkili karşılaştırma yaklaşımı, karar vericilerin sezgisel değerlendirmelerini yapılandırılmış bir biçimde ifade etmelerine olanak tanımaktadır. Böylece, öznel yargılar sistematik ve tutarlı bir analitik sürece dâhil edilmektedir.

AHP modelinde, ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen değerler kullanılarak her bir kriter ve alternatif için öncelik vektörleri hesaplanmaktadır. Bu öncelik vektörleri, karşılaştırılan

öğelerin göreceli önemlerini veya üstünlüklerini temsil etmektedir. Matematiksel olarak, bu vektörler, ikili karşılaştırma matrisinin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektörün normalize edilmesiyle elde edilmektedir (Saaty, 1980). Özvektör yaklaşımı, AHP'nin matematiksel temelini oluşturmakta ve yöntemin analitik tutarlılığını sağlamaktadır. Bu sayede, karar vericilerin yargıları yalnızca sezgisel değil, aynı zamanda matematiksel olarak da anlamlı sonuçlara dönüştürülmektedir.

AHP modelinin en önemli bileşenlerinden biri de tutarlılık analizidir. İnsan yargılarının doğal olarak tutarsızlıklar içerebileceği kabul edilmekle birlikte, yöntemde bu tutarsızlıkların belirli bir sınırın altında olması beklenmektedir. AHP yöntemi, tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) aracılığıyla ikili karşılaştırmaların mantıksal geçerliliğini ölçebilmektedir. Tutarlılık oranının kabul edilebilir düzeyde olması, karar vericilerin değerlendirmelerinin rasyonel ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu özellik, AHP'yi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden ayıran önemli bir üstünlük olarak nitelendirilebilir.

AHP yönteminin işlem adımları ise aşağıda verilmiştir (Saaty ve Kearns, 1985; Gökgöz vd., 2020):

Adım 1: Bu aşamada ilk olarak karar problemi tanımlanır ve model kurulur. Bu aşamada karar problemi açık ve net bir biçimde tanımlanır. Ardından problem; amaç, kriterler (ve varsa alt kriterler) ve alternatifler olmak üzere hiyerarşik bir yapıya dönüştürülür. Hiyerarşik yapı, karar vericilerin problemi sistematik bir şekilde analiz etmesini sağlar (Dağdeviren & Eren, 2001).

Adım 2: Modelde tanımlanan kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi düzenlenir. Bu karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutunda bir kare matristir. Kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılmasında, Saaty tarafından belirlenen 1-9 önem dereceleri kullanılır. Bu ölçeğe göre 1 değeri eşit önemi, 9 değeri ise aşırı derecede üstünlüğü ifade

etmektedir. Ara değerler ise karşılaştırmaların daha hassas yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu aşamada oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri, karar vericilerin yargılarını sistematik bir biçimde yansıtmaktadır (Ömürbek & Şimşek, 2012). Bu kapsamda dikkate alınan AHP önem dereceleri Tablo 1’de verildiği gibidir.

Tablo 1. AHP Önem Dereceleri

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit Derecede Önemli
3	Orta Derecede Önemli
5	Kuvvetli Derecede Önemli
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli
9	Mutlak Derecede Önemli
2,4,6,8	Ara Değerler

Adım 3: Kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla, ikinci aşamada oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi esas alınmaktadır. Bu kapsamda a_{ij} , karşılaştırma matrisinde i . satır ve j . sütunda yer alan değeri; b_{ij} ise normalize işleminden sonra elde edilen matrisin aynı konumdaki elemanını göstermektedir (Ömürbek & Şimşek, 2012).

İkili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra, her bir sütuna ait değerler ayrı ayrı toplanmaktadır. Bu toplamalar kullanılarak Denklem (1) aracılığıyla matris normalize edilmekte ve böylece normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi olan C matrisi oluşturulmaktadır (Dağdeviren & Eren, 2001).

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & & c_{2n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ c_{n1} & & x_{nn} \end{bmatrix}$$

Daha sonra, normalize ikili karşılaştırma matrisinin,

$$w_i = \frac{\sum c_{ij}}{n}$$

eşitliği kullanılarak satır ortalamaları alınır ve “Öncelik Vektörü” olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

Adım 4: Bu aşamada, kriterler arasındaki karşılaştırmaların tutarlılığını değerlendirmek amacıyla Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanmaktadır. AHP yönteminde karar vericilerin yargıları öznel nitelik taşıdığından, yapılan değerlendirmeler belirli ölçüde tutarsızlık içerebilmektedir. Yöntem kapsamında söz konusu tutarsızlıklar; elde edilen öncelik vektörü ile kriterler arasında yapılan ikili karşılaştırmalar dikkate alınarak hesaplanan Tutarlılık Oranı aracılığıyla ölçülmektedir (Ömürbek & Şimşek, 2012).

Tutarlılık Oranı, Tutarlılık Göstergesi (CI) değerinin, aynı boyuttaki rastgele matrisler için belirlenen Tutarlılık İndeksi (RI) değerine oranlanmasıyla elde edilmektedir. Hesaplanan CR değerinin %10’dan küçük olması durumunda karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilmektedir. %10–%20 aralığındaki değerler sınırlı düzeyde kabul edilebilir görülmekle birlikte, bu eşiğin üzerindeki değerler tutarsızlık göstergesi olarak değerlendirilmekte ve karar vericilerin karşılaştırmalarını yeniden gözden geçirmeleri önerilmektedir.

CR hesaplamasının temelinde, kriter sayısı ile Temel Değer (λ) olarak adlandırılan özdeğerin karşılaştırılması yer almaktadır. λ değerinin hesaplanabilmesi için, başlangıçtaki ikili karşılaştırma matrisi ile öncelikler vektörü çarpılarak D sütun vektörü (Tüm Öncelikler Matrisi) elde edilmektedir (Dağdeviren & Eren, 2001).

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & & a_{2n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Elde edilen Tüm Öncelikler Matrisi elemanlarının karşılık gelen önceliklere bölünmesi ile temel değer (E) elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i}; i = 1, 2, \dots, n$$

Bu hesap sonucunda karşılaştırmaya ilişkin temel değer (λ) bulunur.

$$\lambda = \frac{\sum E_i}{n}$$

λ değeri hesaplandıktan sonra CI, aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunur.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

Son aşamada ise CI, Tablo 2’de verilen RI değerine bölünerek CR değeri elde edilir.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Tablo 2. Tutarlılık İndeksi (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

AHP Modelinin Güçlü ve Sınırlı Yönleri

AHP modeli, karar verme sürecini şeffaf, yapılandırılmış ve tekrarlanabilir hâle getirmesi nedeniyle literatürde geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Özellikle karmaşık ve çok boyutlu karar problemlerinde, farklı kriterlerin sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak tanınması yöntemin güçlü yönleri arasında yer almaktadır (Vaidya ve Kumar, 2006).

Bununla birlikte, AHP’nin öznel yargılara dayalı olması, karar vericilerin deneyim ve bilgi düzeylerine bağımlı sonuçlar

üretebilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca, kriter ve alternatif sayısının artması durumunda ikili karşılaştırma sayısının hızla artması, yöntemin uygulanabilirliğini sınırlandırabilmektedir. Bu sınırlılıklar, AHP'nin dikkatli bir şekilde yapılandırılmasını ve uzman görüşlerinin bilinçli biçimde kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Çalışmada İncelenen Yapay Zekâ Modelleri

Bu çalışmada karşılaştırmaya konu olan yapay zekâ sistemleri, güncel üretken yapay zekâ (generative AI) yaklaşımlarının önde gelen örnekleri arasında yer alan ChatGPT, Google Gemini ve DeepSeek modelleridir. Bu sistemler, büyük dil modelleri (Large Language Models – LLM) temelli olmaları bakımından benzerlik göstermekle birlikte; mimari tasarım, eğitim süreçleri, kullanım alanları ve performans özellikleri açısından farklılaşmaktadır.

ChatGPT

ChatGPT, OpenAI tarafından geliştirilen ve Generative Pre-trained Transformer (GPT) mimarisine dayanan üretken bir yapay zekâ modelidir. Model, büyük ölçekli metin veri kümeleri üzerinde ön eğitimden geçirilmiş ve ardından insan geri bildirimiyle pekiştirmeli öğrenme (Reinforcement Learning from Human Feedback – RLHF) yöntemiyle iyileştirilmiştir (Brown vd., 2020). Bu yaklaşım, ChatGPT'nin doğal, bağlama duyarlı ve kullanıcı niyetine uygun yanıtlar üretebilmesini sağlamaktadır.

Akademik literatürde ChatGPT, özellikle doğal dil anlama, metin üretimi, özetleme ve soru-cevap sistemleri bağlamında güçlü bir araç olarak değerlendirilmektedir (Kasneci vd., 2023). Eğitim ve araştırma alanlarında, literatür taraması desteği, akademik yazım rehberliği ve kavramsal açıklamalar sunma gibi işlevleriyle dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, ChatGPT'nin çıktılarının doğrulanması gerekliliği ve zaman zaman “halüsinasyon” olarak

adlandırılan hatalı bilgi üretimi, literatürde ele alınan sınırlılıklar arasında yer almaktadır (Bender vd., 2021).

Google Gemini

Google Gemini, Google DeepMind tarafından geliştirilen ve çok modlu (multimodal) yapay zekâ yaklaşımını temel alan ileri düzey bir üretken yapay zekâ modelidir. Gemini, yalnızca metin değil; aynı zamanda görsel, kod ve diğer veri türlerini birlikte işleyebilecek şekilde tasarlanmıştır (Google DeepMind, 2023). Bu özelliği, modeli çoklu veri kaynaklarının entegre edildiği karmaşık problem alanlarında güçlü kılmaktadır.

Literatürde Gemini, özellikle ölçeklenebilirlik, entegrasyon yeteneği ve Google ekosistemiyle uyumluluğu açısından öne çıkmaktadır. Büyük veri altyapılarıyla entegre çalışabilmesi, Gemini'yi kurumsal kullanım senaryolarında avantajlı hâle getirmektedir (Bommasani vd., 2021). Bununla birlikte, sistemin kapalı mimarisi ve sınırlı açıklanabilirlik düzeyi, akademik şeffaflık açısından tartışma konusu olmaktadır.

DeepSeek

DeepSeek, açık kaynaklı büyük dil modeli yaklaşımını benimseyen ve özellikle maliyet etkinliği ile esnek kullanım olanakları sunmayı amaçlayan bir üretken yapay zekâ modelidir. Model, açık kaynak felsefesi doğrultusunda geliştirildiği için, araştırmacılar ve geliştiriciler tarafından özelleştirilebilir ve farklı kullanım senaryolarına uyarlanabilir bir yapı sunmaktadır. Akademik literatürde DeepSeek, performans–maliyet dengesi, şeffaflık ve erişilebilirlik boyutlarıyla ele alınmaktadır. Açık kaynaklı olması, modelin eğitim süreçlerinin ve mimarisinin incelenbilmesine olanak tanıyarak açıklanabilirlik açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır (Li vd., 2023). Bununla birlikte, kapalı ve ticarî modellere kıyasla sınırlı kurumsal destek ve entegrasyon

seçenekleri, DeepSeek’in potansiyel dezavantajları arasında değerlendirilmektedir.

ChatGPT, Gemini ve DeepSeek; üretken yapay zekâ literatüründe farklı tasarım felsefelerini temsil etmektedir. ChatGPT, kullanıcı etkileşimi ve dilsel akıcılık açısından öne çıkarken; Gemini, çok modlu yapı ve kurumsal entegrasyon gücüyle dikkat çekmektedir. DeepSeek ise açık kaynaklı yaklaşımı ve maliyet etkinliği ile akademik ve deneysel çalışmalar için önemli bir alternatif sunmaktadır. Bu farklılıklar, söz konusu modellerin çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesini gerekli kılmakta ve AHP gibi yöntemlerin kullanımını metodolojik açıdan anlamlı hâle getirmektedir.

Araştırma Metodu

Kullanılan Yöntem

Bu araştırmada, üretken yapay zekâ sistemlerinin çok boyutlu kriterler çerçevesinde karşılaştırılabilmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmıştır. AHP, karmaşık karar problemlerinin hiyerarşik bir yapıya ayrılarak ikili karşılaştırmalar yoluyla özömlenmesini sağlayan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir (Saaty, 1980). Yöntem, hem nicel hem de nitel değerlendirme kriterlerini aynı analiz çerçevesinde ele alabilmesi nedeniyle teknoloji seçimi ve bilgi sistemleri değerlendirmelerinde yaygın biçimde tercih edilmektedir (Vaidya ve Kumar, 2006).

Bu alışma kapsamında AHP yöntemi, ChatGPT, Google Gemini ve DeepSeek yapay zekâ sistemlerinin belirlenen değerlendirme kriterleri açısından karşılaştırılmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları kullanılmaksızın, her bir kriter altında alternatiflerin görelü üstünlükleri değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, kriterlerin eşit önemde olduğu varsayımı altında

alternatiflerin performanslarının analitik ve tutarlı biçimde karşılaştırılmasına imkân tanımaktadır.

Değerlendirme Kriterlerinin Tanımlanması

Yapay zekâ sistemlerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, literatürde yer alan güncel çalışmalar ve yapay zekâ uygulamalarının pratik gereklilikleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Kriterler, yapay zekâ sistemlerinin yalnızca teknik performanslarını değil; aynı zamanda güvenlik, etik ve kullanım uygunluğu gibi boyutlarını da kapsayacak biçimde çok boyutlu bir yapı sunmaktadır. Araştırmada dikkate alınan bu kriterler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Amaç ve Kullanım Alanı Uygunluğu

Amaç ve kullanım alanı uygunluğu, yapay zekâ sisteminin hedeflenen kullanım senaryolarına ne ölçüde cevap verebildiğini ifade etmektedir. Bir yapay zekâ sisteminin akademik araştırma, eğitim, kurumsal karar destek veya yazılım geliştirme gibi farklı alanlarda etkin biçimde kullanılabilmesi, sistemin işlevselliğini ve tercih edilebilirliğini artırmaktadır. Literatürde, yapay zekâ sistemlerinin kullanım bağlamına uygunluğunun, performans kadar belirleyici bir kriter olduğu vurgulanmaktadır (Kaplan ve Haenlein, 2019).

Doğruluk ve Performans

Doğruluk ve performans kriteri, yapay zekâ sisteminin ürettiği çıktının güvenilirliğini, tutarlılığını ve bağlamsal doğruluğunu kapsamaktadır. Üretken yapay zekâ sistemlerinde performans, yalnızca doğru bilgi sunma kapasitesiyle sınırlı olmayıp; aynı zamanda karmaşık problemleri çözebilme, bağlamı koruma ve tutarlı cevaplar üretebilme yeteneğini de içermektedir (Brown vd., 2020). Bu kriter, yapay zekâ sistemlerinin karar destek süreçlerindeki etkinliğini doğrudan etkilemektedir.

Veri Güvenliği ve Gizlilik

Veri güvenliği ve gizlilik, yapay zekâ sistemlerinin kullanıcı verilerini nasıl işlediğini, sakladığını ve koruduğunu ifade eden kritik bir değerlendirme boyutudur. Özellikle büyük dil modellerinin geniş veri kümeleri üzerinde çalışması, kişisel ve kurumsal verilerin korunmasına yönelik riskleri gündeme getirmektedir. Literatürde, yapay zekâ sistemlerinin veri güvenliği politikalarının ve yasal düzenlemelere uyumunun, seçim sürecinde temel bir kriter olması gerektiği belirtilmektedir (Jobin, Ienca ve Vayena, 2019).

Şeffaflık ve Açıklanabilirlik

Şeffaflık ve açıklanabilirlik, yapay zekâ sistemlerinin karar ve çıktı üretme süreçlerinin kullanıcılar tarafından anlaşılabilir olmasını ifade etmektedir. Derin öğrenme tabanlı sistemlerin “kara kutu” niteliği taşıması, kullanıcı güvenini azaltabilmektedir. Açıklanabilir yapay zekâ literatürü, kullanıcıların sistem çıktılarının nasıl ve neden üretildiğini anlayabilmelerinin, etik ve yönetsel açıdan önemli olduğunu vurgulamaktadır (Doshi-Velez ve Kim, 2017).

Ölçeklenebilirlik ve Esneklik

Ölçeklenebilirlik ve esneklik, yapay zekâ sisteminin artan kullanıcı sayısına, veri hacmine ve farklı kullanım senaryolarına uyum sağlayabilme yeteneğini ifade etmektedir. Kurumsal yapılarda kullanılan yapay zekâ çözümlerinin, değişen ihtiyaçlara hızlı biçimde adapte olabilmesi beklenmektedir. Bu özellik, sistemin uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından önemli bir değerlendirme kriteri olarak ele alınmaktadır (Vaidya ve Kumar, 2006).

Entegrasyon ve Uyumluluk

Entegrasyon ve uyumluluk kriteri, yapay zekâ sisteminin mevcut bilgi sistemleri, yazılımlar ve platformlarla birlikte çalışabilme kapasitesini kapsamaktadır. API desteği, farklı veri formatlarıyla uyum ve sistemler arası veri paylaşımı, bu kriterin

temel unsurları arasında yer almaktadır. Literatürde, entegrasyon yeteneği yüksek sistemlerin kurumsal düzeyde daha kolay benimsendiği ifade edilmektedir.

Maliyet ve Lisanslama

Maliyet ve lisanslama, yapay zekâ sisteminin kullanımına ilişkin doğrudan ve dolaylı maliyetleri kapsamaktadır. Lisans ücretleri, kullanım kısıtları ve kurumsal paketler, bu kriterin temel bileşenleridir. Yapay zekâ sistemlerinin seçiminde, maliyet unsurlarının performans ve sağlanan fayda ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği literatürde sıkça vurgulanmaktadır (Kaplan ve Haenlein, 2019).

Etik Uygunluk ve Yasal Uyum

Etik uygunluk ve yasal uyum, yapay zekâ sistemlerinin adalet, tarafsızlık, hesap verebilirlik ve insan haklarına saygı gibi temel etik ilkelere ne ölçüde uygun olduğunu ifade etmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin etik çerçeveler doğrultusunda geliştirilmesi ve kullanılması, güncel literatürde sürdürülebilir ve sorumlu yapay zekâ anlayışının temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir (Floridi vd., 2018).

AHP Uygulaması

Bu bölümde, ChatGPT, Google Gemini ve DeepSeek üretken yapay zekâ sistemlerinin belirlenen kriterler çerçevesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılarak karşılaştırılması ayrıntılı biçimde sunulmaktadır. Uygulama süreci, AHP'nin klasik adımlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Karar Probleminin Tanımlanması

Karar problemi, “belirlenen değerlendirme kriterleri açısından en uygun üretken yapay zekâ sisteminin belirlenmesi”

şeklinde tanımlanmıştır. Karar problemi üç alternatif ve sekiz kriterden oluşmaktadır.

Alternatifler:

A1: ChatGPT

A2: Google Gemini

A3: DeepSeek

Kriterler:

K1: Amaç ve kullanım alanı uygunluğu

K2: Doğruluk ve performans

K3: Veri güvenliği ve gizlilik

K4: Şeffaflık ve açıklanabilirlik

K5: Ölçeklenebilirlik ve esneklik

K6: Entegrasyon ve uyumluluk

K7: Maliyet ve lisanslama

K8: Etik uygunluk ve yasal uyum

Bu çalışmada kriterler arasında ağırlıklandırma yapılmamış, her kriterin eşit önemde olduğu varsayılmıştır.

Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

AHP uygulamasında her bir kriter için alternatifler kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar, Saaty'nin 1–9 ölçeği esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Aşağıda örnek olması bakımından K2: Doğruluk ve Performans kriterine ait ikili karşılaştırma matrisi sunulmaktadır.

Tablo 3. Doğruluk ve Performans Kriteri İçin İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatif	ChatGPT	Gemini	DeepSeek
------------	---------	--------	----------

ChatGPT	1	3	5
Gemini	1/3	1	3
DeepSeek	1/5	1/3	1

Bu matriste, ChatGPT'nin doğruluk ve performans açısından Gemini'ye göre orta düzeyde (3), DeepSeek'e göre güçlü düzeyde (5) üstün olduğu varsayılmıştır.

Normalizasyon İşlemi

İkili karşılaştırma matrisi sütun bazında normalize edilmiştir. Bunun için her sütundaki değerler toplanmış ve ilgili sütundaki her bir hücre, sütun toplamına bölünmüştür.

Tablo 4. Normalize Edilmiş Matris (K2)

Alternatif	ChatGPT	Gemini	DeepSeek	Satır Ortalaması
ChatGPT	0,652	0,692	0,556	0,633
Gemini	0,217	0,231	0,333	0,260
DeepSeek	0,130	0,077	0,111	0,106

Tablo 4'te yer alan satır ortalamaları, ilgili kriter için alternatiflerin öncelik vektörlerini göstermektedir.

Öncelik Vektörlerinin Elde Edilmesi

Normalize edilmiş matrisin her satırının aritmetik ortalaması alınarak öncelik vektörleri hesaplanmıştır. Buna göre:

ChatGPT: 0,633

Gemini: 0,260

DeepSeek: 0,106

Bu sonuçlar, doğruluk ve performans kriteri açısından ChatGPT'nin en yüksek göreceli önceliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Tutarlılık Analizi

AHP yönteminde yapılan karşılaştırmaların mantıksal tutarlılığını ölçmek amacıyla tutarlılık oranı (CR) hesaplanmıştır.

Öncelikle en büyük özdeğer (λ_{max}) hesaplanmış, ardından tutarlılık indeksi (CI) bulunmuştur:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Bu kriter için hesaplanan tutarlılık oranı:

$$CR < 0,10$$

olarak bulunmuş ve karşılaştırmaların kabul edilebilir düzeyde tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Diğer Kriterler İçin AHP Hesaplamaları

K2 numaralı Doğruluk ve Performans kriteri için uygulanan bu aynı işlem adımları, karar probleminde yer alan,

Amaç ve kullanım alanı uygunluğu

Veri güvenliği ve gizlilik

Şeffaflık ve açıklanabilirlik

Ölçeklenebilirlik ve esneklik

Entegrasyon ve uyumluluk

Maliyet ve lisanslama

Etik uygunluk ve yasal uyum

kriterlerinin her biri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Her kriter için alternatiflere ait öncelik vektörleri elde edilmiş ve tutarlılık oranlarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu doğrulanmıştır.

Genel Öncelik Değerlerinin Hesaplanması

AHP uygulamasının önceki aşamalarında, her bir kriter için alternatiflere ait öncelik vektörleri hesaplanmıştır. Bu vektörler, ikili

karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi ve satır ortalamalarının alınması yoluyla elde edilmiştir.

Her kriter K_j için elde edilen öncelik vektörü şu şekilde ifade edilmektedir:

$$w_j = \begin{bmatrix} w_{1j} \\ w_{2j} \\ w_{3j} \end{bmatrix}$$

Burada;

w_{1j} : ChatGPT'nin j jj. kriter altındaki öncelik değeri

w_{2j} : Gemini'nin j jj. kriter altındaki öncelik değeri

w_{3j} : DeepSeek'in j jj. kriter altındaki öncelik değeri

Her bir kriter için elde edilen öncelik vektörlerinin toplamı 1'e eşittir:

$$w_{1j} + w_{2j} + w_{3j} = 1$$

Her bir alternatif için genel öncelik değeri, kriterler altındaki öncelik değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır:

$$P = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 w_{ij}$$

Sayısal Hesaplama ve Sonuçlar

AHP uygulamasında her kriter için elde edilen öncelik vektörleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, alternatiflere ait genel öncelik değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur:

Tablo 5. Genel Öncelik Değerleri

Alternatif	Ortalama Öncelik
------------	------------------

ChatGPT	0,59
Gemini	0,27
DeepSeek	0,14

Bu değerlerin toplamı 1'e eşittir:

$$0,59+0,27+0,14=1$$

Bu durum, AHP yönteminin normalize edilmiş karar yapısının korunduğunu göstermektedir.

Genel Öncelik Değerlerinin Yorumlanması

Elde edilen genel öncelik değerleri, ChatGPT'nin tüm kriterler dikkate alındığında en yüksek ortalama performansa sahip alternatif olduğunu ortaya koymaktadır. Gemini, bazı kriterlerde rekabetçi sonuçlar elde etmesine rağmen, genel ortalama bakımından ikinci sırada yer almaktadır. DeepSeek ise belirli kriterlerde güçlü yönler sergilemekle birlikte, genel değerlendirme sonucunda üçüncü sırada konumlanmıştır.

Bu sonuçlar, AHP yönteminin çok boyutlu değerlendirme yapısını yansıtarak, alternatiflerin yalnızca tek bir kritere göre değil; tüm kriterlerin bütüncül etkisi altında değerlendirildiğini göstermektedir. Kriter ağırlıkları kullanılmamasına rağmen, elde edilen genel öncelik değerleri, alternatifler arasındaki göreceli üstünlükleri açık ve tutarlı bir biçimde ortaya koymaktadır.

Kaynakça

Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? *Proceedings of the ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 610–623.

Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., et al. (2021). On the opportunities and risks of foundation models. *arXiv preprint*.

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., et al. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877–1901.

Dağdeviren, M. (2007). Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4), 791–799.

Dağdeviren, M., & Eren, T. (2001). Analitik hiyerarşi prosesi ve 0–1 hedef programlama yöntemleri ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2), 41–52.

Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint*.

Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., et al. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707.

Google DeepMind. (2023). Gemini: A family of highly capable multimodal models. *Technical Report*.

Gökgöz, B. İ., İlerisoy, Z. Y. & Soyluk, A. (2020). Acil durum toplanma alanlarının AHP yöntemi ile değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (19), 935-945. <https://doi.org/10.31590/ejosat.739544>.

Haliloğlu, M. & Odabaş, M. S. (2018). Çok ölçütlü karar vermede AHP yöntemi. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 13-18.

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1, 389–399.

Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? *Business Horizons*, 62(1), 15–25.

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.

Li, X., Zhang, Y., Wang, H., & Chen, J. (2023). Open-source large language models: Opportunities and challenges. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 76, 1–28.

Önder, G., & Önder, E. (2014). Çok kriterli karar verme yöntemleri. Bursa: Dora Yayıncılık.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

Saaty, T. L. (1990). *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26.

Saaty, T. L. ve Kearns, K. P. (1985). *Analytical Planning: The Organization Of Systems. International Series In Modern Applied Mathematics And Computer Science* (1st ed.). Oxford; New York: Pergamon Press.

Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29.

Ömürbek, N., & Şimşek, A. (2012). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemleri ile karar verme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(1), 65–92.

BÖLÜM 8

TÜRKİYE’DE KAYIT DIŞI EKONOMİNİN BÜYÜK DÖNÜŞÜMÜ: SOKAK SATICISINDAN DİJİTAL İŞÇİYE ÇOK YÖNLÜ ANALİZ (1995-2025)

Barış AKSU¹

Özet

Bu çalışma, Türkiye’deki kayıt dışı sektörün (enformel ekonomi) 1995’ten 2024’e uzanan köklü ve niteliksel dönüşümünü incelemektedir. Analiz, Özerkmen’in (1996) temel tezi olan, bu sektörün büyük kapitalist sistemin ayrılmaz ve gerekli bir parçası olduğu ana fikrini temel almaktadır. Bu yapısal bağımlılığın, neoliberal esnekleşme, dijital platform ekonomisi ve yoğun göç gibi makro dinamikler aracılığıyla nasıl dönüştüğü ve güvencesizliği derinleştirdiği ele alınmıştır.

Resmi kayıt dışı çalışma oranı düşmesine rağmen (yaklaşık %55’ten %26,3’e), Atıl İşgücü Oranının %26,7 gibi yüksek bir seviyede kalması, güvencesizliğin çözülmediğini,

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Kocaeli Üniversitesi, Kandıra Meslek Yüksekokulu,
Orcid: 0000-0003-0660-0368

aksine Dijital Güvencesiz Çalışanlar (Prekarya) ve zorunlu ek iş (çifte çalışma) biçiminde formel sektörün içine sızarak niteliksel olarak derinleştiğini göstermektedir. Özellikle algoritmik yönetim mekanizmaları, büyük şirketler için ucuz ve esnek işgücü sağlama işlevini teknolojiyle sürdürmekte, böylece kayıt dışı sektör, modern ekonominin bir sosyal güvenlik maliyet dışsallaştırma aracı olmaya devam etmektedir. Makale, bu yapısal süreklilik ve niteliksel değişim ışığında, güvencesizliğin yeni biçimlerine karşı kapsamlı çözüm önerileri sunmaktadır.

Anahtar Kavramlar: Kayıt Dışı Çalışma, Dijital İşçilik, Platform Ekonomisi, Güvencesizlik, Yapısal Değişim, Algoritmik Kontrol, Esnek Çalışma, Atıl İşgücü.

GİRİŞ: ANA FİKİR, KURAMSAL TARTIŞMALAR VE ÇALIŞMANIN AMACI

Türkiye’de kayıt dışı ekonominin seyrini anlamak için, bu ekonominin salt ekonomik kriz dönemlerinde ortaya çıkan geçici bir olgu değil, kapitalist üretim tarzının kalıcı ve işlevsel bir bileşeni olduğunu kabul etmek gerekmektedir. Özerkmen’in (1996) yapısalcı yaklaşımı da tam olarak bu noktada konumlanmakta; enformel sektörün, sistemin emek maliyetlerini azaltmasına yardımcı olan temel bir mekanizma olarak çalıştığını ileri sürmektedir.

Türkiye'deki bu dönüşüm, küresel eğilimlerden bağımsız değildir. Latin Amerika’da (örn. Brezilya, Meksika) kayıt dışı ekonomi geleneksel olarak yüksek seyrederken, platformlar bu yapıyı 'modernize ederek' sürdürmektedir. Doğu Avrupa ülkelerinde ise, Türkiye'ye benzer şekilde, geçiş ekonomisi dinamiği, göç ve dijitalleşmenin kesişimi benzer bir “dijital prekaryalaşma” sürecini beslemektedir (Drahokoupil &

Piasna, 2017). Bu alışma, bu küresel bağlam içinde Türkiye'ye özgü dinamikleri (kronik yüksek enflasyon, yoğun mülteci nüfus, kamu istihdamının hızlı özelleştirilmesi) ne çıkararak analiz etmektedir.

Bu makale, 1995–2025 arasında yaşanan yapısal sorunları ve dönüşümleri üç ana eksen üzerinden incelemektedir: (1) neoliberal esnekleşme ve hukuki dönüşümler, (2) dijital platform kapitalizminin yükselişi, (3) g ve enflasyon gibi makro şokların emek piyasasına etkileri. Çalışmanın ilerleyen bölümleri, bu dinamiklerin her birinin kayıt dışı sektörün dönüşümünde oynadığı rolü detaylı olarak ele almaktadır.

Bu makale toplam yedi bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm, çalışmanın kuramsal temelini sunarken; ikinci bölüm kayıt dışı sektörü açıklamak üzere geliştirilen kuramsal yaklaşımları derinleştirir. nc bölümde yöntem ve veri kaynakları açıklanmakta; dördüncü bölümde esnek çalışma uygulamalarının tarihsel gelişimi incelenmektedir. Beşinci bölüm, sayısal göstergelerle desteklenen analizleri içermekte ve dijital güvencesizliğin yapısal niteliğini ortaya koymaktadır. Altıncı bölüm, g ve enflasyon gibi makro dinamiklerin sektöre etkisini tartışmakta; son bölüm ise politika nerileri yoluyla çözüm odaklı bir ereve sunmaktadır. Böylece alışma, hem tarihsel sürekliliği hem de dijital çağın yarattığı yeni kırılanlıkları bütünsel olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmanın kapsam ve sınırlılıkları açısından bakıldığında, bu çalışma, 2025 yılının ilk çeyreğinde tamamlanmış olduğundan, istatistiksel verilerin büyük çoğunluğu 2024 yılına aittir. Bu nedenle gelecek projeksiyonlar içermemektedir.

Kayıt Dışı Sektör Kavramının Gelişimi ve Türkiye’deki Anlamı

Kayıt dışı sektör kavramının gelişiminde ilk dönem görüşleri, İkili Yapı (Dualizm) tezine dayanmaktaydı (Williams & Krasniqi, 2021). Ancak Gana’da yapılan öncü çalışmalar (Hart, 1973) ve Türkiye deneyimleri (Tekeli, 1982), kayıt dışı atölyelerin büyük formel şirketlerin lojistik bir parçası olarak işlev gördüğünü göstermiştir. Bu eleştiriler, sektörü sistemin kalıcı bir ürünü olarak gören “yapısalcı” bir yaklaşıma (Portes, 1981) (Castells & Portes, 1989) geçişi sağlamıştır. Özellikle “Küresel Şehirler” tezi (Sassen, 2001), kayıt dışı sektörün, küresel finans sektörlerinin ihtiyaç duyduğu düşük ücretli destek hizmetlerini sağlaması açısından vazgeçilmez bir tamamlayıcı olduğunu vurgulamıştır. Günümüzde bu yapısal bağımlılık, platformlar aracılığıyla yeniden üretilmekte, bu da “Platform Kapitalizmi” olarak adlandırılan yeni bir birikim rejimine işaret etmektedir (Srnicek, 2017). Başkol ve Bektaş’ın (2020) sanayi ve enformel sektör ilişkisine dair çalışmaları da fason üretim yoluyla bu bağımlılığın sürdüğünü göstermektedir.

Kayıt dışı çalışma, 1995’te Tarım ve Sanayi sektörlerinde yoğunlaşırken, 2024’te ekonominin büyümesine paralel olarak ana ağırlığını Hizmetler ve İnşaat sektörlerine kaydırmıştır. Tablo 1, 2024 verileri üzerinden sektörel yoğunlaşmaları göstermektedir.

Tablo 1: Sektörlere Göre Çalışan Dağılımı ve Kayıt Dışı Yoğunluğu (2024 Yıllık)

Sektör	Çalışan Sayısı Payı (%)	Sektördeki Kayıt Dışı Oranı (%)	Kayıt Dışılığı Artıran Temel Neden
Tarım	14,8	80,8	<i>Yapısal ve Süregelen:</i> Ücretsiz aile işçiliği ve mevsimlik göçmen işgücü.

Hizmet Sektörü	57,9	~18 - 22*	<i>Dijitalleşme ve Yüksek Enflasyon:</i> Dijital işler (kuryeler) ve zorunlu ek iş arayışı.
İnşaat	6,6	~35 - 40*	<i>Yoğun Göçmen İşgücü:</i> Proje bazlı, güvencesiz ve hızlı işgücü ihtiyacı.
Sanayi	20,7	~10 - 15*	Taşeronluk uygulamaları ve küçük imalat atölyelerinde göçmen işgücü kullanımı.
Toplam	~100,0	26,3	

Kaynak: Özcan, 2025; TÜİK, 2025 (2024 yılı Hanehalkı İşgücü İstatistikleri yıllık ortalamalarından hesaplanmıştır. Yıldızlı () değerler, sektör içi alt dalların ortalamasıdır ve yuvarlamalardan dolayı toplamda küçük sapmalar olabilir.)*

Bu çalışmada, resmi istatistik kurumlarının tanımına uygun olarak “kayıt dışı çalışma” ifadesi, sosyal güvenlik kurumuna kaydı olmayan ücretli veya ücretsiz çalışanları ifade etmektedir. Daha geniş bir sosyolojik çerçeve sunan “enformel ekonomi” kavramı ise, kayıt dışılığın yanı sıra, düzenlenmemiş, güvencesiz ve genellikle küçük ölçekli tüm ekonomik faaliyetleri kapsayacak şekilde kullanılmaktadır (Castells & Portes, 1989). Metin boyunca bu iki terim, incelenen bağlama göre yerinde kullanılmıştır.

Özerkmen’in Yapısal Görüşü ve Ana Hipotez: Sürekli Bağımlılık

Özerkmen’in (1996) temel yapısalıcı tezi, kayıt dışı sektörün büyük sermayenin emek gücünü yeniden üretim maliyetini düşürme stratejisiyle doğrudan ilişkili olduğunu savunur. Bu stratejinin merkezinde, “Maliyetleri Dışarı Atma (Cost Externalization)” işlevi yer almaktadır. 2025 koşullarında bu dışsallaştırma, dijital platformlar aracılığıyla yapılmakta; platform kârı alırken, Bağ-Kur prim yükü ve operasyonel riskler "bağımsız girişimci" statüsü altında

çalışana yüklenmektedir. Kayıt dışı sektörün tarihsel olarak bir “Yedek İşgücü Deposu (Rezervuar)” olarak işlev gördüğü (Uzzell, 1980) ve bu rezervuarın 2015 sonrası artan “Uluslararası Göçmen İşgücü” ile küresel bir boyut kazandığı gözlenmektedir (İçduygu & Diker, 2017). Bu durum, Kalleberg’in, (2011) "iyi işlerin" (good jobs) azalması ve standart dışı (non-standard) güvencesiz işlerin yükselişi tezini desteklemektedir.

Tablo 2, kayıt dışı sektörün iki temel işlevinin 1995 ve 2024 dönemlerindeki uygulama biçimlerini özetlemektedir.

Tablo 2: Yapısal İşlevlerin Dönüşümü (1995-2024 Karşılaştırması)

Yapısal İşlev	1995 Dönemi Uygulama Biçimi (Temel Aktörler)	2024 Dönemi Uygulama Biçimi (Yeni Aktörler ve Riskler)
Yedek İşgücü Deposu	Kırdan kente göçle gelen işsiz kitle.	Uluslararası göçmenler ve eğitilmiş dijital güvencesiz çalışanlar.
Maliyetleri Dışarı Atma	İş güvenliğinden ve vergiden kaçınma.	Algoritmik Yönetim ile tüm işveren sorumluluklarından kaçınma (Sosyal Güvenlikten Kaçınma).
Sektörel Odak	Tarım ve Sanayi (Küçük Atölyeler).	Hizmetler (Dijital Platformlar) ve İnşaat.

Kaynak: Özerkmen, 1996; De Stefano, 2016; Araştırma Bulguları

Güncel Gelişmeler ve Makro Dönüşüm Eksenini (1995-2024)

Son otuz yılda yaşanan makro dinamikler: “Neoliberal Esnekleşme” (Boratav, 2023), “Platform Kapitalizmi” (Zuboff, 2019; De Stefano, 2016) ve “Yoğun Göç/Kronik Enflasyon” (TÜİK, 2025) kayıt dışılığın yüzünü değiştirmiş, ancak yapısal işlevini değiştirmemiştir. Tablo 3, bu makro dinamiklerin yarattığı kurumsal ve niteliksel değişimleri özetlemektedir. Fitzgerald & Schor (2023) platform kapitalizminde aşırı

Çalışma ve gelir polarizasyonu üzerine yaptığı analizler, bu yapısal dönüşümün güvencesizliği nasıl derinleştirdiğini göstermektedir. Temel işlevi olan maliyet dışsallaştırma, yasal esnekleşme (Yasal Güvencesizlik), ardından algoritmik yönetim (Algoritmik Güvencesizlik) ve son olarak kronik enflasyon ile (Ekonomik Güvencesizlik) formel sektörün içine sızarak niteliksel olarak derinleşmiştir.

Tablo 3: Kayıt Dışı Ekonomide Makro Dönüşüm Eksenı (1995-2024)

Dönem	Makro Dinamik	Temel Kurumsal Değişim	Güvencesizlik Türü
1995-2010	Neoliberal Esnekleşme ve Dereglasyon	4857 Sayılı İş Kanunu ve özelleştirmeler. Taşeronluk sistemi yasallaştı (Boratav, 2023).	Yasal Güvencesizlik: İş güvencesinin yasal kılıflarla erimesi.
2010-2015	Platform Kapitalizmi ve Dijitalleşme	Akıllı telefonlar ve Rating/Algoritma Yönetimi. Ticari Kanunlar üzerinden iş ilişkisi (Zuboff, 2019; De Stefano, 2016).	Algoritmik Güvencesizlik: Kontrolün teknolojiye devri, itiraz hakkının kaybolması.
2015-2024	Yoğun Göçmen Akını ve Enflasyon şoku	Geçici Koruma Statüsü ve Fiyat İstikrarının Kaybı. Savaş/Kriz Kökenli İşgücü Arzı (İçduygu & Diker, 2017; TÜİK, 2025).	Ekonomik Güvencesizlik: Zorunlu ek iş, reel ücretlerin hızla erimesi.

Tablo 3'te sunulan bilgiler Türkiye'deki kayıt dışı sektörün 30 yıllık süreçte geçirdiği yapısal dönüşümü göstermektedir. zerkmen'in (1996) analizinden sonra, güvencesizlik riskinin önce yasal (taşeronluk), ardından teknolojik (platform) ve son olarak makroekonomik (enflasyon/g) araçlarla nasıl kurumsallaştığını özetlemektedir. Tablo, sektörün niceliksel olarak azalıırken (kayıt dışı oranı), niteliksel olarak farklı ve daha karmaşık güvencesizlik biçimleri kazandığını ortaya koymaktadır.

KURAMSAL ÇERÇEVELERİN İNCELENMESİ

Bu kısım, kayıt dışı sektörün modern görünümelerini açıklamak için “Segmentasyon”, “Prekarya” (Standing G. , 2011) ve “Gözetim Kapitalizmi” (Zuboff, 2019) gibi temel sosyoekonomik kuramları derinlemesine inceler. Amaç, platform ekonomisinin yarattığı “Algoritmik Yönetim ve Statü Arbitraji” mekanizmalarının, işgücü maliyetini dışsallaştırma işlevini nasıl teknolojik bir boyuta taşıdığını kuramsal temellere oturtmaktır.

İşgücü Piyasasının İkiye Ayrılması (Segmentasyon) ve İç Pazarın Rolü

Segmentasyon Kuramı (Doeringer & Piore, 1985), işgücü piyasasını Birincil (merkez) ve İkincil (çevre) olarak ayırır. Bu ayrım tesadüfi değildir; büyük şirketlerin kar maksimizasyonu için bilinçli olarak sürdürülür.

Kayıt dışı sektör, ikincil pazarın en alt katmanını oluşturur ve birinci pazarın ihtiyaç duyduğu düşük maliyetli girdi ve hizmetleri sağlar. Örneğin, birinci pazar bir teknoloji şirketiye, ikincil pazar, o şirketin yemeklerini taşıyan platform kuryelerinden oluşturmaktadır. Tablo 4’te işgücü piyasasındaki segmentasyon yapısı ve Türkiye örnekleri sunulmuştur.

Tablo 4: İşgücü Piyasasında Segmentasyon ve Türkiye Örnekleri

Pazar Türü	Temel Özellikler	Tipik İş Örnekleri (Türkiye)
Birincil Pazar (Merkez)	Yüksek ücret, tam sosyal güvenlik, sendikalaşma imkanı, kariyer güvencesi.	Büyük sanayi şirketlerinin kadrolu mühendisleri, kamu bankalarının üst düzey yöneticileri.
İkincil Pazar (Çevre)	Düşük ücret, güvencesizlik, işten çıkarma kolaylığı, sosyal hak eksikliği.	İnşaat yevmiyecileri, taşeron temizlik işçileri, Esnaf Kuryeler.

Radikal yorumlar (Gordon vd., 1982), bu ayrımın sınıf bilincini bölmek ve sermayenin kontrolünü artırmak amacıyla kasıtlı olarak oluşturulmuş kurumsal bir strateji olduğunu savunmaktadır. Kalleberg (2011), günümüzde bu ikincil pazarın hızla büyüdüğünü ve güvencesiz (precarious) işlerin norm haline geldiğini belirterek, klasik segmentasyon tezinin modern dönüşümünü ortaya koymaktadır.

Güvencesiz Çalışanlar Sınıfı (Prekarya) ve Sosyal Boyut

Guy Standing'in (2011) Prekarya kavramı, sadece düşük gelir ve ekonomik güvencesizlikten ibaret olmayan, aynı zamanda siyasal güvencesizlik boyutunu da vurgulamaktadır. Prekaryanın yaşadığı statü erozyonu (Kimlik Güvencesi eksikliği), Sennett'in (2006) yeni kapitalizm kültüründe esnekliğin karakteri nasıl aşındırdığına dair tespitleriyle örtüşmektedir. Standing'in (2021) COVID-19 sonrası dönemde Prekaryanın kırılganlığına dikkat çekmesi, bu sınıfın ekonomik şoklara karşı ne kadar korumasız olduğunu göstermektedir.

Tablo 5, Prekarya sınıfının Standing (2011) tarafından tanımlanan temel güvencesizlik boyutlarının Türkiye'deki güncel yansımalarını göstermektedir. Bu tablo, güvencesizliğin sadece düşük gelir olmadığını, aynı zamanda Standing'in beş temel güvence boyutunun sistematik olarak reddedilmesi anlamına geldiğini vurgulamaktadır. Türkiye'de özellikle dijital platform işçileri, hem ekonomik hem de psikolojik (Kimlik Güvencesi) ve siyasal (Siyasal Güvence) olarak güvencesiz durumdadır. Bu durum, güvencesizliği sadece yoksul kitlelerin değil, aynı zamanda eğitilmiş gençlerin de sorunu haline getirdiği belirtilmektedir.

Tablo 5: Prekarya Sınıfının Temel Güvencesizlik Boyutları

Temel Güvenceler	Boyut	Açıklama ve Türkiye'ye Yansıması
------------------	-------	----------------------------------

İş Güvencesi	Yasal	İşten çıkarılmaya karşı koruma eksikliği. (<i>Esnaf Kuryenin sözleşmesi yok</i>).
Sosyal Güvence	Kurumsal	Hastalık, emeklilik ve işsizlik sigortası kapsamı dışı olma. (<i>Kuryenin primini kendi ödeme zorunluluğu</i>).
Yetkinlik Güvencesi	Eğitimsel	Sürekli değişen teknoloji ve piyasa talepleri karşısında yeteneklerin hızla eskimesi. (<i>Freelancer'ın sürekli yeni yazılım öğrenme zorunluluğu</i>).
Kimlik Güvencesi	Psikolojik	Çalışmanın bir meslek kimliği kazandırmaması. (<i>Üniversite mezununun kuryelik yaparken yaşadığı statü erozyonu</i>).
Siyasal Güvence	Temsil	Sendikal örgütlenme ve siyasi temsil hakkından sistematik olarak mahrum kalma. (<i>Dijital işçilerin sendikalaşma girişimlerinin yasal engellere takılması</i>).

Kaynak: Standing, 2011; Araştırma bulguları

Yapay Zekâ Kontrolü ve Yasal Boşluktan Yararlanma (Statü Oyunu)

Dijital platformlar, işgücü yönetimini karmaşık algoritmalara devrederek, Zuboff'un (2019) kavramsallaştırdığı “Gözetim Kapitalizmi”nin en keskin biçimini temsil eder. Srnicek (2017) bu durumu, platformların veri üzerinden sağladığı tekeli kontrol ve birikim modeli olarak analiz etmiştir. Wood vd. (2018) tarafından vurgulandığı üzere, bu “Algoritmik Yönetim”, işçilere biçimsel bir “özerklik” sunarken, aslında çalışma süreçlerini daha da yoğun bir kontrol altına almaktadır. Vallas & Schor (2020), platformların sunduğu özerklik illüzyonunun, algoritmik kontrol ve yoğunluk gereksinimi nedeniyle hızla kaybolduğunu ve işçinin gerçekte otonomiye sahip olmadığını göstermiştir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Orta ve Doğu Avrupa bağlamında yapılan çalışmalar (Drahokoupil & Piesna, 2017), platformların güvencesizliği bölgesel düzeyde yaygınlaştırdığını teyit etmektedir. Platformlar, yasal

sorumluluktan kaçınmak için, işgücünü yasal olarak “ticari bir hizmet sözleşmesi” kapsamına sokma stratejisi olan Statü Arbitrajı'nı (De Stefano, 2016) kullanmaktadır. Türkiye’de “Esnaf Kurye” modelinin yaygınlaşması bu stratejinin somut bir örneğidir.

Algoritma, işçiyi görünmez ve içselleştirilmiş bir kontrol altına alır. Foucault'nun Panoptikon analogisine (Çoban, 2008) benzer şekilde, çalışanlar sürekli gözetim altında oldukları hissiyle hareket ederler ve bu durum, otomatik bir öz-disiplin yaratmaktadır. Buradaki temel kontrol mekanizmaları şunlardır:

- *Rating ve Puanlama Sistemleri (Müşteri Kontrolü):* Müşterilerin verdiği puanlar, algoritmanın işçiye daha az sipariş göndermesine, hesabını dondurmasına veya tamamen kapatmasına neden olabilir. Bu sistem, işçinin yegâne sermayesi olan "puanını" kaybetme korkusunu sürekli canlı tutar ve çalışanı, düşük ücretleri veya zorlu siparişleri bile kabul etmeye zorlar. Bu, riskin tamamen bireyselleştirilmesidir.
- *Dinamik Fiyatlandırma ve Ücret Belirsizliği:* Algoritmalar, yoğunluğa, hava koşullarına veya günün saatine göre ücretleri sürekli değiştirir. Bu dinamik fiyatlandırma, işçinin ne kadar kazanacağını önceden hesaplamasını imkânsız hale getirir ve sabit bir gelir güvencesini ortadan kaldırır.
- *GPS Takibi ve Rota Zorunluluğu:* Platformlar, GPS verileriyle çalışanın rotasını, hızını ve molalarını anlık olarak takip eder. Çalışanlar, verimliliği maksimize etmek adına tasarlanmış rotalara uymak zorundadır; sapma durumunda ceza alabilirler. Bu, geleneksel bir patronun fiziksel olarak yapabileceğinden çok daha anlık ve kesin bir cezalandırma biçimidir.

Platform, çalışanı "Bağımsız Girişimci/Esnaf" olarak kaydeder. Böylece İş Kanunu'nun (4857) işçi hakları (kıdem tazminatı, yıllık izin, mesai ücreti, sendikalaşma hakkı) tamamen devre dışı bırakılmış olur. Ayrıca, bu platformlar, hesaplamaları şeffaf olmayan algoritmalar aracılığıyla, çalışanların hak ettiği ücreti dolaylı yollardan kesintiye uğratabilir. İşçi, karmaşık hesaplamayı çözemediği veya itiraz edecek yasal bir muhatap bulamadığı için bu kayıpları kabullenmek zorunda kalabilmektedir.

Tablo 6, dijital platformların geleneksel işverenlere göre kontrol ve risk transferindeki farkını detaylı olarak analiz etmektedir ve dijitalleşmenin kayıt dışı emeğin sömürülme biçimini nasıl optimize ettiğini göstermektedir. Geleneksel kayıt dışılıkta işveren sadece yasaları çiğnerken, platformlar yasal statü oyunu ile sorumluluktan kurtulmakta ve algoritma aracılığıyla çalışan üzerindeki kontrolü artırırken, operasyonel riskleri (motor, yakıt vb.) tamamen çalışana transfer etmektedir. Bu, Özerkmen'in (1996) "Maliyet Dışsallaştırma" tezinin en gelişmiş versiyonudur.

Tablo 6: Dijital Platform Yönetiminde Kontrol ve Risk Transferi Karşılaştırması

Alan	Geleneksel İşveren (Formel)	Dijital Platform (Algoritmik)	Sonuç: Sorumluluktan Kaçış
Yönetim	İnsan amir, mesai saatleri, fiziksel gözetim. (Gözlemlenebilir)	Algoritma (Soyut, görünmez) Müşteri Puanlama (Rating), GPS takibi, Dinamik Fiyatlandırma. (Zuboff, 2019).	Şikâyet ve itiraz mekanizması yok edilir.
Yasal Statü	İş Kanunu'na tabi, Ücretli çalışan.	Ticaret Kanunu'na tabi, Bağımsız Girişimci/Esnaf (De Stefano, 2016).	İşveren sorumlulukları (SGK, izin, kıdem) sıfırlanır.

Operasyonel Risk	İşyeri Sigortası, İşveren Sorumluluğu	Kaza, Aracın Bakımı, Bağ-Kur, SGK primi, trafik cezaları, tamamen çalışana ait.	Tüm maliyet ve riskler bireyselleştirilir.
Ücretlendirme	Sabit saat ücreti/Maaş (Şeffaf).	Dinamik Fiyatlandırma (Belirsiz, şeffaf değil)	Algoritmik Ücret Hırsızlığı riski yaratılır.

Zuboff'un (2019) “gözetim kapitalizmi”, verinin davranışsal artık üzerinden elde edilip tahmin ve kontrol ürünlerine dönüştürüldüğü bir birikim mantığını tanımlamaktadır. Srnicek'in (2017) “platform kapitalizmi” ise, ağ etkileri ve veri tekeli üzerinden çalışan, dijital altyapıyı kontrol eden şirketlerin hakimiyetindeki bir ekonomik modeli işaret eder. Platform işçiliğindeki algoritmik kontrol, gözetim kapitalizminin mantığının, platform kapitalizminin iş örgütlenmesine uygulanmış somut halidir.

YÖNTEM VE VERİ ANALİZİ

Bu çalışmada, Yapısalcı-Tarihsel yaklaşım benimsenerek, kayıt dışılığın yapısal sürekliliğini ve niteliksel değişimini analiz etmek üzere Karma Yöntem (Nicel ve Nitel) kullanılmıştır. Güvencesizliğin derinliğini ölçmek için geleneksel kayıt dışı oran yerine, gizli güvencesizliği gösteren “Atıl İşgücü Oranı” (Geniş Tanımlı İşsizlik) temel ölçüt olarak kullanılmış ve TÜİK verileri ile karşılaştırmalı bir analiz sunulmuştur.

Metodolojik Yaklaşım ve Yapısalcı Tezin Uygulanması

Kullanılan Yapısalcı-Tarihsel Yaklaşım yönteminde, Özerkmen'in (1996) ana tezindeki kayıt dışı sektörün kalıcı ve sistemle bütünleşik bir işlevi olduğu öncülünü alarak, bu işlevin 1995-20245 döneminde nasıl biçim değiştirdiğini analiz etmeye odaklanılmıştır. Nicel Boyut olarak Türkiye

İstatistik Kurumu (TÜİK, 2025) ve Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE, 1988) verileri kullanılırken; Nitel Boyut (Kuramsal Derinlik) olarak Standing (2011) ve Zuboff (2019) gibi kuramcılarının kavramları aracılığıyla sayısal azalmanın neden olduğu “güvencesizlik derinleşmesi”ni açıklamaktır.

Temel strateji, büyük sermayenin yukarıdan aşağıya (top-down) ucuz emek talebi ile işgücünün aşağıdan yukarıya (bottom-up) hayatta kalma ve güvence arayışı arasındaki gerilimi tarihsel olarak izlemek ve bu gerilimin platform ekonomisinde nasıl yeni bir forma dönüştüğünü göstermek üzere bir Süreç İzleme (Process-Tracing) mantığına dayanmaktadır.

Yapısalıcı-tarihsel yaklaşım çerçevesinde, “maliyet dışsallaştırma” mekanizmasının dönüşümünü izlemek için süreç izleme yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, (a) 4857 Sayılı İş Kanunu'nun taşeronluğu yasallaştırması, (b) akıllı telefon ve GPS teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla platform iş modelinin ortaya çıkışı, ve (c) 2015 sonrası kitlesel göç dalgalarının emek arzını dönüştürmesi gibi kilit olay ve süreçlerin, kayıt dışı çalışma pratiklerini formel sektöre nasıl taşıdığı ve güvencesizliği nasıl kurumsallaştırdığı adım adım analiz edilmiştir.

Nitel ve Nicel Veri Kaynakları ve Verilerin Sınıflandırılması

Bu çalışmanın nitel boyutunu oluşturmak üzere, Kocaeli'de faaliyet gösteren iki dijital yemek dağıtım platformunda çalışan 15 “esnaf kurye” ile yarı yapılandırılmış derinlemesine mülakatlar gerçekleştirilmiştir (Aralık 2024-Şubat 2025). Katılımcı seçiminde maksimum çeşitlilik örneklemesi (yaş, eğitim düzeyi, platform deneyimi) kullanılmıştır. Mülakatlar, katılımcıların onayı alınarak kaydedilmiş ve tamamen transkribe edilmiştir. Veriler, tematik analiz yöntemiyle (Braun & Clarke, 2006) değerlendirilmiştir;

öncelikle kodlar oluşturulmuş, ardından bu kodlar alt temalar ve ana temalar (ör: algoritmik kontrol, gelir güvensizliği, örgütlenme engelleri) altında bir araya getirilmiştir. Ayrıca, kayıt dışı istihdamın yoğun olduğu bir imalat bölgesinde 5 işveren/ustabaşı ile kısa odak görüşmeler yapılmıştır. Mülakatlar sonucunda elde edilen nitel bulgular, tematik analiz yöntemiyle değerlendirilerek nicel bulguları bağlamsallaştırmak ve güvencesizliğin öznel deneyimini (algoritmik kontrol, gelir güvencesizliği, örgütlenme engelleri gibi olguları) çalışanların kendi deneyimleri üzerinden anlamak amacıyla kullanılmıştır.

Çalışmanın nicel verileri, güvenilirliği kanıtlanmış birincil kaynaklardan türetilmiştir ve analiz, iki temel dönem arasındaki karşılaştırmalı analize dayanmaktadır. Birinci dönem olan Yapısal Durumu (Neoliberalizm Öncesi) anlamak için, Özerkmen'in (1996) çalışmasına zemin hazırlayan DİE'nin 1988 Hanehalkı İşgücü Anketi (HİA) verileri kullanılmıştır. İkinci dönem olan Dijital Dönüşüm sonrası durumu değerlendirmek için ise, TÜİK'in en güncel (2024 Ortalama) Hanehalkı İşgücü İstatistikleri (Hİİ) setleri, özellikle mevsimsellikten arındırılmış aylık ve yıllık veriler esas alınmıştır (TÜİK, 2025). Çalışma, kayıt dışılığın nicel azalmasının, alttaki güvencesizlik riskinin artmasıyla dengelendiği yönündeki temel tezi desteklemek üzere üç ana değişkeni kullanmıştır: 1) SGK'ya kayıtlı olmayan çalışanların toplam istihdam içindeki yüzdesini ölçen Kayıt Dışı İstihdam Oranı; 2) Güvencesizliğin derinliğini ölçmek için anahtar değişken olan Atıl İşgücü Oranı (Geniş Tanımlı İşsizlik); 3) Kronik yüksek enflasyon döneminde formel sektör çalışanlarının zorunlu çifte çalışma (forced second job) arayışını nicel olarak yakalamak için Atıl İşgücü içindeki alt bileşen olan Zamana Bağlı Eksik İstihdam.

Türkiye İşgücü Piyasası'ndaki yapısal değişimler, Tablo 7'de özetlenmiştir. Tablo, kayıt dışılık oranındaki niceliksel düşüşe rağmen, Atıl İşgücü Oranının yüksekliğini ortaya koyarak güvencesizlik paradoksunu gözler önüne sermektedir.

Tablo 7: Temel Yıllık İşgücü Göstergeleri ve Yapısal Eğilimler (15+ Yaş)

Gösterge (Yıllık Ortalama)	Yaklaşık 1988 Verisi	2024 Yıllık Ortalama	Fark Analizi ve Yapısal Yorum
Toplam İstihdam Sayısı (Milyon Kişi)	~17,0	32,62	İstihdam iki katına çıkmıştır. Ancak istihdam kalitesi düşüktür.
Toplam Kayıt Dışı İstihdam Oranı (%)	~%55	%26,3	Niceliksel düşüş, denetim ve formelleşme çabalarının sonucudur. Ancak gizli enformellik bu orana tam yansımaz.
Tarım Dışı Kayıt Dışı Oranı (%)	~%25	%16,5	Tarım dışındaki düşüş, sektörün dijitalleşme ile nitelik değiştirdiğini gizler.
Atıl İşgücü Oranı (Geniş Tanımlı) (%)	N/A	%26,7	En kritik bulgudur. İşgücünün dörtte birinden fazlasının eksik istihdam/güvencesizlik altında olduğunu kanıtlar.

Kaynak: TÜİK, 2025; DİE, 1988

Kavramsal Ölçüm Stratejisi: Atıl İşgücü Oranının Derinliği

Türkiye'de güvencesizliği en iyi yansıtan gösterge “Atıl İşgücü Oranı (Geniş Tanımlı İşsizlik)”dir (TÜİK, 2025; BMD Araştırma, 2024). Bu oran, geleneksel kayıt dışı oranı (%26,3) yerine gizli güvencesizliği ortaya çıkarmaktadır. Bu oran içindeki “Zamana Bağlı Eksik İstihdamın Rolü” kritiktir; bu bileşen, kayıtlı ve tam zamanlı çalışmasına rağmen, ekonomik zorluklar nedeniyle daha fazla çalışmak isteyen kişileri kapsamaktadır. Bu kitle, kronik enflasyon nedeniyle mecburen akşamları veya hafta sonları kayıt dışı ek iş arayan formel sektör çalışanlarının varlığını göstermektedir.

Tablo 8’de, Atıl İşgücü Oranı’nın bileşenleri ve her bir bileşenin güvencesizlik riskindeki payı verilmiştir. TÜİK 2025 verilerine dayanan bu tablo, Türkiye’deki gerçek istihdam sorununu göstermek için Dar Tanımlı İşsizlik Oranının (%8,5) yetersiz kaldığını kanıtlamaktadır. Atıl İşgücü Oranının (%26,7) kayıt dışı istihdam oranı (%26,3) ile neredeyse eşit olması, güvencesizliğin niceliksel olarak azalmadığını, sadece formel bir maske altına girdiğini ortaya koymaktadır. En kritik bulgu, Zamana Bağlı Eksik İstihdamın (%4,2) yüksekliğidir. Bu grup, güvenceli bir işe sahip olmasına rağmen reel gelirinin erimesi nedeniyle Zorunlu Çifte Çalışma arayışında olan formel işçileri temsil etmektedir. Bu durum, güvencesizliğin Özerkmen’in bahsettiği marjinal alanlardan, formel sektörün çekirdeğine doğru yayıldığının en somut kanıtıdır.

Tablo 8: Atıl İşgücü Bileşenleri ve Güvencesizlik Mekanizması

Bileşen	Oran (%)	Yasal Statü	İlişkili Güvencesizlik Mekanizması
Zamana Bağlı Eksik İstihdam	4,2	Çoğunlukla Kayıtlı	Kronik Enflasyon ve Düşük Reel Ücretler
Dar Tanımlı İşsizler	8,5	İşsiz	Yapısal Uyuşmazlık ve Yetersiz Talep
İş Aramayıp Çalışmaya Hazır Olanlar	9,0	Pasif İşgücü	Uzun Vadeli Ümitsizlik
Potansiyel İşgücü	5,0	Pasif İşgücü	Gizli Emek Gücü Rezervuarı
TOPLAM ATIL İŞGÜCÜ	26,7	-	Güvencesizliğin Toplumsal Yayılımı

Kaynak: TÜİK, 2025 (2024 yılı dördüncü çeyrek ortalaması)

DETAYLI YAPISAL ANALİZ: ESNEK ÇALIŞMA UYGULAMALARININ YAYILMASI

Bu bölümde, 2000’li yılların başındaki neoliberal politikaların ve yasal düzenlemelerin (özellikle 4857 Sayılı İş Kanunu), kayıt dışı pratikleri formel işgücü piyasasına

(taşeronluk) nasıl taşıdığını analiz edilmiştir. Taşeronluk sisteminin kurumsallaşması ve kamu kuruluşlarının özelleştirilmesi yoluyla, yasal güvencesizliğin nasıl bir kurum olarak işlediği ve işçi haklarını, özellikle sendikal örgütlenme ve kıdem güvencesini nasıl aşındırdığı incelenmiştir.

4857 Sayılı İş Kanunu ve Taşeronlaşmanın Kurumsallaşması

2003 yılında yürürlüğe giren 4857 Sayılı İş Kanunu, taşeronluk sistemi ile büyük firmaların kayıt dışı uygulamaları yasal bir kılıf altında formel alana taşınmasına olanak sağlamıştır. Bu süreçte kurumsallaşan taşeronluk sistemi, alt yüklenicilik zincirleri oluşturarak büyük firmaları işçi sorumluluğundan birkaç adım uzağa itmiştir; bu yayılım, sadece inşaat veya tekstil gibi mavi yakalı sektörlerle sınırlı kalmamış, aynı zamanda bilişim (IT), çağrı merkezleri ve bankacılık gibi beyaz yakalı işleri de güvencesizleştirmiştir. Bu sistem, Sendikal Parçalanmaya yol açmış ve işçinin Kıdem Güvencesini eritmiştir. Kepenek'in (2023) çalışmaları, neoliberal dönemde Türkiye'deki emek rejiminin nasıl esneklik lehine dönüştüğünü detaylıca ortaya koymuştur. Bu yasal güvencesizleşme süreci, Güdek-Gölçek'in (2019) Türkiye'deki yeni iş ilişkileri ve güvencesizlik artışı analizleriyle de örtüşmektedir.

Tablo 9'da verilen bilgilerle, taşeronluk sisteminin İş Kanunu'nun yasal korumalarını nasıl işlevsizleştirdiğini detaylandırılmıştır. Tablo 9'daki bilgiler incelendiğinde taşeronluğun, temel olarak “kurumsal kayıt dışılaştırma” aracı olduğu görülmektedir. Yasal olarak formel görünen bu sistem, kıdem, sendika hakkı ve iş güvenliği gibi en temel işçi haklarını aşındırarak, güvencesizliği formel sektörün çekirdeğine yerleştirmiştir.

Tablo 9: Taşeronluk Sisteminin İşgücü Piyasasına Etkisi (4857 Sayılı Kanun Çerçevesinde)

Konu Başlığı	Etki Mekanizması	Sonuç
Sendikal Örgütlenme	Asıl işveren, işçiyi taşeronla devrederek toplu iş sözleşmesi kapsamı dışına çıkarır.	İşçinin sendikal hakkı zayıflar, pazarlık gücü düşer.
Ücret Baskısı	Taşeron firmalar arasındaki rekabet, en düşük fiyatı vermek için işçi ücretlerini baskılar.	Formel sektörde bile ücretler düşer, kar marjı artar.
İş Güvenliği	Alt işverenler, düşük maliyet hedefiyle iş güvenliği önlemlerinden taviz verir.	İş kazası oranları yükselir (Özellikle İnşaat'ta).
Kıdem Güvencesi	İşçi, formel ana firmada değil, sürekli değişebilen taşeron firmada çalıştığı için kıdem biriktiremez.	İşçi, ekonomik istikrarsızlığa açık hale gelir.

Kamu Kuruluşlarının Özelleşmesi ve Güvenli İşin Kaybı

Özelleştirmeler, sadece istihdamı azaltmakla kalmamış, aynı zamanda emeklilik ve sosyal güvenlik sisteminin finansman dengesini de derinden sarsmıştır. KİT'lerin ortadan kalkması, özel sektörün ücretleri düşürmesine zemin hazırlamıştır (Boratav, 2023; Kepenek, 2023). Onaran & Oyvat (2016), Türkiye'deki neoliberal dönüşümün siyasi ekonomisinin, işgücü maliyetlerini düşürme stratejisini kamudan özele nasıl taşıdığını kapsamlı bir şekilde incelemiştir.

Özelleştirme sonrası işten çıkarılan, deneyimli ve yüksek kıdemli işçilerin erken emekliliğe zorlanması, SGK'nın pasif sigortalılara (emeklilere) ödediği yükü aniden artırmıştır. Bu durum, özelleştirmenin sosyal maliyetinin devlete ve kamu bütçesine yüklendiği anlamına gelmektedir. KİT'ler, bulundukları bölgelerde ve sektörlerde ücretler ve sosyal haklar açısından bir “çıpa kurum” (anchor institution) görevi görmekteydi. Bu kurumların ortadan kalkması, özel sektörün ücretleri ve çalışma koşullarını serbestçe düşürmesine zemin hazırlamıştır.

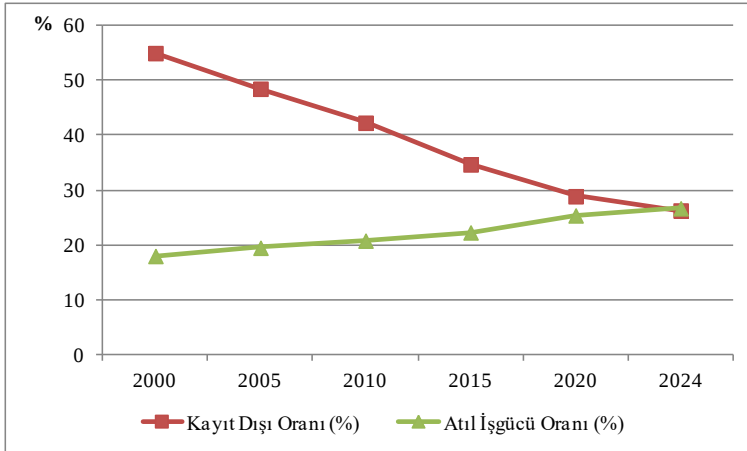
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm, nicel olarak azalan kayıt dışı istihdam oranına rağmen, güvencesizliğin dijital platformlar aracılığıyla nasıl niteliksel olarak derinleştiğini ortaya koyan temel bulguları tartışır. Geleneksel sokak satıcısı ile dijital esnaf kurye arasındaki “Operasyonel Sermaye ve Risk Transferi” farkı analiz edilerek, modern güvencesizliğin “Sermaye-Risk Tersine Çevrilmesi” yoluyla işçinin tüm riski üstlendiği, ancak platformun tüm kontrolü elinde tuttuğu bir modeli yarattığı kanıtlanmıştır.

Kayıt Dışılığın Uzun Vadeli Seyri ve Niteliksel Kırılma

Resmi kayıt dışı istihdam oranı 1995'ten bu yana sürekli bir düşüş eğilimi göstermekle birlikte, bu düşüşün altında niteliksel bir dönüşüm yatmaktadır. Aşağıda verilen Grafik 1, 2000-2024 yılları arasında kayıt dışı istihdam oranı ile Atıl İşgücü Oranı'nın seyrini göstermektedir.

Grafik 1: Kayıt Dışı İstihdam Oranı ve Atıl İşgücü Oranı Eğilimleri (2000-2024)



Grafik 1, çalışmanın temel paradoksunu görselleştirmektedir. 2000'li yılların başında kayıt dışı istihdam oranı (%55 civarı) ile Atıl İşgücü Oranı (geniş tanımlı işsizlik, ~%15-20) arasında yaklaşık 35 puanlık bir makas bulunmaktaydı. Bu dönemde, kayıt dışı çalışma "görünür" ve yaygın bir olguyken, istatistiklere yansıyan işsizlik ve eksik istihdam nispeten daha düşüktü. Ancak 2005 sonrası, özellikle 2010'dan itibaren, iki eğri birbirine yakınsamaya başlamıştır.

Bu yakınsamanın anlamı şudur: Resmi kayıt dışılık azalırken (formelleşme, denetim artışı), bu sefer güvencesizlik, işsizlik, eksik istihdam ve ümitsiz işsizlerden oluşan "Atıl İşgücü" havuzunda kendine yeni bir ifade bulmuştur. 2024'te iki oranın neredeyse eşitlenmesi (%26,3 ve %26,7), güvencesizliğin biçim değiştirdiğini ama ortadan kalkmadığını kanıtlar. Kayıt dışılık, formel istatistiklerden "gizlenerek" ve daha karmaşık güvencesizlik biçimlerine (platform işçiliği, zorunlu ek iş) bürünerek varlığını sürdürmektedir. Dijital platformların yükselişi (2010-2015) ile Atıl İşgücü Oranı'ndaki artışın kesişmesi, bu yeni formun istihdam piyasasına etkisini göstermektedir.

Dijital Güvencesizlik (Prekarya) ve Geleneksel Kayıt Dışılık Farkı

Geleneksel ve dijital güvencesizlik arasındaki temel ayrım, sermaye ve riskin paylaşım biçiminde yatmaktadır. Dijital platformlar, sermayenin yükünü tamamen işçiye yüklerken, kontrolü tamamen kendisine çekmek suretiyle, kayıt dışı sektörün en büyük dönüşümünü gerçekleştirmiştir. Bu, Özerkmen'in (1996) maliyet dışsallaştırma tezinin, teknoloji ile optimize edilmiş halidir.

Tablo 10 Türkiye'de kayıt dışı ekonominin 1995'teki geleneksel formu ile 2024'teki dijital formunu, Risk Transferi Analizi perspektifinden karşılaştırmaktadır. Bu karşılaştırmalı

analiz tablosu.kayıt dışı ekonominin yapısal işlevinin (maliyet dışsallaştırma) sürekliliğini ancak uygulama biçiminin niteliksel olarak dönüştüğünü net bir şekilde gösterir. Hem 1995'in sokak satıcısı hem de 2024'ün esnaf kuryesi, sosyal güvenlik riskini tamamen bireye yükleyerek büyük sermayenin maliyet avantajını korur. Ancak dönüşüm, sermaye ve denetimde yaşanmıştır: Sokak satıcısının düşük operasyonel sermayesine karşın, esnaf kurye yüksek motorlu taşıt yatırım yükünü üstlenmek zorunda kalmış, bu da riski artırmıştır. Ayrıca, harici ve kesintili olan geleneksel denetim, 2024'te algoritma tabanlı sürekli gözetimle (Gözetim Kapitalizmi) içselleştirilerek, işçinin özerkliği tamamen yok edilmiş ve güvencesizlik derinleştirilmiştir.

Tablo 10: Geleneksel ve Dijital Güvencesiz Çalışmanın Risk Transferi Analizi

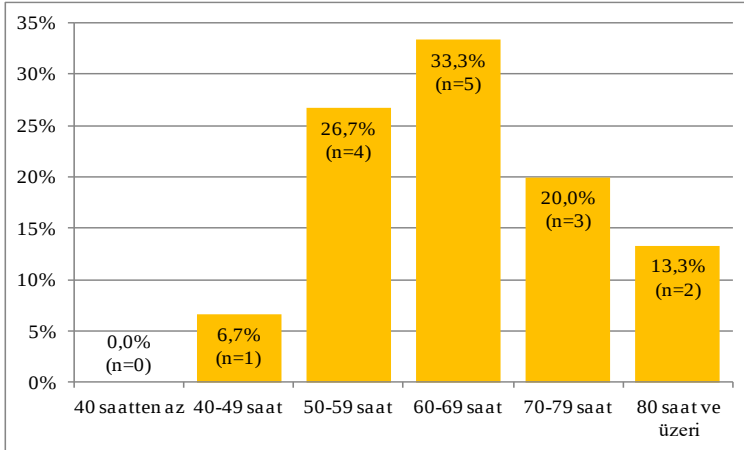
Kriter	1995 Geleneksel (Sokak Satıcısı)	2024 Dijital (Esnaf Kurye)	Risk Transferi Analizi
Sosyal Güvenlik Yükümlülüğü	İşçiye ait (Bağ-Kur veya yok).	İşçiye ait (Zorunlu Bağ-Kur).	Değişmedi.
Operasyonel Sermaye (Girdi)	Düşük (Tezgah, ürün).	Yüksek (Motor, akaryakıt, bakım, araç kaskosu).	Sermaye yatırım yükü işçiye transfer edildi.
Denetim Mekanizması	Polis/Belediye (Harici, kesintili).	Algoritma (Dahili, sürekli Gözetim Kapitalizmi).	Kontrol, içselleştirildi ve sürekli baskı haline getirildi.

Grafik 2’de nitel araştırma kapsamında görüşülen 15 esnaf kuryenin (platform çalışanının) çalışma saatleri dağılımı verilmiştir. Bu grafiğe göre aşırı çalışmanın norm haline geldiği görülebilmektedir. Grafik 2, Tablo 10'da verilen teorik “kontrol mekanizması” dönüşümünün somut sonucunu göstermektedir.

Nitel araştırmaya katılan esnaf kuryelerin hiçbiri haftada 40 saatin altında çalışmamaktadır. Örneklemdeki çalışanların çoğunluk (%66 – 10 kişi) haftada 60 saatin üzerinde, önemli bir kısmı ise 70 saate yakın veya üzerinde çalışmaktadır. Bu durumun iki temel nedeni vardır: 1) Ekonomik Zorunluluk: Dinamik fiyatlandırma ve düşük taban ücretler, tatmin edici bir gelire ulaşmak için çok uzun saatler çalışmayı gerektirir. 2) Algoritmik Teşvik ve Disiplin: Platformların belirlediği “teşvik” hedefleri (örneğin, belirli bir sürede X teslimat) ve düşük puan/rating cezaları korkusu, çalışanları sürekli ve yoğun çalışmaya itmektedir.

Bu bulgu, “bağımsız girişimci” statüsünün, İş Kanunu'nun çalışma süresi sınırlarını ve fazla mesai ücreti hakkını fiilen ortadan kaldırdığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle; gözlenen bu durum platform çalışanının yasal çalışma süreleri koruması dışına itildiğinin somut göstergesidir. Gelir hedeflemek veya platformun teşvik sistemlerine yetişmek için bu uzun saatlere razı olunmaktadır.

Grafik 2: Platform Çalışanlarının Haftalık Çalışma Saatleri Dağılımı (Nitel Araştırma Örneklemi, n=15)



Tablo 11, dijital güvencesizliğin en belirgin özelliklerinden biri olan gelir istikrarsızlığını nicelendirmektedir. Aylık Gelir Değişkenliği, bir işçinin geleceğini planlamasını imkansız kılar ve finansal güvencesizliği kronikleştirir. "Teşvik Tuzağı", platformların kontrol mekanizmasının nasıl çalıştığını gösterir: Gerçekçi olmayan hedeflerle çalışanı aşırı çaba göstermeye zorlar, ancak çoğu zaman bu çaba ek ödüle dönüşmez. Bu, bir tür "ücretsiz artık emek" sömürüsüdür. Dinamik Fiyatlandırmadan Kaynaklı Belirsizlik ise, ücretin nesnel kriterlerle (mesafe, emek) değil, platformun anlık algoritmik kararlarıyla belirlendiğini, dolayısıyla çalışanın pazarlık gücünü ve ücret üzerindeki kontrolünü tamamen kaybettiğini ortaya koyar. Bu üç gösterge, işçinin hem ekonomik hem de psikolojik güvencesizliğini derinleştiren bir mekanizmayı belgeler.

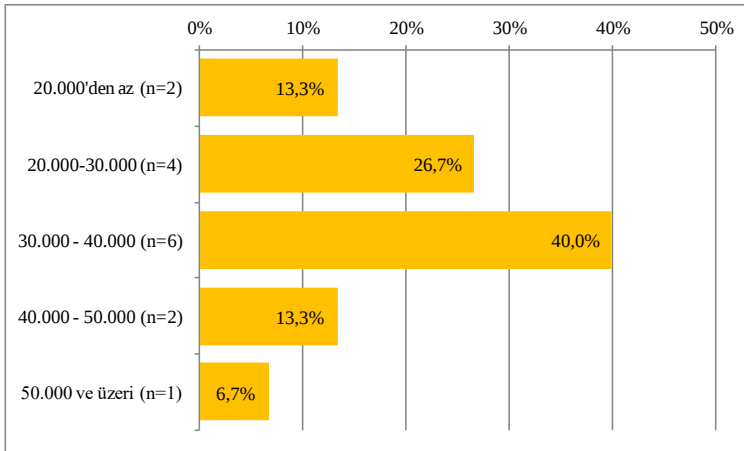
Tablo 11: Platform Çalışanlarının Gelir Dalgalanmaları (Nitel Veriden Örneklem, n=15)

Gelir Güvencesizliği Göstergesi	Ortalama Yaygınlık	Açıklama
Aylık Gelir Değişkenliği (Standart Sapma)	~%40-60	Gelir, haftalık/müşteri puanlarına, hava durumuna ve platformun teşvik politikalarına bağlı olarak büyük dalgalanmalar gösteriyor.
"Teşvik Tuzağı" Deneyimi	14/15 (%93)	Platformun belirli bir sürede belirli sayıda teslimat için verdiği ek ücret (teşvik), genellikle gerçekleştirilmesi çok zor koşullara bağlanıyor. Çoğu zaman hedefe ulaşamadığı için bu ek gelir elde edilemiyor.
Dinamik Fiyatlandırmadan Kaynaklı Belirsizlik	15/15 (%100)	Aynı mesafedeki bir teslimatın ücretinin günün saatine, talebe göre değişmesi, gelirin öngörülebilirliğini tamamen ortadan kaldırıyor.

Kaynak: Araştırma nitel görüşmelerinden tematik analiz sonuçları

Grafik 3, platform çalışanlarının gelir dağılımının geniş bir yelpazeye yayıldığını ve önemli bir kesimin asgari ücrete yakın veya altında gelir elde ettiğini ve ayrıca Tablo 11'deki dalgalanma olgusunun, farklı gelir gruplarına nasıl yansıdığını ve sektördeki gelir eşitsizliğini göstermektedir. Çalışanların yalnızca %20'si aylık 40.000 TL'nin üzerinde net gelir elde edebilmektedir. En kalabalık grup (%40) 30.000-40.000 TL bandındadır ki, bu gelir yüksek çalışma saatleri (Grafik 2) ve yüksek operasyonel maliyetler (Tablo 10) düşüldüğünde, saatlik ücreti asgari ücret seviyesine veya altına düşürebilmektedir. %13,3'lük kesimin 20.000 TL altında geliri ise, bu işin yoksulluk riskini barındırdığını göstermektedir. Grafik, platform ekonomisinin “esnek ve yüksek kazanç” vaadinin, çoğunluk için geçerli olmadığını, aksine geniş bir kesim için düşük ve istikrarsız gelir anlamına geldiğini ortaya koymaktadır. Yapılan hesaplama göre operasyonel maliyetler (yakıt, bakım, sigorta) düşüldükten sonra ortalama aylık net kazanç 32.333 ± 10.612 (TL) olarak elde edilmiştir.

Grafik 3: Platform Çalışanlarının Aylık Net Kazanç Dağılımı



Tablo 12, “prekarya”nın homojen olmadığını, farklı demografik grupların platform işçiliğine farklı nedenlerle girdiğini ve farklı türden güvencesizlikler deneyimlediğini göstermektedir. *Genç Segment*: İşsizliğe bir alternatif olarak görür, ancak geleceksizlik ve beceri kazanamama (yetkinlik erozyonu) riski taşır. Bu, uzun vadeli güvencesizliği pekiştirir. *Orta Yaş, Formel İşten Geçiş Segmenti*: Bu grup için güvencesizliğin en ağır boyutu "kimlik güvencesi" kaybıdır. Eğitimli ve daha önce statü sahibi olan bu kesim, zorunlu ekonomik nedenlerle girdiği bu işte ciddi bir statü erozyonu yaşar. *Göçmen İşçi Segmenti*: Dil engeli ve yasal statü belirsizliği nedeniyle en savunmasız gruptur. Sosyal güvenceden tamamen yoksun olmaları, güvencesizliklerini katmerleştirir. “Güvencesizlik Endeksi” kavramsal derecelendirmesi, bu farklı deneyimlerin göreceli şiddetini özetlemeyi amaçlamaktadır.

Tablo 12: Dijital Platform Çalışanlarının Demografik Profili ve Güvencesizlik Endeksi (Model)

Demografik Segment	Eğitim Düzeyi (Ort.)	Ortalama Haftalık Çalışma Saati	Güvencesizlik Endeksi*	Başlıca Kaygılar
Genç (18-25)	Lise / Ön Lisans	55-70	Yüksek	İşsizlik alternatifi olarak görülüyor. Gelecek kaygısı, yetkinlik erozyonu.
Orta Yaş, Formel İşten Geçiş (35-50)	Lisans	45-60	Çok Yüksek	Statü kaybı, kimlik güvencesi eksikliği. Zorunlu ek gelir kaynağı.
Göçmen İşçi (Her yaş)	Düşük	60-80	En Yüksek	Dil engeli, yasal statü belirsizliği, sosyal güvenceden tamamen yoksun olma.

Kaynak: Araştırma nitel verilerinden sentezlenmiştir. Güvencesizlik Endeksi: Gelir değişkenliği, sosyal güvence eksikliği, çalışma süresi ve psikolojik stres faktörlerine dayalı kavramsal bir derecelendirme.

Teknolojik Yalnızlık ve Örgütlenememe Sorunu

Dijitalleşme, işgücünü coğrafi olarak dağıtırken, aynı zamanda sosyal dayanışmayı da parçalamıştır; bu duruma Emeğin Atomizasyonu (Atomization of Labour) denir (Graham vd., 2017). Platformlar, işçiler arasındaki iletişimi teknik olarak engeller ve onların birbirlerinin ücretlerini öğrenmesini zorlaştırır; bu atomizasyon, kolektif bilincin oluşmasını ve sendikal faaliyetlerin tabandan yükselmesini engeller. Bu durum, Benkler'in (2006) ağ merkezli üretim (networked production) modelinin, ekonomik faydaları dışında işgücü örgütlenmesi üzerindeki negatif etkilerini göstermektedir.

Tablo 13, dijital prekaryanın neden örgütlenmekte ve dayanışma göstermekte zorlandığını yapısal nedenleriyle açıklamaktadır. Geleneksel kayıt dışı çalışanlar (çarşı esnafı) bir fiziksel mekânı paylaşır, bu da iletişim, bilgi paylaşımı ve kolektif kimlik oluşumu için zemin hazırlar. Dijital işçiler ise coğrafi olarak dağınıktır ve platformlar genellikle doğrudan iletişim kurmalarını engelleyen uygulamalar kullanır. Geleneksel modelde ortak bir meslek kimliği güçlüyken, platformlar işçilere "girişimci" oldukları illüzyonunu vererek bu kolektif kimliği zayıflatır. Bilgi akışı gelenekselde nispeten şeffafken (herkes birbirinin ne kazandığını tahmin edebilir), dijitalde algoritma bir "kara kutu"dur; ücret formülleri ve performans değerlendirmeleri şeffaf değildir. Son olarak, işverenle temas gelenekselde doğrudan ve kişiseldir, oysa dijitalde aracı algoritmadır, şikayet ve pazarlık için bir muhatap yoktur. Bu dört engel, sendikalaşma ve toplu hak arayışının önünde aşılması güç duvarlar oluşturur.

Tablo 13: Geleneksel ve Dijital Kayıt Dışılıkta Örgütlenme Engelleri Karşılaştırması

Örgütlenme Boyutu	Geleneksel Kayıt Dışılık (Örn: Çarşı Esnafı)	Dijital Platform Çalışanları	Engel Seviyesi	İlgili Literatür
Fiziksel Buluşma Mekanı	Sabit (çarşı, pazar yeri)	Yok (coğrafi dağınıklık)	Dijitalde Çok Yüksek	• Graham vd. (2017) - Dijital emeğin atomizasyonu • Benkler (2006) – Ağ bazlı üretimin olumsuz etkileri
Ortak Kimlik Hissi	Güçlü (meslektaşlık)	Zayıf ("girişimci" illüzyonu)	Dijitalde Yüksek	• De Stefano (2016) - Statü arbitrajı; • Vallas & Schor (2020) - Platformların kimlik oluşumu üzerindeki etkisi • Standing (2011) – Kimlik eksikliği, güvencesizlik
Bilgi Akışı ve Şeffaflık	Nispeten yüksek (ücretler gizli değil)	Çok düşük (algoritma kara kutu)	Dijitalde Çok Yüksek	• Wood vd. (2018) - Algoritmik kontrol ve şeffaflık eksikliği
İşverenle Doğrudan Temas	Var	Yok (algoritma aracılı)	Dijitalde Mutlak	• Vallas & Schor (2020) - Platformların aracı rolü • Araştırma bulguları

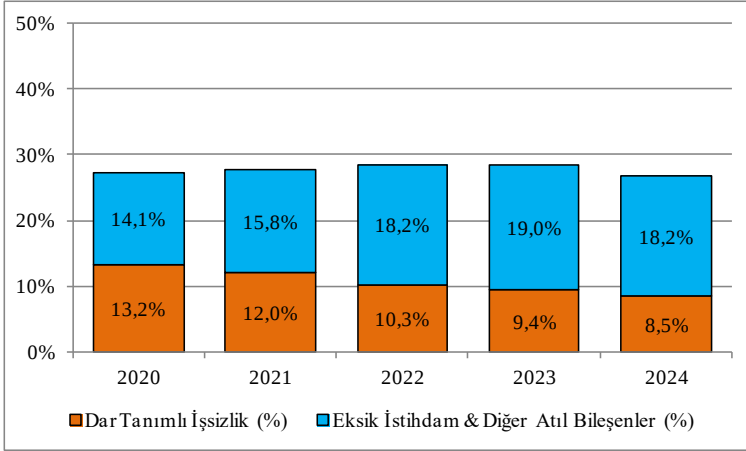
Türkiye işgücü piyasasında son beş yılda yaşanan niteliksel dönüşümün en kritik kanıtını Atıl İşgücü Bileşenlerinin Yıllara Göre Değişimi tablosu sunmaktadır (Tablo 14). Bu tabloya göre atıl işgücü oranının 2020-2024 döneminde yüksek seviyelerde (%26,7–%28,5 aralığında) seyrettiği görülmektedir.

Grafik 4’te gösterildiği üzere iki bileşenin zıt yönlü trendleri net olarak görülmektedir: 2020-2024 döneminde Dar Tanımlı İşsizlik Oranı düşerken (%13,2→%8,5), Eksik İstihdam ve Diğer Atıl Bileşenlerin toplamı artmıştır (%14,1→%18,2). Bu, işgücü piyasasındaki sorunun niteliğinin değiştiğini gösterir. İnsanlar "işsiz" statüsünden çıkıyor, ancak "eksik istihdam" edilmiş (yani, mevcut işiyle tam kapasite çalışmayan veya daha fazla çalışmak isteyen) veya "ümitsiz işsiz" (artık iş aramayan) statüsüne geçiyor. Buradaki en kritik bileşen “*Zamana Bağlı Eksik İstihdam*”dır. Bu grup, tam zamanlı ve genellikle kayıtlı bir işi olduğu halde, gelirinin yetersizliği nedeniyle daha fazla çalışmak istediğini beyan eden kişilerden oluşur. Bu kişiler, yüksek enflasyon karşısında alım gücü eriyen memur, öğretmen, hemşire gibi orta sınıf formel çalışanlardır. Bu grafik, güvencesizliğin artık sadece kayıt dışı sektörün değil, formel sektör çekirdeğinin de sorunu haline geldiğini ve insanları zorunlu olarak ikinci (çoğunlukla kayıt dışı) bir iş aramaya ittiğini istatistiksel olarak kanıtlamaktadır.

Tablo 14: Atıl İşgücü Bileşenlerinin Yıllara Göre Değişimi (2020-2024)

Yıl	Dar Tanımlı İşsizlik (%)	Eksik İstihdam & Diğer Atıl Bileşenler (%)	Toplam Atıl İşgücü (%)
2020	13,2	14,1	27,3
2021	12,0	15,8	27,8
2022	10,3	18,2	28,5
2023	9,4	19,0	28,4
2024	8,5	18,2	26,7

Grafik 4: Atıl İşgücü Bileşenlerinin Yıllara Göre Değişimi



MAKRO DİNAMİKLER VE KAYIT DIŞI SEKTÖRÜN SEKTÖREL ANALİZİ

Bu kısım, Türkiye ekonomisini son yıllarda etkileyen iki büyük makro şokun (Yoğun Göçmen İşgücü Arzı ve Kronik Yüksek Enflasyon) kayıt dışı sektörü nasıl beslediğini inceler. Göçmen emeğin, özellikle düşük vasıflı sektörlerde ücretler üzerinde aşağı yönlü baskı yarattığı (Damping Etkisi) ve enflasyonun, formel çalışanları Zorunlu Çifte Çalışma arayışına iterek güvencesizliği orta sınıfa yaydığı gösterilmiştir.

Uluslararası Göç ve Ücret Baskısı Mekanizması

Türkiye'deki yoğun göç, emek piyasasında iki kademeli (two-tier) bir yapı oluşturmuştur (İçduygu & Diker, 2017). Göçmen işgücünün yoğunlaştığı sektörlerde (tekstil, inşaat) yerli işgücünün ücretleri üzerinde doğrudan bir aşağı yönlü baskı (Damping Etkisi) yarattığı gözlemlenmektedir

(Kayaoğlu, 2020). Ceritoğlu vd. (2017) Suriyeli mültecilerin Türkiye emek piyasasına etkileri üzerine yaptığı ekonometrik analizler, özellikle düşük vasıflı işlerde ücretler üzerinde negatif baskı oluştuğunu istatistiksel olarak teyit etmiştir. Bu, kayıt dışılığı sadece yerel bir mesele değil, aynı zamanda küresel bir emek hareketliliği sorunu haline getirmiştir.

Kronik Yüksek Enflasyon ve Zorunlu Çifte Çalışma Mekanizması

Türkiye'nin 2020-2025 döneminde yaşadığı kronik ve yüksek enflasyon, kayıt dışı sektörü tetikleyen en önemli etmen olmuştur. Reel ücretlerdeki erime nedeniyle formel sektör çalışanlarının dahi alım gücü düşmüş, bu durum bir Hayatta Kalma Stratejisi (Lévy-Garboua & Montmarquette, 2004) olarak Zorunlu Çifte Çalışma (Forced Second Job) arayışını tetiklemiştir.

Örneğin, Geleneksel olarak güvenceli kabul edilen orta sınıf çalışanlar (öğretmenler, memurlar, teknik personel) zorunlu olarak akşamları platform işlerine, ders vermeye veya küçük kayıt dışı ticarete yönelmiştir. Bu durum, kayıt dışı sektörün sosyal tabanını beklenmedik bir şekilde genişletmiştir. Orta sınıfın kayıt dışına akışı, formel sektördeki gizli işsizliği ve yetersiz çalışmayı açığa vurmaktadır.

Yüksek enflasyon ortamında yapılan yatırımlarında da bir yavaşlama olmaktadır. İşgücü maliyeti düşük kaldığı sürece, şirketler otomasyon ve teknoloji yatırımı yapma konusunda isteksiz olur. Kayıt dışı işgücünün ucuzluğu, sermayenin verimlilik yerine ucuz emek sömürüsüne odaklanmasına yol açar ve ülkenin uzun vadeli kalkınmasını engeller. Ayrıca, enflasyon, sermayenin değil, emek gücünün riskini daha da artırmaktadır. İşçinin elde ettiği sabit maaş erirken, sermaye (gayrimenkul, döviz) değerini koruma eğilimi göstermektedir.

Tablo 15, yüksek enflasyonun farklı çalışan segmentleri üzerindeki kırılmaları ve bu kırılmaların kayıt dışı sektör üzerindeki tetikleyici etkisini göstermektedir. Tablo 15, enflasyonun bir yandan formel işçileri (orta sınıf) kayıt dışı ek iş aramaya iterek arzı artırdığını, diğer yandan platform işçilerini daha fazla çalışmaya zorlayarak sömürüyü derinleştirdiğini gösterir. İşveren cephesinde ise, reel ücretlerin düşmesi, teknoloji ve verimlilik yatırımlarını gereksiz kılarak yapısal sorunları kalıcı hale getirir.

Tablo 15: Yüksek Enflasyonun İşgücü Piyasasındaki Kırılmaları (2020-2025)

Çalışan Segmenti	Etki	Tepki (Kayıt Dışı Mekanizma)	Sonuç
Formel İşçi (Maaşlı)	Reel alım gücünün erimesi.	<i>Zamana Bağlı Eksik İstihdama Kayıt:</i> Zorunlu ek iş arayışı	Güvencesizlik orta sınıfa yayılır.
Platform İşçisi	Yakıt, araç bakım ve Bağ-Kur maliyetlerinin hızla artması.	<i>Aşırı Çalışma:</i> Daha az dinlenme, daha uzun mesai.	Algoritmik sömürüyü derinleştirir.
İşveren/Sermaye	İşgücü maliyetinin reel olarak düşmesi.	<i>Teknoloji Yatırımı Tembelliği:</i> Ucuz emek sömürüsüne devam.	Yapısal kalkınmayı engeller.

Dijital Hizmet Sektörü İçinde Farklılaşan Güvencesizlik Biçimleri"

Platform bazlı çalışma homojen değildir. Yemek/kurye hizmetleri (Getir, Yemeksepeti vb.), fiziki sermaye (araç) yükü ve trafik riskiyle yüksek bedensel güvencesizlik taşıırken; freelance bilgi işleri (Upwork, freelance yazılım) zihinsel sömürü, sürekli yetkinlik yenileme baskısı ve gelir dalgalanması riskini öne çıkarır. Bu alt alanlarda çalışanların demografik yapısı, eğitim düzeyi ve karşılaştıkları spesifik algoritmik kontrol mekanizmaları (ör. yazılım testleri, portfolyo puanlaması) farklılaşmakta,

dolayısıyla güvencesizliğin deneyimleniş biçimi ve çözüm arayışları da çeşitlenmektedir.

SONUÇ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ (Yapısal Süreklilik ve Kurumsal Müdahale)

Bu bölümde, makalenin temel tezi olan kayıt dışılığın kalıcı işlevi özetlenmekte ve dijitalleşmenin yarattığı yeni güvencesizlik biçimlerine karşı yapısal çözüm önerileri sunulmaktadır. Öneriler, Platform Kapitalizminin hukuki düzenlenmesi (Çürütülebilir Varsayım İlkesi), Algoritmik Kararlara İtiraz Hakkı ve makroekonomik istikrarın sağlanarak Zorunlu Çifte Çalışmanın önlenmesi gibi somut politika adımlarını içermektedir.

Dijital Platform Emek Piyasasının Yapısal Hukuki Düzenlenmesi

Dijital platformların yürüttüğü Statü Oyunu'nu sonlandırmak için, uluslararası hukuktaki güncel yaklaşımlar temel alınmalıdır. Prassl (2018) tarafından detaylıca incelendiği gibi, gig ekonomisinde işgücünü “Hizmet Olarak İnsan” gibi gösterme eğilimi, yasal statüyü belirsizleştirmektedir. Bu kapsamda, Çürütülebilir Varsayım İlkesinin (AB Direktifi Modeli) benimsenmesi önerilir; bu ilke, platformla kurulan ilişkinin, aksi platform tarafından ispat edilene kadar yasal olarak “işçi” sayılmasını şart koşar (De Stefano, 2016). Ayrıca, elde edilen kârın belirli bir yüzdesinin (Örn: %1-2), çalışanların primlerini sübvansedecek Platform Katkı Payı Fonuna aktarılması önerilmektedir.

Tablo 16’da dijital platform ekonomisine yönelik, Avrupa Birliği (AB) direktifleri ve uluslararası iş hukuku reformları temelinde geliştirilmiş yapısal çözüm önerileri sunulmuştur.

Tablo 16: Dijital Platform Emek Piyasasının Yapısal Hukuki Düzenlenmesi Önerileri

Amaç	Politika Önerisi	Uygulama Detayı
Yasal Statü Oyununu Bitirme	<i>Çürütülebilir Varsayım İlkesi (AB Direktifi Modeli):</i> İlişki, aksi ispat edilene kadar "işçi" sayılır.	Platformun bağımsızlık iddiasını kanıtlamak için, çalışanın kendi ücretini, çalışma saatini ve rotasını tamamen serbestçe belirleyebildiğini göstermesi şart koşulur.
Esnek ve Paylaşımlı Sosyal Güvenlik	<i>Platform Katkı Payı Fonu:</i> Platformların elde ettiği kârın belirli bir yüzdesinin (Örn: %1-2), çalışanların iş kazası ve hastalık primlerini sübvansedecek sektörel bir fona aktarılması.	Bağ-Kur yükü hafifletilirken, platformun toplumsal sorumluluğu sağlanır.
Algoritmik Kararlara İtiraz Hakkı	<i>İnsan Denetimli Yargı Yolu:</i> Çalışanın hesabının kapatılması, tek taraflı ücret kesintisi veya haksız puanlama gibi algoritmik kararlara karşı, kısa sürede sonuç alabileceği özel iş mahkemelerinin kurulması.	Haksızlığa uğrayan dijital işçilerin hukuki koruması güçlendirilir.

Tablo 16, dijital platformların yarattığı Algoritmik Güvencesizliğe karşı uluslararası alanda önerilen en kritik hukuki çözümleri özetler. Çürütülebilir Varsayım İlkesi, Statü Arbitrajına karşı en güçlü araçtır, çünkü işçi-işveren ilişkisinin varlığını varsayarak ispat yükünü platforma yükler. Platform Katkı Payı Fonu ise platformların karından elde edilecek küçük bir kesinti ile sosyal güvenlik maliyetlerini (Özerkmen'in (1996) Cost Externalization) yeniden içselleştirmeyi amaçlar. Bu öneriler, güvencesizliğin teknolojik biçimine karşı, yapısal bir müdahale gerekliliğini vurgulamaktadır.

Makroekonomik İstikrar ve Sosyal Güvenlik Reformları

Güvencesizliğin kök nedenlerinden biri olan yüksek enflasyonu ortadan kaldırmak için, temel olarak Enflasyonun Kontrolü hedeflenmelidir. İkinci olarak, sosyal güvenlik

sisteminin kapsamı genişletilerek Eksik İstihdama Gelir Güvencesi sağlanmalıdır; bu, Atıl İşgücü Oranı içindeki yetersiz çalışanlara yönelik, gelirin belirli bir seviyenin altına düştüğü durumlarda tamamlayıcı nakdi destekler sağlanmasını gerektirir.

Sektörel ve Göçmen İşgücü Entegrasyon Politikaları

Kayıt dışı istihdamı önlemek için uygulanacak politikalar, büyük sermayeye odaklanmalıdır. Yasadışı Çalıştırmada Caydırıcılığın artırılması ve cezaların küçük esnafa değil, büyük alt yüklenicilere yönelik olacak şekilde finansal olarak katlanarak artırılması gerekmektedir. Son olarak, göçmen işgücünün ücret baskısı aracı olarak kullanılmasını engellemek için, Göçmen İşgücünün Hukuki Entegrasyonuna öncelik verilmeli ve yasal, şeffaf yollardan istihdama katılmasını sağlayacak basitleştirilmiş bir çalışma izni süreci tasarlanmalıdır (İçduygu & Diker, 2017).

Politika Önerilerinin Uygulanma Dinamikleri ve Öngörülen Zorluklar

Çürütülebilir Varsayım İlkesi'nin Türk hukuk sistemine entegrasyonu, mevcut esnek çalışma yanlısı politik iklim ve güçlü işveren lobileri nedeniyle dirençle karşılaşabilir. Bu ilkenin, platformların “teknoloji şirketi” iddiasını zayıflatacağı ve işçi statüsüne bağlı mali yükümlülükler getireceği öngörülmektedir. Platform Katkı Payı Fonu ise, platformların kâr tanımının şeffaflığı ve fonun idaresine ilişkin teknik tartışmaları beraberinde getirecektir. Bu önerilerin hayata geçirilmesi, sadece yasal düzenleme değil, aynı zamanda sendikalar, sivil toplum ve dijital işçi inisiyatiflerinin oluşturacağı güçlü bir toplumsal talep ve denetim mekanizmasını gerektirmektedir.

KAYNAKÇA

- Başkol, M. A., & Bektaş, S. (2020). Türkiye İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısının Rekabet Gücü Üzerine Bir Analiz. *TESAM Akademi*, 7(2), 331-356. DOI: [10.30626/tesamakademi.788709](https://doi.org/10.30626/tesamakademi.788709)
- Benkler, Y. (2006). *The wealth of networks: How social production transforms markets and freedom*. Yale University Press.
- BMD Araştırma. (2024, Haziran). *İşsizlik ve İstihdam Verileri – Nisan 2024*. (25/9/2025 tarihinde BMD Araştırma: https://www.bmd.com.tr/application/files/9317/1801/8098/Issizlik_ve_Istihdam_Verileri_-_Nisan_2024.pdf. adresinden ulaşılmıştır).
- Boratav, K. (2023). *Türkiye İktisat Tarihi (1908-2015)* (26 b.). İstanbul: İmge Kitabevi.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. DOI: 10.1191/1478088706qp0630a
- Castells, M., & Portes, A. (1989). World underneath: The origins, dynamics, and effects of the informal economy. A. Portes, M. Castells, & L. A. Benton (Dü) içinde, *The Informal Economy: Studies in Advanced and Less Developed Countries* (s. 11-47). Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Ceritoğlu, E., Yüncüler, H. B., Torun, H., & Tümen, S. (2017). The impact of Syrian refugees on natives' labor market outcomes in Turkey: evidence from a quasi-experimental design. *IZA Journal of Labor Policy*, 6(5), 1-28. DOI: 10.1186/s40173-017-0082-4
- Çoban, B. (2008). Gözün İktidarı Üzerine. B. Çoban, & Z. Özarslan içinde, *Panaptikon: Gözün İktidarı* (s. 111-138). İstanbul: Su Yayınları.

- De Stefano, V. (2016). The rise of the 'just-in-time workforce': On-demand work and the legal concept of employment. *Comparative Labor Law & Policy Journal*, 37(3), 471-501. DOI: [10.2139/ssrn.2682602](https://doi.org/10.2139/ssrn.2682602)
- DİE. (1988). *Hanehalkı İşgücü Anketi Sonuçları-1988*. Ankara: Devlet İstatistik Enstitüsü.
- Doeringer, P. B., & Piore, M. J. (1985). *Internal Labor Markets and Manpower Analysis* (1 b.). Routledge.
- Drahokoupil, J., & Piesna, A. (2017). *The platform economy and the disruption of the employment relationship (ETUI Working Paper 2017.06)*. European Trade Union Institute (ETUI).
- Fitzgerald, J. B., & Schor, J. (2023). Working time, inequality, and sustainability. M. A. Long, M. J. Lynch, & P. B. Stretesky içinde, *Handbook on inequality and the environment* (s. 325-344). Edward Elgar Publishing.
- Gordon, D. M., Edwards, R., & Reich, M. (1982). *Segmented work, divided workers: The historical transformation of labor in the United States*. Cambridge University Press.
- Graham, M., Hjorth, I., & Lehdonvirta, V. (2017). Digital labour and development: impacts of global digital labour platforms and the gig economy on worker livelihoods. *Transfer: European Review of Labour and Research*, 23(2), 135-162. DOI: [10.1177/1024258916687250](https://doi.org/10.1177/1024258916687250)
- Güdek Gölçek, Ş. (2019). Neoliberal Politikaların Türkiye'de Kadın İstihdamına Etkisi. *Sosyoekonomi*, 27(41), 129-150. DOI: 10.17233/sosyoekonomi.2019.03.07
- Hart, K. (1973). Informal income opportunities and urban employment in Ghana. *The Journal of Modern African Studies*, 11(1), 61-89.

- İçduygu, A., & Diker, E. (2017). Labor Market Integration of Syrians Refugees in Turkey: From Refugees to Settlers. *Göç Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 12-35.
- Kalleberg, A. L. (2011). *Good jobs, bad jobs: The rise of polarized and precarious employment systems in the United States, 1970s–2000s*. New York: Russell Sage Foundation.
- Kayaoğlu, A. (2020). Labour Market Impact of Syrian Refugees in Turkey: The View of Employers in Informal Textile Sector in Istanbul. *Migration Letters*, 17(5), 583-595. DOI: 10.59670/ml.v17i5.891
- Kepenek, Y. (2023). *Türkiye Ekonomisi* (33 b.). İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Lévy-Garboua, L., & Montmarquette, C. (2004). Reported job satisfaction: What does it mean? *Journal of Socio-Economics*, 33(2), 149-170. DOI: [10.1016/j.socec.2003.12.017](https://doi.org/10.1016/j.socec.2003.12.017)
- Onaran, Ö., & Oyvat, C. (2016). The political economy of inequality, redistribution and boom-bust cycles in Turkey: Before and After the Great Recession. P. S. Arestis içinde, *Emerging Economies During and After the Great Recession. International Papers in Political Economy Series*. London: Palgrave Macmillan. DOI: [10.1016/j.socec.2003.12.017](https://doi.org/10.1016/j.socec.2003.12.017)
- Özcan, C. (2025). *SGK'nın kayıt dışı istihdamla mücadelede 2024 yılı karnesi*. (15/09/2025 tarihinde <https://www.pwc.com.tr/tr/medya/kose-yazilari/celal-ozcan/sgknin-kayit-disi-istihdamla-mucadelede-2024-yili-karnesi.html> adresinden ulaşılmıştır).
- Özerkmen, N. (1996). Function of informal sector within urban economics and its position in employment in Turkey. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Sosyoloji Dergisi*(1), 133-154.

- Portes, A. (1981). *Labor, class, and the international system*. Academic Press.
- Prassl, J. (2018). *Humans as a service: The promise and perils of work in the gig economy*. Oxford University Press.
- Sassen, S. (2001). *The global city: New York, London, Tokyo*. Princeton University Press.
- Sennett, R. (2006). *The culture of the new capitalism*. Yale University Press.
- Srnicek, N. (2017). *Platform capitalism*. Cambridge: Polity Press.
- Standing, G. (2011). *The precariat: The new dangerous class*. Bloomsbury Academic.
- Standing, G. (2021). *The precariat: The new dangerous class-Special Covid-19 edition*. Bloomsbury Publishing.
- Tekeli, İ. (1982). *Türkiye'de Kentleşme Yazıları*. Ankara: Turhan Kitabevi.
- TÜİK. (2025). İşgücü İstatistikleri-2024. (15/10/2025 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-IV.-Ceyrek:-Ekim-Aralik,-2024-53520> adresinden ulaşılmıştır).
- Uzzell, J. D. (1980). Mixed Strategies and the Informal Sector: Three Faces of Reserve Labor. *Human Organization*, 39(1), 40-49.
- Vallas, S., & Schor, J. B. (2020). What do platforms do? Understanding the gig economy. *Annual Review of Sociology*(46), 273-294. DOI: 10.1146/annurev-soc-121919054857
- Williams, C. C., & Krasniqi, B. (2021). Beyond the formal/informal employment dualism: evaluating individual- and country-level variations in the commonality of quasi-formal employment. *International*

Journal of Social Economics, 48(9), 1290-1308. DOI:
10.1108/IJSE-01-2021-0059

Wood, A., Graham, M., Lehdonvirta, V., & Hjorth, I. (2018). Good gig, bad gig: Autonomy and algorithmic control in the gig economy. *Work, Employment and Society*, 33(1), 56-75.
DOI: [10.1177/0950017018785616](https://doi.org/10.1177/0950017018785616)

Zuboff, S. (2019). *he age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power*. London: Public Affairs.

BÖLÜM 9

HİBRİT ÇALIŞMALARDA EKRANLI ARAÇ ERGONOMİSİ VE PERFORMANS ALGISI KARŞILAŞTIRMASI¹

1. İNCİ BATIR²

2. METİN BAYRAM³

Giriş

Sanayi devrimini takiben tüm dünyaya hızla yayılan teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak, personelin ekranlı araç kullanım süreleri artış göstermiştir (Tosun, 2022). Bu durum, yalnızca çalışma yöntemlerinde değişikliklere yol açmakla kalmamış, aynı zamanda çalışanlar arasında çeşitli fiziksel sorunların ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Beyaz yakalı bir çalışandan, mavi yaka çalışanları gibi fiziksel yorgunluk yaşaması beklenmese de, ofis ortamındaki ergonomik olmayan koşullar sebebiyle sürekli hareketsiz ve sabit bir pozisyonda oturarak çalışmak, belirli semptomları beraberinde getirmektedir. Haftada en az beş gün ve günde ortalama yedi saat

¹ Bu çalışma İnci BATIR'ın YÖK Tez Numarası 941025 olan “*Ev ve Ofis Ortamındaki İşyeri Ergonomisinin Çalışan Performansı Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması*” isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² Yüksek Lisans, Sakarya Üniversitesi, İşletme Bölümü, Orcid: 0009-0001-3604-8474

³ Doç. Dr, Sakarya Üniversitesi, İşletme Bölümü, Orcid: 0000-0002-9483-7850

boyunca kesintisiz ekran karşısında geçirilen mesai saatleri, göz, boyun ve sırt gibi vücudun birden fazla bölgesini etkileyen ergonomik olmayan çalışma şekillerinin yol açtığı fiziksel zorlukların yanı sıra, ruhsal sorunları da tetiklemiştir (Sezer, 2025).

İnsanların çalışma ortamındaki oturuş ve duruş pozisyonları ile tekrarlanan ve devamlı hareketleri, fiziksel ergonominin en öncelikli araştırma konuları arasında yer almaktadır (Erdayı, 2012). Bu konular, aynı zamanda çalışanların güvenliği ve sağlığı açısından da büyük önem taşır. Son dönemde evden uzaktan çalışma modelinin yaygınlaşmasıyla, yeni teknolojiler birçok meslek ve iş kolunda dijital bağlantı gücünü artırmış, bu durum da çalışanlara herhangi bir konumda ve zamanda iş sorumluluklarını yerine getirebilme imkânı sunmuştur (Kabakçı ve Güler, 2024).

Hem ofis hem de evden çalışanlar için ergonomik koşulların sağlanarak konforlu bir çalışma ortamı yaratılması eşit önem taşımaktadır. Çalışanların görev ve sorumluluklarını en rahat şekilde yerine getirmesi, iş gücünün verimli kılınmasını sağlamaktadır. Çalışma ortamındaki ışık, ses ve ekipman gibi faktörlerin en uygun şekilde tasarlanması, çalışanların daha iyi odaklanmasına ve daha ergonomik bir ortamda işletmenin ortak hedeflerine ulaşmasına yardımcı olmaktadır (Yararel Doğan vd., 2022).

İş yeri kültüründe, çalışanlara verilen sorumlulukların en uygun ve doğru biçimde yerine getirilmesi, başarıya ulaşmanın temel yollarından biridir. Ancak, günlük, haftalık, aylık ve yıllık mesai süreçleri dikkate alındığında, iş yerinde sağlanması gereken ergonomik gereksinimler de çalışanlar için önemli bir etken haline gelmektedir. Bireysel çalışma alanlarını iş yükümlülükleriyle uyumlu hale getirmek için uygun tasarımlarla düzenlemeler yapmak gereklidir (Köseoğlu ve Kabul 2014). Ofis ortamında ergonomik düzenlemeler yapmak, işverenin sorumluluğundadır. Düzenli bir çalışma ortamı, kişilerin iş yerlerine olan bağlılığını destekler ve

daha büyük bir özveriyle çalışmalarına imkân tanır. Buna karşın, ev ortamında çalışanlar için sağlıklı bir çalışma alanı yaratmak, kendi sorumlulukları olarak kabul edilmektedir. Tıpkı iş yerinde olduğu gibi, ruh halini olumlu etkileyecek ve beden sağlığını gözetecek bir çalışma odası, çalışanların aynı disiplinle sorumluluklarını tamamlamalarına yardımcı olmaktadır (Tuysuz, 2024)

Ergonomik düzenlemeler işverenin yazılı olmayan yükümlülükleri arasında yer alırken, çalışanların da bu düzenlemelere uymak ve mesai saatleri boyunca yüksek motivasyon ve performansla işlerini sürdürmek gibi görevleri bulunmaktadır. Bu durum, çalışanın dışsal motivasyon özelliği ile ilişkilendirilmektedir. Dışsal motivasyonda, işveren çalışanın performansını iyileştirmeye odaklı bir amaç benimser ve çalışma ortamının uygunluğunu sağlar (Kuloğlu ve Eğinli, 2024).

Ergonomik olarak tasarlanmış bir ev ofisi, yalnızca konforu artırmak ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları riskini en aza indirmekle kalmaz, aynı zamanda daha sağlıklı ve daha üretken bir çalışma ortamı sunar. Bu kapsamdaki en öncelikli bileşen, sırt ve boyun desteği sağlayan, ayarlanabilir ergonomik bir sandalyedir; bu, düz bir duruşun korunmasına ve sırt ile boyundaki gerilimin azaltılmasına büyük katkı sağlar. Ayrıca, kullanıcının ayakta durma/çalışma ve oturma hareketini kolaylaştıran ayarlanabilir bir masa yüksekliğine sahip olması, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının en aza indirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Göz yorgunluğu ve boyun ağrısının en az olması için, monitörün tepe noktasının göz hizasında ve yaklaşık 40.6-73.1 cm mesafede konumlandırılması kritik öneme sahiptir. Diğer önemli bileşenler ise bilek ve omuz konforunu sağlamak amacıyla ayarlanabilir ve hareketli olması gereken fare ve klavyedir. Son olarak, elin rahatça yerleştirilebileceği biçimde tasarlanmış bir fare kullanmak, bilek gerginliğini azaltarak kullanıcı deneyimini olumlu yönde etkilemektedir (Gerding vd., 2021).

Ev ve ofis ortamlarının ergonomik tasarımları, daha iyi bir çalışma duruşu sağlayarak ve fiziksel zorlanmaları azaltarak çalışanların performansını ve konforunu olumlu yönde etkilemektedir (Khaerunnisa ve Putri, 2024; Yararel Doğan vd., 2022). Dainoff (1983) tarafından yapılan bir çalışmada, ayarlanabilir çalışma yüzeylerinin önemi vurgulanarak ergonomik koşulların optimize edilmesi durumunda performansta %24,5 oranında bir artış olacağı ortaya konulmuştur. Lokman ve Habidin (2024) ise ergonomik faktörler ile iş performansı arasında güçlü bir pozitif korelasyon bulmuşlardır. Greco (2022), ergonomik tasarımların çalışan üretkenliğini olumlu etkilediğini ve stres faktörlerini en düşük seviyeye indirdiğini belirtmektedir.

Evden ve ofisten çalışmalardaki ergonomik düzenlemeler farklılık gösterebilmektedir. Öncelikle, ergonomik düzenlemelerin uygulandığı ortamlar birbirinden farklıdır; bu düzenlemelerde kullanılacak ekipmanlar ve kullanıcı davranışı göz önünde bulundurulmaktadır. Ofis ergonomisi, çalışanların sağlığı ve verimliliği bağlamındaki düzenlemeleri öne çıkarırken (Brand, 2008), ev ergonomisi düzenlenmeleri ise ev içi alanların konforu ve iş verimliliğine (Holzgreve vd., 2022; Araújo & Junior, 2022) odaklanılmaktadır.

Literatürde ergonomi ile çalışan performansı arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok çalışma mevcuttur. Ancak, bu kaynakların çoğunun ana teması, ofis ortamındaki ergonomik koşullar sağlandığında çalışanların performansını ölçmek ve değerlendirmektir. Günümüz dünyasında hızla yaygınlaşan hibrit ve ev-ofis çalışma yöntemleri dikkate alınarak gerçekleştirilen bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak ergonomik çalışma koşulları açısından ev-iş ergonomisi ile çalışan performansı arasında anlamlı bir fark olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu inceleme sonuçları, home-office veya hibrit çalışmanın verimliliği ve performansı olumsuz etkileyeceğini düşünen, çalışma

düzenini değiştirmekten çekinen ve ofis dışında gözetim altında olamayan çalışanların kontrol edilemeyeceğinden endişe eden örgütler için bir referans noktası sunmayı amaçlamaktadır. Böylelikle, her iki çalışma şeklinde de deneyim sahibi kişilerin yorumlarıyla çalışma prensiplerini güncelleyebilecekleri düşünülmektedir.

Bu çalışmada, ev ve ofis ortamındaki işyeri ergonomisinin çalışan performansı üzerindeki etkisini araştırırken aşağıdaki hipotezler temel alınmıştır:

H1. Çalışma pozisyonu ergonomisi bağlamında evden çalışma ve ofisten çalışma arasında anlamlı bir farklılık vardır.

H2. Oturma pozisyonu ergonomisi bağlamında evden çalışma ve ofisten çalışma arasında anlamlı bir farklılık vardır.

H3. Ekranlı araç çalışma alanı ergonomisi bağlamında evden çalışma ve ofisten çalışma arasında anlamlı bir farklılık vardır.

H4. Evden çalışma performansı ile ofisten çalışma performansı arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Yöntem

Veri Toplama ve Örneklem

Bu çalışmada, evden ve ofisten çalışma bağlamındaki ekranlı araç kullanma ergonomisi boyutları ile çalışanların performanslarında anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla, anket katılımcılarının verdiği yanıtlar aracılığıyla birincil verilerden yararlanılmıştır. Anket, çevrimiçi bir form şeklinde Sakarya ilinde insan kaynakları danışmanlık hizmeti veren bir kuruluşun 300 beyaz yaka çalışanı üzerinde uygulanmıştır. Anket katılımcıları, haftanın iki günü iş yerinde, üç günü ise evden olmak üzere hibrit çalışma modelini benimseyen kişilerdir.

Toplamda, aynı başlık altında ancak evden çalışma ve ofisten çalışma olarak ayrılmış iki ayrı anket yapılmıştır. Evden çalışma ortamındaki ekranlı araç ergonomisi ile çalışan performansına ilişkin 146 yanıt, ve ofisten çalışma ortamındaki ekranlı araç ergonomisi ile çalışan performansına ilişkin 146 yanıt olmak üzere toplam 292 yanıt ulaşılmıştır.

Anket soruları karmaşık ve açık uçlu sorulardan kaçınılarak hazırlanmış, böylece katılımcıların anketi daha rahat ve doğru bir şekilde doldurması hedeflenmiştir. Anket çalışmasındaki sorular, hedef kitleye olabildiğince uyarlanmıştır. Katılımcıların cevaplama aşamasında birbirlerinden etkilenmemeleri amacıyla anket çevrimiçi ortamda sunulmuştur. Bu sayede daha net yanıtlar, çalışmanın ilerleyen aşamalarında daha kesin sonuçların incelenmesine yardımcı olmuştur. Çevrimiçi anketin tercih edilme nedenlerinden biri de, yanıtların daha rahat depolanması ve saklanması için en uygun yöntem olmasıdır. Ayrıca, fiziki anket kâğıtlarına göre online anketler, veri girişini ve işlemeyi kolaylaştıran bir çalışma ortamı sağlamaktadır.

Çalışmanın evrenini, Sakarya bölgesinde insan kaynakları sektöründe hizmet veren bir firmanın 300 beyaz yaka çalışanı oluşturmaktadır. Bu 300 beyaz yaka çalışandan 146'sı anket sorularını cevaplamış ve %48'lik bir yanıtlama oranına ulaşılmıştır. Örneklem büyüklüğü, ($p=0.5$ ve $q=0.5$) değeriyle %6 örneklem hatası dahilinde ana kütleyi temsil etme yeteneğine sahiptir.

Ölçekler

Çalışma Alanı (CA), Görüntüleme Alanı (GA), Klavye Giriş Aygıtları (KGA) ve Çalışma Pozisyonu (CP) ölçekleri; [Uluuysal ve Kurt \(2011\)](#) çalışmasından uyarlanmıştır. Çalışan performans ölçeği ise [Yararel Doğan vd. \(2022\)](#) nin çalışmasından uyarlanmıştır ([EK 1](#)).

Ölçeklerin belirlenmesinde, çalışmanın ana konusu olan ev-ofis ortamındaki ekranlı araç kullanımına ilişkin ergonomik koşullar ile ev-ofis ortamındaki ergonomik koşulların çalışan performansına yansımaları dikkate alınmış ve sorular anketin uygulandığı işletmeye göre revize edilmiştir.

Hazırlanan ölçekler, hem ofisten çalışma hem de evden çalışma metodundaki yansımalarını incelemek amacıyla anket katılımcılarına iki ayrı şekilde yöneltilmiştir. Araştırma kapsamında anket çalışmasına katılan kişilerin algılarını ölçmek için Beşli Likert Ölçeği kullanılmıştır. Katılımcılardan, PRF ölçeğine ilişkin (1-Kesinlikle Katılmıyorum, 2-Katılmıyorum, 3-Ne Katılıyorum Ne de Katılmıyorum, 4-Katılıyorum ve 5-Kesinlikle Katılıyorum) ve EACA, OP ve CP ölçeklerine ilişkin (1-Hiçbir Zaman, 2-Nadiren, 3-Bazen, 4-Sık Sık ve 5-Her zaman) şeklinde cevap vermeleri istenmiştir. Ancak, Performans ölçeği (PRF) içinde yer alan PRF2 maddesi, olumsuz bir algıyı ölçtüğünden, analiz öncesinde yüksek değerlerin yüksek performansı temsil etmesi amacıyla ters kodlanmıştır (5=1,....., 1=5).

Veri Analizi

Veriler, SPSS uygulamasında analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Veri analizinde; açıklayıcı faktör (AFA), tanımlayıcı faktör, güvenilirlik ve çıkarımsal istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Bulgular

Demografik Bulgular

Demografik bulgular aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir;

- Cinsiyetine göre %46,6'sı erkek (68 kişi) %53,4'ü kadın (78 kişi),

- Eğitim durumuna göre %17,8'si ön lisans (26 kişi), %67,1'i lisans (98 kişi) ve %15,1'i yüksek lisans (22 kişi),
- Medeni duruma göre katılımcıların %51,4'ü evli (75 kişi) ve %48,6'sı bekar (71 kişi),
- Kıdem durumuna göre çalışanların %55,5'i 0-6 yıl arası (81 kişi), %32,9'u 7-11 yıl arası (48 kişi) ve %11,6'sı 11 yıl ve üzeri (17 kişi),
- Yaş dağılımına göre ise katılımcıların %48,6'sı 20-30 yaş arası (78 kişi), %42,5'i 31-40 yaş arası (62 kişi) ve %4,1'i 41 yaş ve üzeri (6 kişi).

Faktör Analizi Bulguları

Araştırmada kullanılan 18 değişkenin daha az sayıda gizil değişkenle temsil edilip edilmediğini araştırmak amacıyla SPSS Versiyon 23.0 yazılımı kullanılarak Açımlayıcı Faktör Analizi (AFA) yapılmıştır. AFA sonucunda CP8, OP4 ve PRF1 değişkenleri birden çok faktöre yüklendiği için veri setinden çıkarılmış ve analiz tekrarlanmıştır.

Kalan on dokuz değişken tekrar faktör analizine tabi tutulmuş, analiz sonucunda Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değeri (Kaiser, 1974) eşik değer olan 0.700'ün üzerinde, 0.910 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bartlett küresellik testi (Bartlett, 1954) ise $p < 0.001$ olarak tespit edilmiş (Tablo 1). Bu bulgular, örnek büyüklüğünün yeterli olduğunu ve veri setinin faktör analizi için uygun olduğunu göstermiştir.

Tablo 1 KMO and Bartlett's Testi Bulguları

Kaiser-Meyer-Olkin Örnekleme Yeterliliği Ölçümü		0.910
Bartlett'in Küresellik Testi	Yaklaşık Ki-Kare	35160.084
	Serbestlik Derecesi	300
	Sigma (p)	<0.001

Promaks Döndürme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen AFA, özdeğeri 1'den büyük dört faktör ortaya çıkarmıştır (**Tablo 2**). Temel faktörlerin öz değerlerinin dağılımını gösteren çizgi grafiği **Şekil 1**'de ve faktör yüklerinin dağılımı **Tablo 3**'da sunulmuştur.

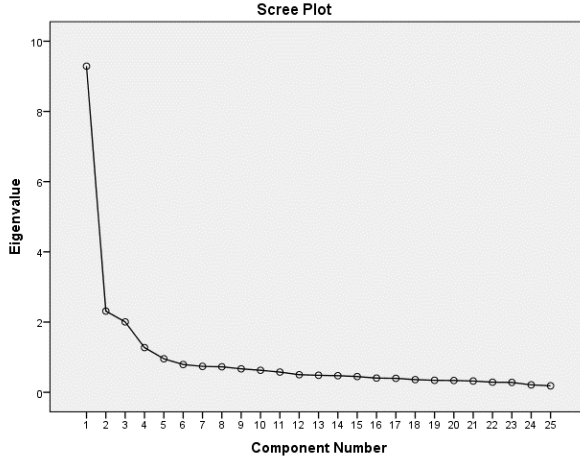
Keşfedilen dört faktör ve açıkladıkları varyans oranları şöyledir:

- EACA (Ekranlı Araç Çalışma Alanı): Dokuz değişkenden oluşmakta olup, özdeğeri 9.289 (%37.155) olarak bulunmuştur.
- CP (Çalışma Pozisyonu): Yedi değişkenden oluşmakta olup, özdeğeri 2.313 (%9.254) olarak bulunmuştur.
- PRF (Performans): Beş değişkenden oluşmakta olup, özdeğeri 2.004 (%8.015) olarak bulunmuştur.
- OP (Oturma Pozisyonu): Dört değişkenden oluşmakta olup, özdeğeri 1.274 (%5.094) olarak bulunmuştur.

Analiz sonucunda dört ölçeğin de %5'in üzerinde bir açıklama oranına sahip olduğu ve kümülatifte %59.52 toplam varyans değerini açıkladığı bulunmuştur.

Tablo 2 Açıklanan Toplam Varyans Bulguları

	Özdeğer	Varyans (%)	Kümülatif (%)
EACA	9.289	37.155	37.155
CP	2.313	9.254	46.409
PRF	2.004	8.015	54.424
OP	1.274	5.094	59.518



Şekil 1 Çizgi Grafiği

Güvenilirlik Analizi Bulguları

Çalışmada kullanılan üç ölçeğin güvenilirliğini test etmek amacıyla Cronbach'ın Alfa analizi yapılmıştır. George ve Mallery'ye (2019) göre Cronbach Alfa katsayısının 0.61-0.80 arası değerleri ortalama ve 0.81-1.00 arası değerleri yüksek güvenilirliği işaret etmektedir. Analiz sonucunda Cronbach Alfa değerleri; EACA için 0.891 (yüksek), CP için 0.895 (yüksek), PRF için 0.758 (orta) ve OP için 0.771 (orta) olduğu saptanmıştır (**Tablo 3**). Bu sonuçlar araştırmada keşfedilen dört ölçeğin güvenilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 3 Keşfedilen Faktör Yükleri Bulguları

Değişken	EACA	CP	PRF	OP
CP1		0.825		
CP2		0.726		
CP3		0.843		
CP4		0.582		
CP5		0.778		
CP6		0.621		
CP7		0.687		
OP1				0.565
OP2				0.607

OP3				0.610
OP5				0.596
CA1	0.552			
CA2	0.639			
CA3	0.738			
GA1	0.766			
GA2	0.708			
GA3	0.591			
KGA1	0.735			
KGA2	0.764			
KGA3	0.458			
PRF2			0.728	
PRF3			0.749	
PRF4			0.626	
PRF5			0.722	
PRF6			0.692	
Cronbach Alfa	0.891	0.895	0.758	0.771

Tanımlayıcı İstatistiksel Analiz Bulguları

Anket verilerinin dört ölçekteki (CP, OP, EACA ve PRF) dağılımını tümü, ev ergonomisi ve ofis ergonomisi olarak gösteren tanımlayıcı istatistiksel analiz bulguları **Tablo 4**'te sunulmuştur. CP, OP, EACA ve PRF ölçeklerindeki toplam standart sapma oranları, parametrelerin minimum düzeyde gösterdiği farkları açıklamaktadır.

Tablo 4'te görüleceği üzere, evden çalışma ekranlı araç ergonomisi puanları genel olarak ofisten çalışmaya kıyasla biraz daha yüksek tespit edilmiştir. Bu durum, çalışanların evden çalışma ekranlı araç ergonomisini ve ergonomik koşullara bağlı olarak ofisten çalışma performansını daha olumlu algıladıkları görülmüştür.

Sonuç olarak, evden çalışma ekranlı araç ergonomisi ve ofis ergonomisi arasında bazı farklılıklar gözlemlenmiştir. Evde ergonomik duruşun daha iyi korunduğu düşünülmeyle birlikte, ofiste kullanılan mobilyaların daha konforlu olduğu algılanmaktadır. Performans açısından ise çevresel faktörlerin (hava kalitesi, iklimlendirme) etkili olduğu görülmüştür.

Tablo 4 Tanımlayıcı İstatistiksel Analiz Bulguları

Kod	Tümü (N=146)		Ev Ergonomisi (N=146)		Ofis Ergonomisi (N=146)	
	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS
CP	3.139	0.724	3,26	0.795	3.012	0.623
OP	3.222	0.863	3.286	0.919	3.158	0.800
EACA	3.500	0.758	3.695	0.743	3.332	0.736
PRF	3.943	0.676	3.887	0.681	4.001	0.668

Not: $\bar{x}$ =Ortalama; SS=Standart Sapma

Normallik Testi Bulguları

Hangi parametrik veya parametrik olmayan testin kullanılması gerektiğine normallik testi yapılarak karar verilmiştir. Normallik testinde Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov testleri uygulanmıştır (Shapiro ve Wilk, 1965; Siegel & Castellan, 1988). Eğer ölçülerin anlamlılık (p) değerleri $p < 0.05$ ise, verilerin normal dağılıma uygun olmadığı sonucuna ulaşılmalıdır (Kul, 2014). **Tablo 5**'te görüldüğü üzere, araştırmanın dört değişkeni olan Çalışma Pozisyonu (CP), Oturma Pozisyonu (OP), Ekranlı Araç Çalışma Alanı (EACA) ve Performans (PRF) için $p < 0.050$ bulunmuştur. Hem Kolmogorov-Smirnov hem de Shapiro-Wilk testlerinin bulgularından verilerin normal dağılıma uygun olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, grup ortalamalarında anlamlı farklılık olup olmadığının değerlendirilmesinde parametrik olmayan testlerin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.

Tablo 5 Normallik Testi Bulguları

Faktör	Kolmogorov-Smirnov Testi			Shapiro-Wilk Testi		
	İstatistik	SD	P	İstatistik	SD	P
CP	0,184	277	<0,001	0,965	277	<0,001
OP	0,191	277	<0,001	0,959	277	<0,001
EACA	0,160	277	<0,001	0,960	277	<0,001
PRF	0,137	277	<0,001	0,960	277	<0,001

Hipotezlerin Testi İçin Çıkarımsal İstatistik Analiz Bulguları

Ekranlı araç ergonomisi ve çalışan performansı bağlamında evden çalışma ile ofisten çalışma grup ortalamaları arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı, parametrik olmayan Mann Whitney U testi ile değerlendirilmiştir (Mann ve Whitney, 1947).

Test sonuçları **Tablo 6**'de gösterilmiştir. Gerçekleştirilen istatistiksel testler neticesinde, ilk üç hipotez kabul edilirken son hipotez reddedilmiştir. Bu bulgular, detaylı olarak şu şekilde özetlenebilir; Çalışma duruşu, oturma pozisyonu ve ekranlı araç çalışma alanı boyutları özelinde evde çalışma lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır. Evden çalışma iş performansı ile ofisten çalışma iş performansı algıları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Tablo 6 Hipotezlere İlişkin Mann Whitney U Testi Bulguları

Hipotez No	Boyut	Grup	N	$\bar{x}$	U	Z	P (2-kuyruk)	Sonuç
H ₁	CP	Ev	146	3.264	8230.0	-3.136	0.002	KABUL
		Ofis	146	3.012				
H ₂	OP	Ev	146	3.286	8954.5	-2.112	0.035	KABUL
		Ofis	146	3.158				
H ₃	EACA	Ev	146	3.660	7525.5	-3.784	<0.001	KABUL
		Ofis	146	3.333				
H ₄	PRF	Ev	146	3.888	9445.5	-1.314	0.189	RET
		Ofis	146	4.001				

Katılımcılar; çalışma pozisyonu, oturma pozisyonu ve ekranlı araç çalışma alanı açısından ev ergonomisini ofisten daha iyi algılamaktadır. Ancak performans açısından ise ev ve ofis arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu bulgu, çalışanların farklı ergonomik koşullara rağmen her iki ortamda da benzer performans gösterdiğini veya performanslarını sürdürebildiklerini göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, hibrit modelle çalışan beyaz yakalı personelin ev ve ofis ortamındaki ekranlı araç kullanma ergonomisi ile ev ve işyeri ortamındaki ergonomik koşulların çalışan performansı üzerindeki etkilerini kıyaslamak amacıyla yapılmıştır. Araştırmanın temel amacı, evden ve ofisten çalışma yöntemlerinin ergonomik koşullar açısından algılanan farklılıklarını ortaya koymaktır. Nicel verilere dayalı olarak, 146 katılımcıdan toplanan anket verileri üzerinden sonuçlar elde edilmiştir.

Analizler sonucunda, katılımcıların algılarına göre evden ve ofisten çalışma ortamında ekranlı araç kullanma ergonomisi boyutları arasında anlamlı farklılıklar bulunurken, ev ve işyeri ortamındaki ergonomik koşulların çalışan performansı üzerindeki etkilerinde ise anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Hipotez sırasına göre ulaşılan sonuçlar şöyledir;

- Çalışma pozisyonu ergonomisi bağlamında, evden çalışma ve ofisten çalışma arasında evden çalışma lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Çalışanlar, ergonomik çalışma pozisyonunu (örneğin, kalçanın zemine paralel olması ve alt bacakların yere dik olması) ofise kıyasla ev ortamında daha iyi koruduklarını algılamaktadırlar. Bu durum, kişisel düzenleme imkanının evde daha fazla olduğu şeklinde yorumlanabilir.
- Oturma pozisyonu ergonomisi bağlamında, evden çalışma ve ofisten çalışma arasında evden çalışma lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Katılımcılar, özellikle sandalyenin oturak kısmının bacaklara baskı yapmaması gibi konfor unsurlarında, evdeki oturma pozisyonu koşullarını ofis ortamına göre daha olumlu değerlendirmiştir.
- Ekranlı araç çalışma alanı ergonomisi (monitör uzaklığı, klavye/fare yerleşimi vb.) bağlamında, evden çalışma ve

ofisten çalışma arasında evden çalışma lehine anlamlı bir farklılık mevcuttur.

- Çalışanlar, göz yorgunluğunu önleme açısından kritik olan monitör mesafesi gibi unsurların evde daha iyi ayarlanabildiğini belirtmiştir.
- Evden çalışma performansı ile ofisten çalışma performansı arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Ergonomik koşullardaki ofis lehine algılanan fark olmasına rağmen, çalışanlar hem evde hem de ofiste benzer düzeyde bir performans sergilediklerini düşünmektedirler. Bu bulgu, [Dainoff'un \(1983\)](#) ergonomik koşulların performans artışını desteklediği yönündeki argümanlarına rağmen, çalışanların farklı ortamlara adapte olarak performanslarını sürdürebildiğini göstermektedir. Ayrıca bu sonuç, [Lokman ve Habidin'in \(2024\)](#) ergonomi ve performans arasındaki pozitif korelasyon bulgusuna bir ek boyut getirmektedir; çünkü algıdaki fark performansa yansımamıştır.

Diğer önemli bulgular ise şunlardır;

- Ofis mobilyalarının konforu, evdeki mobilyalara göre daha yüksek puan almıştır.
- İklimlendirme ve hava kalitesi gibi çevresel faktörler, performans açısından en yüksek ortalamaya sahip önemli unsurlar olarak öne çıkmıştır ([Greco, 2022](#)).

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, hibrit çalışma modelini uygulayan organizasyonlar için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- Çalışanların evde ergonomik çalışma alanlarını kişisel olarak düzenleme yetenekleri yüksek olsa da, ofis ortamında da doğru çalışma pozisyonlarını sürdürmeleri için sürekli ergonomi eğitimleri verilmelidir.
- Özellikle oturma pozisyonu ve ekranlı araç kullanımı ergonomisi konularında, ofis ekipmanlarının

ayarlanabilirliği artırılmalı ve çalışanların kendi ihtiyaçlarına göre düzenleme yapabilmeleri teşvik edilmelidir. Ofis sandalyelerinin konfor ve destek düzeyi yükseltilmelidir.



şekil 2 çalışma alanı Ergonomisi İçin Uygun Oturma Tablosu (Yararel Doğan, 2019).

- alışan performansını etkilediği görülen iklimlendirme ve hava kalitesi gibi çevresel faktörler, hem ofiste hem de evde (uzaktan çalışma politikaları kapsamında) ncelikli olarak ele alınmalıdır.
- Ev ve ofis performansının benzer çıktığı dikkate alınarak, organizasyonlar evden çalışmanın verimliliği düşüreceği yönündeki önyargılarını gözden geçirmeli ve her iki ortamda da güvene dayalı, sonuç odaklı performans yönetim sistemleri oluşturmalıdır.

Bu alışma, hibrit çalışma ortamlarında ergonomi ve performans arasındaki karmaşık ilişkiye ışık tutmaktadır. İleride yapılacak çalışmalar, bu bulguları farklı sektörler ve daha büyük örneklem gruplarıyla doğrulayabilir ve performansın ardındaki motivasyonel faktörleri (dışsal ve içsel motivasyon) derinlemesine inceleyebilir.

Kaynakça

- Araújo, D. M., & Junior, E. A. N. (2022). A Ergonomia no Home Office: a Relevância da Ergonomia no Trabalho em Casa. *Revista Processos Químicos*, 16 (30), 39–45. <https://doi.org/10.19142/rpq.v16i30.641>
- Bartlett, M. S. (1954). A note on the multiplying factors for various χ^2 approximations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 16 (2), 296-298. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1954.tb00174.x>.
- Brand, J. L. (2008). Office Ergonomics: A Review of Pertinent Research and Recent Developments. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 4 (1), 245–282. <https://doi.org/10.1518/155723408X342871>
- Dainoff, M. J. (1983). Video display terminals. The relationship between ergonomic design, health complaints and operator performance. *Occupational Health Nursing*, 31 (12), 29–33. <https://doi.org/10.1177/216507998303101205>
- Erdayı, A. U. (2012). Beyaz yakalıların tanımlanması üzerine. *ISGUC The Journal of Industrial Relations and Human Resources*, 14 (3), 65-80.
- George, D., & Mallery, P. (2019). IBM SPSS Statistics 26 step by step: A simple guide and workbook (16. Baskı). Routledge.
- Gerding, T., Syck, M., Daniel, D., Naylor, J., Kotowski, S. E., Gillespie, G. L., Freeman, A. M., Huston, T. R., & Davis, K. G. (2021). An assessment of ergonomic issues in the home offices of university employees sent home due to the COVID-19 pandemic. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 68 (4), 981–992. <https://doi.org/10.3233/WOR-205294>

Greco, F. (2022). *Digital ergonomics and productivity* (pp. 3–14). Routledge eBooks. <https://doi.org/10.4324/9781003283386-2>

Holzgreve, F., Maurer-Grubinger, C., Fraeulin, L., Bausch, J., Groneberg, D. A., & Ohlendorf, D. (2022). Home office versus ergonomic workstation - is the ergonomic risk increased when working at the dining table? An inertial motion capture based pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23 (1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05704-z>

Kabakçı A. ve Güler M. (2024). Uzaktan Çalışmadan Evden Tele Çalışmaya: Beyaz Yakalı Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 86, 164–174

Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39 (1), 31-36. <https://doi.org/10.1007/BF02291575>. Khaerunnisa, A., & Putri, R. N. (2024). *Kantor Bebas Stres: Memanfaatkan Desain Interior Ergonomis Untuk Mendukung Kesehatan Dan Kebahagiaan Pekerja. 1* (3), 119–135. Doi: <https://doi.org/10.61132/jumbidter.v1i3.151>

Köseoğlu, A., & Kabul, S. (2014). 4857 Sayılı İş Kanunu Bağlamında Çalışma Süresinin Aşılması: Fazla Çalışma. *Journal of Istanbul University Law Faculty*, 72 (2), 233-268.

Kul, S. (2014). Uygun istatistiksel test seçim kılavuzu. *Plevra Bülteni*, 8(2), 26-29.

Kuloğlu E. ve Eğinli A. (2024). Uzaktan Çalışma Sisteminin Çalışan Motivasyonu Üzerine Etkileri, *Sosyolojik Düşün*, 9 (2), 189-224.

Lokman, N. I., & Habidin, N. F. (2024). Relationship Between Ergonomic Factors And Employee Performance Among Employees At Proton Holdings Berhad. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14 (1), 1588–1603. Doi: <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v14-i1/20582>

Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18 (1), 50–60.

Sezer, B. (2025) *Uzaktan Çalışmanın İş Sağlığı Ve Güvenliği Kapsamında Değerlendirilmesi* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52 (3/4), 591–611.

Siegel, S., & Castellan, N. J., Jr. (1988). Nonparametric statistics for the behavioral sciences (2. Baskı). McGraw-Hill.

Tosun, S. (2022). Ofis Çalışanlarının Çalışma Koşullarının İyileştirilmesine İlişkin Kritik Başarı Faktörlerinin Belirlenmesi. *OHS Academy*, 5 (3), 186-197.

Tuysuz, M. (2024). Ofislerde Ergonomik Faktörlerin İş Sağlığı Ve Güvenliği Bağlamında Değerlendirilmesi. *Uluslararası Beşeri ve Sosyal Bilimler İnceleme Dergisi*, 8 (1), 17-30.

Uluuysal B. ve Kurt A. (2011). İlköğretim Bilgisayar Laboratuvarlarının Ergonomik İlkelere Göre İncelenmesi: Eskişehir İli Örneği. *Evrar Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 120 (20), 271-285.

Yararel Doğan, B. (2019). Kullanıcı Perspektifinde Çalışma Mekanlarının Ergonomik Tasarım Kriterleri Bakımından İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28 (3), 266-276.

Yararel Doğan, B., Arslan, K., Kiliç, S., & Arpacı, G. S. (2022). Ofis Tasarımında Ergonomik Koşulların Sağlanmasının Önemi. *Ergonomi*, 5 (2), 84–97. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.1111957>

EK 1 Araştırmanın Değişkenleri

Kod	Açıklama
CP	Çalışma Pozisyonu Ergonomisi*
CP1	Ev/Ofis ortamında çalışırken baş ve boynumu dik tutarım.
CP2	Ev/Ofis ortamında çalışırken bedenimi zemine dik tutarım.
CP3	Ev/Ofis ortamında çalışırken omzum ve üst kollarım vücudumla aynı doğrultudadır, genellikle zemine dik pozisyonudadır.
CP4	Ev/Ofis ortamında çalışırken üst kol ve dirseklerim vücuduma kapalı bir şekilde durmaktadır.
CP5	Ev/Ofis ortamında çalışırken ön kol bilek ve ellerim aynı doğrultudadır.
CP6	Ev/Ofis ortamında çalışırken bileklerim ve ellerim düzdür.
CP7	Ev/Ofis ortamında çalışırken kalça zemine paralel, alt bacaklar yere dik bir konumdadır.
CP8	Ev/Ofis ortamında çalışırken ayaklarım yere düz şekilde konumlanır ve ayaklarımı koyabileceğim bir destek mevcuttur.
EACA	Ekranlı Araç Çalışma Alanı Ergonomisi
CA	Çalışma Alanı*
CA1	Ev/Ofis ortamında çalışırken kalça ve bilgisayar masası/klavye platformu arasında yeterli boşluk bulunmaktadır.
CA2	Ev/Ofis ortamında çalışırken ayak ve bacaklarım için çalışma yüzeyi altında yeterli boşluk vardır, böylece klavye/giriş aygıtına yeterince yakın oturabilirim.
CA3	Ev/Ofis ortamında çalışırken klavye/giriş aygıtlarına erişimim engellenmeyecek kadar yeterli alana sahibim.
GA	Görüntüleme Alanı*
GA1	Ev/Ofis ortamında çalışırken ekranın üst kısmı başımı ve boynumu öne ve arkaya eğmeden okumama izin verecek şekilde göz seviyemde veya altındadır.
GA2	Ev/Ofis ortamında çalışırken monitör uzaklığı baş, boyun ve bedenimi eğmeden ekrandakini okuyabilmemi sağlamaktadır.
GA3	Ev/Ofis ortamında çalışırken monitör direkt olarak tam karşımdadır, böylece baş ve boynum bükülmez.
KGA	Klavye Giriş Aygıtları*
KGA1	Ev/Ofis ortamında çalışırken klavye ve giriş aygıtı platformum sağlam ve bir klavye veya bir giriş aygıtımı taşıyabilecek kadar büyüktür.
KGA2	Ev/Ofis ortamında çalışırken giriş aygıtını kullanmak kolay ve boyutları el boyutum ile uyumludur.
KGA3	Ev/Ofis ortamında çalışırken giriş aygıtı ileri doğru uzanmamı engellemek için klavyenin sağ ön kısmına yerleştirilmiştir.
OP	Oturma Pozisyonu Ergonomisi*

OP1	Ev/Ofis ortamında çalışırken sırtlık, sırtımın alt kısmının desteklenmesini sağlar.
OP2	Ev/Ofis ortamında çalışırken oturak genişliği ve derinliği kullanımına uygundur.
OP3	Ev/Ofis ortamında çalışırken oturağın ön kısmı dizim arka kısmına ve alt bacaklara baskı yapmamaktadır.
OP4	Ev/Ofis ortamında çalışırken oturak yumuşak bir dokuyla kaplanmış ve çevrelenmiştir.
OP5	Ev/Ofis ortamında çalışırken kolluk kullanıyorsam bilgisayarda çalışırken ön kollarımı desteklemekte veya hareketime engel olmamaktadır.
PRF	Performans**
PRF1	Ev/Ofis düzenimiz ve ev binamızın tasarımı görev performansımı olumlu etkiler.
PRF2	Ev/Ofis alanımızdaki arka plan gürültüsü konsantrasyonumu olumsuz etkiler.
PRF3	Ev/Ofis mobilyalarımızın konforlu olması görev performansımı olumlu etkiler.
PRF4	Ev/Ofis ortamımızın iklimlendirmesi görev performansımı olumlu etkiler.
PRF5	Ev/Ofis alanımızda kullanılan renkler ve ambiyans görev performansımı olumlu etkiler.
PRF6	Ev/Ofis alanımızdaki hava kalitesi görev performansımı olumlu etkiler.

Not: *Uluysal ve Kurt (2011) ve **Yararel Doğan vd.nin (2022) çalışmalarından uyarlanmıştır.

EVLENME VE BOŞANMA TRENDLERİ BAĞLAMINDA TÜRKİYE’DE AİLE KURUMUNUN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

BAYRAM TOPAL¹

Giriş

Evlilik kavramı farklı şekillerde tanımlansa da meşru anlamda evlilik; farklı veya benzer değerler, kültürler içerisinde yetişmiş olan iki yetişkin bireyin ortak bir hayat paylaşmak, duygusal, biyolojik ve sosyal alanlardaki ihtiyaçlarını karşılamak ve soyunu sürdürmek amacıyla yaşamlarını birleştirdikleri bir yapıdır. Mutlu birlikteliğin ilk adımı olan evlilik birlikteliği her zaman mutlu bir şekilde sürmemekte, bazen çeşitli sebeplerle eşler arasında anlaşmazlıklar ortaya çıkmakta ve boşanma ile sonuçlanabilmektedir. Son yıllarda boşanmalarda önemli bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmada ortalama evlenme yaşının, ortalama evlilik sürelerinin, evlilikten memnuniyet oranlarının yıllar içindeki değişimi araştırılacaktır. Bunun yanı sıra boşanmalara sebep olan genel faktörlerin neler olduğu ve bunun zaman içerisindeki değişimi ele alınacaktır.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki aile yapısında gözlenen dönüşümleri bilimsel verilerle değerlendirerek aşağıdaki sorulara yanıt aramaktır:

- Türkiye'de ortalama ilk evlenme yaşının yükselmesi ve kaba evlenme hızının düşüşü gibi evlenme trendleri geleneksel aile kurumunun formasyonunda nasıl bir değişime işaret etmektedir?
- Özellikle evliliğin ilk beş yılında yoğunlaşan boşanma oranlarındaki kayda değer artış (Sayın & Özkartal, 2020), aile kurumunun içsel dayanıklılığını ve işlevselliğini ne ölçüde tehdit etmektedir?
- Boşanma dinamiklerinin altında yatan sosyo-ekonomik faktörler (Erkan, 2018; Köker, 2021), çerçevesinde nasıl açıklanabilir?
- Mevcut trendler ışığında, aile kurumunun sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik hangi politika ve mekanizmalar (aile danışmanlığı, arabuluculuk vb.) geliştirilmelidir?

Çalışmanın Önemi

Bu çalışma, ele aldığı güncel ve kritik konu itibarıyla bilimsel literatüre, politika yapıcılara ve toplumsal farkındalığa önemli katkılar sunmaktadır:

- Akademik Katkı: Çalışma, evlilik ve boşanma kavramlarını salt hukuki olaylar olarak değil, aile kurumunun sürdürülebilirliği gibi daha geniş bir sosyolojik çerçevede ele almaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, konuya dair literatürdeki teorik boşluğu doldurmaya yardımcı olacaktır.
- Politika Yapımına Rehberlik: Evlenme ve boşanma eğilimlerini detaylı analiz ederek elde edilen bulgular, Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı gibi ilgili kurumların aile destek ve koruma politikalarını oluştururken veri temelli kararlar almasına temel teşkil edecektir.
- Toplumsal Farkındalık: Makale, ailelerin ve bireylerin, ilişkilerindeki risk faktörlerini ve çözüm yollarını daha net görmelerine olanak sağlayarak, sağlıklı aile yapılarının teşvik edilmesi ve olası krizlere karşı önleyici tedbirler alınması konusunda kamuoyunda kritik bir tartışma başlatma potansiyeli taşımaktadır.

Aile Kurumu ve Sürdürülebilirliği

Aile kurumu, akademik literatürde toplumun en temel ve en işlevsel sosyal örgütlerinden biri olarak kabul edilir. Aileyi farklı şekillerde ele alan akademik yaklaşımlar vardır. Yapısal-

¹ Prof. Dr. Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Orcid: 0000-0002-3521-4266

fonksiyonalist yaklaşım, aileyi toplumsal düzenin devamı için zorunlu işlevleri (toplumsallaştırma, duygusal destek, kültürel aktarım) yerine getiren bir kurum olarak tanımlar (Parsons & Bales, 1955). Antropolojik bakış, aileyi her toplumda farklı biçimlerde örgütlenen, ancak akrabalık ilişkilerinin düzenlenmesinde merkezi rol oynayan kültürel bir yapı olarak ele alır (Lévi-Strauss, 1969). Psikolojik yaklaşımlar ise aileyi bireyin kişilik gelişiminin, duygusal güvenliğinin ve davranış örüntülerinin şekillendiği birincil sosyal evre olarak görür (Bowen, 1978). Kısaca ifade etmek gerekirse Aile kurumu; biyolojik, hukuki ve sosyal bağlarla bir araya gelen bireylerin, toplumsal yeniden üretim, kültürel aktarım ve duygusal destek gibi temel işlevleri yerine getirdiği, kültürel olarak biçimlenen bir toplumsal organizasyon olarak ifade edilebilir.

Bu çalışma kapsamında aile kurumu hem toplumsal yeniden üretim hem de demografik süreçlerin sürekliliği açısından merkezi bir sosyal yapı olarak ele alınmaktadır. Güncel sosyolojik literatür, aileyi toplumsallaştırma, bakım, kültürel aktarım ve ekonomik dayanışma gibi temel işlevleri yerine getiren ve toplumların istikrarı açısından kritik bir kurum olarak tanımlar. Bu yönüyle aile, yalnızca bireylerin bir araya gelmesinden oluşan bir birlik değil; aynı zamanda toplumsal düzenin sürdürülebilirliğini sağlayan yapısal bir mekanizmadır.

Türkiye bağlamında aile kurumu, hızlı kentleşme, bireyselleşme eğilimleri, değişen evlenme-boşanma kalıpları ve demografik dönüşümler gibi faktörlerden etkilenmekte ve bu dönüşüm makalenin temel inceleme alanını oluşturmaktadır. Son yıllarda yürütülen ulusal çalışmalar, aile kurumunun hâlâ yüksek toplumsal değer taşımasına rağmen, evlilik yaşının yükselmesi, doğurganlık oranlarının düşmesi ve boşanma oranlarının artması gibi eğilimlerin aile yapısını yeniden şekillendirdiğini göstermektedir (Aydoğdu & Taş, 2025).

Bu çerçevede aile, çalışmanın teorik yaklaşımı doğrultusunda, toplumsal değişim karşısında hem dönüşen hem de toplumsal sürdürülebilirlik için kritik işlevlerini korumaya çalışan dinamik bir sosyal kurum olarak tanımlanmaktadır.

Aile kurumu, bireylerin sosyalleştiği, değerlerin aktarıldığı ve toplumsal yapının temellerinin atıldığı birincil sosyal kurumdur. Sürdürülebilirlik, bu kurumun değişen toplumsal, ekonomik ve kültürel koşullara rağmen işlevselliğini koruyarak kuşaklar boyunca devam etmesini ifade eder.

Temel Boyutlar

- **Kültürel Aktarım:** Aile, geleneksel değerlerin ve normların yeni nesillere aktarılmasında anahtar rol oynar.
- **Ekonomik Dayanıklılık:** Aile içi ekonomik iş birliği, bireylerin refah düzeyini artırarak kurumsal sürekliliği destekler (Kartop, & Soyer, 2023).
- **Sosyal Sermaye ve Dayanışma:** Aile üyeleri arasındaki güven ve destek ilişkileri, toplumsal bütünlüğün sürdürülebilirliğine katkı sağlar.

Literatür

Türkiye’de evlilik ve boşanma dinamikleri son yirmi yılda önemli bir dönüşüm geçirmiş, aile kurumunun yapısı, işlevleri ve toplumsal konumu bu değişimle birlikte yeniden tartışılmaya başlanmıştır. Bu literatür taraması, Türkiye’de evlenme ve boşanma eğilimlerini inceleyen ampirik makaleler ile aile kurumunun dönüşümüne ilişkin kuramsal ve sosyolojik çalışmaların bulgularını bütüncül bir çerçevede değerlendirmektedir. Ele alınan çalışmalar, demografik göstergelerden toplumsal değer dönüşümüne, genç kuşakların evliliğe bakışından boşanmanın toplumsal sonuçlarına kadar geniş bir alanı kapsamaktadır.

Türkiye’de Evlenme Eğilimleri

Türkiye’de evlenme eğilimlerini analiz eden araştırmalar, özellikle 2000 sonrası dönemde ortalama ilk evlenme yaşının yükseldiğini, evlilik davranışının eğitim, ekonomik koşullar ve toplumsal değerlerle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, eğitimin

yükselmesi, kentleşme ve kadınların işgücüne katılım artışının evlilik yaşını belirgin biçimde yükselttiği belirtilmiştir. Özellikle üniversite mezunu kadınların evlenme yaşının diğerlerine göre önemli ölçüde yüksek olduğu tesbit edilmiştir (Acar, 2022). Evlenme davranışının homojen olmayan bir yapı sergilediğini, özellikle bölgesel farkların evlilik kararlarını güçlü bir şekilde etkilediği anlaşılmaktadır.

Kulathinal ve arkadaşları yaptıkları çalışmada eğitim ve evlilik sürecinin bir arada modellenmesi için ekonometrik/olasılık temelli modeller öneren metodolojik bir çalışma sunar. (Kulathinal & ark. 2020). Ekonomik güvencesizliğin ve işsizlik oranlarının özellikle genç nüfusta evliliği erteleyici bir faktör olduğunu vurgulamaktadır. Bu bulgular, evlilik yaşının yükselmesinin yalnızca kültürel değil, aynı zamanda yapısal ve ekonomik faktörlere dayandığını ortaya koymaktadır.

Genç kuşakların aile ve evlilik kurumuna bakışını inceleyen çalışmalar da evlenme eğilimlerinde değerler ve beklentilerin önemine işaret etmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, genç Y ve Z kuşaklarının geleneksel aile ve evlilik değerlerinden farklı tutum ve beklentilere sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Özellikle genç yetişkinlerin bağlanma stilleri ile evlilik beklentileri arasında kuşak farklılıkları gözlenmiş ve ekonomik özgürlük ile bireysel karar alma eğilimlerinin evlilik tutumlarını şekillendirdiği belirlenmiştir (Türk & Aydemir, 2024; Akbaş & ark., 2019; Rean & Konovalov, 2024). Modernleşme ve bireyselleşme süreçleri, özellikle büyük şehirlerde yaşayan genç yetişkinlerin evlilik motivasyonlarını etkileyerek daha temkinli ve rasyonel kararlar vermelerine yol açmaktadır. Bu durum, evlilik yaşının uzamasına ve evlilik teşviğine yönelik beklentilerin bireysel hedeflerle uyumlu şekilde yeniden tanımlanmasına neden olmaktadır (Baş, 2021; Yazıcı, 2019; Dindar, 2020).

Bu literatürün bütüncül değerlendirmesi, Türkiye’de evlenme eğilimlerinin hem yapısal (ekonomi, eğitim, kentleşme) hem de kültürel (değerler, bireyselleşme) değişimlerle eşzamanlı olarak dönüştüğüne işaret etmektedir.

Türkiye’de Boşanma Eğilimleri

Türkiye’deki boşanma eğilimlerinin tarihsel seyrini inceleyen çalışmalar, özellikle 2000’li yılların ortasından itibaren boşanma oranlarında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Diler (2022), 2001–2021 dönemini inceleyen analizinde, boşanmaların 20 yıl içinde artış eğilimi gösterdiğini, ekonomik kriz dönemleri ile boşanma artışı arasında bağlantılar bulunduğunu, ayrıca bölgesel farklılıkların belirgin bir rol oynadığını belirtmektedir.

Zaman serisi analizleri üzerinden boşanma eğilimlerini inceleyen Yener, Türkiye’de boşanma davalarının geleceğe yönelik tahminlerini ARIMA modelleri ile üretmiş ve boşanmaların toplumsal norm değişimiyle birlikte giderek daha görünür ve kabul edilebilir bir olgu hâline geldiğini ifade etmiştir. Çalışma ayrıca evlilik süresinin kısılmasının boşanma riskini artıran önemli bir faktör olduğunu vurgulamaktadır (Yener, 2021).

Bulut & Başoğlu çalışmalarında, Türkiye’de boşanma oranlarının ekonomik göstergelerle ilişkisini bölgesel düzeyde incelemiştir. 2008–2020 dönemine ait Düzey-2 verileri kullanılarak panel veri analizi yapılmış olup kadın istihdam oranı, enflasyon ve erkek işsizliği gibi değişkenlerin boşanma oranlarını istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilediğini göstermektedir. Özellikle kadınların ekonomik bağımsızlığının artması, boşanmayı kolaylaştıran önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Bulut & Başoğlu). Kuru & Yakut boşanma olasılığını etkileyen faktörleri kadınlar ve erkekler açısından karşılaştırmalı olarak ele almışlar. Lojistik regresyon analizi uyguladıkları çalışmada, eğitim düzeyi, istihdam durumu, kentte yaşama ve gelir düzeyinin boşanma ihtimalini artırdığını; çocuk sahibi olmanın ise boşanma riskini azalttığını göstermiştir. (Kuru & Yakut, 2024). Güneş yaptığı derleme çalışmasında, nitel bir yaklaşım benimseyerek literatür taraması ve ikincil veri analizi yöntemleri kullanmıştır. Çalışmanın bulguları; boşanmanın yalnızca eşler arasındaki ilişkiyi değil, aynı zamanda çocuklar, geniş aile ve toplum üzerindeki etkilerini de ortaya koymaktadır. Boşanma, bireysel bir karar gibi görünse de kültürel normlar, ekonomik koşullar, toplumsal cinsiyet

rolleri ve hukuki süreçler gibi çok boyutlu etkenlerle şekillendiği ifade edilmiş ve etkilerinin kadınlar, erkekler ve çocuklar üzerinde farklı olduğunu belirtmiştir (Güneş, 2025).

Toplumsal Açıdan Aile Kurumunun Dönüşümü

Aile kurumunun sürdürülebilirliğini anlamak için boşanma ve evlenme istatistiklerinin ötesine geçerek aile yapısının tarihsel ve toplumsal bağlamda dönüşümüne bakmak gerekmektedir. Turgut (2020), aile kurumunun tarihsel süreçte geçirdiği yapısal değişimleri analiz etmiş ve modernleşme, kentleşme ve bireyselleşmenin aile yapısını daha çekirdek bir forma dönüştürdüğünü belirtmiştir. Bu dönüşüm, aile içi rollerin yeniden tanımlanması, kadınların toplumsal hayattaki konumunun değişmesi ve hane yapısının küçülmesi gibi sonuçlar doğurmaktadır.

Karaca (2019) da Türkiye’de değişen aile yapısını sosyolojik bir çerçevede ele alarak, ekonomik dönüşüm, eğitim düzeyinin artması ve toplumsal cinsiyet eşitliği yönündeki farkındalığın aile kurumunu yeniden biçimlendirdiğini ileri sürmektedir. Çalışma, aile kurumunun ortadan kalkmadığını, ancak işlevlerinin, beklentilerin ve yapıların yeniden tanımlandığını ifade eder. Yıldırım modernleşme, bireyselleşme ve toplumsal değişim bağlamında aile kurumunu inceleyerek Giddens ve Bauman gibi çağdaş sosyologların kuramsal çerçevelerinden yararlanır. Evliliğin “aşk ilişkisinden ortak yaşam projesine” doğru dönüşümü ve bireyin özerkliğinin artması, yeni aile biçimlerinin ortaya çıkışını meşrulaştırmaktadır (Yıldırım, 2018).

Engin yaptığı çalışmada modernleşme, bireyselleşme ve kültürel etkileşim gibi küresel güçlerin Türkiye’deki aile yapılarının dönüşümünü yönlendiren başlıca faktörler olduğunu vurgulamıştır. Toplumsal açıdan aile ilişkilerinin çözülmesi ve aile yapısının dönüşmesi, mutlu bir toplum için mutlu ailelerin önemini vurgulamakta ve aile sorunlarını sistematik olarak ele alacak uzmanlaşmış alanlara ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Aile kurumunun dönüşümü aile bağlarının zayıflaması ve bireyciliğe doğru kaymanın başlıca olumsuz sonuçları olarak aile içi şiddet ve boşanma oranlarında artışın yanı sıra aile kurmanın zorlaşmasına sebep olacağını ifade etmiştir (Engin, 2022). Bayer, çalışmasında aile, toplumun sahip olduğu değer yargıları, normatif kurallar ve sosyalleşmenin en ciddi ve yoğun olarak yaşandığı toplumsal yapı olduğunu vurguluyor. Toplumsal Değişiminle birlikte sosyal yapıdaki sosyo-ekonomik farklılıklar, aile yapısının zamanla değişmesine yol açtığını ifade etmiştir. Geniş aileden çekirdek aileye geçişle birlikte üye sayısında azalma, fonksiyonlarda ve yapıda değişme olduğunu, çekirdek ailenin daha kırılğan olduğu ve boşanmaların artmasına sebep olduğundan söz etmiştir (Bayer, 2013).

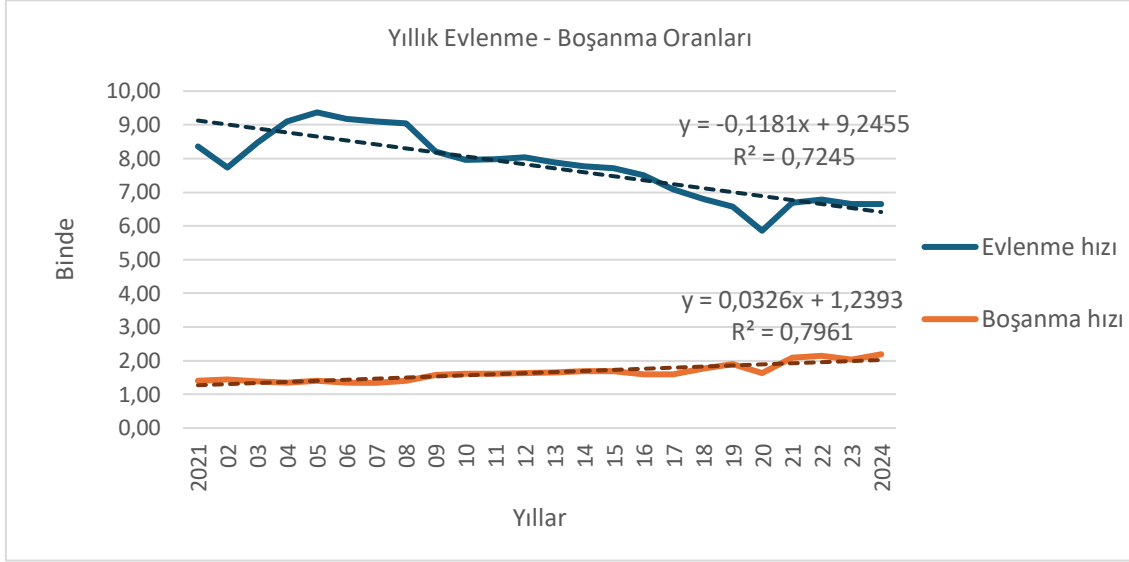
Bu kuramsal çalışmaların ortak yönü, aile kurumunun sürdürülebilirliğinin yalnızca niceliksel verilerle değil, toplumsal dönüşümün niteliğiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamalarıdır.

Türkiye’de Yıllara Göre Evlenme-Boşanma Oranları

TÜİK verilerine göre Grafik 1’de görüldüğü gibi 2005 yılından itibaren kaba evlenme oranlarında hızlı bir düşüş meydana gelmiştir. 2005 yılında binde 9,37 iken bu oran 2024 yılında binde 6,65’e düşmüş olup 24 yılda evlenme oranlarında yaklaşık %30’luk bir düşme yaşanmıştır. Evlenme oranları için oluşturulan doğrusal denklemde yıllık evlenme oranlarındaki azalışın On binde 11,81 olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun temel nedeni evlenme yaşının giderek yükselmesidir. Bunun yanı sıra eğitim ve kariyer odaklı yaşam, ekonomik faktörler, sosyal ve kültürel faktörler evlenme oranı üzerinde etkili olmuştur.

Yine grafikten görüldüğü gibi boşanma oranlarında ise giderek artan bir trendin varlığı göze çapmaktadır. 2021 yılında kaba boşanma oranı binde 1,1 iken, 2024 yılında 2,19’a yükselmiştir. Bu durum 24 yılda boşanma oranlarında yaklaşık %100 oranında bir artış meydana gelmiştir. Öte yandan boşanma oranları için oluşturulan doğrusal trend denklemine göre yıllık bazda boşanma oranında on binde 3,26’lık bir artış olduğu anlaşılmaktadır. Bu gidişatın sebepleri, modernleşme ve sosyal yapıdaki değişim, kadınların sosyo-ekonomik güçlenmesi, kentleşme, kültürel değişim ve ekonomik sebepler şeklinde özetlenebilir.

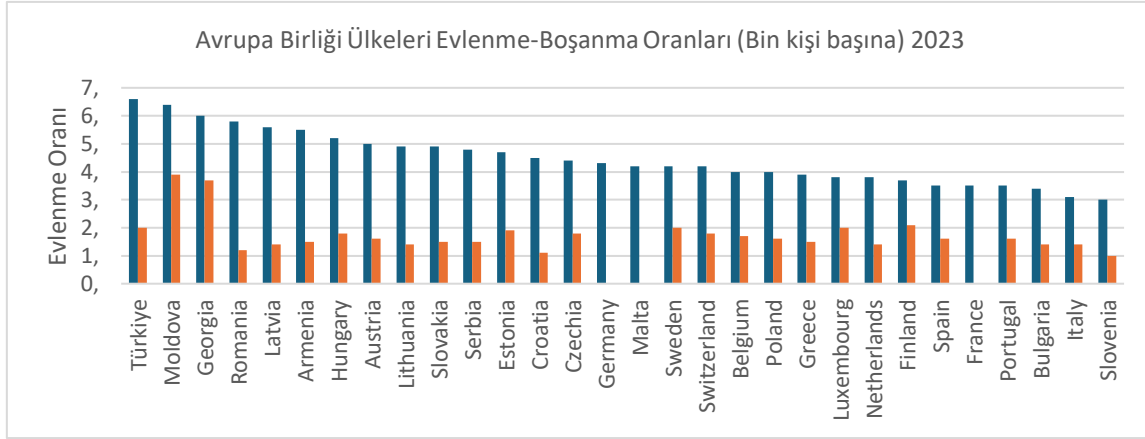
Grafik 1. Türkiye’de Yıllara Göre Evlenme-Boşanma Oranları (Bin kişi başına)



Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Aşağıdaki grafik 2’de Avrupa Birliği ülkeleri için kaba evlenme oranları gösterilmiştir. Buna göre 2023 yılı verilerine dikkate alındığında evlenme oranları açısından Türkiye tüm Avrupa birliği kapsamındaki ülkelerinin üzerinde yer almaktadır. Türkiye’yi Moldova, Georgia (Gürcistan) ve Romanya takip etmektedir. Evlenme oranı en düşük olan ülkeler ise Slovenya, İtalya ve Bulgaristan olup bu ülkelerde evlenme oranı neredeyse Türkiye’nin yarısı kadardır. Aynı grafikte boşanma oranlarına bakıldığında Moldova ve Georgia’nın (Gürcistan) en yüksek orana sahip olduğu görülmektedir. En düşük boşanma oranına sahip ülkelerin Slovenya, Croatia (Hırvatistan) ve Romanya olduğu anlaşılmaktadır. 27 Avrupa ülkesi geneli için boşanma oranının binde 1,6 olup, bu oran Türkiye’deki boşanma oranlarına göre daha düşüktür.

Grafik 2. Avrupa Birliği Kapsamındaki Ülkelerinde Evlenme-Boşanma Oranları (2023)



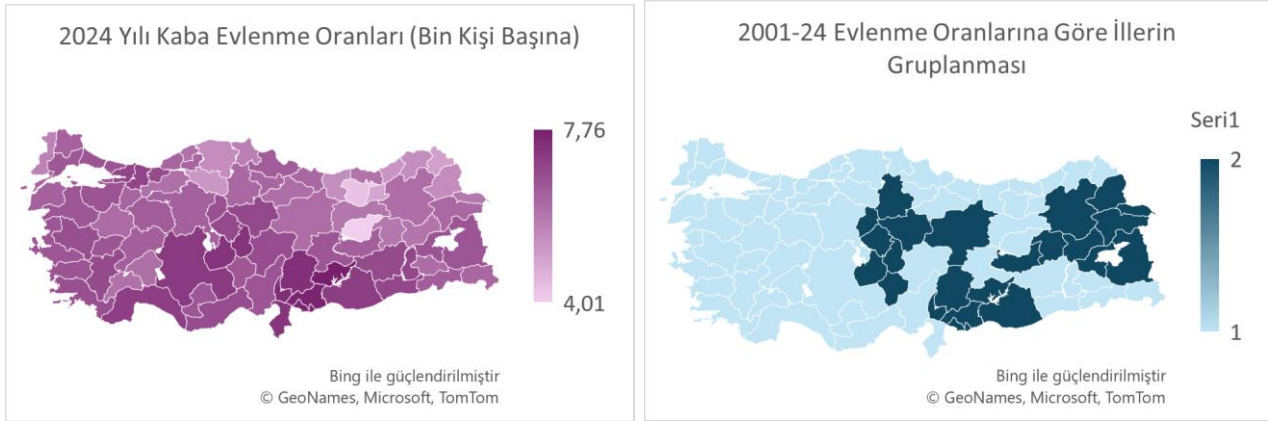
Kaynak: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00014/default/table?lang=en>

İllere Göre Evlenme Oranlarının Değişimi

İller bazında evlenme ve boşanma oranları için aşağıdaki harita grafikleri verilmiştir. Grafik 3a’daki 2024 verilerine göre evlenme oranlarında bölgesel bazda çok ciddi bir farklılıklar hissedilmese de Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgesinde oranın nisbeten daha düşük olduğu, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve İç Anadolu’nun güney bölgeleri, Akdeniz, Ege kıyıları ve Marmara bölgesinde nisbeten daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. 2021-2024 arasındaki evlenme verileri kullanılarak yapılan 2’li kümeleme analizine sonuçları grafik 3b’de görülmekte olup, buna göre Doğu

Anadolu bölgesi, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin bir kısmında evlenme oranlarının yüksek, diğer bölgelerde nisbeten daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Grafik 3a. 2024 yılı illere göre kaba evlenme oranları 3b. Kümeleme analizi sonuçları

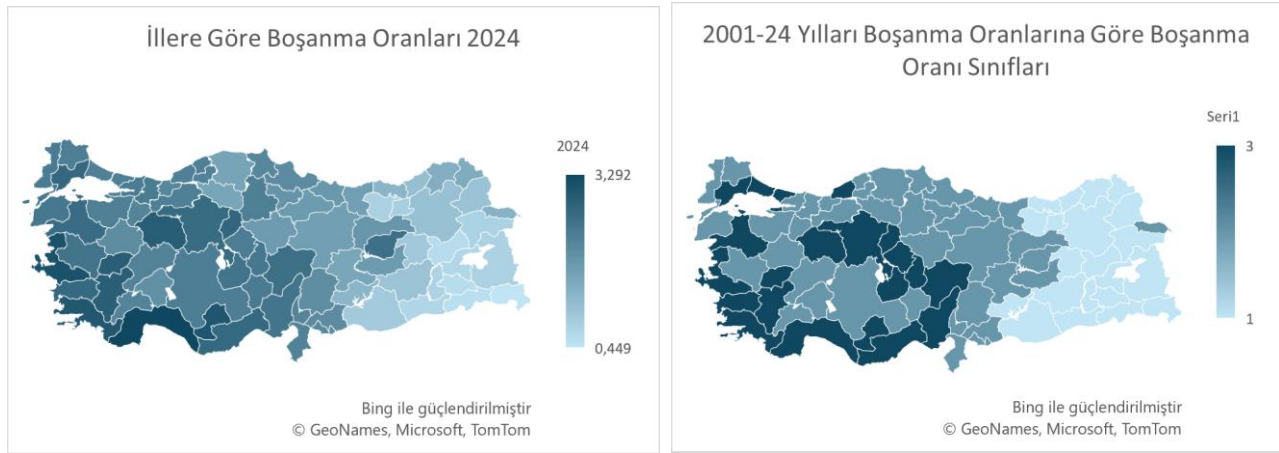


Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

İllere Göre Boşanma Oranlarının Değişimi

Boşanma oranları açısından Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu’da boşanma oranlarının diğer bölgelere göre önemli ölçüde düşük olduğu grafik 4’te görülmektedir. Yapılan Kümeleme analizi sonucunda boşanma hızını 3 sınıf olarak ifade edildiğinde Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde boşanma hızının Türkiye geneline göre düşük, buna karşılık Ege, Akdeniz bölgesi ve İç Anadolu’nun bir kısmın ve İstanbul’da yüksek olduğu grafik 4b’de görülmektedir. Buna karşılık Akdeniz ve ege bölgesi kıyı kesimlerinde boşanma oranlarının yüksek olduğu görülmektedir.

Grafik 4.a. 2024 yılı boşanma oranları, 4.b. 2001-2024 Yılı verilerine göre kümeleme analizi sonuçları



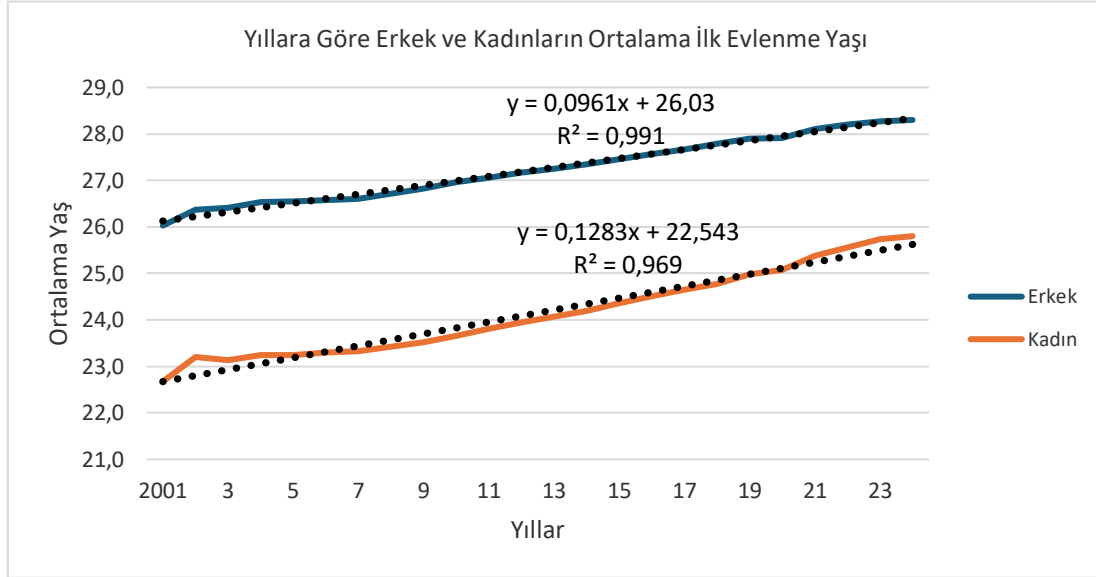
Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Çiftlerin İlk Evlenme Yaşına Göre İncelenmesi

2001-2024 yılı evlenme istatistiklerine göre erkek ve kadınların ortalama ilk evlenme yaşlarının giderek arttığı aşağıdaki grafik 5’te açık bir şekilde görülmektedir. 2001’ de erkeklerde ortalama ilk evlenme yaşı 26 iken, 2024 yılında 28,3’e yükselmiştir. Kadınlarda 2001’de 22,7 iken, 2024 yılında 25,8 olmuştur. Aşağıdaki grafikten de görüleceği üzere kadınlarda ilk evlenme taşı erkeklere göre daha fazla artış göstermiştir. Erkeklerde ilk evlenme yaşı yılda 0,096 artarken, kadınlarda yaklaşık 0,13 artış göstermiştir. Bu artış eğiliminin devam edeceği grafikten tahmin

edilebilmektedir. Kadın ve erkekler birlikte ele alındığında 2024 yılı itibarıyla ortalama ilk evlenme yaşı 27 dir. Ancak gelecekte bu artış eğiliminin devam etmesi evlenme yaşını daha yukarılara taşıyacaktır. Bu durum gelecekte nüfus piramidini olumsuz etkileyecektir. Giderek çalışabilir genç nüfus azalırken yaşlı nüfusun artmasına sebep olacak, sonuç olarak sosyal güvenlik sistemi baskı altında kalacak, sağlık harcamaları artacak, iş gücü daralacak, böylece sosyo ekonomik problemlerin yaşanması muhtemeldir (Karagöz, & Çavuş, 2025).

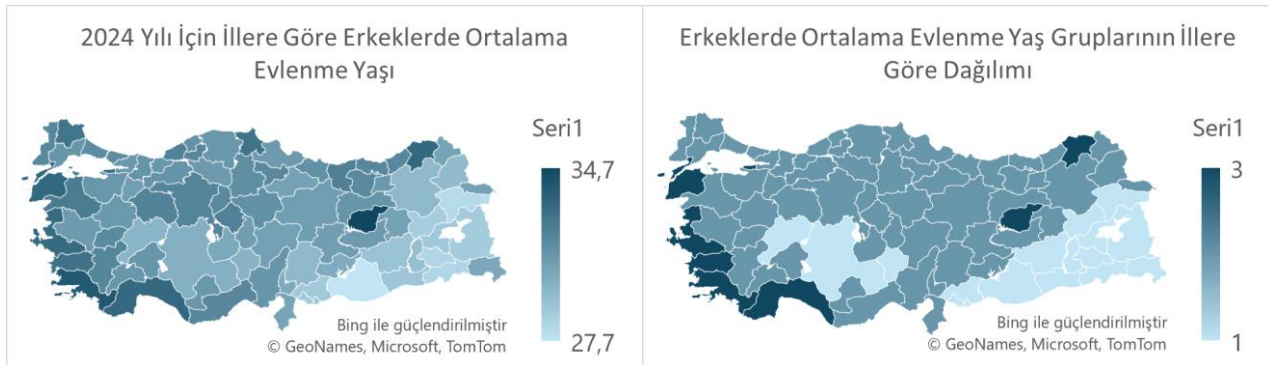
Grafik 5. Yıllara Göre Erkek ve Kadınların Ortalama Evlenme Yaşının Değişimi (2001-2024)



Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

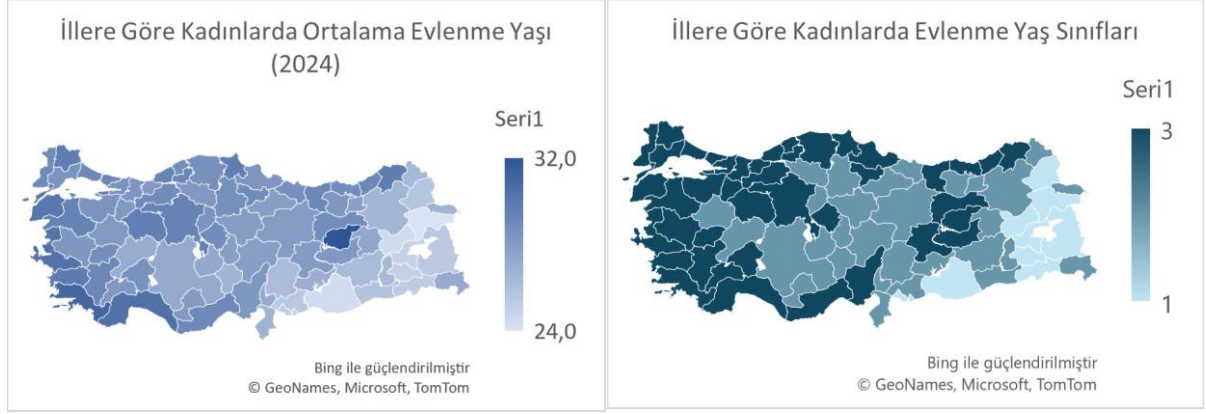
İllere göre ilk evlenme yaşı incelendiğinde aşağıdaki grafik 6 ve 7'ye bakıldığında genel olarak Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde evlenme yaşının diğer bölgelere göre düşük olduğu görülmektedir. 2001-2024 yılları evlenme yaşı verileri kullanılarak kümeleme analizi yapılmış ve yaş sınıflarına göre 3 grup oluşturulmuştur (grafik 6b, 7b). Bu grafiklerde illere göre evlenme yaşının durumu daha net bir şekilde ortaya konmuştur. Erkek ve kadınlar için evlenme yaşının Güneydoğu Anadolu ve İç Anadoluda Konya yöresinde evlenme yaşının diğer bölgelere göre belirgin bir şekilde düşük olduğu, buna karşılık erkeklerde Akdeniz, Ege kıyı bölgelerinde, kadınlarda ise Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz bölgeleri ile Ankara civarı, Elazığ, Tunceli yöresinde yüksek olduğu açık bir şekilde grafik 6 ve 7'den görülmektedir. Bu durumun eğitim düzeyi, ekonomik koşullar, kültürel ve geleneksel farklılıklar, şehirleşme oranı gibi sebeplerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Grafik 6.a 2024 Yılı için Erkeklerde ortalama Evlenme Yaşı, 6.b 2001-24 arası verilere ile İllere göre evlenme yaş gruplarının dağılımı



Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Grafik 7.a 2024 Yılı için Kadınlarda ortalama Evlenme Yaşı, 7.b 2001-24 arası verilere ile İllere göre evlenme yaş gruplarının dağılımı

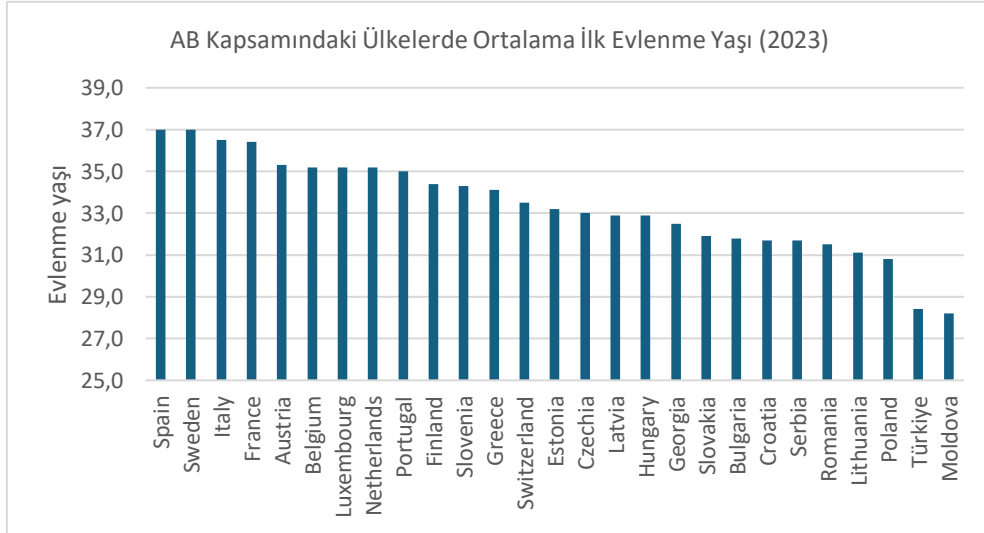


Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Avrupa Birliği kapsamındaki ülkelerde ortalama ilk evlenme yaşının dağılımı ve Türkiye Karşılaştırması

2023 verilerine göre Avrupa Birliği kapsamındaki ülkelerde ortalama ilk evlenme yaşı için aşağıdaki grafik 8 elde edilmiştir. Grafikte evlenme yaşı en düşük olan ülkelerin Moldova ve Türkiye olduğu, evlenme yaşının en yüksek olduğu ülkelerin İspanya, İsveç, İtalya ve Fransa olduğu görülmüştür. Türkiye’de Avrupa ülkelerine göre evlenme yaşının düşük olması, gelecekte Türkiyede evlenme yaşının daha da artacağını gösteren önemli bir göstergedir. 2023 verilerine göre İspanya ve İsveçte ilk evlenme yaşı yaklaşık 37 civarında olup bu rakam oldukça büyüktür. Evlilik yaşının yüksek olduğu ülkelerde evlilik dışı birlikliklerin ve bireyselliliğin öne çıkması önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (Balestrino, Ciardi & Mammini, 2013).

Grafik 8. Avrupa Birliği kapsamındaki ülkelerde ortalama ilk evlenme yaşının dağılımı



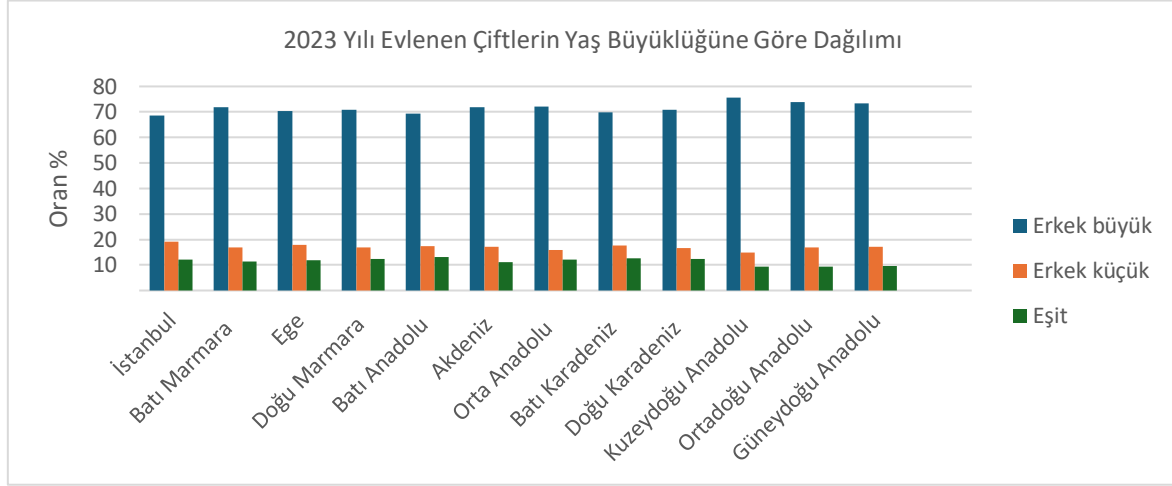
Kaynak: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00014/default/table?lang=en>

Dünya genelinde ortalama ilk evlenme yaşı araştırıldığında geri kalmış ülkelerde evlenme yaşının 20 civarında olduğu görülmüştür. Orta Afrika ülkelerinde bu yaşı 18’lerin altına düştüğü görülmüştür. Bu durum geleneksel yapıya bağlılık, ekonomik ve sosyal şartlar, eğitim düzeyi coğrafi faktörlerin bir neticesi olarak ifade edilebilir (Bindik, S. 2021). Buna karşılık gelişmiş ülkelerde ortalama evlenme yaşının 30 civarında olduğu görülmüştür (Hewitt & Churchill 2020).

Bölgelere göre evlenen Çiftlerin Arasındaki Yaş Farkları

Bölgelere göre evlenen çiftlerin yaşlarının büyüklük durumunun farklı olup olmadığı araştırıldığında, grafik 9'dan da görüldüğü gibi 2023 verilerine göre erkeklerin yaklaşık %71'inin yaşınının kadınlardan büyük, yaklaşık %17'sinin küçük ve %12'sinin eşit olduğu görülmüştür. Kuzeydoğu Anadolu'da (%76) ve Ortadoğu Anadolu'da (%74) evlenen çiftlerde Erkeğin yaşının kadınlardan büyük olanların oranı diğer bölgelere göre daha fazladır. İstanbul ve Batı Anadolu bölgesinde erkeğin yaşının kadınlardan büyük olanların oranı (%69) olup diğer bölgelere göre daha düşüktür.

Grafik 9. Akraba Evlilikleri ve İllere Göre Dağılımı

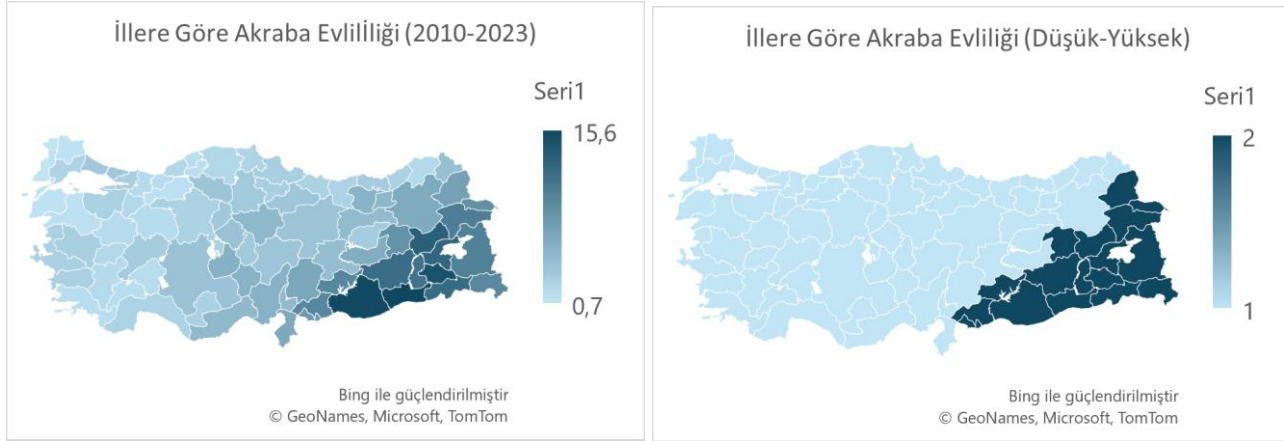


Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Türkiye’de evlenme istatistikleri sonuçlarına göre, 2010 yılında gerçekleşen resmi evlenmelerin %5,9'unun akraba evliliği olduğu ve bu oranın sonraki yıllarda sürekli düşüş göstererek 2019 yılında %4, 2024 yılında ise %3,3'e düşmüş olmakla birlikte bazı illerde hala yüksek seyretmektedir. Aşağıdaki grafik 10 incelendiğinde akraba evliliklerinin genel olarak Doğu Anadolu'nun güneyi ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde yaygın olduğu görülmektedir. Batıya gidildikçe akraba evliliklerinin azaldığı anlaşılmaktadır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki akraba evliliğinin yüksek olmasını geleneklere bağlılık, ekonomik sebepler (mirasın bölünmemesi, mal varlığının aile içinde kalması), toplumsal baskı ve eğitim seviyesinin düşüklüğü gibi faktörlerle açıklanabilir.

Akrabalık evliliği, dünya nüfusunun %10'una kadarında görülmekte olup, bu oran Orta Doğu'daki bazı bölgelerde %80,6'dan batı toplumlarında %1'in altına kadar değişmektedir. Akraba evlilikleri sosyal ve ekonomik açıdan kısa vadeli avantajlar sunabilse de sağlık ve genetik riskler nedeniyle uzun vadede birey ve toplum açısından ciddi dezavantajlar barındırmaktadır (Oniya & ark., 2019, Popescu & ark. 2025). Akraba evliliklerinin giderek düşüyor olması ve bölgesel bir sorun olması çeşitli tedbirler almak suretiyle bu sorunun etkileri azaltılabilecektir.

Grafik 10.a. 2010-23 dönemi ortalamalarına göre, 10. b. Kümeleme analizi sonuçlarına akraba evliliklerinin illere dağılımı

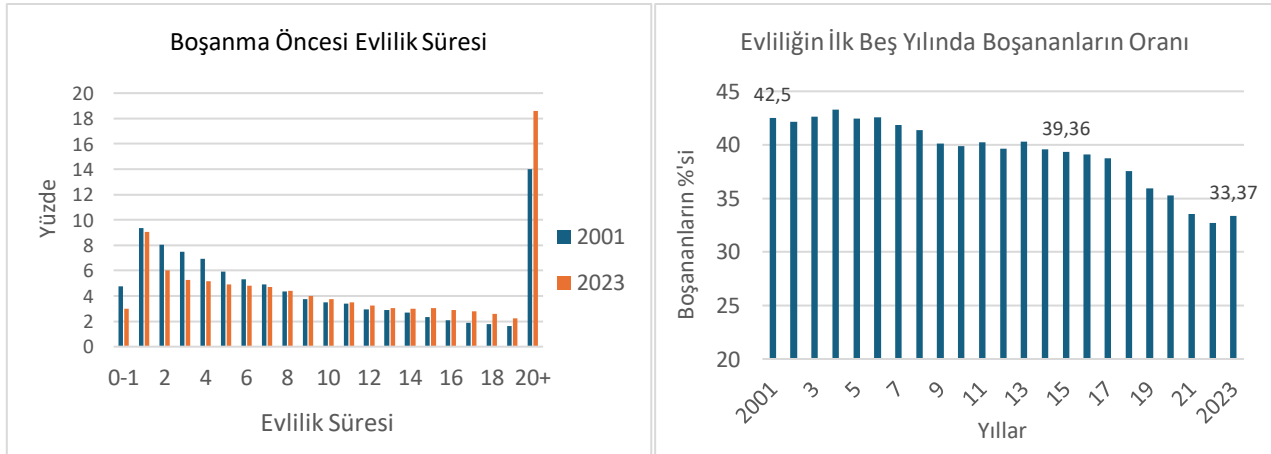


Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Boşanma Öncesi Evlilik Süresi

2001 ve 2023 dönemi istatistikleri dikkate alındığında, aşağıdaki grafik 11’de görüldüğü gibi boşanmaların önemli bir kısmının evliliğin ilk yıllarında gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Binay, 2018). Bunun temel sebepleri; uyum sürecinde yaşanan zorluklar, ekonomik sıkıntılar, aile baskısı, iletişim eksiklikleri, sadakatsizlik ve çocuk sahibi olmadan önce yaşanan çatışmalar olduğu düşünülmektedir. Evlilikte ilk yılların en kritik dönem olduğu kabul edilmekte (İlhan, & Işık, 2019),(Kaya & Eren, 2020). Boşanma ve erken boşanmaların artış nedenleri. Grafikten 11’den izlendiği gibi evlilik süresi arttıkça boşanma oranlarının da düşmektedir. Öte yandan 2023 yılında evliliğin ilk yıllarında boşanma oranları 2001 yılına göre daha düşük olduğu halde sonraki yıllarda daha yüksek olduğu grafikten görülmektedir. Bunun yanı sıra evliliğin 20 yıl sonrasında boşanma oranları 2001 yılına göre 2023 yılında oldukça yüksektir. Bu durum zamanla evliliğin geç dönemlerinde boşanmaların arttığına işaret etmektedir (Yusufoğlu, 2025). Dünya çapında da uzun süreli evliliklerde boşanmaların arttığı ifade edilmektedir (Perrig-Chiello, Hutchison, & Morselli, 2015).

Grafik 11. Türkiyede Evlilik Süresine Göre Boşanma Oranları (2001 ve 2023)



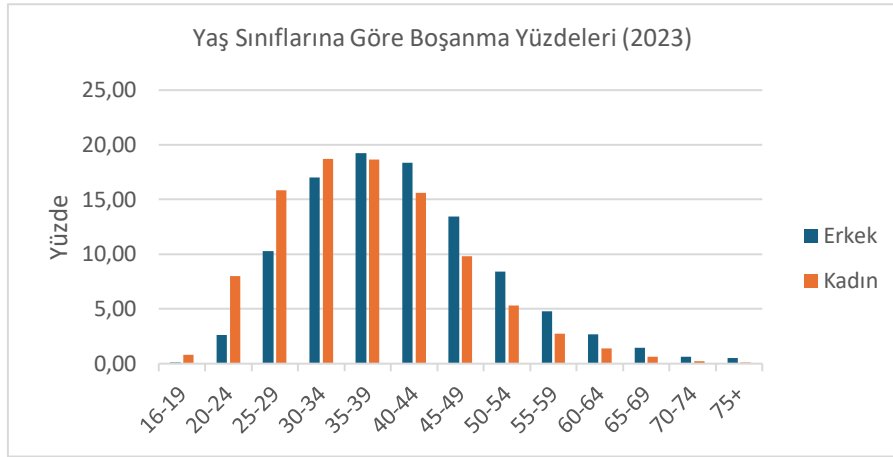
Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Yaş Göre Boşanma Oranlarının Değişimi

Yaş sınıflarına göre boşanma oranları, yaş artışına bağlı olarak artarken 35-39 yaş grubunda zirveye ulaşmakta, bu noktadan sonra boşanma oranlarının düşme eğilimine girdiği aşağıdaki grafikten görülmektedir. Bu durum kadınların eğitim ve ekonomik bağımsızlığının artması, boş yuva sendromu, evlilikten beklentilerin değişmesi, bireyselleşme gibi sebeplere bağlanabilir (Türköz, Ş.

2025). Grafik 12’de sağa çarpık bir yapının olduğu bu da erken yaş gruplarında boşanmaların yığılma gösterdiğine delalet etmektedir. Genel anlamda erkeklerde boşanma oranı 35-44 yaş aralığında en üst seviyeye çıkarken, kadınlarda 30-39 yaş aralığında zirveye ulaşmaktadır. Bu farkın sebebinin erkek ve kadınların evlenme yaşlarının farkından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Grafik 12. Yaş Sınıflarına Göre Boşanma Oranları



Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr>

Boşanma Nedenleri

Boşanmayı tetikleyen birçok sebep vardır. TÜİK 2003 verilerine göre boşanmaların en önemli sebebinin %96 oranında geçimsizlikten kaynaklandığı görülmüştür. Literatürde boşanma nedenleri üzerine yapılan birçok çalışmaya rastlanmıştır. Yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlardan gözden geçirilmiştir. Ali ve diğerlerinin boşanmış bireylerle yaptıkları derinlemesine görüşmeler sonucunda finansal çıkar çatışmaları, aldatma, yetersiz iletişim ve aile baskısı gibi etkenlerin evlilik birliğini zayıflattığı ve boşanmaya yol açtığını bulmuşlardır. Ayrıca boşanmanın çocukların sosyal gelişimi üzerindeki olumsuz etkilerine de dikkat çekmişlerdir (Ali, Gulzar & Ahmad, 2025). Nurhasanah yaptığı nitel çalışmada sadece eşine boşanma davası açan kadınları incelemiştir. Araştırmanın sonuçlara göre eşin kötü muamelesi, art arda uzun süre terk etme, sık sık tartışma ve aldatma kadınların boşanma kararı almasına yol açan başlıca nedenler olduğu görülmüştür (Nurhasanah, 2017). Elmas ve Adak yaptıkları çalışmada Türkiye bağlamında boşanma nedenlerini ele almışlardır. Ekonomik istikrarsızlık, yaşam standartlarındaki düşüş, cinsiyet rollerine dair beklentilerin değişmesi ve bireyselleşme eğilimi, geleneksel aile yapısındaki dönüşümlerle birlikte boşanmayı tetikleyen toplumsal faktörler olduğunu ifade etmişlerdir. Şahan ve Kılıçaslan Orta Anadolu’dan katılımcılarla yaptıkları nitel çalışmada, boşanma nedenlerini bireylerin kendi ifadeleriyle ortaya koymuşlardır. Araştırmada geçimsizlik, iletişim problemleri, eşler arası beklenti farklılıkları ve ekonomik sorunlar ifadeleri sıkça dile getirilmiştir.

Aşağıda Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Aile ve Toplum Hizmetleri Genel Müdürlüğü Türkiye Boşanma Nedenleri Araştırması sonuçlarına tablo 1’de verilmiştir. Buna göre boşanmaların en önemli sebebinin yakın çevre olduğu görülmüştür. Kişinin akraba ve arkadaş çevresi kişilerin aile ilişkilerini etkileyebilmekte ve sonuçta boşanmaya sebep olabilmektedir. Duygusal ilişki ve aldatmada boşanmaya sebep olan önemli faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Ekonomik sorunlar, şiddet ve alışkanlıkların aile huzuru üzerinde olumsuz etkileri olduğu tablodan anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Türkiye’de Boşanma Nedenleri

Boşanma sebebi	%	Boşanma sebebi	%
Yakın çevre	40,0	Çocukla ilgili sorunlar	17,8
Duygusal ilişki	37,6	Çalışma hayatı	15,1
Aldatma	34,9	Evlilik öncesi eşini yeterince tanımama	15,1
Ekonomik sorunlar	34,2	Hastalık	13,7
Şiddet	34,2	Evlenme yaşı	8,8
Alışkanlıklar	30,7	Çocuk sahibi olamamak / istememek	6,1
Ev içi görev ve sorumluluklar	29,0	Eğitim düzeyi	2,9
Yaşam tarzı	24,9	Yaş farkı	2,7
Değerler / hayat görüşü	20,0	İnanç / mezhep	2,7
Cinsel hayat	20,0	Akraba evliliği	2,2

Kaynak: Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Aile ve Toplum Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Boşanma Nedenleri Araştırması (2014), TBNA, 75.

Sonuç

Türkiye’de son yıllarda evlenme ve boşanma eğilimleri, aile kurumunun mevcut yapısı ve sürdürülebilirliği açısından önemli dönüşümlere işaret etmektedir. TÜİK verilerine göre 2024 yılında evlenen çift sayısı yaklaşık 568.395, boşanan çift sayısı ise 187.343 olarak gerçekleşmiştir; boşanma hızı tarihsel olarak en yüksek düzeye ulaşmıştır. Ortalama ilk evlenme yaşı da hem kadınlarda hem erkeklerde yükselmektedir.

Bu verilere göre;

Evlilikler görece sabit kalsa da nüfus artışına göre evlenme hızı düşmekte, evlilikler daha geç yaşlarda yapılmaktadır. Bu, genç kuşakların evliliğe yönelik öncelik ve beklentilerinin değiştiğini göstermektedir.

- Evliliklerin gecikmesi çocuk sahibi olma ve yetiştirme konusunda sıkıntılara yol açmakta, bunun neticesinde nüfus artış hızı yavaşlayacak, zamanla da düşmeye başlayacaktır. Gelişmiş ülkeler bu konuda önemli sıkıntılar yaşamaktadır. Ne yazık ki ülkemizin gidişatı da bu yöndedir.
- Boşanma oranları belirgin bir artış eğilimindedir, boşanmaların özellikle evliliğin erken döneminde yoğunlaşması (ilk 5 yıl içinde) aile birliğinin kırılganlığını ortaya koymaktadır.
- Toplumsal dönüşüm, bireyselleşme ve ekonomik, sosyal ve kültürel etkenler, geleneksel aile normlarının zayıflamasına katkı sağlamaktadır. Kadınların eğitim ve işgücüne katılımı ile bireysel özerklik arayışı, evlilik kararlarını geciktiren ve boşanmayı kolaylaştıran faktörler arasında yer almaktadır.
- Aile kurumu bir toplumun temelini oluşturur. Bu kurumun zarar görmesi toplumun zarar görmesine, sadece aile içi huzursuzluğa değil toplumsal huzursuzluğa da sebep olmaktadır. İçinde bulunduğumuz yılın aile yılı ilan edilmesi aile kurumunun önemini anlaşıldığının bir göstergesi olarak düşünülebilir.
- Boşanmalar en çokta çocuklar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmakta, çocukların daha küçük yaşta travma geçirmelerine sebep olmaktadır. Çocuklar geleceğimizdir, başta boşanmış ailelerin çocukların olmak üzere çocuk yetiştirme ve topluma kazandırma konusunda daha ciddi çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Bu eğilimler, aile kurumunun yapısında ve işlevinde değişimler olduğunu göstermektedir. Aile artık sadece geleneksel dayanışma ve ekonomik iş birliği mekanizması olmaktan çıkıp, bireysel beklenti ve tercihlere daha açık bir ortam haline gelmiştir. Bu durum, aile sürdürülebilirliğinin niteliğini nicelikten çok niteliğe kaydırmaktadır.

Öneriler

Bu dönüşümlerin aile kurumunun sürdürülebilirliği açısından olumsuz etkilerini azaltmak ve toplumsal huzur ve refahı güçlendirmek için aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

1. Aile Eğitimi ve Danışmanlık Hizmetlerini Güçlendirme

- Evlilik öncesi ve evlilik sürecinde iletişim, çatışma çözümü ve finans yönetimi gibi konularda eğitim programlarının yaygınlaştırılması için çaba sarf edilmelidir.
- Aile danışmanlığı hizmetlerinin erişilebilir, ücretsiz veya düşük maliyetli hâle getirilmesi sağlanmalıdır.

2. Gençlerin Evlilik Planlamasına Yönelik Politikalar

- Gençlerin ekonomik bağımsızlıklarını güçlendirmek için istihdam ve konut politikalarının aile kurmayı destekler şekilde tasarlanması. Bu konuda son zamanlarda ihtiyaç sahibi gençlere çeşitli desteklerin veriliyor olması sevindirici bir yaklaşımdır.
- Aile kurma yaşını etkileyen eğitim ve kariyer planlaması konularında bilinçlendirme kampanyaları düzenlenebilir.

3. Boşanma Sonrası Sosyo-Psikolojik Destekler

- Boşanma sonrası çocuklar ve ebeveynler için psikolojik destek ve rehberlik programları oluşturulması. Çocukların topluma faydalı bireyler olarak yetişmelerini sağlayacak destek programları geliştirilmelidir.
- Tek ebeveynli ailelerin ekonomik ve sosyal güvence ihtiyaçlarını karşılayacak sosyal politikaların geliştirilmesi.

4. Toplumsal norm ve değerlerle İletişim

- Aile değerlerinin korunmasını teşvik eden toplumsal farkındalık kampanyaları, modern yaşam ve bireysel beklentiler arasındaki dengeyi kurmayı hedeflemelidir.
- Medya ve eğitim kurumları aracılığıyla aile içi sorumluluk, eşitlik ve saygı temelli ilişki modellerinin yaygınlaştırılması için gayret edilmelidir.
- Sosyal medya ve televizyon programları üzerinde hassasiyetle durulmalı, toplumun kültür ve değerlerine ters program içeriklerin engellenmesi için çalışılmalıdır.

5. Araştırma ve veri izleme sistemlerinin geliştirilmesi

- Evlenme ve boşanma trendlerinin bölgesel, demografik ve sosyo-ekonomik boyutlarda daha ayrıntılı izlenerek sorunların daha hızlı çözümü için politikalar geliştirilmelidir.
- Aile kurumunun sürdürülebilirliğine ilişkin nitel araştırmaların desteklenmesi; politika yapıcılar için güncel veri analizleri yapılabilir.

Kaynakça

- Acar, T. (2022, July). The role of educational attainment and educational pairings in women's marriage behavior in Turkey. In *Women's Studies International Forum* (Vol. 93, p. 102616). Pergamon.
- Ali, B., Gulzar, F., & Ahmad, A. (2025). Causes of Divorce and its Effects on the Socialization of Children: A Case Study of Tehsil Daggar District Buner. *Qlantic Journal of Social Sciences*, 6(1), 1-9.
- Aydoğdu, T., & Taş, K. (2025). *Günümüz Dünyasında Bireyselleşmenin Din ve Aile Kurumu Üzerindeki Etkileri*. Sosyolojik Bağlam Yayınları.
- Balestrino, A., Ciardi, C., & Mammini, C. (2013). On the causes and consequences of divorce. *The Journal of Socio-Economics*, 45, 1-9.
- Baş, E. (2021). Evlilik: Modernleşme sürecinde kuşaklararasıda yaşanan değişim. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(2), 821-845.
- Bayer, A. (2013). Değişen toplumsal yapıda aile. *Şırnak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 4(8), 101-129.
- Binay, M. (2018). Türkiye’de Boşanma Nedenlerinin Analizi ve Alternatif Uyuşmazlık Yöntemleri. *Ombudsman Akademik*, 5(9), 237-267.
- Bindik, S. (2021). Nedenleri ve Sonuçlarıyla Kadınlarda Erken Yaşta Evlilik. *Pearson Journal*, 6(15), 541-551.
- Bowen, M. (1978). *Family Therapy in Clinical Practice*. New York: Jason Aronson.
- Bulut, E., & Başoğlu, A. (2023). Boşanmanın Ekonomik Belirleyicileri: Türkiye Düzey 2 Bölgeleri Üzerine Panel Veri Analizi. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 45-62.
- Dindar, V. (2020). *Gençlerde evlilik yaşının uzaması üzerine din sosyolojisi açısından bir araştırma*. *İlahiyat Akademi*, 12, 257-284.
- Elmas, Ç., & Adak, N. (2023). Türkiye’de boşanma nedenlerinin toplumsal kökenleri ve boşanma sonrası deneyimler. *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi*, 43(1), 84-97.
- Engin, M. (2022). Türkiye’de aile yapısının dönüşümü: sorunlar ve beklentiler. *Uluslararası Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 123-136.
- Erkan, S. (2018). Bireyselleşmenin Evlilik Kurumuna Etkileri. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 10(1), 45-62.
- EUROSTAT (2025) Marriage and divorce (12.12.2025 tarihinde <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00014/default/table?lang=en> adresinden ulaşılmıştır).
- Güneş, E. (2025). Türk Toplumunda Boşanma Olgusu: Sosyoloji ve Sosyal Hizmet Perspektifinden Bir Değerlendirme. *Habitus Toplumbilim Dergisi*, (Toplumsal Tedkikler), 281-304.
- Hewitt, B., & Churchill, B. (2020). Convergence and difference: Marriage and family life from a cross-cultural perspective. In *Cross-cultural family research and practice* (pp. 57-102). Academic Press.
- İlhan, S. T., & Işık, Ş. (2019). Evliliğin ilk yıllarında evlilik yaşamı deneyimi ve evliliğe ilişkin algılar: Sorunlar, zorluklar ve ihtiyaçlar. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 7(4), 1430-1448.
- Karagöz, E., & Çavuş, Ö. H. (2025). Doğurganlık Oranlarının Sosyal Güvenlik Sisteminin Sürdürülebilirliğine Etkisi. *Yedi Aralık Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (Aile Yılı Özel Sayısı), 74-87.
- Kartop, E. & Soyer, M. (2023). Aile İşletmelerinde Sürdürülebilirlik ve Kültürlerarası Farklılıklar. *Akademik Hassasiyetler Dergisi*, 10(1), 1-20
- Kaya, K., & Eren, G. T. (2020). Boşanma ve erken boşanmaların artış nedenleri. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*, 3(9), 708-728.
- Köker, F. (2021). Kadınların İşgücüne Katılımının Evlilik ve Boşanma Dinamikleri Üzerindeki Etkisi. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 110-128.

- Kulathinal, S., Säävälä, M., Auranen, K., & Saarela, O. (2020). İki kesitsel retrospektif tasarımı birleştirerek evlilik sıklığı oranlarının tahmini: İki bağımlı sürecin olay geçmişi analizi. *arXiv ön baskısı arXiv:2009.01897*.
- Lévi-Strauss, C. (1969). *The Elementary Structures of Kinship*. Boston: Beacon Press.
- Nurhasanah, N. (2017). The analysis of causes of divorce by wives. *COUNSE-EDU: The International Journal of Counseling and Education*, 2(4), 192-200.
- Oniya, O., Neves, K., Ahmed, B., & Konje, JC (2019). Akraba evliliğinin üreme üzerindeki sonuçlarının incelenmesi. *Avrupa Obstetrik ve Jinekoloji ve Üreme Biyolojisi Dergisi*, 232, 87-96.
- Parsons, T., & Bales, R. F. (1955). *Family, Socialization and Interaction Process*. Glencoe, IL: Free Press
- Perrig-Chiello, P., Hutchison, S., & Morselli, D. (2015). Uzun süreli bir evlilikten sonra boşanmaya psikolojik uyum kalıpları. *Sosyal ve Kişisel İlişkiler Dergisi*, 32 (3), 386-405.
- Popescu, G., Rusu, C., Maştaleru, A., Oancea, A., Cumpăt, C. M., Luca, M. C., ... & Leon, M. M. (2025). Social and Demographic Determinants of Consanguineous Marriage: Insights from a Literature Review. *Genealogy*, 9(3), 69.
- Rean, A. A., & Konovalov, I. A. (2024). Young people's attitude towards family and marriage. *Humanities and Social Sciences*, 119(4), 69–77. <https://doi.org/10.22204/2587-8956-2024-119-04-69-77>
- Sayın, M., & Özkartal, M. (2020). Türkiye'de Boşanma Nedenlerinin Hukuki ve Sosyolojik Analizi. *Hukuk Araştırmaları Dergisi*, 15(3), 301-325.
- Şahan, B., & Kılıçarslan, S. (2024). Boşanmış bireylerin boşanma nedenleri ve boşanma sürecinde yaşadığı güçlükler. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1439-1461.
- TÜİK (2025) Aile Yapısı İstatistikleri 2025. (10.12.2025 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=109&locale=tr> adresinden ulaşılmıştır.
- Türk, A., & Aydemir, İ. (2024). Y ve Z kuşaklarının bağlanma stilleri ile evlilik beklentilerinin incelenmesi. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 24(64), 549–574.
- Türköz, Ş. (2025). *The demographic aspects of the gray divorce phenomenon in Türkiye. İçtimaiyat*, 9(2), 739–754.
- Yazıcı, H. (2019). *Evliliğin niteliği olarak evlilikte bireyselleşme ve bütünleşme. Toplum ve Sosyal Hizmet Dergisi*, 30(2), 606–622.
- Yener, Ayşe, Aytaç Akçay ve Eda Gizem Koçyiğit. "Türkiye'de Boşanma Davalarının Zaman Serisi Analizi ve Gelecek Tahminleri: Box-Jenkins (Arıma) Yaklaşımı" *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi* 17.2: 159-173.
- Yıldırım, İ. (2022). Birey-Toplum Dikotomisi Üzerinden Ailenin Serencamına Kuramsal Bir Bakış. *Turkish Studies-Social Sciences*, 17(5), 951-971.
- Yusufoglu, Ö. Ş. (2025). Nedenleri ve Sonuçları Açısından Gri Boşanma Olgusu. *İçtimaiyat*, (Aile Özel Sayısı), 429-447.
- Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Aile ve Toplum Hizmetleri Genel Müdürlüğü, *Türkiye Boşanma Nedenleri Araştırması* (2014), TBNA,75.

GEÇİCİ KAPAK

*Kapak tasarımı
devam ediyor.*