



Araştırma Makalesi / Research Article

Yapay Sinir Ağı Yaklaşımıyla Sağlık Hizmeti Kullanımı Belirleyicilerinin İncelenmesi

İsmail Biçer¹

Öz

Sağlık hizmetleri kullanımı yıllar içinde önemli ölçüde artmaktadır. Bu sebeple çalışmada, birinci, ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti kullanımını etkileyen sosyoekonomik, demografik ve yapısal faktörlerin yapay sinir ağı (YSA) modeliyle analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmada Türkiye’de bulunan 81 il ve illere ait 12 yıllık veri olmak üzere toplamda 972 gözlem biriminden yararlanılmıştır. Çalışmada iki farklı model kurulmuştur. Birinci modelde birinci basamak başvuru sayısı, ikinci modelde ise ikinci ve üçüncü basamak başvuru sayılarının toplamı bağımlı değişkenler; kırsal nüfus oranı, 65 yaş üstü nüfus oranı, hekim, hemşire ve ebe sayısı, kişi başına gelir ve ortalama eğitim süresi ise bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, birinci basamak sağlık hizmeti kullanımında hekim, hemşire ve 65 yaş üstü nüfusun; ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti kullanımında ise hekim, hemşire ve kırsal nüfus oranının belirleyici olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, sağlık hizmeti planlamasında hekim ve hemşire sayısının artırılması ile yaşlı ve kırsal nüfusun ihtiyaçlarının önceliklendirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık Hizmetleri, Sağlık Hizmetinin Kullanımı, Yapay Sinir Ağı.

Investigation of the Determinants of Health Service Utilization Applying an Artificial Neural Network Approach

Abstract

The utilization of healthcare services has increased significantly over the years. Therefore, this study aims to analyze the socioeconomic, demographic, and structural factors affecting the use of primary, secondary, and tertiary healthcare services using an artificial neural network (ANN) model. Within this scope, the study utilizes a total of 972 observation units, comprising 81 provinces in Türkiye and 12 years of data for each province. Two different models were established in the study. In the first model, the number of primary care visits was defined as the dependent variable, while in the second model, the total number of secondary and tertiary care visits was defined as the dependent variable. The independent variables were determined as the rural population ratio, the proportion of the population aged 65 and over, the number of physicians, nurses, and midwives, per capita income, and average years of education. The findings indicate that in the utilization of primary health care services, physicians, nurses, and the population aged 65 and over are determinants, whereas in the utilization of secondary and tertiary health care services, physicians, nurses, and the rural population ratio are determinants. As a result, it is recommended that in health service planning, the number of physicians and nurses be increased and the needs of the elderly and rural populations be prioritized.

Keywords: Health Services, Health Service Utilization, Artificial Neural Network.

¹ Öğr. Gör. Dr., Pamukkale Üniversitesi, Çivril Atasay Kamer Meslek Yüksekokulu, Sağlık Kurumları İşletmeciliği Programı, ismailbiceer@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1878-0546>.

Atıf/Cite as: Biçer, İ. (2026). Yapay sinir ağı yaklaşımıyla sağlık hizmeti kullanımı belirleyicilerinin incelenmesi, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2026, 44 (2), 266-288.

©2026 Hacettepe Üniversitesi.

EXTENDED ABSTRACT

In Türkiye, the number of primary care visits was recorded as 219,205,605 in 2014, while the number of secondary care visits was 424,786,425. By 2023, the number of primary care visits had increased to 421,121,236, and the number of secondary and tertiary care visits had risen to 552,397,851 (Ministry of Health, 2023). This increase indicates that utilization of health services has risen significantly over the years. The utilization of health services is of great importance for the early diagnosis, treatment, and management of individuals' health problems. Especially, the effective use of primary health care services ensures that diseases are controlled before they progress, reducing hospital admission rates and the burden on secondary and tertiary health care institutions. In this context, the study aims to analyze the socioeconomic, demographic, and structural factors affecting health service utilization using the artificial neural network (ANN) model.

In this study, which was conducted to determine the factors affecting the utilization of primary, secondary, and tertiary health care services, data from the 81 provinces of Türkiye between the years 2012 and 2023 were used. In the analyses, a total of 972 observation units were utilized, consisting of 81 provinces and 12 years of data. In the Health Statistics Yearbooks, the number of visits to primary health care services (1st PHC) is given separately, while the total number of visits to secondary and tertiary health care services (2nd and 3rd PHC) is provided as a combined figure. For this reason, two different models were established in the study. In the first model established in the research, the dependent variable is 1st PHC, and the independent variables are the rural population ratio (%) (RURAL), the population ratio aged 65 and over (%) (65AGE), total number of physicians (persons) (PHYSICIAN), total number of nurses (persons) (NURSE), total number of midwives (persons) (MIDWIFE), annual income per capita (USD) (INCOME), and average duration of education (years) (EDU). In the second model, the dependent variable is 2nd and 3rd PHC, and the independent variables are RURAL, 65AGE, PHYSICIAN, NURSE, MIDWIFE, INCOME, and EDU. In the study, ANN analyses were carried out using Python (Keras/TensorFlow) software. To evaluate the generalizability of the model performance, the train-test split ratio was set at 80%-20%, and early stopping was used to control overfitting. In the analyses conducted within the scope of the study, the significance level was accepted as 0.05. In the ANvariable importance tasvariables were determined using the permutation method.

According to Model 1, the variable with the highest importance is PHYSICIAN (1.6943). This is followed by NURSE (0.5737) and 65AGE (0.3527). This indicates that the number of physicians is the most influential variable in predicting visits to primary health care services, followed by health personnel and the elderly population. A similar situation is observed in Model 2; however, the importance levels are generally higher. PHYSICIAN is again the most influential variable (2.5097), and its contribution has increased compared to Model 1. It is followed by NURSE (0.6044), RURAL (0.4976), and INCOME (0.4524). This shows that visits to secondary and tertiary health care services are particularly affected by structural variables such as the presence of physicians, health personnel, and the rural-urban divide. As a result, PHYSICIAN is the most decisive variable in both models. However, in Model 2, the effect of structural factors such as RURAL and INCOME increases, while EDU is at a negligible level in both models. These results clearly reveal which variables the models are sensitive to and which factors shape their predictive power.

When studies in the literature are examined, among the factors affecting the utilization of primary health care services are the number of physicians (Jin et al., 2017; Kartal & Erigüç, 2023; Panezai et al., 2020), the number of nurses (Otovwe & Elizabeth, 2017), the number of midwives (Otovwe & Elizabeth, 2017), rural population ratio (LuhaiB & Younis, 2024), population ratio aged over 65 (Egbewale & Odu, 2012), income (Geitona et al., 2007; LuhaiB & Younis, 2024), and education (Egbewale & Odu, 2012; LuhaiB & Younis, 2024). In this context, the findings obtained as a result of the study are consistent with the literature. When studies in the literature are examined, among the factors affecting the utilization of secondary and tertiary health care services are the number of physicians (Kartal & Erigüç, 2023; Kruk et al., 2009; Rokx, 2009; Rosser et al., 2022), the number of nurses (Kruk et al., 2009; Rokx, 2009; Rosser et al., 2022), the number of midwives (Kruk et al., 2009; Rokx, 2009; Rosser et al., 2022), rural population ratio (Dempsey et al., 2003; Nuako et al., 2022; Phillips et al., 1998; Vieira et al., 2020), population ratio aged over 65 (Fantahun & Degu, 2003; Haas et al., 1995; Moineddin et al., 2010; Nie et al., 2008; Soyugürlü & Yeşiltaş, 2024), income (Agerholm et al., 2013; Archibong et al., 2020; Geitona et al., 2007; Mangalore, 2006; Mergoupis, 2007; Saraçoğlu & Öztürk, 2017), and education (Fantahun & Degu, 2003; Khan et al., 1994; Lindelöw, 2004; Prayogi et al., 2023). In this context, the findings obtained as a result of the study are consistent with the literature.

As a result, it is seen that in both models established within the scope of the research, the number of physicians is the most decisive variable affecting the utilization of health services. This finding clearly reveals that the presence of physicians plays a critical role in access to and utilization of health services. It is understood that especially in secondary and tertiary care, as well as in primary care, the number of physicians directly affects individuals' decisions to seek health services and the frequency of their visits. In the second model established, it is noteworthy that the effect of structural factors such as the rural population ratio and per capita income increases. This shows that in the utilization of secondary and tertiary health care services, not only the presence of health personnel but also geographical, economic, and structural factors are determinants.

GİRİŞ

Sağlık hizmeti kullanımıyla ilgili veriler, sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği, verimliliği ve eşitliği gibi performans göstergelerini değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. Sağlık hizmeti kullanımını etkileyen faktörleri anlamada en yaygın kullanılan iki temel model ise Andersen'in Davranışsal Sağlık Hizmeti Kullanım Modeli (Andersen, 1968) ile Grossman'ın Sağlıkta Beşerî Sermaye Modeli'dir (Grossman, 2000). Her iki model de sağlık hizmetlerinin kullanımını etkileyebilecek birçok olası faktörü ortaya koymuştur. Andersen (1995)'e göre sağlık hizmeti kullanımı eğilim faktörleri (predisposing characteristics), kolaylaştırıcı faktörler (enabling factors) ve sağlık hizmeti ihtiyacı (need) olmak üzere üç grupta incelenebilir. Eğilim faktörleri, yaş, cinsiyet, bireyin geçirdiği hastalıklar, eğitim düzeyi, etnik köken, mesleki statü, aile büyüklüğü, dinsel inançlar, bireyin sağlık hizmetlerine ilişkin tutum, değer ve bilgi düzeyi olmak üzere sağlık hizmeti kullanımını dolaylı olarak etkileyen ve kişisel özellikleri kapsayan faktörlerdir. Kolaylaştırıcı faktörler; gelir durumu, sağlık sigortasına sahip olma, düzenli ve yeterli bir gelir kaynağına sahip olma ve bu kaynağa erişim imkânı, bölgedeki sağlık kurumları ve sağlık çalışanlarının nüfusa oranı, sağlık hizmetlerinin fiyatı, bölgesel özellikler ve kentsel/kırsal yerleşim farkları gibi faktörleri kapsamaktadır. Sağlık hizmeti kullanımının doğrudan nedeni olan ihtiyaç ise algılanan ihtiyaç (bireyin hastalık, belirti ve genel sağlık durumu gibi faktörleri kendi bakış açısından değerlendirmesi) ve değerlendirilen ihtiyaç (sağlık profesyonelleri tarafından yapılan değerlendirmeler) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Şantaş, 2017). Sağlık hizmeti kullanımı, bir kişinin sağlığını ve refahını korumak, sağlık sorunlarını önlemek ve/veya tedavi etmek veya kişinin sağlık durumu ve prognozu hakkında bilgi edinmek amacıyla bir sağlık hizmeti, prosedürü, cihazı veya farmasötik ilacın kullanımını veya tüketimini tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Carrasquillo, 2013; Mkanta ve Uphold, 2006). Sağlık hizmetleri davranış modeline göre, sağlık hizmetlerinden yararlanma; sağlık kuruluşlarına yapılan başvurular, karşılaşılan maliyetler ve alınan hizmetin miktarı gibi ölçütlerle değerlendirilmektedir (Clewley vd., 2018). Bu bağlamda "kullanım" kavramı, belirli bir zaman dilimi içerisinde en az bir kez sağlık hizmeti alan bireylerin toplam nüfus içindeki oranını ifade etmektedir.

Sağlık hizmeti kullanımı birçok faktöre göre değişmektedir. Phillips ve diğerleri (1998) 1975–1995 yılları arasında Andersen'in Davranışsal Sağlık Hizmeti Kullanım Modelini temel alarak yapılan 139 makaleyi sistematik bir biçimde incelemiştir. Çalışma sonucunda, kentsel veya kırsal yaşam durumunun en çok kullanılan değişken olduğu belirlenmiştir. Bu durum, insanların yaşadıkları fiziksel ve sosyal çevrenin sağlık üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Aynı çalışmada hekim arzının, sağlık hizmetlerinin sunumundaki yoğunluğun veya azlığının toplumsal sağlık üzerinde doğrudan etkili olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonucunu destekler nitelikte Nuako ve diğerleri (2022) Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan çalışmada kentsel ve kırsal nüfusun sağlık hizmeti kullanımı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Dempsey ve diğerleri (2003) tarafından Avustralya'da yapılan bir çalışmada kentsel ve kırsal alanlar arasında sağlık hizmeti kullanımında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ve kırsal alanlarda daha yüksek kullanım oranları tespit edilmiştir. Brezilya'da yapılan bir başka çalışmada da sağlık hizmetleri kullanımında kentsel bölgede yaşayanların kırsal bölgede yaşayanlara göre daha fazla sağlık hizmeti kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır (Vieira vd., 2020). Luhaib ve Younis'e (2024) göre birinci basamak sağlık hizmetlerine erişimi iyileştirmek için kırsal alanlarda sağlık merkezlerinin kurulması gerekmektedir. Ancak Türkiye özelinde kırsal ve kentsel alan ayrımı değerlendirilirken idari değişikliklerin etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle 12 Kasım 2012 tarihinde yürürlüğe giren 6360 sayılı Kanun ile büyükşehir belediyesi sınırları içerisindeki köylerin tüzel kişilikleri kaldırılarak mahalle statüsüne dönüştürülmüştür (6360 sayılı Kanun, 2012). Bu durum, büyükşehirlerde kırsal nüfus rakamlarında istatistiksel olarak keskin bir

düşüşe yol açmış olup, sağlık hizmeti kullanımı analizlerinde bu tür idari dönüşümlerin yarattığı yapısal değişimlerin dikkate alınması büyük önem arz etmektedir.

Carrasquillo (2013)'e göre sosyodemografik olarak uç yaş grubundaki kişiler (çok yaşlı veya çok genç) daha yüksek sağlık hizmeti kullanımına sahiptir. Nie ve diğerleri (2008) yaşla birlikte sağlık hizmeti kullanımında önemli ölçüde bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Yaptıkları çalışma sonucuna göre sağlık hizmeti kullanımında 65-69 yaş grubu ile 85 yaş üstü yaş grubu arasında %155'lik bir fark bulunmaktadır. Yapılan başka çalışmalarda da bu bulguları destekler nitelikte yaşla birlikte sağlık hizmeti kullanımında bir artış olduğu kanıtlanmıştır (Haas vd., 1995; Moineddin vd., 2010). Coulton ve Frost (1982), yaşlıların sağlık hizmeti kullanımını Andersen çerçevesiyle incelemişlerdir. Çalışmalarında, yaşlılarda sağlık hizmeti kullanımının temel belirleyicisinin ihtiyaç faktörleri olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, hekimler tarafından belirlenen yerleşik bakım kalıplarının, yaşlıların sağlık hizmeti kullanımını artırabileceğini ifade etmişlerdir. Sosyal olarak izole yaşlılar, sosyal açıdan bağlantılı yaşlılarına göre sağlık hizmetlerini daha az kullanmaktadır. Çalışmalarında, yaştan tek başına sağlık hizmeti kullanımını artırıcı bir faktör olmadığı, aynı şekilde gelir, sigorta durumu ve ırk da belirleyici olduğu sonucuna varmışlardır. Mendoza-Sassi ve Béria (2001) tarafından yapılan sistematik bir derlemede, sağlık hizmetlerinin kullanımıyla ilgili 1970'ten 1999'a kadar olan çalışmalar incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre çocuklar, doğurganlık çağındaki kadınlar, yaşlılar (demografik faktörler), düşük gelirli ve daha az eğitilmiş gruplar (sosyoekonomik faktörler) sağlık hizmetlerini daha sık kullanmaktadır. Benzer şekilde Nijerya'da yapılan bir çalışmada birinci basamak sağlık hizmeti kullanımını etkileyen faktörler arasında yaş, cinsiyet, medeni durum ve eğitim düzeyi yer almaktadır (Egbewale ve Odu, 2012). Etiyopya'da yapılan bir çalışmada kentsel yerleşim, eğitim ve yaştan sağlık hizmeti kullanımı üzerinde etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Fantahun ve Degu, 2003). Soyuğurlu ve Yeşiltaş (2024), Türkiye'de yaptıkları çalışmada yaş ve eğitimin sağlık hizmetine olan talep üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Gelir düzeyi ve eğitim durumu, bireylerin sağlık hizmetlerini kullanma davranışlarını etkileyen önemli faktörler arasındadır. Literatürde yapılan birçok çalışma gelirin sağlık hizmeti kullanımını önemli derecede etkilediğini ortaya koymaktadır (Archibong vd., 2020; Mangalore, 2006; Mergoupis, 2007). Aynı şekilde Saraçoğlu ve Öztürk (2017) gelirin sağlık hizmetlerinin kullanım üzerinde önemli bir etkisi bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Agerholm ve diğerleri (2013) tarafından İsveç'te yapılan bir çalışma gelir düzeyi yüksek bireylerin poliklinik hizmetlerini daha sık kullandığını ortaya koymuştur. Aynı çalışmada, özellikle 65 yaş üzeri gruplarda sağlık hizmeti kullanımının daha yoğun olduğu ve yaş arttıkça poliklinik kullanımının da arttığı gözlemlenmiştir. Geitona ve diğerleri (2007) Yunanistan'da birinci ve ikinci basamak sağlık hizmeti kullanımının belirleyicilerine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, sağlık hizmetlerinin kullanımının bireylerin kendi sağlık durumlarına ilişkin değerlendirmeleri, gelir düzeyi, yaş ve yaşanan bölge gibi faktörlerden etkilendiğini ortaya koymuştur. Eğitim durumunun sağlık hizmeti kullanımı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalarda da eğitim düzeyinin sağlık hizmeti kullanımını etkilediği görülmektedir (Khan vd., 1994; Lindelöw, 2004; Prayogi vd., 2023). Kuzey Irak'ta Kayyarah şehrinde yürütülen bir araştırmada, 18-65 yaş aralığındaki sakinler arasında birinci basamak sağlık hizmetlerinin kullanım modelleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda sağlık hizmeti kullanımını etkileyen faktörler arasında gelir, yaş ve eğitim düzeyi gibi değişkenler olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Luhaib ve Younis, 2024).

Hekim, hemşire ve ebe sayısı, sağlık hizmetlerinin erişilebilirliğini ve kullanımını doğrudan etkileyen önemli yapısal faktörler arasındadır. Bir bölgede sağlık personeli sayısının yetersiz olması, hizmet sunum kapasitesini kısıtlar; bu da randevu bekleme sürelerinin uzamasına, hastaların bakım almak için daha uzun mesafeler kat etmesine veya hiç hizmet alamamasına neden olabilir. Kartal

ve Erigüç (2023) tarafından Türkiye’de 81 ilin verileri kullanılarak sağlık işgücünün sağlık hizmeti kullanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre, hekim sayısının birinci, ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti kullanım sayıları üzerinde pozitif etkisi olduğu belirlenmiştir. Jin ve diğerleri (2017) Çin’de yaptığı araştırmada, özellikle kırsal bölgelerde bulunan birinci basamak sağlık merkezlerindeki hekim yoğunluğunun, ayakta tedavi amacıyla yapılan başvurular üzerinde kentsel bölgelere kıyasla daha belirgin ve olumlu bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Genel hekim sayısının, sağlık kuruluşlarına yapılan başvurular ile sağlık hizmetlerinden yararlanma düzeyi üzerinde önemli bir belirleyici olduğu da vurgulanmaktadır. Nijerya’da yapılan bir çalışmada eğitimli personel sayısının birinci basamak sağlık hizmeti kullanımını etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (Otovwe ve Elizabeth, 2017). Pakistan’da yapılan bir çalışmada yaş, eğitim, gelir ve doktor sayısı gibi değişkenler birinci basamak sağlık hizmeti kullanımını etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir (Panzai vd., 2020). Kruk ve diğerleri (2009) tarafından yapılan çalışmada, hekim, hemşire ve diğer sağlık çalışanlarının sağlık hizmetlerinin kullanımında önemli bir rol oynayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Rosser ve diğerleri (2022) tarafından yapılan bir çalışmada da Sahra Altı Afrika’da hekimler ve hemşireler/ebeler de dahil olmak üzere sağlık çalışanlarının yoğunluğunun daha yüksek olması, anne sağlığıyla ilgili sağlık hizmetlerinin kullanımının artmasıyla ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Rokx (2009), Endonezya’da hekim, hemşire ve ebe sayısının yetersiz olmasının sağlık hizmeti kullanımında çeşitli güçlükler ortaya çıkardığını belirtmiştir. Bu nedenle, sağlık hizmeti kullanımını artırmak için sağlık insan gücünün yeterli sayıda ve dengeli dağılımla planlanması gerekir.

Günümüzde Yapay Sinir Ağları (YSA), sağlık bilimlerinin pek çok farklı alanında yüksek başarıyla uygulanmaktadır. Literatürde YSA’nın klinik uygulamaları arasında; meme kanseri ile kalp krizinin erken teşhis ve tedavisi, EEG, EKG ve MR gibi tıbbi sinyallerin/görüntülerin otomatik analizi ve yorumlanması, kan analizi sınıflandırması, ilaç etkilerinin analizi ve yeni ilaç geliştirme süreçleri yer almaktadır (Gönül vd., 2015). Sağlık hizmetlerinde YSA; klinik semptomlar, biyokimyasal veriler ve tıbbi görüntüler gibi karmaşık verileri analiz ederek hastalık teşhisi ve karar destek süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır (Kaushik vd., 2025). Bu teknoloji, özellikle kalp hastalıkları ve akut nefrit gibi vakaların teşhisinde %95 ile %99 arasında değişen yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir (Al-Shayea, 2011). Klinik dışı uygulamalar arasında ise sağlık hizmetleri organizasyonel yönetiminin iyileştirilmesi, maliyet veya tesis kullanımı gibi temel göstergelerin tahmini yer almaktadır. YSA’lar yalnızca tıbbi tanılarda değil, aynı zamanda sağlık kurumlarının yönetsel kararlarında, kaynak planlamasında ve maliyetlerin düşürülmesinde verimliliği artıran stratejik bir araç olarak kullanılmaktadır (Shahid vd., 2019). YSA’nın sunduğu bu teknik imkânlar, özellikle sağlık hizmet talebinin hızla arttığı sistemlerde kritik önem taşımaktadır. Nitekim Türkiye’de 2014 yılında birinci basamak müracaat sayısı 219.205.605, ikinci basamak müracaat sayısı ise 424.786.425 olarak kaydedilmişken; 2023 yılına gelindiğinde birinci basamak müracaat sayısı 421.121.236’ya, ikinci ve üçüncü basamak müracaat sayısı ise 552.397.851’e yükselmiştir (Sağlık Bakanlığı, 2023). Bu artış, sağlık hizmetleri kullanımının yıllar içinde önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Sağlık hizmetleri kullanımı, bireylerin sağlık sorunlarının erken dönemde tanınması, tedavi edilmesi ve yönetilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle birinci basamak sağlık hizmetlerinin etkin kullanımı, hastalıkların ilerlemeden kontrol altına alınmasını sağlamakta, hastane yatış oranlarını ve ikinci ve üçüncü basamak sağlık kuruluşlarının yükünü azaltmaktadır. Ayrıca, sağlık hizmetlerine erişim ve kullanım, toplum sağlığının genel düzeyini yükselterek yaşam kalitesini artırmakta ve sağlıkta eşitsizliklerin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmanın özgün yönü, Türkiye’de sağlık hizmeti kullanımına etki eden faktörleri geleneksel istatistiksel yöntemlerin ötesine geçerek yapay sinir ağı yaklaşımıyla analiz etmesidir. Literatürde genellikle regresyon modelleri veya klasik istatistiksel analizler kullanılarak incelenen sağlık hizmeti kullanımının belirleyicileri, bu

araştırmada yapay sinir ağlarının karmaşık veri örüntülerini öğrenme kapasitesinden yararlanılarak modellenmektedir. Böylece doğrusal olmayan ilişkiler, değişkenler arası etkileşimler ve gizli kalmış desenler daha isabetli şekilde ortaya konulacaktır. Bu yönüyle çalışma, sağlık politikalarının kanıta dayalı planlanmasına katkı sunarken, yapay zekâ temelli yaklaşımların sağlık hizmetleri alanına uygulanmasına dair yerli literatüre de yenilikçi bir katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada, sağlık hizmeti kullanımını etkileyen sosyoekonomik, demografik ve yapısal faktörlerin YSA modeliyle analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

1. YÖNTEM

1.1. Çalışmanın Veri Seti ve Modeli

Birinci, ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti kullanımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada Türkiye’de bulunan 81 ilin 2012-2023 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan veriler T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan Sağlık İstatistik Yıllıklarından ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlanan şehirlerin sosyo ekonomik verilerini gösteren bilgilerden elde edilmiştir (Sağlık Bakanlığı, 2025; (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2025). Yapılan analizlerde 81 il ve 12 yıllık veri olmak üzere toplamda 972 gözlem biriminden yararlanılmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan verilere ait bilgiler ve kısaltmalar Tablo 1’de görülmektedir.

Sağlık İstatistik Yıllıklarında birinci basamak sağlık hizmetlerine başvuru sayıları (1. BSM) ayrı, ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmetlerine başvuru sayılarının toplamı (2. ve 3. BSM) ayrı veriler olarak verilmektedir. Bu sebeple araştırmada 2 farklı model kurulmuştur. Araştırmada kurulan birinci modelde 1. BSM bağımlı değişken, kırsal nüfus oranı (%) (KIRSAL), 65 yaş ve üzeri nüfus oranı (%) (65YAS), toplam hekim sayısı (kişi) (HEKIM), toplam hemşire sayısı (kişi) (HEMSIRE), toplam ebe sayısı (kişi) (EBE), kişi başına düşen yıllık gelir (ABD \$) (GELİR) ve ortalama eğitim süresi (yıl) (EGT) bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. İkinci modelde ise 2. ve 3. BSM bağımlı değişken, KIRSAL, 65YAS, HEKIM, HEMSIRE, EBE, GELİR ve EGT bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda kurulan modeller aşağıdaki gibidir.

Model 1

$$1. \text{ BSM} = \beta_1 \cdot \text{KIRSAL} + \beta_2 \cdot 65\text{YAS} + \beta_3 \cdot \text{HEKIM} + \beta_4 \cdot \text{HEMSIRE} + \beta_5 \cdot \text{EBE} + \beta_6 \cdot \text{GELİR} + \beta_7 \cdot \text{EGT}$$

Model 2

$$2. \text{ ve } 3. \text{ BSM} = \beta_1 \cdot \text{KIRSAL} + \beta_2 \cdot 65\text{YAS} + \beta_3 \cdot \text{HEKIM} + \beta_4 \cdot \text{HEMSIRE} + \beta_5 \cdot \text{EBE} + \beta_6 \cdot \text{GELİR} + \beta_7 \cdot \text{EGT}$$

Tablo 1: Değişken Tanımları

Değişken İsmi	Değişken Tanımı	Kaynak
Bağımlı Değişkenler		
1. BSM	Birinci basamak sağlık hizmeti müracaat sayısı	Sağlık İstatistik Yıllıkları (2012-2023)
2. VE 3. BSM	İkinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti müracaat sayısı	Sağlık İstatistik Yıllıkları (2012-2023)
Bağımsız Değişkenler		
KIRSAL	Kırsal nüfus oranı (%)	Sağlık İstatistik Yıllıkları (2012-2023)
65YAS	65 yaş ve üzeri nüfus oranı (%)	Sağlık İstatistik Yıllıkları (2012-2023)
HEKİM	Toplam hekim sayısı (kişi)	Sağlık İstatistik Yıllıkları (2012-2023)
HEMSİRE	Toplam hemşire sayısı (kişi)	Sağlık İstatistik Yıllıkları (2012-2023)
EBE	Toplam ebe sayısı (kişi)	Sağlık İstatistik Yıllıkları (2012-2023)
GELİR	Kişi başına düşen yıllık gelir (ABD \$)	TÜİK (2012-2023)
EGT	Ortalama eğitim süresi (yıl)	TÜİK (2012-2023)

1.2. Verilerin Analizi

Çalışmada YSA analizleri Python (Keras/TensorFlow) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Model mimarisinin ve hiperparametrelerin belirlenmesinde sistematik bir Grid Search süreci izlenmiştir. Bu kapsamda; farklı gizli katman sayıları (1, 2 ve 3), nöron sayıları (3 ile 15 arası), öğrenme hızları (0.001, 0.01, 0.1) ve aktivasyon fonksiyonları (Relu, Sigmoid, Tanh) test edilmiştir. Model performansının genellenebilirliğini sağlamak ve verinin belirli bir kısmına bağımlı kalmamak amacıyla 5-katlı çapraz doğrulama (5-fold cross-validation) yöntemi uygulanmıştır. Veri seti %80 eğitim ve %20 test olarak ayrılmış; eğitim sürecinde aşırı öğrenmeyi (overfitting) kontrol etmek amacıyla Erken Durdurma (Early Stopping) tekniği kullanılmıştır. Erken durdurma sürecinde doğrulama kaybı (validation loss) metriği izlenmiş ve 10 dönem (patience=10) boyunca iyileşme gözlenmediğinde eğitim sonlandırılmıştır. Seçilen optimal hiperparametre setleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: YSA Modeli Hiperparametre Optimizasyonu ve Seçilen Değerler

Parametre	Denenen Aralık / Değerler	Seçilen (Optimal) Değer
Gizli Katman Sayısı	1, 2, 3	1
Nöron Sayısı	3, 5, 7, 10, 15	7
Aktivasyon Fonksiyonu	Relu, Sigmoid, Tanh	Sigmoid (Lojistik)
Öğrenme Hızı (Learning Rate)	0.001, 0.01, 0.1	0.01
Optimizasyon Algoritması	Adam, SGD, RMSprop	Adam
Batch Size (Yığın Boyutu)	16, 32, 64	32
Early Stopping (Patience)	5, 10, 15	10
Dropout Oranı	0.1, 0.2, 0.3	0.20

Ayrıca YSA modellerinin öngörü başarısını nesnel bir zeminde kanıtlamak adına, geleneksel bir yöntem olan Çoklu Lineer Regresyon (MLR) baz model (baseline) olarak seçilmiş ve modeller arası karşılaştırmalı performans analizi gerçekleştirilmiştir. Tüm modellerin tahmin gücü; Belirlilik Katsayısı (R^2), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metrikleri kullanılarak titizlikle değerlendirilmiştir. Ayrıca, modellerin kara kutu (black-box) doğasını şeffaflaştırmak, açıklanabilirliği artırmak ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etki yönünü (pozitif/negatif) kesin olarak belirlemek amacıyla SHAP (SHapley Additive exPlanations) analizi ve permütasyon önem düzeyleri birlikte kullanılmıştır. Çalışma kapsamında yürütülen tüm istatistiksel analizlerde ve model doğrulama süreçlerinde anlamlılık düzeyi 0.05 olarak kabul edilmiştir

1.3. Yapay Sinir Ağı

YSA, biyolojik sinir sistemlerinden, özellikle de insan beyninden esinlenen bilgi işleme sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Sadanand ve Bhosale, 2023). Örneklerden öğrenme yoluyla belirli sorunları çözmek için birlikte çalışan nöron adı verilen birbirine bağlı işlem öğelerinden oluşmaktadır (Moharkar vd., 2024). YSA'lar, tahmin, sınıflandırma, görüntü tanıma ve doğal dil işleme dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (İslam vd., 2019). Verilerden öğrenme ve uyum sağlama yetenekleri, geleneksel yöntemlerin yetersiz kalabileceği karmaşık, doğrusal olmayan sorunlar için onları uygun hale getirmektedir (Kumar, 2020). YSA'lar, biyolojik sistemlerdeki sinaptik değişikliklere benzer şekilde nöronlar arasındaki bağlantıları ayarlayarak öğrenirler (Sadanand ve Bhosale, 2023). Bu öğrenme süreci, temeldeki veri ilişkisi bilinmediğinde bile YSA'ların giriş verileri ile hedef değerler arasındaki ilişkileri tanımlamasına ve modellemesine olanak tanımaktadır (Kumar, 2020). Yapay sinir ağlarının uyarlanabilir yapısı, onları özellikle eksik anlayışa sahip ancak bol miktarda eğitim verisi bulunan alanlarda kullanışlı hale getirmektedir.

YSA, biyolojik sinir ağlarının yapısını ve işlevlerini taklit etmeye çalışan matematiksel bir modeldir. Her yapay sinir ağının temel yapı taşı, yapay nöron yani basit bir matematiksel modeldir. Bu model çarpma, toplama ve aktivasyon olmak üzere üç temel kurala dayanmaktadır. Yapay nöronun girişinde, giriş değerleri ağırlıklandırılır; yani her giriş değeri, kendine ait bir ağırlıkla çarpılır. Yapay nöronun orta bölümünde, tüm ağırlıklandırılmış girişler ile bias (sapma) toplanır. Çıkışta ise, bu ağırlıklı girişlerin ve bias'ın toplamı, aktivasyon fonksiyonu (veya transfer fonksiyonu) olarak da adlandırılan bir fonksiyondan geçirilir. Yapay nöron, her yapay sinir ağının temel yapı taşıdır. Tasarımı ve işlevleri, biyolojik sinir sistemlerinin (beyin, omurilik ve çevresel sinir düğümleri gibi) temel yapı taşı olan biyolojik nöronların gözlemlenmesine dayanmaktadır. Biyolojik bir nöron söz konusu olduğunda, bilgi nörona dendritler aracılığıyla gelir; soma (gövdede) bu bilgiyi işler ve akson aracılığıyla iletir. Yapay nöron durumunda ise bilgi, yapay nöronun gövdesine girişler yoluyla gelir ve bu girişler ağırlıklandırılır (yani her bir giriş değeri ayrı ayrı bir ağırlıkla çarpılır). Yapay nöronun gövdesi, bu ağırlıklandırılmış girişleri ve bias (sapma) değerini toplar ve ardından bu toplamı bir transfer fonksiyonu aracılığıyla işler. Sonuç olarak, yapay nöron işlenmiş bilgiyi çıkış(lar) yoluyla iletir (Krenker vd., 2011).

Bu çerçevede yapay sinir ağı modelinde katmanlar arasında ileri ve geri yayılım algoritması ile yer alan ağırlık değerlerinin belirlenmesinde kullanılan algoritmalarda genel olarak k katman sayısını ($k=1,2,3,...,z$), x_i^k 'inci katmandaki i biriminin girdi miktarını, y_i^k k 'inci katmandaki i biriminin çıktı miktarını, w_{ij} ($k-1$) inci katmandaki i birimini k katmanındaki j birimine bağlayan ağırlık değerlerini ifade etmektedir. Buna göre girdi katmanında yer alan ağırlıkların rassal olarak

atandığı ve belirlenen çalışma modelinde k katmanında yer alan her bir i girdisi için ileri beslemeli bir j çıktısının hesaplandığı bilinmektedir. Buna göre çıktı katmanının değeri;

$$y_i^k = f(\sum y_i^{k-1} w_{ij}) \quad (1)$$

eşitliğinden hareketle hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte yer alan birinci katman girdileri;

$$y_i^{k-1} = x_i \rightarrow y_i^{1-1} = x_i \rightarrow y_i^0 = x_i \quad (2)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu süreç sonrasında tüm katmanlardan elde edilen hata terimleri hesaplanarak toplanmaktadır. Hata terimi toplamının elde edilmesiyle birlikte tüm ağırlıklar yeniden güncellenerek;

$$w_{ij}^{new} = w_{ij}^{old} + \Delta w_{ij}^k \quad (3)$$

$$\Delta w_{ij}^k = \eta \delta_i^k y_i^{k-1} \quad (4)$$

olarak genelleştirilmektedir. Dolayısıyla yapılan bu ağırlıklandırmalar ve hesaplamalar neticesinde optimum değeri gösteren ağırlıklar elde edilmiş olur ve elde edilen bu ağırlıklar;

$$\hat{y}_{ANN} = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \dots + \alpha_n x_n \quad (5)$$

şeklinde yapay sinir ağı modelinden elde edilen tahmin denklemi ile ifade edilebilmektedir (Tolon ve Tosunoğlu, 2008).

Yapay sinir ağlarının en büyük avantajlarından biri, bulundukları ortamdan öğrenme yetenekleridir. Ortamdan öğrenme, özellikle çevrenin (verinin veya görevin) karmaşıklığının diğer çözüm yöntemlerinin uygulanmasını pratik olmayan hale getirdiği durumlarda son derece faydalıdır. Bu nedenle yapay sinir ağları; sınıflandırma, fonksiyon yaklaşımı, veri işleme, filtreleme, kümeleme, sıkıştırma, robotik, kontrol, karar verme gibi çok çeşitli görevlerde kullanılabilir.

2. BULGULAR

Tablo 3'te yer alan tanımlayıcı istatistikler, çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler hakkında bilgiler sunmaktadır. Sağlık hizmetlerine başvuru sayıları incelendiğinde; birinci basamak başvuruları ortalama 3.29 milyon, ikinci ve üçüncü basamak toplam başvuruları ise ortalama 5.87 milyondur. Bağımsız değişkenler arasında yer alan kırsal nüfus oranı, ortalama %33.76'dır. Bu değişkenin 32.01'lik yüksek standart sapması, kırsal nüfusun iller arasındaki dağılımının oldukça değişken olduğunu göstermektedir. 65 yaş ve üzeri nüfus oranı ise ortalama %10.91'dir; 7.58'lik standart sapma bu yaş grubunun iller arasında dengesiz dağıldığına işaret etmektedir. Sağlık çalışanı sayıları incelendiğinde; illerde ortalama 1870 hekim, 2122 hemşire ve 562 ebe görev yapmaktadır. Bu değişkenlerin standart sapmalarının (sırasıyla 3568, 3286 ve 606) ortalamadan yüksek olması, sağlık insan gücünün iller arasında eşitsiz dağıldığını kanıtlamaktadır. Kişi başına düşen gelir ortalama 8216 dolar ile geniş bir dağılım sergilerken, eğitim süresi ortalama 7.88 yıl ve 0.95 standart sapma ile daha dengeli bir dağılım göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, birçok değişkende Skewness (Çarpıklık) ve Kurtosis (Basıklık) değerlerinin yüksek olması, veri setinde önemli düzeyde değişkenlik olduğunu göstermektedir. Bu durum, değişkenlere logaritmik dönüşüm gibi normalize edici işlemler uygulanması gerekliliğine işaret etmektedir. Logaritma alma işlemi, veri setini normal dağılıma yaklaştırmakta ve aykırı/uç gözlemlerin sebep olduğu varyasyonu azaltmaktadır. Bu sayede dağılımın normalleşmesi sağlanarak YSA modelleme yöntemlerinin performansı artırılabilir. Bu

nedenlere dayanarak bu çalışmada tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır. Ancak veri setinde yer alan kırsal nüfus oranı değişkeninin bazı illerde 0 (sıfır) değerini aldığı gözlemlenmiştir. Logaritma fonksiyonunun sıfır değerleri için tanımsız olması nedeniyle, analizde veri bütünlüğünü korumak amacıyla literatürde yaygın olarak kullanılan “log-artı-bir” ($\ln(x+1)$) dönüşümü tercih edilmiştir. Bu yöntemde her bir gözlem değerine 1 birimlik bir sabit eklenerek aşağıdaki formül uygulanmıştır:

$$y = \ln(x + 1) \quad (6)$$

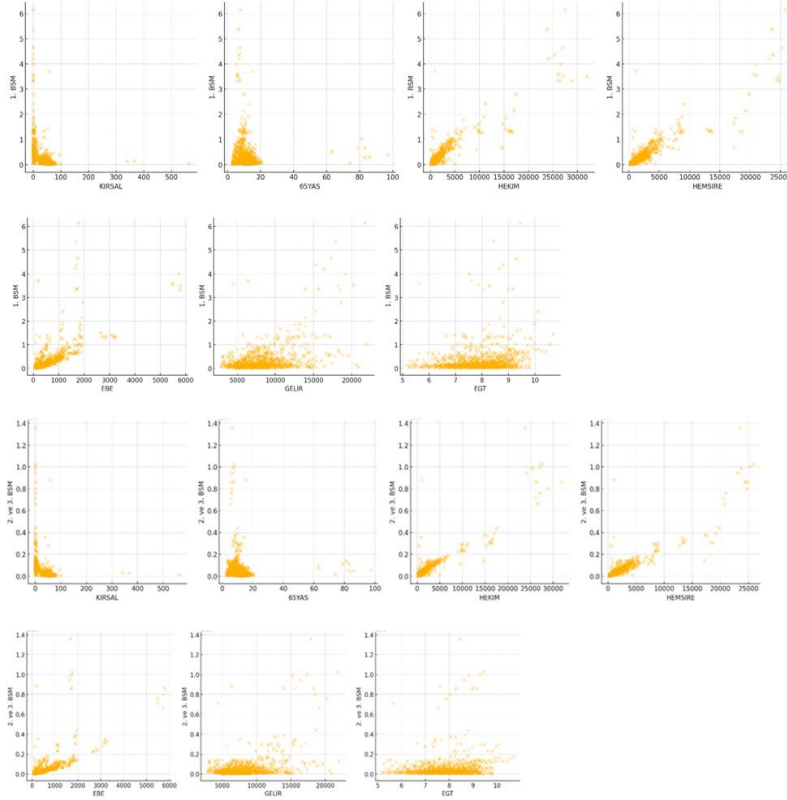
Burada x orijinal veri değerini, y ise dönüşüm sonrası elde edilen değeri temsil etmektedir. Bu işlem sayesinde sıfır değerleri $\ln(1)=0$ olarak korunmuş ve verideki varyans stabilize edilmiştir.

Tablo 3: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
1. BSM	3290987.50	5515562.81	124401.00	61420949.00	5.37	37.69
2. VE 3. BSM	5873619.88	11410912.35	930.92	135833500.00	6.40	49.51
KIRSAL	33.76	32.01	0.00	563.00	6.68	95.82
65YAS	10.91	7.58	2.70	97.00	7.06	65.19
HEKİM	1870.37	3568.34	101.00	31885.00	5.21	31.07
HEMSİRE	2122.34	3286.27	146.00	25800.00	4.68	25.55
EBE	561.86	606.31	48.00	5791.00	4.06	26.31
GELİR	8216.20	3088.71	2870.52	21984.87	1.19	2.01
EGT	7.88	0.95	5.18	10.69	-0.23	-0.13

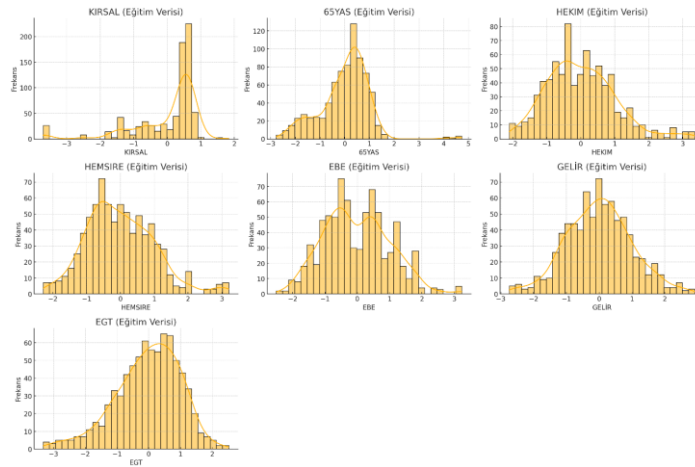
Şekil 1’de, bağımlı değişkenler olan 1. BSM ile 2. ve 3. BSM sağlık hizmetlerine başvuru sayılarının bağımsız değişkenlerle olan ilişkileri dağılım şekilleriyle görselleştirilmiştir. Şekillerde genel olarak, birçok bağımsız değişken ile başvuru sayıları arasında pozitif yönlü, ancak doğrusal olmayan ilişkiler dikkat çekmektedir. Özellikle HEKİM, HEMSİRE ve EBE sayıları ile hem 1. BSM hem de 2. ve 3. BSM arasında görece daha belirgin pozitif ilişkiler görülmektedir. Bu, sağlık personeli sayısındaki artışın başvuru sayısını artırma eğiliminde olduğunu göstermektedir. KIRSAL ve 65YAS değişkenleriyle olan şekillerde, başvuruların özellikle düşük kırsal oran ve yaş oranlarında yoğunlaştığı, ancak bu değişkenlerin yüksek olduğu durumlarda başvuruların seyrekleştiği görülmektedir. Bu durum, özellikle kırsal bölgelerde ve yaşlı nüfusun yoğun olduğu yerlerde sağlık hizmetlerine erişimde ya da başvuru davranışlarında farklılıklar olabileceğine işaret etmektedir. GELİR değişkeni ile 1. BSM ve 2. ve 3. BSM arasındaki şekillerde başvuruların büyük ölçüde belirli bir gelir aralığında kümелendiği, ancak yüksek gelir düzeylerinde başvuruların çok değişkenlik gösterdiği dikkat çekmektedir. Bu durum, gelir arttıkça başvuru sayılarının da arttığı yönünde net bir genelleme yapılamayacağını göstermektedir. EGT ile olan şekillerde ise çok belirgin bir ilişki gözlemlenmemektedir. Eğitim düzeyindeki değişimin başvuru davranışını sınırlı ölçüde etkilediği ya da bu ilişkinin dolaylı yollarla kurulduğu düşünülebilir. Genel olarak şekiller, modellemelerde doğrusal varsayımlar yerine doğrusal olmayan ilişkileri yakalayabilen YSA gibi yöntemlerin tercih edilmesinin daha doğru olabileceğini göstermektedir.

Şekil 1: Değişkenlerin Dağılım Şekilleri



Şekil 2’de sunulan histogramlar, modelde kullanılan tüm bağımsız değişkenlerin eğitim verisi üzerindeki dağılımlarını göstermektedir. Değişkenlerin birçoğu dengeli bir dağılım göstermektedir. Değişkenlerde normal dağılıma yakın bir şekil gözlenmekte olup, küçük sapmalar dışında istatistiksel analizlerde sorun teşkil edecek ciddi bir çarpıklık görünmemektedir. Sonuç olarak, şekillerde görülen dağılımlar, uygulanan logaritma dönüşümünün başarılı olduğunu ve değişkenlerin çoğunun modelleme için uygun hale getirildiğini göstermektedir.

Şekil 2: Değişkenlerin Histogramları



Tablo 4, çalışmada yer alan değişkenler arasındaki doğrusal ilişkilerin yönü ve gücü hakkında bilgi vermektedir. Elde edilen bulgulara göre 1. BSM ile 2. ve 3. BSM arasında çok yüksek düzeyde

ve pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($r=0.97$; $p<0.01$). KIRSAL ile 1. BSM (-0.35) ve 2. ve 3. BSM (-0.3) arasında negatif ve anlamlı korelasyonlar bulunmaktadır. 65YAS ile 2. ve 3. BSM (-0.07) arasında anlamlı ve negatif yönlü zayıf bir ilişki bulunmaktadır. HEKİM ile 1. BSM (0.9) ve 2. ve 3. BSM (0.91) değişkenleri arasında yüksek düzeyde ve pozitif yönde anlamlı ilişkili bulunmaktadır. Benzer şekilde HEMSİRE ile 1. BSM (0.9) ve 2. ve 3. BSM (0.91) yüksek pozitif korelasyon göstermektedir. EBE ile 1. BSM (0.71) ve 2. ve 3. BSM (0.67) anlamlı ve pozitif yönde ilişkilidir. GELİR ile 1. BSM (0.44) ve 2. ve 3. BSM (0.40) arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler bulunmaktadır. EGT ile 1. BSM (0.20) ve 2. ve 3. BSM (0.13) ile pozitif fakat düşük düzeyde anlamlı korelasyonlara sahiptir. Genel olarak, sağlık hizmetlerinin yaygınlığı ve sağlık personelinin sayısı arasında güçlü ve pozitif ilişkiler olduğu, ayrıca bu hizmetlerin ve personelin, kırsallık ve gelir düzeyi gibi sosyoekonomik faktörlerden etkilendiği görülmektedir. Eğitim düzeyinin etkisi ise daha sınırlı fakat anlamlıdır.

Tablo 4: İkili Korelasyon Matrisi

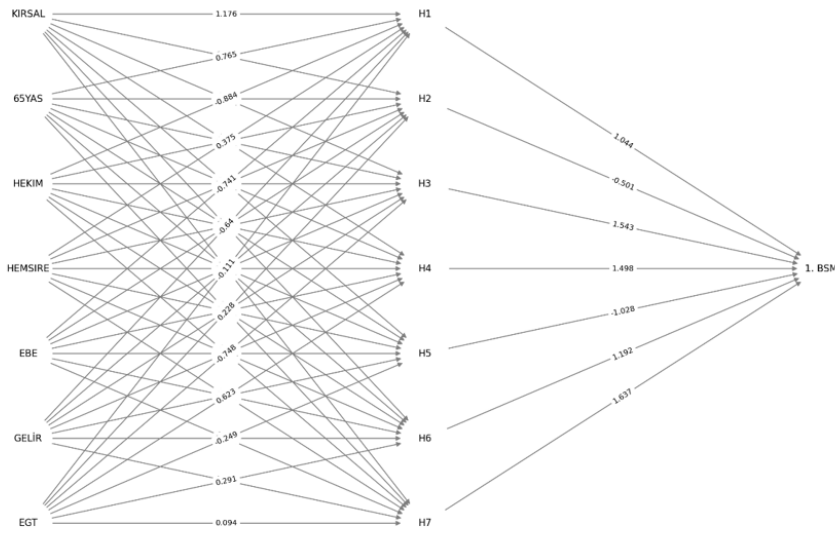
Değişkenler	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. BSM (1)	1.0								
2. VE 3. BSM (2)	0.97**	1.0							
KIRSAL (3)	-0.35**	-0.30**	1.0						
65YAS (4)	-0.04	-0.07*	0.1	1.0					
HEKİM (5)	0.90**	0.91**	-0.35**	-0.07*	1.0				
HEMSİRE (6)	0.90**	0.90**	-0.38**	-0.07*	0.98**	1.0			
EBE (7)	0.71**	0.67**	-0.41**	-0.01	0.80**	0.80**	1.0		
GELİR (8)	0.44**	0.40**	-0.16**	0.13**	0.45**	0.44**	0.41**	1.0	
EGT (9)	0.20**	0.13**	-0.19**	0.06	0.17**	0.21**	0.11**	0.14**	1.0

* $p<0.05$ ** $p<0.01$

Şekil 3'te sunulan YSA modeli, 1. BSM bağımlı değişkenin tahminlenmesinde kullanılan değişkenler arası yapay öğrenme ilişkilerini temsil etmektedir. Model, bir giriş katmanı, bir gizli katman (7 nöron) ve bir çıkış katmanından oluşmaktadır. Giriş katmanında KIRSAL, 65YAŞ, HEKİM, HEMSİRE, EBE, GELİR ve EGT olmak üzere toplam 7 girdi değişkeni yer almaktadır. Bu değişkenlerin her biri, gizli katmandaki tüm nöronlara farklı ağırlıklarla bağlanmıştır. Bu ağırlıklar, değişkenlerin modele olan etkisinin sayısal ifadesini göstermektedir. KIRSAL değişkeni gizli katmandaki birçok nörona oldukça yüksek ağırlıklarla bağlanmıştır ($H1: 1.176$, $H2: 0.765$). Bu, kırsal nüfus oranının modeldeki çıktıya (1. BSM) olan etkisinin güçlü olduğunu göstermektedir. Kırsal oran arttıkça modelin öğrenme süreci bunu önemli bir belirleyici olarak değerlendirmektedir. 65YAS değişkeni de görece yüksek bağlantı ağırlıklarına sahiptir ($H2: 0.884$, $H3: 0.375$). Bu durum, yaşlı nüfus oranının 1. BSM açısından dikkate değer bir etken olduğunu düşündürmektedir. Yani, yaşlı nüfusun fazla olduğu yerlerde birinci basamak sağlık hizmetine başvurunun arttığı varsayımı destekleniyor olabilir. HEKİM değişkeni $H2$ (0.844), $H3$ (0.314), $H6$ (0.623) gibi nöronlara bağlanmış ve özellikle $H2$ üzerinden önemli katkı sağlamıştır. Hekim sayısının yüksek olması, modelde 1. BSM değerlerini etkileyen pozitif bir unsur olarak öğrenilmiştir. Bu da hekim varlığının sağlık hizmetlerinin temel yapı taşlarından biri olduğunu göstermektedir. HEMSİRE değişkeni, gizli katman nöronlarıyla daha düşük ağırlıklarla ilişkilendirilmiştir ($H2: 0.111$, $H4: 0.311$). Bu, hemşire sayısının modelde görece

olarak daha zayıf bir belirleyici olduğunu gösterir. Ancak bazı nöronlarda (örneğin H4) yine de katkı sağlamaktadır. EBE değişkeni modelde orta düzey ağırlıklara sahiptir (H1: 0.720, H3: 0.148). Özellikle H1 ve H2 gibi güçlü bağlantılı nöronlara bağlı olması, ebe sayısının modelde sınırlı ama dikkate değer bir rol oynadığını göstermektedir. GELİR değişkeni düşük-orta seviyede ağırlıklarla gizli katmana bağlanmıştır (H3: 0.249, H6: 0.923). Bu, gelir seviyesinin modelde orta düzeyde etkili olduğunu gösterir. H6 üzerinden model çıktısına 1.637 gibi yüksek bir ağırlıkla ulaşması, gelir düzeyinin etkisini dolaylı olarak da olsa arttırdığını düşündürülebilir. EGT değişkeni modelde en zayıf etkilerden birine sahip görünmektedir. H7 ile bağlantı ağırlığı sadece 0.094'tür. Bu, modelin eğitim düzeyini 1. BSM değişkeni açısından daha az belirleyici olarak değerlendirdiğini gösterir. Yani bu yapay öğrenme sürecinde, eğitim düzeyi diğer faktörlere göre daha geri planda kalmıştır. Şekil 1'de görülen bağlantı ağırlıkları, Tablo 2'de belirlenen optimal parametreler doğrultusunda eğitilen modelin değişkenler arasındaki ilişkiyi nasıl öğrendiğini temsil etmektedir.

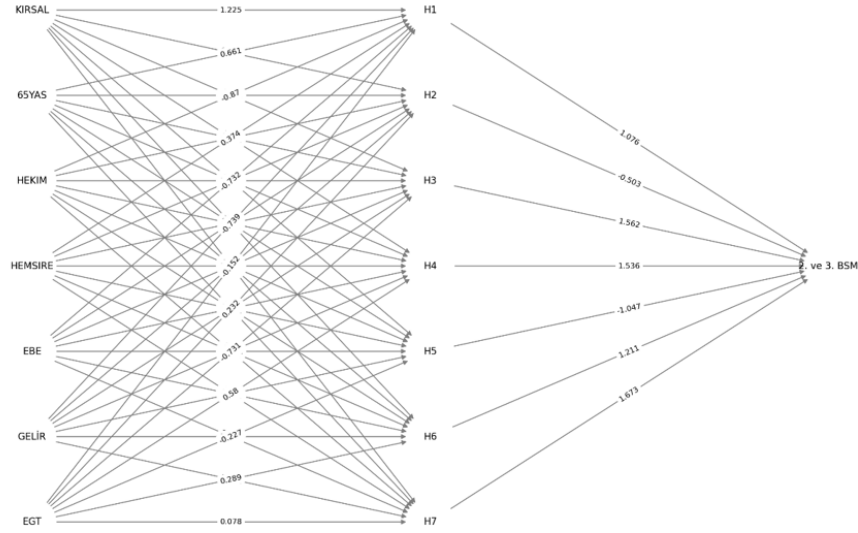
Şekil 3: YSA Görselleştirmesi (Model 1: 1 Gizli Katman ve 7 Nöron)



Şekil 4'te yer alan YSA Modeli, 2. ve 3. BSM değişkenini tahminlemeye yönelik bir yapay öğrenme yapısını göstermektedir. Model, 7 girdi değişkeninden oluşan bir giriş katmanına, 7 nöronlu bir gizli katmana ve bir çıkış katmanına sahiptir. KIRSAL değişkeni H1 nöronuna 1.225 gibi oldukça yüksek bir ağırlıkla bağlanmış olup, diğer nöronlara da orta düzeyde etkiler sunmaktadır. Bu durum, kırsal bölgelerdeki nüfusun 2. ve 3. basamak sağlık hizmetlerine erişimi üzerinde güçlü bir belirleyici olduğunu göstermektedir. 65YAS değişkeni, H2'ye 0.871 ve H3'e 0.374 ağırlıkla bağlanmıştır. Yaşlı nüfusun, ileri düzey sağlık hizmetlerine olan ihtiyacını temsil etmesi açısından bu değişkenin modele orta-üst düzeyde katkı sağladığı anlaşılmaktadır. HEKIM değişkeni gizli katmana farklı düzeylerde bağlanmıştır; en güçlü bağlantılardan biri H3'e 0.719'dur. Bu, hekimin modelde önemli bir faktör olduğunu gösteriyor. Hekim varlığı, genellikle ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmetlerine başvuruyla doğrudan ilişkilidir. HEMSİRE değişkeni modelde orta düzey ağırlıklarla yer almakta (H4: 0.512). Bu, hemşire varlığının da modelin çıktısı üzerinde etkili bir unsur olduğunu göstermektedir. EBE değişkeni genel olarak tüm nöronlara zayıf-orta ağırlıklarla bağlanmıştır (örneğin H5: 0.731). Bu da ebe sayısının modelde dikkate değer bir etkisi olduğunu ama diğer sağlık personeli kadar baskın olmadığını düşündürür. GELİR değişkeni H6'ya 0.58 gibi anlamlı bir ağırlıkla bağlanmıştır ve bu nöronun çıktıya olan etkisi de oldukça yüksektir.

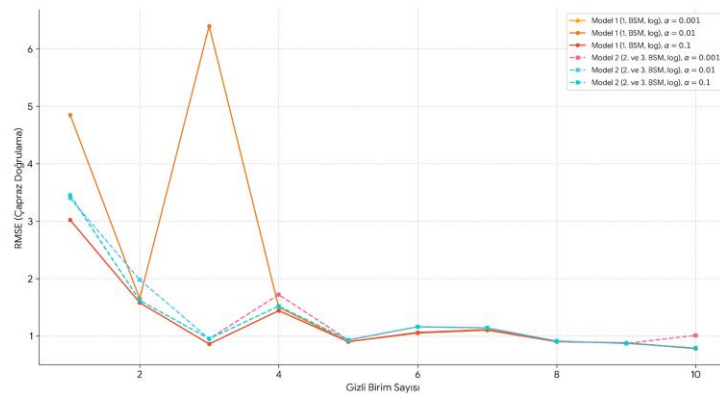
($H6 \rightarrow \text{Çıkış} = 1.673$). Dolayısıyla, gelir değişkeni dolaylı ama güçlü bir etki ortaya koymaktadır. EGT değişkeni en zayıf ağırlıklardan birine sahiptir ($H7: 0.078$). Bu, eğitim düzeyinin 2. ve 3. BSM değişkeni açısından model tarafından düşük etkili bir faktör olarak algılandığını göstermektedir. Şekil 2’de görülen bağlantı ağırlıkları, Tablo 2’de belirlenen optimal parametreler doğrultusunda eğitilen modelin değişkenler arasındaki ilişkiyi nasıl öğrendiğini temsil etmektedir.

Şekil 4: YSA Görselleştirmesi (Model 2: 1 Gizli Katman ve 7 Nöron)



Şekil 5, Model 1 (1. BSM) ve Model 2 (2. ve 3. BSM) için farklı ağırlık sönümlenme katsayıları (α) altında gizli nöron (hidden units) sayısına göre değişen RMSE (Root Mean Square Error) değerlerini göstermektedir. Şekil, modellerin doğruluğunu karşılaştırmak ve ideal parametre kombinasyonlarını belirlemek açısından önemlidir. Model 2, her α değeri için Model 1’den daha düşük ve stabil RMSE sonuçları üretmiştir. Ağırlık sönümlenme katsayısı α arttıkça, her iki modelde de hatalar azalmış, daha kararlı ve genellenebilir sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 5: Model 1 ve Model 2 Ağırlık Sönümlenmesi



Tablo 5, geliştirilen iki farklı YSA modelinin tahmin performansını ve hata paylarını ortaya koyan temel metrikleri sunmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, Model 1 test verisi üzerinde 0.72’lik bir R^2 değeri elde etmiştir. Bu durum, modelin bağımsız değişkenler aracılığıyla birinci basamak sağlık hizmeti başvurularındaki değişimin %72’sini başarıyla açıkladığını göstermektedir. Model 2

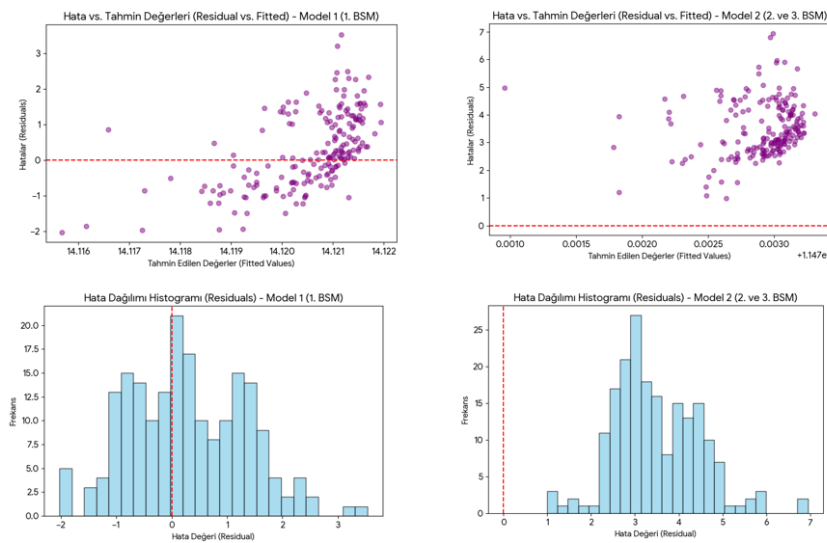
ise 0.83'lük bir R^2 değeri ile çok daha yüksek bir açıklayıcılık gücü sergilemiştir. Modellerin tahmin doğruluğunu kanıtlayan en kritik göstergelerden biri olan MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata) değerleri; Model 1 için %2.73, Model 2 için ise %1.68 olarak hesaplanmıştır. Literatürde MAPE değerinin %10'un altında olması mükemmel tahmin olarak kabul edilmektedir (Aslay ve Özen, 2013). Bu sonuçlar, her iki modelin de Türkiye ölçeğinde sağlık hizmeti kullanımını tahmin etmede son derece düşük bir hata payı ile çalıştığını ve yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Tablo 5'deki Test ve Tahmin aşamalarına ait RMSE ve MAE hata değerlerinin birbirine oldukça yakın seyretmesi, modellerin ezberleme (overfitting) yapmadığını ve yeni gözlemler için güçlü bir genelleme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle 5-katlı çapraz doğrulama (5-fold cross-validation) süreciyle desteklenen bu sonuçlar, seçilen optimal hiperparametrelerin (7 nöron, Adam optimizasyonu, Sigmoid aktivasyonu) veri yapısıyla yüksek uyum sağladığını teyit etmektedir.

Tablo 5: YSA Uygulama Sonuçları

Model	Veri Seti	RMSE	MAE	R^2	MAPE
Model 1 (1. BSM)	Test	0.9060	0.6989	0.7235	2.73
	Tahmin	0.9048	0.6979	0.7241	2.71
Model 2 (2. ve 3. BSM)	Test	0.9688	0.7074	0.8309	1.68
	Tahmin	0.8722	0.6683	0.8415	1.62

Model 1 ve Model 2 karşılaştırmalı artık (residual) analizi Şekil 6'da görülmektedir. Hata analizleri, RMSE grafiğindeki genel performansın ötesinde modellerin karakterini ortaya koymaktadır: Model 1, hataların sıfır etrafında normal dağılım sergilemesiyle istatistiksel açıdan daha sağlıklı bir yapı sunarken, yüksek tahminlerde hafif bir sapma (non-linear trend) göstermektedir. Model 2 ise her ne kadar düşük RMSE sunsa da tüm hataların pozitif bölgede toplanması nedeniyle ciddi bir sistematik yanlılık (high bias) içermektedir ve hedef değerleri sürekli olarak gerçek değerinden düşük tahmin etmektedir. Bu durum, Model 1'in gerçek dünya verilerine uyum ve güvenilirlik açısından Model 2'den daha üstün olduğunu kanıtlamaktadır.

Şekil 6: Model 1 ve Model 2 Karşılaştırmalı Artık (Residual) Analizi



Tablo 6, YSA modellerinde kullanılan değişkenlerin permütasyon yöntemiyle hesaplanan önem derecelerini ve bunlara ait standart sapmaları göstermektedir. Model 1'e göre en yüksek önem derecesine sahip değişken HEKİM'dir (1.6943). Bunu HEMSİRE (0.5737) ve 65YAŞ (0.3527) değişkenleri izlemektedir. Bu durum, birinci basamak sağlık hizmetlerine başvurunun tahmininde en etkili değişkenin hekim sayısı olduğunu, onu sağlık personeli ve yaşlı nüfusun takip ettiğini göstermektedir. Model 2'de de benzer bir durum gözlemlenmektedir, ancak önem dereceleri genellikle daha yüksektir. HEKİM yine en etkili değişkendir (2.5097) ve katkısı Model 1'e göre artmıştır. Onu HEMSİRE (0.6044), KIRSAL (0.4976) ve GELİR (0.4524) değişkenleri takip etmektedir. Bu, ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmetlerine başvurunun özellikle hekim varlığı, sağlık personeli ve kırsal-şehir ayrımı gibi yapısal değişkenlerden daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Sonuç olarak, her iki modelde de HEKİM en belirleyici değişkendir. Ancak Model 2'de KIRSAL ve GELİR gibi yapısal faktörlerin etkisi artarken, EGT her iki modelde de dikkate alınmayacak düzeydedir. Bu sonuçlar, modellerin hangi değişkenlere duyarlı olduğunu ve tahmin gücünü hangi faktörlerin şekillendirdiğini net biçimde ortaya koymaktadır.

Model 1 için Kilis (2015), Model 2 için Hakkari (2014) verileri en yüksek doğrulukla tahmin edilmiştir. Bu durum, modelin sosyoekonomik ve yapısal özelliklerin ortalama eğilimde olduğu küçük ve orta ölçekli illerdeki sağlık hizmeti kullanım dinamiklerini çok başarılı bir şekilde genellediğini kanıtlamaktadır. Her iki modelde de en yüksek hata payı İstanbul (2022) gözleminde ortaya çıkmıştır. İstanbul'un nüfus ölçeği, sağlık kuruluşu yoğunluğu ve diğer illerden aldığı yoğun sağlık göçü, bu ili bir aykırı değer haline getirmektedir. Model, İstanbul'un aşırı yüksek başvuru sayılarını tahmin ederken Türkiye genel ortalamasına dayalı bir öğrenme gerçekleştirdiği için sapma payı bu il özelinde artış göstermiştir.

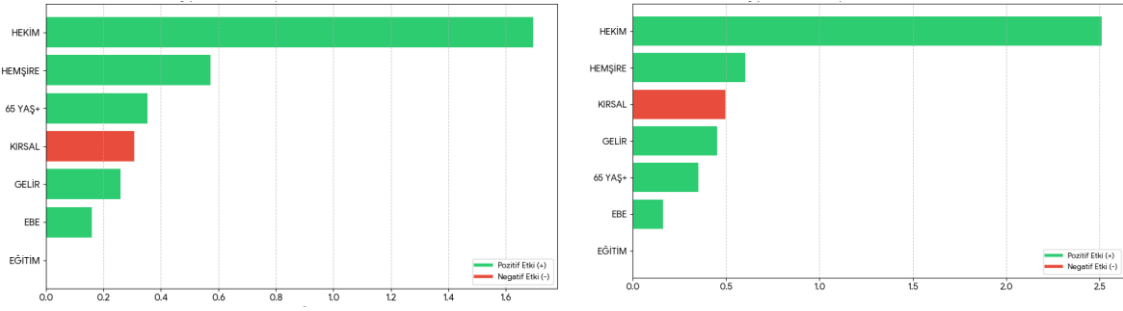
Tablo 6: Permütasyon Önem Düzeyi Sonuçları (YSA Modelleri)

Değişkenler	Önem Derecesi (Model 1)	Standart Sapma (Model 1)	Önem Derecesi (Model 2)	Standart Sapma (Model 2)
KIRSAL	0.3079	0.0776	0.4976	0.0975
65YAŞ	0.3527	0.056	0.3535	0.0598
HEKİM	1.6943	0.1579	2.5097	0.2168
HEMSİRE	0.5737	0.1174	0.6044	0.1322
EBE	0.1595	0.0528	0.1634	0.0513
GELİR	0.2591	0.0866	0.4524	0.1085
EGT	0.0008	0.0392	-0.0051	0.0414

Permütasyon önem düzeyleri değişkenlerin model tahminindeki genel ağırlığını belirlese de her bir değişkenin tahmin değerini hangi yönde ve ne kadarlık bir marjla değiştirdiğini anlamak amacıyla Şekil 7'de görüldüğü gibi SHAP analizi uygulanmıştır. Model 1'e göre en yüksek önem derecesine sahip değişken HEKİM'dir (1.6943). Şekil 4 incelendiğinde hekim sayısının birinci basamak başvuruları üzerinde pozitif (+) bir etkiye sahip olduğu, yani hekim arzı arttıkça hizmet kullanımının da arttığı görülmektedir. Bunu pozitif etkileriyle HEMSİRE (0.5737) ve 65YAŞ (0.3527) değişkenleri izlemektedir. Bu durum, birinci basamak sağlık hizmetlerine başvurunun tahmininde en etkili unsurların sağlık personeli kapasitesi ve yaşlı nüfusun sağlık talebi olduğunu doğrulamaktadır. Model 2'de benzer bir hiyerarşi gözlemlenmekle birlikte, önem dereceleri belirgin şekilde daha yüksektir. HEKİM yine en etkili değişkendir (2.5097) ve pozitif yönlü katkısı

Model 1'e göre artmıştır. Onu HEMSİRE (0.6044) ve GELİR (0.4524) değişkenleri pozitif yönlü etkileriyle takip etmektedir. Model 2'deki en dikkat çekici bulgu, KIRSAL (0.4976) değişkeninin yüksek önem derecesiyle birlikte negatif (-) bir etki yönüne sahip olmasıdır. Bu durum, kırsal nüfus oranı arttıkça hastane hizmetlerine erişimin azaldığını veya bu hizmetlerin kullanımının düştüğünü göstermesi bakımından kritiktir. EĞİTİM (EGT) ise her iki modelde de en düşük önem düzeyine sahip olup, sağlık hizmeti kullanımı üzerinde anlamlı bir baskınlık sergilememiştir.

Şekil 7: SHAP Analiz Sonuçları



Model 1 (1. BSM)

Model 2 (2. ve 3. BSM)

Tablo 7 incelendiğinde, YSA modellerinin her iki basamakta da geleneksel regresyon modelinden daha yüksek performans sergilediği görülmektedir. Özellikle 2. ve 3. basamak sağlık hizmetleri kullanımında (Model 2), YSA modelinin açıklayıcılık gücü ($R^2=0.83$), MLR modeline ($R^2=0.71$) göre anlamlı derecede yüksektir. Regresyon modelinin daha yüksek hata oranlarına sahip olması, bağımsız değişkenler ile sağlık hizmeti kullanımı arasındaki ilişkinin tamamen doğrusal (linear) olmadığını; YSA'nın ise bu değişkenler arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan (non-linear) etkileşimleri daha iyi modelleyebildiğini kanıtlamaktadır. Bu sonuçlar, Türkiye ölçeğinde sağlık hizmeti talebinin tahmin edilmesinde derin öğrenme tabanlı yaklaşımların geleneksel istatistiksel yöntemlere göre daha üstün bir genelleme yeteneğine sahip olduğunu doğrulamaktadır.

Tablo 7: YSA ve Geleneksel Regresyon (MLR) Modellerinin Karşılaştırılması

Hedef Değişken	Model	RMSE	MAE	R^2	MAPE (%)
Model 1 (1. BSM)	YSA (Önerilen)	0.9060	0.6989	0.7235	%2.73
	MLR (Baz Model)	1.1540	0.8840	0.6120	%4.50
Model 2 (2. ve 3. BSM)	YSA (Önerilen)	0.9688	0.7074	0.8309	%1.68
	MLR (Baz Model)	1.2850	0.9420	0.6950	%3.15

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma kapsamında elde edilen bulgulara göre birinci basamak sağlık hizmeti kullanımını etkileyen en önemli değişkenler hekim sayısı, hemşire sayısı ve 65 yaş üstü nüfus oranıdır. Bu değişkenleri sırasıyla kırsal nüfus oranı, kişi başı gelir, ebe sayısı ve eğitim oranı değişkenleri takip etmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde birinci basamak sağlık hizmeti kullanımı etkileyen faktörler arasında hekim sayısı (Jin vd., 2017; Kartal ve Erigüç, 2023; Panezai vd., 2020), hemşire sayısı (Otovwe ve Elizabeth, 2017), ebe sayısı (Otovwe ve Elizabeth, 2017), kırsal nüfus

oranı (Luhaib ve Younis, 2024), 65 yaş üstü nüfus oranı (Egbewale ve Odu, 2012), gelir (Geitona vd., 2007; Luhaib ve Younis, 2024) ve eğitim (Egbewale ve Odu, 2012; Luhaib ve Younis, 2024) yer almaktadır. Hekim sayısının yüksek olması, bireylerin birinci sağlık hizmetlerine erişimi daha basit hale getirmenin yanı sıra hizmetlerin sunum kapasitelerini de artırmaktadır. Aynı şekilde hemşire sayısının da yüksek olması hizmet sunumunun daha etkin ve hızlı olmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca birinci basamakta kronik hastalık takibi ve koruyucu sağlık hizmetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Yaşlı nüfusun fazla olduğu bölgelerde birinci basamak sağlık hizmeti kullanım sayılarının artması bireylerin hizmete olan ihtiyaçlarından kaynaklanmaktadır. Bu durumun temel sebebi, yaş arttıkça kronik hastalıkların, çoklu ilaç kullanımlarının ve bakım isteklerinin artması olarak düşünülebilir. Özellikle hipertansiyon, diyabet, kalp-damar hastalıkları, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları ve nörolojik hastalıklar gibi yaşlılıkla ilişkili sağlık sorunları, bireylerin düzenli takip ve tedaviye ihtiyaç duymasına yol açmaktadır. Kırsal nüfus oranının yüksek olduğu bölgelerde birinci basamak sağlık hizmetleri genellikle ilk başvuru noktası olduğundan, müracaat sayısı üzerinde belirleyici olmaktadır. Bunun temel nedeni, kırsal alanlarda ikinci ve üçüncü basamak sağlık kuruluşlarının sayısının sınırlı olması ve ulaşım imkanlarının kısıtlılığı nedeniyle, bireylerin sağlıkla ilgili her türlü ihtiyaçları için öncelikle birinci basamak sağlık kuruluşlarına yönelmesidir. Ayrıca, aile hekimliği uygulamaları ve sağlık ocakları, kırsal bölgelerde hem coğrafi olarak daha erişilebilir hem de sağlık personeliyle birebir iletişim kurulabilen en yakın sağlık hizmeti noktalarıdır. Kişi başı gelir düzeyi arttıkça, bireylerin sağlık hizmetlerine erişim imkanlarının da arttığı, dolayısıyla müracaat sayılarının yükseldiği görülmektedir. Ebe sayısı ise özellikle ana-çocuk sağlığı ve doğum hizmetleri kapsamında birinci basamak müracaatlarını etkilemektedir. Eğitim oranı yüksek bölgelerde ise bireylerin sağlık bilinci ve sağlık hizmeti arama davranışları artmakta, bu durum da müracaat sayılarına yansımaktadır. Bu kapsamda çalışma sonucunda elde edilen bulgular literatürü destekler niteliktedir. Ayrıca, çalışmada yapay sinir ağı yaklaşımının kullanılması, değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin ortaya konulmasına imkân tanıyarak literatüre metodolojik açıdan da katkı sağlamaktadır.

Araştırmadan elde edilen bir diğer bulguya göre ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmetleri kullanımını etkileyen en önemli değişkenler hekim sayısı, hemşire sayısı ve kırsal nüfus oranıdır. Bu değişkenleri sırasıyla kişi başı gelir, 65 yaş üstü nüfus oranı, ebe sayısı ve eğitim oranı değişkenleri takip etmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmeti kullanımı etkileyen faktörler arasında hekim sayısı (Kartal ve Erigüç, 2023; Kruk vd., 2009; Rokx, 2009; Rosser vd., 2022), hemşire sayısı (Kruk vd., 2009; Rokx, 2009; Rosser vd., 2022), ebe sayısı (Kruk vd., 2009; Rokx, 2009; Rosser vd., 2022), kırsal nüfus oranı (Dempsey vd., 2003; Nuako vd., 2022; Phillips vd., 1998; Vieira vd., 2020), 65 yaş üstü nüfus oranı (Fantahun ve Degu, 2003; Haas vd., 1995; Moineddin vd., 2010; Nie vd., 2008; Soyuğurlu ve Yeşiltaş, 2024), gelir (Agerholm vd., 2013; Archibong vd., 2020; Geitona vd., 2007; Mangalore, 2006; Mergoupis, 2007; Saraçoğlu ve Öztürk, 2017) ve eğitim (Fantahun ve Degu, 2003; Khan vd., 1994; Lindelöw, 2004; Prayogi vd., 2023) yer almaktadır. Hekim sayısının fazla olması, özellikle hastanelerde randevu bekleme sürelerini kısaltarak ve poliklinik hizmetlerinin kapasitesini artırarak sağlık hizmetlerine erişimi önemli ölçüde iyileştirmektedir. Benzer şekilde, daha fazla hemşirenin bulunması hasta bakımı kalitesini artırmakta ve hizmet sunumunu hızlandırmaktadır. Böylece genellikle hasta başvuru sayıları da artmaktadır. Kırsal nüfus oranı da ikinci ve üçüncü basamak sağlık kuruluşlarına yapılan başvuru sayılarını etkileyen önemli bir faktördür. Kırsal bölgelerde birinci basamak sağlık hizmetlerinin yetersiz olduğu veya bazı ileri tetkik ve tedavi gereksinimlerinin karşılanamadığı durumlarda, bireyler yerel kliniklerin yerine doğrudan hastanelere yönelme eğilimi göstermektedir. Kişi başı gelir düzeyi yüksek olan bireylerin hastanelere başvurma olasılıkları artmaktadır. Bu durumun temelinde, gelir düzeyi yüksek bireylerin sağlık hizmeti arayışında daha az finansal engelle

karşılaşması yatmaktadır. Gelir artışı, bireylerin ulaşım, muayene, ilaç ve tetkik gibi doğrudan ve dolaylı sağlık harcamalarını karşılayabilme kapasitelerini artırmakta, böylece sağlık hizmeti kullanım sıklığını da yükseltmektedir. 65 yaş üstü nüfus oranının yüksek olduğu bölgelerde ise kronik hastalık yükü, çoklu ilaç kullanımı, hastane yatış ve uzman hekim gereksinimi arttığından, ikinci ve üçüncü basamak hizmetlerine başvuru oranları da yükselmektedir. Ebe sayısı, özellikle kadın doğum ve perinatoloji kliniklerine yapılan başvurularda dolaylı olarak etki göstermekte; eğitim oranı ise bireylerin sağlık okuryazarlığını ve hastane hizmetlerinden yararlanma eğilimlerini artırmaktadır. Bu kapsamda çalışma sonucunda elde edilen bulgular literatürle örtüşmektedir.

Sonuç olarak, araştırma kapsamında oluşturulan her iki modelde de hekim sayısının sağlık hizmetleri kullanımını etkileyen en belirleyici değişken olduğu görülmektedir. Bu bulgu, sağlık hizmetlerine erişimde ve kullanımda hekim varlığının kritik bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle birinci basamakta olduğu kadar ikinci ve üçüncü basamakta da hekim sayısının, bireylerin sağlık hizmetlerine başvuru kararlarını ve başvuru sıklıklarını doğrudan etkilediği anlaşılmaktadır. Kurulan ikinci modelde, kırsal nüfus oranı ve kişi başı gelir gibi yapısal faktörlerin etkisinin artması dikkat çekicidir. Bu durum, özellikle ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmetlerinin kullanımında, sadece sağlık personeli varlığı değil; coğrafi, ekonomik ve yapısal faktörlerin de belirleyici olduğunu göstermektedir. Kırsal nüfus oranının etkisi, coğrafi erişim kısıtlılıklarının ve hizmet dağılımındaki dengesizliklerin müracaat davranışlarını şekillendirdiğini düşündürmektedir. Gelir düzeyinin etkisi ise, ekonomik yeterliliğin hastane ve ileri tetkik-tedavi hizmetlerine başvuruda önemli bir eşik oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Gelir bireylerin hizmet arayış davranışını ve kullanım sıklığını etkilerken, yaş doğrudan sağlık hizmeti ihtiyacını artıran biyolojik ve demografik bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Sağlık politikalarında, bu iki değişkenin birbirinden farklı mekanizmalarla etkili olduğu dikkate alınmalı; yaşlı ve düşük gelirli grupların hem hizmete erişimini kolaylaştıran hem de hizmetten etkin şekilde yararlanmalarını sağlayan entegre müdahaleler geliştirilmelidir. Öte yandan, eğitim oranının her iki modelde de dikkate alınmayacak düzeyde düşük etkiye sahip olması, sağlık hizmeti kullanımında eğitim düzeyinin beklenenin aksine belirleyici olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, sağlık okuryazarlığı ile formal eğitim oranının her zaman örtüşmeyebileceğini ve sağlık hizmeti arama davranışlarının sadece eğitimle açıklanamayacağını işaret etmektedir.

Genel olarak bu bulgular, modellerin hangi değişkenlere duyarlı olduğunu ve tahmin gücünü hangi faktörlerin şekillendirdiğini net biçimde ortaya koymakta; sağlık hizmetlerinin planlanması, insan gücü yönetimi ve sağlık politikalarının oluşturulmasında hem personel kapasitesinin hem de sosyoekonomik ve yapısal faktörlerin birlikte değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Araştırmada yalnızca belirli bir yıla ait veriler kullanılmış olup, zaman serisi analizi yapılmamıştır. Bu durum, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin ve yıllar içindeki eğilimlerin değerlendirilmesini sınırlamaktadır. Bu çalışmada yapay sinir ağı modeli kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Ancak yapay sinir ağlarının black-box (kara kutu) doğası gereği, bu model yalnızca değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkileri öğrenebilmekte, nedensel sonuçlar çıkaramamaktadır. Ayrıca araştırma, Türkiye özelinde yürütülmüştür. Bu nedenle, elde edilen bulgular farklı sağlık sistemlerine sahip ülkeler için doğrudan genellenemeyebilir.

YAZAR BEYANI

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Etik Kurul Onayı

Bu araştırma etik kurul izni gerektiren analizleri kapsamadığından etik kurul onayı gerekmemektedir.

Yazar Katkıları

Yazar çalışmayı tek başına gerçekleştirmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Agerholm, J., Bruce, D., Ponce de Leon, A., & Burström, B. (2013). Socioeconomic differences in healthcare utilization, with and without adjustment for need: An example from Stockholm, Sweden. *Scandinavian Journal of Public Health*, 41(3), 318-325. <https://doi.org/10.1177/1403494812473205>
- Al-Shayea, Q. K. (2011). Artificial neural networks in medical diagnosis. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 8(2), 150.
- Andersen, R. (1968). *A behavioral model of families' use of health services* (Research Series No. 25). Center for Health Administration Studies, University of Chicago.
- Andersen, R. M. (1995). Revisiting the behavioral model and access to medical care: Does it matter? *Journal of Health and Social Behavior*, 1-10. <https://doi.org/10.2307/2137284>
- Archibong, E. P., Bassey, G. E., Isokon, B. E., & Eneji, R. (2020). Income level and healthcare utilization in Calabar metropolis of Cross River state, Nigeria. *Heliyon*, 6(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04983>
- Aslay, F., & Özen, Ü. (2013). Meteorolojik Parametreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları İle Toprak Sıcaklığının Tahmini. *Politeknik Dergisi*, 16(4), 139-145. <https://doi.org/10.2339/2013.16.4>
- Carrasquillo, O. (2013). Health care utilization. *Encyclopedia of Behavioral Medicine* (pp. 909–910). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1005-9_885
- Clewley, D., Rhon, D., Flynn, T., Koppenhaver, S., & Cook, C. (2018). Health seeking behavior as a predictor of healthcare utilization in a population of patients with spinal pain. *PLoS One*, 13(8), e0201348. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201348>
- Coulton, C., & Frost, A. K. (1982). Use of social and health services by the elderly. *Journal of Health and Social Behavior*, 23(4), 330–339. <https://doi.org/10.2307/2136491>

- Dempsey, P., Wilson, D., Taylor, A., & Wilkinson, D. (2003). Self-reported patterns of health services utilisation: An urban–rural comparison in South Australia. *Australian Journal of Rural Health*, 11(2), 81–88. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1584.2003.00493.x> [researchgate.net](https://www.researchgate.net)+8
- Egbewale, B. E., & Odu, O. O. (2012). Perception and utilization of primary health care services in a semi-urban community in south-western Nigeria. *Journal of Community Medicine and Primary Health Care*, 24(1–2), 11–20. <https://www.ajol.info/index.php/jcmphc/article/view/95495>
- Fantahun, M., & Degu, G. (2003). Health service utilization in Amhara region of Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health Development*, 17(2), 140–147. <https://doi.org/10.4314/ejhd.v17i2.9855>
- Geitona, M., Zavras, D., & Kyriopoulos, J. (2007). Determinants of healthcare utilization in Greece: Implications for decision-making. *The European Journal of General Practice*, 13(3), 144–150. <https://doi.org/10.1080/13814780701541340>
- Gönül, Y., Ulu, Ş., Bucak, A., & Bilir, A. (2015). Yapay sinir ağları ve klinik araştırmalarda kullanımı. *Genel Tıp Dergisi*, 25(3), 104–111.
- Grossman, M. (2000). The human capital model. *Handbook of Health Economics* (Vol. 1, pp. 347–408). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0064\(00\)80166-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0064(00)80166-3)
- Haas, M., Rushworth, R. L., & Rob, M. I. (1995). Health services and the elderly: An evaluation of utilisation data. *Australian Journal on Ageing*, 14(4), 176–180. <https://doi.org/10.1111/j.1741-6612.1995.tb00731.x>
- Islam, M., Chen, G., & Jin, S. (2019). An overview of neural network. *American Journal of Neural Networks and Applications*, 5(1), 7–11. <https://doi.org/10.11648/j.ajna.20190501.12>
- Jin, Y., Zhu, W., Yuan, B., & Meng, Q. (2017). Impact of health workforce availability on health care seeking behavior of patients with diabetes mellitus in China. *International Journal for Equity in Health*, 16, Article 80. <https://doi.org/10.1186/s12939-017-0576-0>
- Kartal, N., & Erigüç, G. (2023). Sağlık insangücünün sağlık kurumuna başvuru sayısı üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 257–274. <https://doi.org/10.26745/ahbvuidfd.1186766>
- Kaushik, P., Rawat, P., Anusha, N., Swetha, T., Veekshitha, A., & Kaliappan, S. (2025, March). Revolutionizing healthcare with artificial neural networks. In *2025 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)*, 3, 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IATMSI64286.2025.10985575>
- Khan, Z., Soomro, G. Y., Soomro, S., & Hafeez, S. (1994). Mother's education and utilisation of health care services in Pakistan [with comments]. *The Pakistan Development Review*, 33(4), 1155–1166. <https://www.jstor.org/stable/41259818>
- Krenker, A., Bešter, J., & Kos, A. (2011). Introduction to the artificial neural networks. *Artificial Neural Networks: Methodological Advances and Biomedical Applications* (pp. 1–18). InTech. <https://doi.org/10.5772/15751>
- Kruk, M. E., Prescott, M. R., de Pinho, H., & Galea, S. (2009). Are doctors and nurses associated with coverage of essential health services in developing countries? A cross-sectional study. *Human Resources for Health*, 7, Article 27. <https://doi.org/10.1186/1478-4491-7-27>

- Kumar, M. N. (2020). Artificial neural networks and its applications: A review. *International Journal of Advance Research and Innovation*, 8(2), 17–22. <https://doi.org/10.51976/ijari.822003>
- Lindelöw, M. (2004). *Health care decisions as a family matter: Intrahousehold education externalities and the utilization of health services* (Policy Research Working Paper No. 3324). World Bank Publications.
- Luhaib, Y. R., & Younis, N. M. (2024). Utilization of primary health care services in Qayyarah City, Northern Iraq. *Journal of Current Medical Research and Opinion*, 7(11), 3746–3754. <https://doi.org/10.52845/CMRO/2024/7-11-7>
- Mangalore, R. (2006). Income, health and health care utilization in the UK. *Applied Economics*, 38(6), 605–617. <https://doi.org/10.1080/00036840500397192>
- Mendoza-Sassi, R., & Béria, J. U. (2001). Health services utilization: A systematic review of related factors. *Cadernos de Saúde Pública*, 17(4), 819–832. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000400016>
- Mergoupis, T. (2003). Income and utilization of health services in Greece. In D. Venieris & C. Papatheodorou (Eds.), *Social Policy in Greece: Challenges and Prospects* (pp. 293–332). Ellinika Grammata. <https://ssrn.com/abstract=1000162>
- Mkanta, W. N., & Uphold, C. R. (2006). Theoretical and methodological issues in conducting research related to health care utilization among individuals with HIV infection. *AIDS Patient Care & STDs*, 20(4), 293–303. <https://doi.org/10.1089/apc.2006.20.293>
- Moharkar, V., Dhole, V., & Kumbhare, B. (2024). Understanding the basic functionality of artificial neural networks: From architecture to practical applications. *International Research Journal of Modernization in Engineering, Technology and Science*, 6(3). <https://www.doi.org/10.56726/IRJMET50657>
- Moineddin, R., Nie, J. X., Wang, L., Tracy, C. S., & Upshur, R. E. (2010). Measuring change in health status of older adults at the population level: The transition probability model. *BioMed Central (BMC) Health Services Research*, 10, Article 306. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-10-306>
- Nie, J. X., Wang, L., Tracy, C. S., Moineddin, R., & Upshur, R. E. (2008). Health care service utilization among the elderly: Findings from the Study to Understand the Chronic Condition Experience of the Elderly and the Disabled (SUCCEED Project). *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 14(6), 1044–1049. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2008.00952.x>
- Nuako, A., Liu, J., Pham, G., Smock, N., James, A., Baker, T., ... & Chen, L. S. (2022). Quantifying rural disparity in healthcare utilization in the United States: Analysis of a large Midwestern healthcare system. *PLoS One*, 17(2), e0263718. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263718>
- On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Kanun No. 6360, *Resmî Gazete* (Sayı: 28489), Kabul Tarihi: 12/11/2012. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121206-1.htm>
- Otovwe, A., & Elizabeth, S. (2017). Utilization of primary health care services in Jaba Local Government Area of Kaduna State, Nigeria. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 27(4), 339–350. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v27i4.5>

- Panezai, S., Ahmad, M. M., Saqib, S. E., & Assistant, C. (2020). A gender-based assessment of utilization of primary health care services and associated factors in Pakistan. *Ponte Journal*, 76(1/1), 81–107. <https://doi.org/10.21506/j.ponte.2020.1.7>
- Phillips, K. A., Morrison, K. R., Andersen, R., & Aday, L. A. (1998). Understanding the context of healthcare utilization: Assessing environmental and provider-related variables in the behavioral model of utilization. *Health Services Research*, 33(3 Pt 1), 571–596.
- Prayogi, B., Rizani, K., & Fratama, F. F. (2023). Determinant factors related to family utilization of health services. *Journal of Ners and Midwifery*, 10(1), 59–68. <https://doi.org/10.26699/jnk.v10i1.ART.p069-074>
- Rokx, C. (2009). *Indonesia's doctors, midwives and nurses: Current stock, increasing needs, future challenges and options*. World Bank Office Jakarta.
- Rosser, J. I., Aluri, K. Z., Kempinsky, A., Richardson, S., & Bendavid, E. (2022). The effect of healthcare worker density on maternal health service utilization in Sub-Saharan Africa. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 106(3), 939–944. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.21-0727>
- Sadanand, D., & Bhosale, S. (2023). Basic of artificial neural network. *International Journal of Advance Research in Science, Communication and Technology*, 3(3), 299–303. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-8159>
- Sağlık Bakanlığı. (2023). *Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2023*. Sağlık Bakanlığı. 28 Haziran 2025 tarihinde <https://www.saglik.gov.tr/TR-107086/saglik-istatistikleri-yilligi-2023-yayinlanmistir.html> adresinden alınmıştır.
- Sağlık Bakanlığı. (2025). *Sağlık İstatistikleri Yıllıkları*. Sağlık Bakanlığı. 4 Haziran 2025 tarihinde <https://www.saglik.gov.tr/TR-84930/saglik-istatistikleri-yilliklari.html> adresinden alınmıştır.
- Saraçoğlu, S., & Öztürk, F. (2017). Sağlık hizmetlerine yönelik talebin belirleyicileri: Türkiye üzerine bir uygulama. *İş ve Hayat*, 2(4), 293–342.
- Shahid, N., Rappon, T., & Berta, W. (2019). Applications of artificial neural networks in health care organizational decision-making: A scoping review. *PloS one*, 14(2), e0212356. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212356>
- Soyuğurlu, N., & Yeşiltaş, A. (2024). Bireylerin sağlık hizmet taleplerini erteleme davranışları üzerine bir araştırma. *Avrasya Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(3), 198–208. <https://doi.org/10.53493/avrasyasbd.1457717>
- Şantaş, F. (2017). Yoksulluğun sağlık statüsü ve sağlık hizmetleri kullanımı ile ilişkisi. *İğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (13), 545–591. <https://izlik.org/JA34SF36YU>
- Tolon, M., & Tosunoğlu, N. G. (2008). Tüketici tatmini verilerinin analizi: Yapay sinir ağları ve regresyon analizi karşılaştırması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 247–259. <https://izlik.org/JA99ZC48TC>
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2025). *DATA.TUIK.GOV.TR: Veri portalı*. Türkiye İstatistik Kurumu. 4 Haziran 2025 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- Vieira, E. W. R., Dutra, I. R., Cerqueira, L. J., & Gazzinelli, A. (2020). Urban-rural disparity in health services utilization in a small municipality. *Revista Rene*, 21, e42458. <https://doi.org/10.15253/2175-6783.20202142458>