Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 2026; 29(3), 647-660
https://doi.org/10.61859/hacettepesid.1885340

ARAŞTIRMA MAKALESİ

MAKİNE ÖĞRENİMİ İLE EKONOMİK KALKINMA, SAĞLIK VE ÇEVRE EŞİTSİZLİKLERİNİN ANALİZİ [1]

Gülsüm Şeyma KOCA [*]
Nazan KARTAL [**]
İlkay Sevinç TURAÇ [***]

ÖZ

Sağlık ve çevresel sürdürülebilirlik alanındaki eşitsizlikler, farklı ekonomik gelişmişlik düzeylerine sahip ülkeler arasında devam etmektedir. Bu çalışma, ülkelerin temel sağlık ve çevresel göstergelerini analiz ederek ekonomik sınıflandırmalar ile yaşam beklentisi arasındaki ilişkileri incelemektedir. Elde edilen bulguların politika yapıcılara sağlık hizmetlerine erişimi artırmaya, hedefli müdahaleler geliştirmeye ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemeye yönelik katkı sağlaması amaçlanmaktadır. Çalışmanın temel amacı, gelir düzeyleri ile sağlık ve çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri arasındaki ilişkileri öngörücü modelleme teknikleri kullanılarak değerlendirmektir. Ayrıca, farklı gelir gruplarında yaşam beklentisini etkileyen başlıca belirleyicileri ortaya koymak ve anne ölüm oranı, diyabet prevalansı, PM2.5 hava kirliliği, yenilenebilir enerji tüketimi ile iç tatlı su kaynaklarındaki eşitsizlikleri incelemektir. Çalışmada, Dünya Bankası sınıflandırmasına göre düşük, düşük-orta, üst-orta ve yüksek gelir gruplarında yer alan 40 ülkeye ait veriler kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler anne ölüm oranı, doğumda yaşam beklentisi, diyabet prevalansı, PM2.5 hava kirliliği, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına yenilenebilir iç tatlı su kaynaklarıdır. Ülkelerin gelir gruplarına göre sınıflandırılmasında Karar Ağacı ve Rastgele Orman algoritmaları kullanılmış; analizler Orange veri madenciliği yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karar ağacı modelinde en güçlü ayırt edici değişkenin doğumda beklenen yaşam süresi olduğu belirlenmiştir. Anne ölüm oranının düşük gelir gruplarını ayırt etmede, yenilenebilir iç tatlı su kaynaklarının ise gelir gruplarının sınıflandırılmasında önemli olduğu görülmüştür. Bulgular ekonomik statünün sağlık ve çevresel sonuçlar üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Düşük gelirli ülkelerde anne ölümlerini azaltmaya, yüksek gelirli ülkelerde ise bulaşıcı olmayan hastalıklarla mücadeleye odaklanan politikalar önem taşımaktadır. Hava kirliliğinin azaltılması ve temiz suya erişimin artırılması, sağlık eşitsizliklerinin azaltılmasında kritik stratejiler olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Sağlık eşitsizlikleri, çevresel sürdürülebilirlik, makine öğrenimi, yaşam beklentisi, gelir grupları.*

MAKALE HAKKINDA

[1] *Bu çalışma, 12–14 Mayıs 2025 tarihlerinde Girne American University (Kyrenia)'de düzenlenen "The Road to 2030: Accelerating Progress on the Sustainable Development Goals" başlıklı uluslararası konferansta özet bildiri olarak sunulmuş ve yayımlanmıştır***.**

[*] *Dr. Öğr. Üyesi. Kastamonu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Sosyal Hizmet Bölümü, gskoca@kastamonu.edu.tr*
https://orcid.org/0000-0002-1356-3975

[**] *Dr. Öğr. Üyesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Sağlık Yönetimi Bölümü, nazankartal18@gmail.com*
https://orcid.org/0000-0002-5416-7952

[***]*Dr. Öğr. Üyesi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi YŞSBF Sağlık Yönetimi Bölümü, ilkaysevinc.turac@kilis.edu.tr*
https://orcid.org/0000-0003-2884-8049

Gönderim Tarihi: 09.02.2026
Kabul Tarihi: 18.08.2026

Atıfta Bulunmak İçin:

Koca, G. S., Kartal, N., & Turaç, İ. S. (2026). Makine öğrenimi ile ekonomik kalkınma, sağlık ve çevre eşitsizliklerinin analizi. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 29(3), 647-660. https://doi.org/10.61859/hacettepesid.1885340

RESEARCH ARTICLE

ANALYZING INEQUALITIES IN ECONOMIC DEVELOPMENT, HEALTH, AND ENVIRONMENT WITH MACHINE LEARNING [1]

Gülsüm Şeyma KOCA [*]
Nazan KARTAL [**]
İlkay Sevinç TURAÇ [***]

ABSTRACT

Inequalities in health and environmental sustainability persist among countries with varying levels of economic development. This study examines the relationships between economic classifications and life expectancy by analyzing key health and environmental indicators across countries. The findings aim to assist policymakers in enhancing access to healthcare services, developing targeted interventions, and fostering sustainable development. The primary objective is to evaluate the associations between income levels and indicators of health and environmental sustainability using predictive modeling techniques. Furthermore, the study seeks to identify the key determinants of life expectancy across income groups and to analyze disparities in maternal mortality rates, diabetes prevalence, PM2.5 air pollution, renewable energy consumption, and internal freshwater resources. Data from 40 countries—categorized into low-, lower-middle-, upper-middle-, and high-income groups according to World Bank classifications—were used. The independent variables include maternal mortality rate, life expectancy at birth, diabetes prevalence, PM2.5 air pollution, renewable energy consumption, and renewable internal freshwater resources per capita. Decision Tree and Random Forest algorithms were employed to classify countries by income group, and analyses were conducted using Orange data mining software. The decision tree model identified life expectancy at birth as the strongest discriminating variable. Maternal mortality rate was found to be significant in distinguishing low-income groups, while renewable internal freshwater resources proved important for classifying income groups. The findings demonstrate that economic status is a decisive factor influencing health and environmental outcomes. Policies focusing on reducing maternal mortality in low-income countries and combating non-communicable diseases in high-income countries are of importance. Reducing air pollution and increasing access to clean water stand out as critical strategies for mitigating health inequalities.

Keywords: *Health inequalities, environmental sustainability, machine learning, life expectancy, income groups.*

ARTICLE INFO

[1] *This study was presented and published as an abstract at the international conference entitled "The Road to 2030: Accelerating Progress on the Sustainable Development Goals," held at Girne American University (Kyrenia) on May 12–14, 2025.*

[*] *Assist. Prof., Kastamonu University, Faculty of Health Sciences, Department of Social Work, gskoca@kastamonu.edu.tr*
https://orcid.org/0000-0002-1356-3975

[**] *Assist. Prof., Çankırı Karatekin University, Faculty of Health Sciences, Department of Health Management, nazankartal18@gmail.com*
https://orcid.org/0000-0002-5416-7952

[***] *Assist. Prof., Kilis 7 Aralık University, Yusuf Şerefoğlu Faculty of Health Sciences, Department of Health Management, ilkaysevinc.turac@kilis.edu.tr*
https://orcid.org/0000-0003-2884-8049

Received: 09.02.2026
Accepted:18.08.2026

Cite This Paper:

Koca, G. S., Kartal, N., & Turaç, İ. S. (2026). Analyzing inequalities in economic development, health, and environment with machine learning. Hacettepe Journal of Health Administration, 29(3), 647-660. https://doi.org/10.61859/hacettepesid.1885340

I. GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılayan kalkınmayı ifade eder. Sürdürülebilir kalkınmaya odaklanma 1970'li ve 1980'li yıllarda artan çevresel farkındalık sonucunda ortaya çıkmıştır. Kurumsal sürdürülebilirlik, finansal boyuta odaklanan geleneksel temel çizgiyi, çevresel ve sosyal boyutları kurumsal performansa dahil eden üçlü bir temel çizgiye genişletir (Ndubisi, 2021). Sürdürülebilir kalkınma kavramının erken aşamasından itibaren bilginin, özellikle nicel göstergelerin, önemli bir rol oynayacağı açıktı. Somut göstergelerle desteklenen küresel hedefler fikri, dünya genelinde ülkelerin üye devletlerin başarmayı taahhüt ettiği 17 sürdürülebilir kalkınma hedefiyle (SKH) herkes için daha iyi bir gelecek vaat etmekti (Hák vd., 2016). Bu hedefler, yoksulluğu sona erdirmekten sağlık hizmetlerini iyileştirmeye, daha kapsayıcı ve sürdürülebilir şehirler inşa etmeye ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya kadar uzanan çeşitli konuları kapsamaktadır. SKH'ler sağlık, çevre ve kalkınmayı birlikte ele alan küresel hedeflerdir (Das vd., 2021). Sağlık ve refah, bu hedeflerin amacıdır ve aynı zamanda insanların farklı sosyal, ekonomik ve üretken alanlarda daha iyi gelişmelerini sağlayan diğer hedeflerin bir sonucudur. Bu hedeflerden biri olan SKH 3, "Her yaştan insan için sağlıklı bir yaşam sağlamak ve refahı teşvik etmek" amacı taşımaktadır ve diğer SKH'lerle bağlantılı en önemli çapraz hedeflerden biridir. Ancak SKH 3 yüksek bir sektörleşmeyle karşı karşıyadır; bu nedenle belirtilen hedeflere ulaşılamama riski vardır (Guégan vd., 2018). Bu yüzden Hedef 2030'a ulaşmak için SKH'ler genelinde bütünleşmiş uygulamalara ihtiyaç vardır. Mevcut literatür, potansiyel olarak faydalı yaklaşımlar hakkında normatif öneriler açısından zengin olsa da, ülkeler tarafından benimsenen uygulama stratejilerine ilişkin kanıtlar sınırlıdır (Aftab vd., 2020). Gündem hedeflerine ulaşmak için ihtiyaç duyulan sağlık ve refah göstergeleri, şu anda bazı bölgelerde nadir bulunan, hatta hiç bulunmayan güvenilir ve güncel nicel verilere dayanmaktadır. Bu nedenle, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yeni veriler toplamak için daha bütünleşik bir uluslararası halk sağlığı ve araştırma stratejisinin başlatılması gerekmektedir (Guégan vd., 2018). SKH'ler eşitliği ilerletme ve ekonomik, sosyal ve çevresel kalkınma sürecinde kimseyi geride bırakmama ilkesine dayanmaktadır. Ülkeler, SKH döneminde sağlığı ve sağlık belirleyicilerini iyileştirmek için çalışırken, sağlık eşitsizliklerinin ulusal düzeyde izlenmesi öncelikli hedeflerden biri olacaktır. Sağlık eşitsizliklerinin nüfus alt grupları arasındaki sağlık farklılıklarının belirlenmesi, sağlık eşitsizliklerinin adil olmayan veya etik açıdan sorunlu görülen sağlık farklılıklarının ele alınmasının önemli bir parçasıdır (Hosseinpoor vd., 2018). Dolayısıyla DSÖ'nün sağlığın sosyal belirleyicileri yaklaşımı, sağlık sonuçlarının yalnızca biyolojik etkenlerin değil, bireylerin ve toplumların içinde bulunduğu sosyal, ekonomik, politik ve çevresel koşulların da bir ürünü olduğunu belirtir. Sağlık çıktılarında görülen bu farklılıkların çoğu zaman bu yapısal koşulların eşit olmayan dağılımından kaynaklandığını belirtir. Bu nedenle gelir düzeyi, anne ölüm oranı, yaşam beklentisi ve çevresel göstergeler gibi nicel değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi, ülkeler arasındaki sağlık ve kalkınma farklılıklarının anlaşılmasında önemli bir kuramsal temel sunmaktadır (Solar ve Irwin, 2010).

Sürdürülebilir kalkınmanın temelinde çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin yattığı yaygın olarak kabul edilmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın bir sonucu olarak sağlığa ve sağlıkla ilgili risklere maruz kalmadaki değişikliklere de çevresel sürdürülebilirliğe doğru ilerlemeyi gösteren göstergelere çok daha az ilgi gösterilmiştir. Sağlık ve çevresel sürdürülebilirliği bütünleştiren göstergeler, gezegenimizin ve bireylerin birçok sorununun ortak kaynakları ve çözümleri olduğuna dair artan farkındalık göz önüne alındığında daha fazla ilgiyi hak etmektedir. SKH'nin sağlık göstergelerini geliştirmek için kullanılabilecek çevre, sağlık ve kalkınma politikalarını birbirine bağlayan kapsamlı kanıtlar artık mevcuttur (Dora vd., 2015). Sağlık ve çevresel sürdürülebilirlikteki eşitsizlikler, farklı ekonomik kalkınmaya sahip ülkeler arasında devam etmektedir ve bazı durumlarda daha da güçlendiği doğrulanmıştır. Çoğu durumda, dezavantajlı nüfus alt gruplarında daha yüksek çevresel risk seviyeleri bulunmuştur; bu gruplar, diğer nüfus gruplarına kıyasla 5 kat daha fazla risk altındadır. Riskler ve sonuçlardaki eşitsizlikler Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Avrupa Bölgesi'ndeki tüm ülkelerde görülmektedir ve en güncel kanıtlar, sosyal olarak dezavantajlı nüfus alt gruplarının yalnızca çevresel tehlikelere daha fazla maruz kalmadığını, aynı zamanda çevresel eşitsizliklerin de sağlık eşitsizliklerine katkıda bulunduğunu doğrulamaktadır (Racioppi vd., 2020). Bu kapsamda yüksek gelirli ülkelerde anne ölümü riski 5.400'de 1 iken, düşük gelirli ülkelerde risk 45'te 1'dir. Yüksek ve

düşük gelirli ülkelerde anne ölüm riski açısından fark 100 kat daha fazladır (Kurjak vd., 2022). Üstelik düşük gelirli ülkeler yüksek anne ölüm oranı (Goldenberg vd., 2011; Bauserman vd., 2020; Mehboob vd., 2021; Tajvar vd, 2022) ve düşük yaşam beklentisi (Islam vd., 2018; Freeman vd., 2020; Karunarathne vd., 2025) gibi zorluklarla karşı karşıya kalırken, yüksek gelirli ülkeler yaşam tarzı faktörleri nedeniyle diyabet gibi artan bulaşıcı olmayan hastalıklarla boğuşmaktadır (Owolabi vd., 2018; Magliano vd., 2021). Ekonomik koşulların sağlık ve çevresel sonuçları nasıl şekillendirdiğini incelemek, bu eşitsizlikleri ele almak açısından önemlidir. Kesitsel çalışmalar, gelişmiş ülkelerde eşitsizlik ile sağlık ve sosyal sorunların görülme sıklığı arasında güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif korelasyon olduğunu göstermektedir (Chancel vd., 2018). Bu ilişki, sağlık ve sağlık hizmetlerindeki eşitliği teşvik etmek amacıyla, sağlık hizmetlerinde algoritmaların geliştirilmesini amaçlamaktadır. Karar verme süreçlerinde kullanılan matematiksel modeller, sağlık sonuçlarını iyileştirmek için kullanılabilir ve genellikle sağlık müdahalelerine veya hizmetlere erişim ya da uygunluk ile kaynak tahsislerini etkileyebilir (Chin vd., 2023).

Yapay zekâ (Artificial Intelligence-AI) sistemleri, sağlık hizmetlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Makine öğrenimi (Machine Learning-ML), tahminlerde bulunabilen veya sağlıkla ilişkili görevlere rehberlik eden kalıpları öğrenmek için matematiksel modelleme kullanarak verileri analiz eden yapay zekânın bir alt kümesidir. ML sağlık sonuçları arasındaki ilişkileri tahmin eder. Buna karşılık, makine öğrenimi modelleri büyük veri kümelerindeki ilişkileri çıkarabilen matematiksel teknikler kullanarak "öğrenebilir" (Chin vd., 2023). Literatürde sağlık eşitsizlikleri, çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri ve gelir düzeyleri arasındaki ilişkileri inceleyen çok çalışma olmasına rağmen (Jain ve Mitra, 2025; Ghanem vd., 2025; Gupta vd., 2025; Dankwa-Mullan vd., 2025; Karthikeyan, 2026; Haroz vd., 2026), ülkelerin gelir gruplarını sınıflandırmada göreli önemini bu göstergeleri makine öğrenmesi yöntemleri ile birlikte inceleyen araştırmalar yakın literatür olarak oldukça sınırlıdır (Alexiou vd., 2025; Adebayo, 2026). Bu çalışma söz konusu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Bu çalışma, ülkeler arasında temel sağlık ve çevresel faktörleri analiz ederek ekonomik sınıflandırmalarla ve yaşam beklentileriyle ilişkilerini incelemektedir ve aşağıdaki araştırma sorularına yanıtlar aranmaktadır:

S_1: Karar ağacı ve Rastgele Orman algoritmaları kullanıldığında, ülkelerin gelir gruplarının sınıflandırılması için en etkili sağlık, ekonomik kalkınma ve çevre göstergeleri hangileridir?

S_2: Anne ölüm oranı, doğumda beklenen yaşam süresi, diyabet prevalansı, PM2.5 hava kirliliği, yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenebilir iç tatlı su kaynakları değişkenleri gelir gruplarını ne ölçüde ayırt edebilmektedir?

II. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, ülkelerin gelir grupları ile temel sağlık ve çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek ve bu göstergelerin ülkelerin gelir gruplarını ayırt etmedeki göreli önemini makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak belirlemektir. Bu kapsamda anne ölüm oranı, doğumda beklenen yaşam süresi, diyabet prevalansı, PM2.5 hava kirliliği, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına yenilenebilir içme suyu kaynaklarının ülkelerin gelir gruplarının sınıflandırılmasındaki belirleyici önemleri Karar Ağacı ve Rastgele Orman algoritmaları kullanılarak incelenmiştir.

2.2. Araştırma Değişkenleri

Çalışma, ikincil verilerin analiziyle gerçekleştirilen kesitsel nitelikte bir araştırmadır. Veriler, uluslararası veri tabanlarından (Dünya Bankası) elde edilen güncel gözlemlerden alınmıştır (World Bank, 2025). Bağımsız değişkenler arasında anne ölüm oranı (modellenmiş tahmin, 100.000 canlı doğum başına), doğumda yaşam beklentisi (yıl), diyabet prevalansı (%20 ila 79 yaş arası nüfus), PM2.5 hava kirliliği (ortalama yıllık maruziyet, metreküp başına mikrogram), yenilenebilir enerji

tüketimi (% toplam nihai enerji tüketiminin) ve kişi başına yenilenebilir iç tatlı su kaynakları (metreküp) yer almaktadır. Verilerle ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Verilere İlişkin Bilgiler

Değişkenler	**Verinin Kodu ve Yılı**	**Veri Erişim Kaynağı***
Doğumda beklenen yaşam süresi, toplam (yıl) -Life expectancy at birth, total (years)	SP.DYN.LE00.IN, 2020	(1) United Nations Population Division. World Population Prospects: 2022 Revision; or derived from male and female life expectancy at birth from sources such as: (2) Statistical databases and publications from national statistical offices; (3) Eurostat: Demographic Statistics.
Anne ölüm oranı (modellenmiş tahmin, 100.000 canlı doğum başına) -Maternal mortality ratio (modeled estimate, per 100,000 live births)	SH.STA.MMRT, 2020	WHO, UNICEF, UNFPA, World Bank Group, and UNDESA/Population Division. Trends in Maternal Mortality 2000 to 2020. Geneva, World Health Organization, 2023
Diyabet yaygınlığı (% 20-79 yaş arası nüfusun) -Diabetes prevalence (% of population ages 20 to 79)	SH.STA.DIAB. ZS, 2021	International Diabetes Federation (IDF); World Bank, World Development Indicators; Global Burden of Disease Collaborative Network. 2021. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Air Pollution Exposure Estimates 1990-2019. Seattle, United States of America: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). https://doi.org/10.6069/70JS-NC54cators (WDI)
PM2.5 hava kirliliği, ortalama yıllık maruziyet (mikrogram/metreküp) -PM2.5 air pollution, mean annual exposure (micrograms per cubic meter)	EN.ATM.PM25.MC.M3, 2020	World Health Organization (WHO) Global Health Observatory; World Bank, World Development Indicators (WDI)
Yenilenebilir enerji tüketimi (% toplam nihai enerji tüketiminin) -Renewable energy consumption (% of total final energy consumption)	EG.FEC.RNEW. ZS, 2020	IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO. 2023. Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. World Bank, Washington DC. © World Bank. License: Creative Commons Attribution—NonCommercial 3.0 IGO (CC BY-NC 3.0 IGO).
Kişi başına yenilenebilir iç tatlı su kaynakları (metreküp) -Renewable internal freshwater resources per capita (cubic meters)	ER.H2O.INTR. PC, 2020	Food and Agriculture Organization (FAO), AQUASTAT; World Bank, World Development Indicators (WDI)

**Araştırmada kullanılan tüm göstergeler Dünya Bankası World Development Indicators (WDI) veri tabanından temin edilmiştir. WDI içerisinde göstergelerin özgün veri sağlayıcıları: Birleşmiş Milletler, Dünya Sağlık Örgütü, FAO, IEA ve diğer uluslararası kuruluşlardır. Veri erişim kaynağı olarak Dünya Bankası'nın World Development Indicators'ı esas alınmıştır (World Bank, 2025).*

2.3. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmanın evreni Dünya Bankası gelir gruplarında yer alan ülkelerdir. Örneklemini ise Dünya Bankası gelir sınıflamasını temsil edecek şekilde her gelir grubundan rastgele seçilmiş 10 ülkedir. Toplam 40 ülkeyi kapsayan dengeli bir örneklem grubu oluşturulmuştur. Amaçlı örnekleme kullanılmıştır. Veri seti dört gelir grubu dikkate alınarak sınıflandırıldı: düşük gelirli, düşük-orta gelirli, üst-orta gelirli ve yüksek gelirli. Düşük gelirli ülkeler: Afganistan, Burundi, Orta Afrika

Cumhuriyeti, Madagaskar, Malawi, Sierra Leone, Güney Sudan, Sudan, Suriye, Yemen; düşük-orta gelirli ülkeler: Bangladeş, Kamerun, Gana, Hindistan, Kenya, Nijerya, Pakistan, Senegal, Ukrayna, Zambiya; üst-orta gelirli ülkeler: Arjantin, Brezilya, Çin, Kolombiya, Malezya, Meksika, Rusya, Güney Afrika, Tayland, Türkiye; yüksek gelirli ülkeler: Avustralya, Kanada, Fransa, Almanya, Japonya, Norveç, Singapur, İsveç, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri'dir. Göstergelerin raporlama dönemleri, uluslararası veri kısıtı nedeniyle en güncel yıl esas alınarak, veri eksiği bulunmayan analiz değişkenlerine erişim sağlanabilen toplam 40 ülke verisi üzerinden belirlenmiştir. Bu durum araştırmanın bir kısıtlılığıdır. Veri setinde kullanılan göstergelerde eksik gözlem bulunmamaktadır.

2.4. Verilerin Analizi

Verilerin analizinde gelir grubu modelde bağımlı değişken olarak belirlenmiş; bağımsız değişkenler arasında anne ölüm oranı, doğumda yaşam beklentisi, diyabet prevalansı, PM2.5 hava kirliliği, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına yenilenebilir iç tatlı su kaynakları yer almıştır. Bu değişkenlerin gelir gruplarını ayırt etmedeki göreli önemlerinin etkisini analiz etmek için Karar Ağacı ve Rastgele Orman algoritmaları kullanılmıştır. Analizi kolaylaştırmak için kategorik değişkenler uygun şekilde kodlanarak modele dahil edilmiştir. Analiz öncesinde veri seti aykırı değerler açısından incelenmiş; bazı yüksek veya düşük değerlerin ülkelerin gerçek verisinden kaynaklandığı belirlendiğinden, veri setinden herhangi bir gözlem çıkarılmamıştır. Modelleme için Orange veri madenciliği yazılımı kullanılmıştır (Orange Data Mining, 2025; Demsar vd., 2013). Orange, veri analizi ve benzersiz veri madenciliği süreçlerinin oluşturulması için net ve etkili komut dosyaları geliştirmenizi sağlayan bir programdır. Ayrıca veri madenciliği iş akışı çeşitli veri madenciliği metodolojileri, görselleştirme araçları ve özelleştirme seçenekleri sunar (Abrol vd., 2025). Karar Ağacı modelinde ikili ağaç (binary tree) yapısı kullanılmıştır. Yaprak düğümlerde minimum gözlem sayısı 6 olarak belirlenmiş, 5 gözlemden daha küçük alt kümelerin bölünmesine izin verilmemiş, maksimum ağaç derinliği 5 ile sınırlandırılmış ve düğüm saflığı %100'e ulaştığında ağaç büyümesi sonlandırılmıştır. Rastgele Orman modelinde 10 karar ağacı oluşturulmuş ve düğüm bölünmeleri için minimum alt küme büyüklüğü 5 olarak belirlenmiştir. Modellerin genel sınıflama performansını değerlendirmek amacıyla Orange Data Mining yazılımında yer alan Stratified 5-Fold Cross-Validation yöntemi kullanılmış ve veri seti 5 alt kümeye ayrılmıştır. Her yinelemede veri setinin dört alt kümesi eğitim, bir alt kümesi ise doğrulama/test verisi olarak kullanılmıştır. Bildirilen model performans değerleri, uygulanan Stratified 5-Fold Cross-Validation sonucunda elde edilmiş olup doğrulama katmanlarından elde edilen performans ölçütlerinin ortalamasını temsil etmektedir.

Modelin genel performansı Area Under the ROC Curve (AUC), Classification Accuracy (CA), F1 skoru ve Matthews Correlation Coefficient (MCC) değerleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu metriklerden CA, doğru sınıflandırılan örneklerin toplam örneklere oranı; F1 skoru ise precision ve recall değerlerinin harmonik ortalamasını alarak sınıflama performansını dengeli bir şekilde değerlendirir. MCC değeri, sınıflama performansını tüm sınıflar üzerinden değerlendirir; özellikle dengesiz verilerde güvenilir sonuçlar verir. AUC değeri, modelin sınıfları ayırt etme kapasitesini gösteren bir ölçüt değeridir.

III. BULGULAR

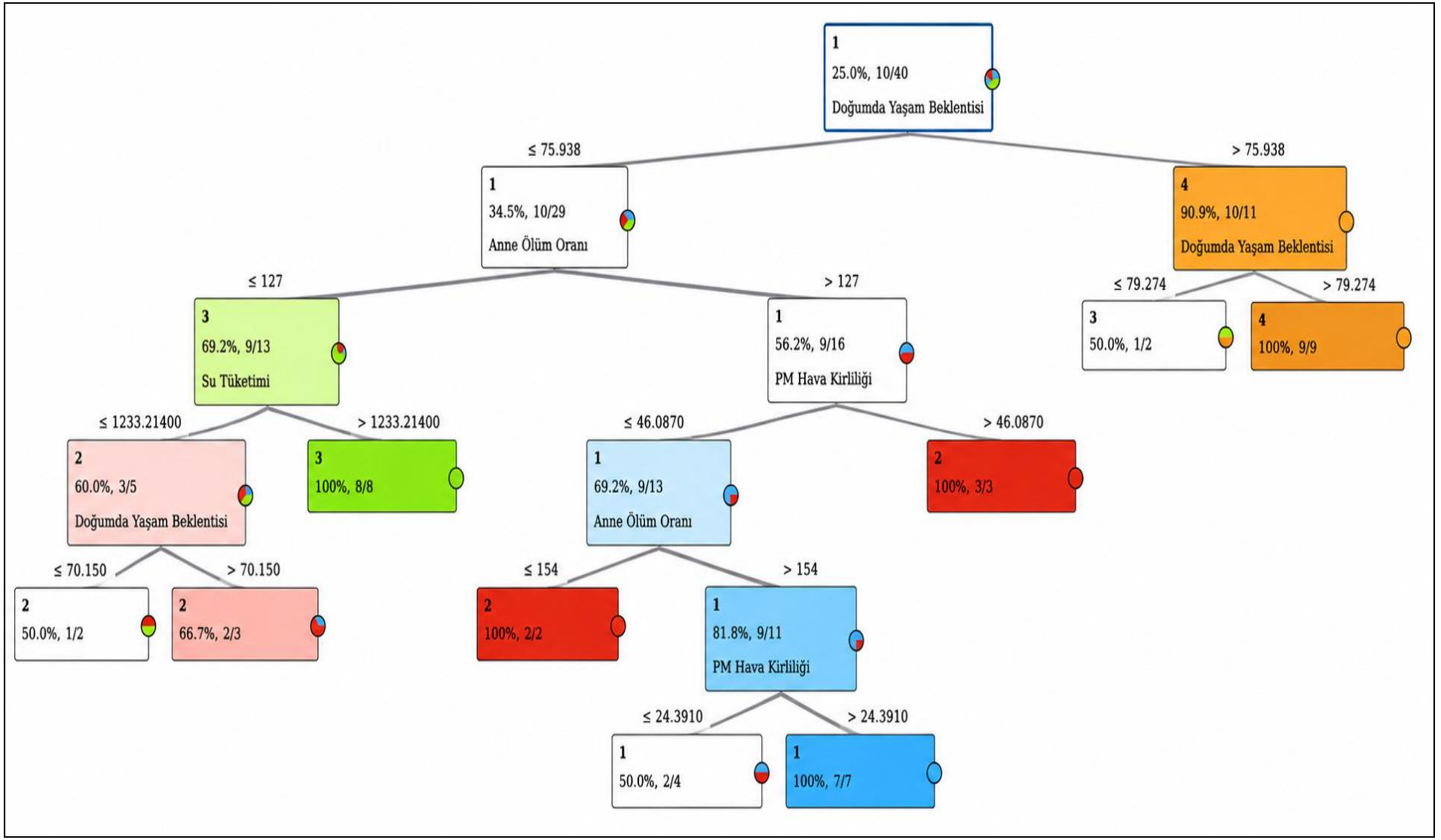
Bu çalışma, karar ağaçları ve Rastgele Orman algoritmaları kullanarak ülkelerin sağlık ve çevre performansını etkileyen göstergelere göre gelir gruplarının sınıflandırılmasını incelemiştir. Yapılan karar ağacı analizine göre elde edilen bulgular Şekil 1'de sunulmuştur. Buna göre, ülkelerin gelir düzeylerini sınıflandırmada ilk ayırt edici değişkenin karar ağacının kök düğümünde yer alan doğumda beklenen yaşam süresi olduğu görülmüştür. Bu değişken için eşik değer 75,938 yıl olarak belirlenmiştir. Buna göre doğumda beklenen yaşam süresi bu değerin üzerinde olan ülkeler daha çok yüksek gelir grubunda sınıflandırılmakta iken, bu değerin altında kalan ülkeler diğer gelir gruplarında sınıflandırma eğilimi göstermektedir. Doğumda beklenen yaşam süresi değişkeninden sonra, modelde kök düğümden ayrılan ve gelir gruplarına göre ülkeleri ayırt etmede önemli bir belirleyici olan anne ölüm oranı gelir gruplarına göre ülkeleri ayırt etmede önemli bir belirleyicidir. Anne ölüm oranı

yüksek olan ülkelerin düşük gelir grubunda kümelendiği tespit edilmiştir. Düşük yaşam süresi ile ilişkili grup ise iki dala ayrılmaktadır. Bu düğümde, ülkeleri gelir sınıflandırmasına göre ayırmada kişi başına yenilenebilir iç tatlı su kaynakları değişkeni önemli bir karar düğümüyken, ülkeleri sınıflandırmada ikinci önemli gösterge PM2.5 µg/m³ hava kirliliği değişkeni içeren ikinci karar düğümüdür.

Ülkelerde anne ölüm oranı eşik değeri ≤127 ise ve yenilenebilir iç tatlı su kaynakları için eşik değeri ≤1233,22 m³ ise, ülkeler düşük-orta gelir grubu olarak sınıflandırılmaktadır. Doğumda beklenen yaşam süresi, bu ülkeleri sınıflandırmak için önemli bir göstergedir. Doğumda beklenen yaşam süresi için eşik değerinin ≤ 70,15 yıl olduğu ve eşik değerinin özellikle düşük-orta gelir grubunun ayrımında etkili olduğu belirlenmiştir. Bu değerden yüksek olan ülkeleri sınıflandırmada %66,2 doğrulukla, bu değer düşük-orta gelir sınıfı olarak ülkeleri sınıflandırmaktadır. Bununla birlikte, yenilenebilir iç tatlı su kaynakları için eşik değer > 1233,22 m³ olduğunda, ülkeler üst-orta gelir grubunda kümelenmektedir.

PM2.5 hava kirliliği değişkeni incelendiğinde, 46,09 µg eşik değerinin altında kalan ülkeler daha çok düşük gelir grubu olarak sınıflandırılmaktadır. Bu durum, bu grupta yer alan ülkeleri PM2.5 hava kirliliği açısından iyi düzeyde, ancak doğumda beklenen yaşam süresi açısından daha düşük yıla sahip ülkeler olarak ayırmaktadır. PM2.5 oranı 24,3910'un üzerine çıktığında, modelin gözlemleri doğru şekilde sınıflandırdığı görülmektedir. PM2.5 > 46,09 µg olduğunda, ülkeler düşük-orta gelir grubu içinde gruplandırılır.

Şekil 1. Karar Ağacı Analiz Sonuçları



Modelde karar ağacı ile yapılan analizlerden sonra random forest kullanıldığında, random forest analizinin sınıfları ayırt ediciliğinin arttığı söylenebilir. ROC eğrisi altında kalan alanı veren AUC değeri karar ağacı modelinde 0,711 iken, random forest kullanıldığında 0,877'dir. Bu değer sınıflarının oldukça iyi ayırt edildiğini göstermektedir. Ayrıca doğru sınıflandırılan örneklerin toplam örnekleme oranı CA değeri 0,65, F1 değeri 0,648 ve MCC değeri 0,535'tir. Bu değerler, modelin gelir düzeylerine göre ülkeleri ayırt etmede orta düzeyde bir sınıflandırma performansına sahip olduğunu göstermektedir.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gelir düzeyleri ile temel sağlık ve çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek üzere yapılan analizlerde, doğumda beklenen yaşam süresi gelir düzeylerine göre ülkeleri sınıflandırmada en önemli değişkenlerden biridir. Sağlık sistemi kalitesi ile ekonomik kazanımlar arasındaki bağlantılar alan yazında sürekli olarak ele alınmaktadır. Doğumda beklenen yaşam süresi, toplumların genel sağlık düzeyini ve yaşam koşullarını değerlendirmede kullanılan önemli göstergelerden biridir. Ancak küresel veya ülke özelindeki belirleyiciler hakkında henüz çok az şey bilinmektedir. Farklı demografik, sosyoekonomik, sosyal yapısal, sağlıkla ilgili ve çevresel faktörlerin yanı sıra bölgesel çeşitliliğin de doğumda beklenen yaşam süresini etkileyen bir faktör olduğu bulunmuştur. Düşük gelirli ülkelerde (53,00 yıl) daha düşük bir doğumda beklenen yaşam süresi görülürken, yüksek gelirli ülkelerde (70,00 yıl) yaklaşık 17,00 yıl daha yüksektir. Düşük ve alt-orta gelirli ülkeler arasında bu fark yaklaşık 4 yıldır (Islam vd., 2018). Bu araştırmada en önemli kök düğüm olmakla birlikte, bu düğümü etkileyen önemli bir değişken anne ölüm oranıdır. Özellikle literatürde gelir ile anne ölüm oranı arasındaki ilişkiye sıklıkla atıf yapılmaktadır (Yakubu vd., 2018; do Socorro Candeira Costa, 2021; Tajvar vd., 2022). Çalışmada anne ölüm oranının gelir gruplarını ayırt etmede en güçlü değişkenlerden biri olduğu belirlenmiştir. Özellikle anne ölüm oranlarının sağlık sistemlerinin performansını etkilemekte önemli bir gösterge olduğu düşünüldüğünde, düşük gelirli ülkelerde anne ölüm oranlarının bölgelere göre değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir. Bu ülkelerde anne ölüm oranları eksik bildirilmektedir. Araştırma bulguları, özellikle seçilen ülkeler temelinde, mevcut ölüm oranlarını azaltmayı hedefleyen müdahaleleri yeniden önceliklendirmeyi mümkün kılmaktadır. Ayrıca ölüm oranlarındaki iyileştirmelerin sağlık sisteminin performansının kalite iyileştirme çabalarıyla ilişkilendirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Holmes vd., 2018). Anne ölüm oranı değişkeninin ülkeleri sınıflandırmada belirleyici olmasının sebebi, özellikle doğum öncesi bakım hizmetlerine erişim, nitelikli sağlık personeli varlığı, kadın eğitimi düzeyi ve sağlık harcamaları gibi birçok sosyal ve yapısal belirleyiciyi yansıtan kapsamlı bir gösterge olmasıyla açıklanabilir. Dünya Sağlık Örgütü'nün Sağlığın Sosyal Belirleyicileri yaklaşımı da sağlık sonuçlarının yalnızca biyolojik faktörlerden değil, ekonomik ve sosyal koşullardan da etkilendiğini vurgulamaktadır. Bu nedenle anne ölüm oranı ülkelerin kalkınma düzeyi ve sağlık sistemi kapasitesi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Solar ve Irwin, 2010). Düşük anne ölüm oranına sahip ülkelerin genellikle daha yüksek yaşam süresine ve daha iyi sağlık hizmetlerine sahip olduğu düşünülebilir. Yaşam süresi, nüfus sağlığı ve bir ülkenin sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi hakkında fikir verir (Aytemiz vd., 2024). Bu durum, yüksek gelir grubundaki ülkelerin daha iyi sağlık göstergelerine sahip olmasıyla örtüşmektedir (MacKinnon vd., 2023; Aytemiz vd., 2024; Shiffman, 2000). Ayrıca, yüksek anne ölüm oranına sahip ülkeler genellikle düşük gelir grubundadır (Mehboob vd., 2021; Kurjak vd., 2022) ve bu ülkelerde son 30 yıldır anne ölümlerinde azalma olmasına rağmen, anne ölümleri hâlâ bir trajedi olmaya devam etmektedir. Bugüne kadar düşük ve orta gelirli ülkelerde ulusal değerlendirme için yeterli ölçütlere sahip çok az sayıda önlem tanımlanmıştır. Sistem yeterliliğinin ölçülmesi hem temel göstergelerin belirlenmesinde hem de bunların sistem işlevine ilişkin tutarlı bir görüş oluşturmak için kullanılmasında yenilik için kilit bir alandır (Kruk vd., 2018). Değişen sağlık ihtiyaçları, artan kamu beklentileri ve erişilmesi yüksek yeni sağlık hedefleri, sağlık sistemlerinin daha iyi sağlık sonuçları ve daha büyük sosyal değer üretmesi için ulaşılması gereken çıtayı yükseltmektedir. İhtiyaç duyulan şey, her bir bağlamda sağlık hizmetlerini optimize eden, sürekli olarak sağlığı iyileştiren veya koruyan, tüm insanlar tarafından değer verilen ve güvenilen, değişen nüfus ihtiyaçlarına yanıt veren yüksek kaliteli sağlık sistemleridir (Kruk vd., 2018).

Araştırmadan elde edilen diğer bir bulgu, PM2.5 hava kirliliği ve yenilenebilir içme suyu kaynaklarına erişimin düşük ve alt-orta gelir gruplarında daha sınırlı olmasıdır. Temiz enerjiye, suya, uygun sanitasyona ve gıdaya erişim, refah, yoksulluğun azaltılması ve sürdürülebilir kalkınma için esastır. Ayrıca 2030 yılına kadar yenilebilir içme suyu talebinin mevcut talebe kıyasla %30, enerji talebinin %50 ve gıda talebinin %40 artacağı öngörülmektedir. Su/sanitasyon, gıda ve enerji hedefleri birbirine bağlıdır. Bu nedenle, bu farklı sektörler arasındaki bağlantının izlenmesi önemli bir kalkınma zorluğudur (Mainali vd., 2018; Chen vd., 2023). Ekonomik kalkınma, sağlık ve refah da dahil olmak üzere sosyal beklentiler ile çevre arasındaki karşılıklı bağımlılığın farkına varılması, dikkate değer bir uluslararası ilerlemedir. Bu karmaşık sistem kavramı, ekonomik, sosyal ve çevresel unsurlar arasında olumlu veya olumsuz geri bildirimlere neden olur; çünkü daha iyi sağlık ve refah yalnızca daha yüksek ekonomik refahın sonucu değil, aynı zamanda kontrolsüz kalkınma tarafından değiştirilebilen veya hatta yok edilebilen çevre kalitesinin korunmasının da sonucudur. Kuşkusuz, SKH gündeminin çerçevesi geniş görünebilir; ancak kapsayıcı bir ekonomik modele ulaşmak için farklı ekonomik, sosyal ve çevresel dinamikleri hesaba katan, sistemik ve ekolojik bir yaklaşım da dahil olmak üzere derin bir paradigma değişimini gerektirmektedir. Bu paradigma değişimi, Tek Sağlık/Eko Sağlık ilkelerine ulaşmayı amaçlayan çok disiplinli bir çerçeveye dayalı olarak tüm sağlık ve tarım araştırma alanlarına dahil edilmelidir (Guégan vd., 2018). Sonuç olarak, karar ağacı modeli ülkelerin sağlık ve çevresel performansını sınıflandırmada bir ölçüde başarılı olmuştur. Özellikle düşük gelirli gruplarda, yüksek anne ölüm oranları ve hava kirliliğinin sağlık göstergeleri üzerindeki olumsuz etkileri dikkat çekicidir. Ancak temiz su kaynaklarının üst-orta gelirli ülkelerde sağlık göstergelerini iyileştirdiği görülmektedir. Bu bulgular, çevresel faktörlerin ve sağlık politikalarının iyileştirilmesinin, özellikle düşük gelirli gruplarda sağlık göstergelerini olumlu yönde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, hava kirliliğini azaltma ve temiz su kaynaklarına erişimi artırma politikaları ülkelerin sağlık koşullarını iyileştirmek için kritik stratejiler olarak kabul edilmektedir. Çalışma, ekonomik statünün sağlık ve çevresel sonuçları şekillendirmedeki kritik rolünü vurgulamaktadır.

V. SINIRLILIKLAR

Bu araştırmanın çeşitli sınırları da bulunmaktadır. Araştırma, Dünya Bankası gelir sınıflandırmasına göre seçilen 40 ülke ile sınırlıdır. Analizlerde görece küçük örneklem büyüklüğü, makine öğrenmesi modellerinde bazı terminal düğümlerde yüksek sınıflandırma oranlarına neden olmuş olabilir. Karar ağacı modellerinin tahminlerini artırmak için daha fazla ülke verisi kullanılarak verilerin kapsamı genişletilerek daha derinlemesine modellemeler yapılabilir. Bu değerler modelin genel performansını değil, sınırlı sayıdaki gözlem grubuna ait sonuçları yansıtmaktadır. Bunun yanında kullanılan verilerin farklı yıllara ait olması, değişkenler arasındaki ilişkilerin yorumlanmasını sınırlayabilir. Çalışma kesitsel tasarımda olduğundan, elde edilen bulgular ilişkisel değerlendirmeler çerçevesinde yorumlanmalıdır. Bu araştırmanın sonuçları, temel alınan göstergeler ve ülke verileriyle sınırlıdır. Farklı göstergelerde sonuçlar farklı olabilir. Gelecekteki araştırmalar, zaman içindeki değişiklikleri değerlendirmek ve müdahalelerin gelir grupları arasında sağlık eşitsizliklerini gidermedeki etkinliğini incelemek için uzunlamasına analizleri kapsamalıdır.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma, kamuya açık ikincil veri kaynakları kullanılarak yürütüldüğünden etik kurul onayı gerektirmemektedir.

KAYNAKLAR

Abrol, V., Gupta, G. & Pradhan, S.R. Smart Farming: An Integrated Platform for Crop and Fertilizer Prediction using Machine Learning and Orange Data Mining. *SN COMPUT. SCI.* **6**, 508 (2025). https://doi.org/10.1007/s42979-025-03957-8

Adebayo, O. P., Ahmed, I., Garba, I. M., & Oyeleke, K. T. (2026). Machine Learning in Global Development: Applying k-Means Clustering to Identify Country Groupings by Economic and Health Performance. *Journal of Education & Science*, *35*(1), 28. https://doi.org/10.33899/jes.v35i1.60269

Aftab, W., Siddiqui, F. J., Tasic, H., Perveen, S., Siddiqi, S., & Bhutta, Z. A. (2020). Implementation of health and health-related sustainable development goals: progress, challenges and opportunities - a systematic literature review. *BMJ global health*, *5*(8), e002273. https://doi.org/10.1136/bmjgh-2019-002273

Alexiou, Z. W., Dixit, S., Ogbuoji, O., Kohler, S., Atun, R., Terris-Prestholt, F., Semini, I., Bulstra, C. A., & Bärnighausen, T. (2025). Using country-level variables to discover country clusters beyond traditional health policy and performance metrics: An unsupervised machine learning approach for HIV healthcare delivery and financing. *PLOS global public health*, *5*(12), e0004583. https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0004583

Aytemiz, L., Sart, G., Bayar, Y., Danilina, M., & Sezgin, F. H. (2024). The long-term effect of social, educational, and health expenditures on indicators of life expectancy: an empirical analysis for the OECD countries. *Frontiers in public health*, *12*, 1497794. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1497794

Bauserman, M., Thorsten, V. R., Nolen, T. L., Patterson, J., Lokangaka, A., Tshefu, A., Patel, A. B., Hibberd, P. L., Garces, A. L., Figueroa, L., Krebs, N. F., Esamai, F., Nyongesa, P., Liechty, E. A., Carlo, W. A., Chomba, E., Goudar, S. S., Kavi, A., Derman, R. J., Saleem, S., … Bose, C. (2020). Maternal mortality in six low and lower-middle income countries from 2010 to 2018: risk factors and trends. *Reproductive health*, *17*(Suppl 3), 173. https://doi.org/10.1186/s12978-020-00990-z

Chancel, L., Hough, A., & Voituriez, T. (2018). Reducing inequalities within countries: assessing the potential of the sustainable development goalsSustainable Development Goals. *Global Policy*, *9*(1), 5-–16. https://doi.org/10.1111/1758-5899.12511

Chen, X., Shuai, C., Gao, J., & Wu, Y. (2023). Analyzing the socioeconomic determinants of PM2.5 air pollution at the global level. *Environmental science and pollution research international*, *30*(10), 27257–27269. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24194-z

Chin, M. H., Afsar-Manesh, N., Bierman, A. S., Chang, C., Colón-Rodríguez, C. J., Dullabh, P., Duran, D. G., Fair, M., Hernandez-Boussard, T., Hightower, M., Jain, A., Jordan, W. B., Konya, S., Moore, R. H., Moore, T. T., Rodriguez, R., Shaheen, G., Snyder, L. P., Srinivasan, M., Umscheid, C. A., … Ohno-Machado, L. (2023). Guiding Principles to Address the Impact of Algorithm Bias on Racial and Ethnic Disparities in Health and Health Care. *JAMA network open*, *6*(12), e2345050. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.45050

Dankwa-Mullan, I., Ndoh, K., Akogo, D., Rocha, H. A. L., & Juaçaba, S. F. (2025). Artificial Intelligence and Cancer Health Equity: Bridging the Divide or Widening the Gap. *Current oncology reports*, *27*(2), 95–111. https://doi.org/10.1007/s11912-024-01627-1

Das, T., Holland, P., Ahmed, M., Husain, L., Ahmed, M., & Husain, L. (2021). Sustainable development goalDevelopment Goal 3: Good health and well-being. In *South-East Asia Eye Health: Systems, Practices, and Challenges* (pp. 61-–78). Singapore: Springer Singapore.

Demsar J, Curk T, Erjavec A, Grup C, Hocevar T, Milutinovic M, Mozina M, Polajnar M, Toplak M, Staric A, Stajdohar M, Umek L, Zagar L, Zbontar J, Zitnik M, Zupan B (2013). Orange: Python'da Veri Madenciliği Araç Kutusu, *Journal of Machine Learning Research* 14(Ağu): 2349−2353.

do Socorro Candeira Costa, M., & Dos Santos Figueiredo, F. W. (2021). Relationship between income inequality, socioeconomic development, vulnerability index, and maternal mortality in Brazil, 2017. *BMC public health*, *21*(1), 1842. https://doi.org/10.1186/s12889-021-11861-y

Dora, C., Haines, A., Balbus, J., Fletcher, E., Adair-Rohani, H., Alabaster, G., Hossain, R., de Onis, M., Branca, F., & Neira, M. (2015). Indicators linking health and sustainability in the post-2015 development agenda. *Lancet (London, England)*, *385*(9965), 380–391. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60605-X

Freeman, T., Gesesew, H. A., Bambra, C., Giugliani, E. R. J., Popay, J., Sanders, D., Macinko, J., Musolino, C., & Baum, F. (2020). Why do some countries do better or worse in life expectancy relative to income? An analysis of Brazil, Ethiopia, and the United States of America. *International journal for equity in health*, *19*(1), 202. https://doi.org/10.1186/s12939-020-01315-z

Ghanem, S., Moraleja, M., Gravesande, D., & Rooney, J. (2025). Integrating health equity in artificial intelligence for public health in Canada: a rapid narrative review. *Frontiers in public health*, *13*, 1524616. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1524616

Goldenberg, R. L., McClure, E. M., Macguire, E. R., Kamath, B. D., & Jobe, A. H. (2011). Lessons for low-income regions following the reduction in hypertension-related maternal mortality in high-income countries. *International journal of gynaecology and obstetrics: the official organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics*, *113*(2), 91–95. https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2011.01.002

Guégana, J. F., Suzán, G., Kati-Coulibaly, S., Bonpamgue, D. N., & Moatti, J. P. (2018). Sustainable Development Goal# 3,"health and well-being", and the need for more integrative thinking. *Veterinaria Mexico*, *5*(2), 1-18. https://doi.org/:10.21753/vmoa.5.2.443

Gupta, R., Sasaki, M., Taylor, S. L., Fan, S., Hoch, J. S., Zhang, Y., Crase, M., Tancredi, D., Adams, J. Y., & Ton, H. (2025). Developing and Applying the BE-FAIR Equity Framework to a Population Health Predictive Model: A Retrospective Observational Cohort Study. *Journal of general internal medicine*, *40*(11), 2537–2547. https://doi.org/10.1007/s11606-025-09462-1

Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. (2016). Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological indicators*, *60*, 565-573. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003

Haroz, E. E., Goklish, N., Dillard, A., Adams, R., Bull, S. S., Gonzalez-Fisher, R. F., Valenza, P., Manson, S. M., & Thorpe, R. J., Jr (2026). Addressing Health Disparities through Community Engagement in Artificial Intelligence-Driven Prevention Science. *Prevention science : the official journal of the Society for Prevention Research*, 10.1007/s11121-025-01863-2. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s11121-025-01863-2

Holmes, C. B., Sikazwe, I., Sikombe, K., Eshun-Wilson, I., Czaicki, N., Beres, L. K., Mukamba, N., Simbeza, S., Bolton Moore, C., Hantuba, C., Mwaba, P., Phiri, C., Padian, N., Glidden, D. V., & Geng, E. (2018). Estimated mortality on HIV treatment among active patients and patients lost to follow-up in 4 provinces of Zambia: Findings from a multistage sampling-based survey. *PLoS medicine*, *15*(1), e1002489. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002489

Hosseinpoor, A. R., Bergen, N., Schlotheuber, A., & Grove, J. (2018). Measuring health inequalities in the context of sustainable development goals. *Bulletin of the World Health Organization*, *96*(9), 654–659. https://doi.org/10.2471/BLT.18.210401

Islam, M. S., Mondal, M. N. I., Tareque, M. I., Rahman, M. A., Hoque, M. N., Ahmed, M. M., & Khan, H. T. A. (2018). Correlates of healthy life expectancy in low- and lower-middle-income countries. *BMC public health*, *18*(1), 476. https://doi.org/10.1186/s12889-018-5377-x

Jain, V., & Mitra, A. (2025). Artificial intelligence and machine learning for sustainable development: Enhancing health, equity, and environmental sustainability. In *Machine and Deep Learning*

Solutions for Achieving the Sustainable Development Goals (pp. 107-124). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8161-8.ch006

Karthikeyan, V., Pandey, S., & Gunasekar, A. (2026). Artificial Intelligence for Health Equity: Bridging Gaps with Multimodal Intelligence. In *Multimodal AI in Healthcare: Fusion Intelligence for Advanced Health Diagnostics* (pp. 81-105). Singapore: Springer Nature Singapore.

Karunarathne, M., Buddhika, P., Priyamantha, A., Mayogya, P., Jayathilaka, R., & Dayapathirana, N. (2025). Restoring life expectancy in low-income countries: the combined impact of COVID-19, health expenditure, GDP, and child mortality. *BMC public health*, *25*(1), 894. https://doi.org/10.1186/s12889-025-22109-4

Kruk, M. E., Gage, A. D., Arsenault, C., Jordan, K., Leslie, H. H., Roder-DeWan, S., Adeyi, O., Barker, P., Daelmans, B., Doubova, S. V., English, M., García-Elorrio, E., Guanais, F., Gureje, O., Hirschhorn, L. R., Jiang, L., Kelley, E., Lemango, E. T., Liljestrand, J., Malata, A., … Pate, M. (2018). High-quality health systems in the Sustainable Development Goals era: time for a revolution. *The Lancet. Global health*, *6*(11), e1196–e1252. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30386-3

Kurjak, A., Stanojević, M., & Dudenhausen, J. (2022). Why maternal mortality in the world remains tragedy in low-income countries and shame for high-income ones: will sustainable development goals (SDG) help?. *Journal of perinatal medicine*, *51*(2), 170–181. https://doi.org/10.1515/jpm-2022-0061

MacKinnon, N. J., Emery, V., Waller, J., Ange, B., Ambade, P., Gunja, M., & Watson, E. (2023). Mapping Health Disparities in 11 High-Income Nations. *JAMA network open*, *6*(7), e2322310. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.22310

Magliano, D. J., Chen, L., Islam, R. M., Carstensen, B., Gregg, E. W., Pavkov, M. E., Andes, L. J., Balicer, R., Baviera, M., Boersma-van Dam, E., Booth, G. L., Chan, J. C. N., Chua, Y. X., Fosse-Edorh, S., Fuentes, S., Gulseth, H. L., Gurevicius, R., Ha, K. H., Hird, T. R., Jermendy, G., … Shaw, J. E. (2021). Trends in the incidence of diagnosed diabetes: a multicountry analysis of aggregate data from 22 million diagnoses in high-income and middle-income settings. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, *9*(4), 203–211. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(20)30402-2

Mainali, B., Luukkanen, J., Silveira, S., & Kaivo-oja, J. (2018). Evaluating synergies and trade-offs among Sustainable Development Goals (SDGs): Explorative analyses of development paths in South Asia and Sub-Saharan Africa. *Sustainability*, *10*(3), 815.https://doi.org/10.3390/su10030815

Mehboob, R., Gilani, S. A., Khalid, S., Hassan, A., & Alwazzan, A. (2021). Maternal mortality ratio in low income developing countries. *Global women's health*, *10*, IntechOpen.

Ndubisi, N. O., Zhai, X. A., & Lai, K. H. (2021). Small and medium manufacturing enterprises and Asia's sustainable economic development. *International Journal of Production Economics*, *233*, 107971. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107971

Orange Data Mining (2025). *Orange Data Mining*. Erişim adresi: https://orangedatamining.com/. Accessed March 12, 2025.

Owolabi, M. O., Yaria, J. O., Daivadanam, M., Makanjuola, A. I., Parker, G., Oldenburg, B., Vedanthan, R., Norris, S., Oguntoye, A. R., Osundina, M. A., Herasme, O., Lakoh, S., Ogunjimi, L. O., Abraham, S. E., Olowoyo, P., Jenkins, C., Feng, W., Bayona, H., Mohan, S.,

Joshi, R., … COUNCIL Initiative (2018). Gaps in Guidelines for the Management of Diabetes in Low- and Middle-Income Versus High-Income Countries-A Systematic Review. *Diabetes care*, *41*(5), 1097–1105. https://doi.org/10.2337/dc17-1795

Racioppi, F., Martuzzi, M., Matić, S., Braubach, M., Morris, G., Krzyżanowski, M., Jarosińska, D., Schmoll, O., & Adamonytė, D. (2020). Reaching the sustainable development goals through healthy environments: are we on track?. *European journal of public health*, *30*(Suppl_1), i14–i18. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa028

Shiffman J. (2000). Can poor countries surmount high maternal mortality?. *Studies in family planning*, *31*(4), 274–289. https://doi.org/10.1111/j.1728-4465.2000.00274.x

Solar, O., & Irwin, A. (2010). *A conceptual framework for action on the social determinants of health* (Social Determinants of Health Discussion Paper 2). World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789241500852

Tajvar, M., Hajizadeh, A., & Zalvand, R. (2022). A systematic review of individual and ecological determinants of maternal mortality in the world based on the income level of countries. *BMC public health*, *22*(1), 2354. https://doi.org/10.1186/s12889-022-14686-5

World Bank. (2025). *World Development Indicators*. https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

Yakubu, Y., Mohamed Nor, N., & Abidin, E. Z. (2018). A systematic review of micro correlates of maternal mortality. *Reviews on environmental health*, *33*(2), 147–161. https://doi.org/10.1515/reveh-2017-0050