

Koronavirüs Hastalarına Ventilatör Tahsisinin Demografik Veriler ve Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Analizi*

Analysis of Ventilator Allocation to Coronavirus Patients with Demographic Data and Machine Learning Methods

Ezgi Şiir KIBRIS^a

Özet: Sınırlı kaynakların tahsisi ve hastalara adil muamele, koronavirüs tedavisinde ele alınan önemli biyoetik konular arasındadır. Bu çalışma, COVID-19 iyileşme oranı ile ventilatör tahsis süresi ve cinsiyet, ırk, yaş ve sigorta durumu gibi demografik değişkenler arasındaki ilişkileri analiz eder. Bu çalışmada ABD'deki bir hastanenin koronavirüs hastalarına ilişkin verileri kullanılmaktadır. Verileri modellemek için Rastgele Orman, Karar Ağacı, Destek Vektör Makinesi ve Lojistik Regresyon algoritmalarını içeren makine öğrenmesi yöntemlerinden yararlanılmıştır. Sonuç olarak, ABD'deki yoksul insanlara fayda sağlayan Medicaid sigortası kapsamındaki hastaların koronavirüs sonucu hayatta kalma olasılığı daha düşüktür. Bu sonuç sağlık sigortası ve biyoetik ilişkisinin tartışılması açısından önemlidir.

Anahtar kelimeler: COVID-19, triyaj, sağlık sigortası, makine öğrenmesi, lojistik regresyon

--

Abstract: The allocation of limited resources and the fair treatment to patients are among the important bioethical issues addressed in the treatment of coronavirus. This study analyzes the relationships between COVID-19 recovery rate and ventilator allocation time and demographic variables such as gender, race, age, and insurance status. In this study, the data on coronavirus patients of a hospital in the USA were used. Machine learning methods including Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine and Logistic Regression algorithms were utilized to model the data. As a result, that patients covered by Medicaid insurance, which benefits the poor people in the US, are less likely to survive as a result of coronavirus. This result is important in terms of discussing the relationship between health insurance and bioethics.

Keywords: COVID-19, triage, health insurance, machine learning, logistic regression

GİRİŞ

COVID-19 pandemisi sırasında vaka sayılarındaki hızlı yükselişler bir çok ülkede yoğun bakımlarda ventilatör sıkıntısı yaşanmasına neden olmuştur. Hasta sayılarındaki ani artışlar kaynakların etkin bir şekilde tahsisi için önceliklendirme ve ayırma yani triyaj sistemlerinin geliştirilmesine ve bir çok etik tartışmanın başlamasına neden olmuştur. Almanya, Avusturya, Belçika, Fransa, İngiltere, İsviçre, İtalya, İsrail ve ABD'nin New York eyaleti gibi pek çok yerde hastane yönetimleri yoğun bakım hastaları için triyaj sistemi geliştirmiştir (1,2).

Sınırlı kaynakların adaletli bir şekilde tahsisi, hastalara esit muamele ve triyaj koronavirüs tedavisinde ele alınan temel biyoetik konular arasındadır (3,4). Bu çalışma hastalardaki eğilimleri ve ventilatör tahsisini, mevcut triyaj sisteminin tıbbi müdahalenin başarı oranını doğru bir şekilde yansıtmadığını ve hastaların sağkalm sonuçlarında sosyoekonomik önyargıların ve demografik farklılıkların olup olmadığı ABD'de bir

*Bu çalışma Rochester Üniversitesi Veri Bilimi Bölümü grup bitirme projesi kapsamında yapılmıştır. Çalışmanın daha kapsamlı hali için ekibris@ur.rochester.edu

^aRochester Üniversitesi Siyaset Bilimi Bölümü Amerika Birleşik Devletleri ✉ ezgisiir@sabanciuniv.edu

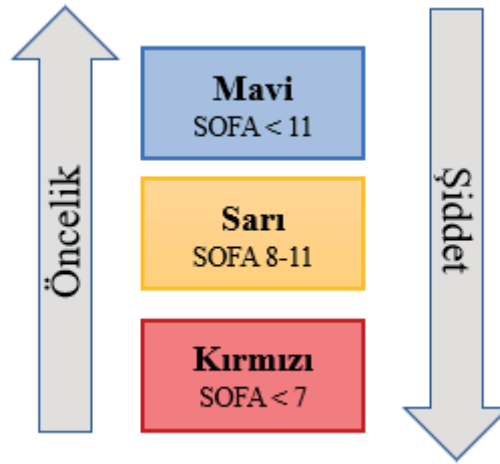
Gönderim Tarihi: 08.06.2022 • Kabul Tarihi: 22.12.2022

hastanenin verilerine bakarak incelemiştir. Ayrıca, bu çalışma ventilatör kıtlığı ile karşılaşması durumunda bir hayatta kalma sonucu tahmin modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Rastgele Orman, Karar Ağacı, Destek Vektor Makinesi ve Lojistik Regresyon algoritmaları uygulanarak veri seti modellenmiş ve ventilatör tahsis eğilimlerine ilişkin tahmine dayalı analizler yapılmıştır.

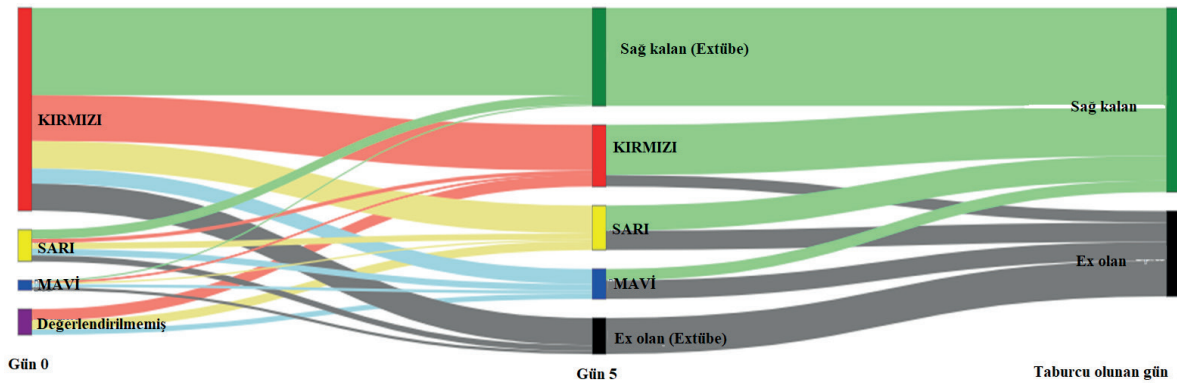
Veri seti

Veri setinde 15.570 hasta değerlendirme kaydı bulunmaktadır. Veri seti hastaların ziyaret nedeni, teşhis, cinsiyet, ırk, etnik köken, sigorta durumu (devlet, özel, Medicaid, Medicare), hastanede kalma süresi, taburculuk durumu, havalandırma süresi, değerlendirme başına ventilasyon öncelik kategorisi (renkle belirtilir) ve SOFA (*Sequential Organ Failure Assessment*-Sıralı Organ Yetmezliği Değerlendirmesi) puanı gibi hasta başına entübasyon bilgilerini içermektedir. SOFA skoru, organ yetmezliği göstergelerinin sayısı aracılığıyla yoğun bakım ünitelerinde organ yetmezliği ve işlev bozukluğunun derecesini yansıtır. Tablo 1, SOFA skoru ile ventilasyon öncelik kategorisi arasındaki ilişkiyi göstermektedir (5).

Tablo 1: SOFA skoru ve ventilatör öncelik kategorisi

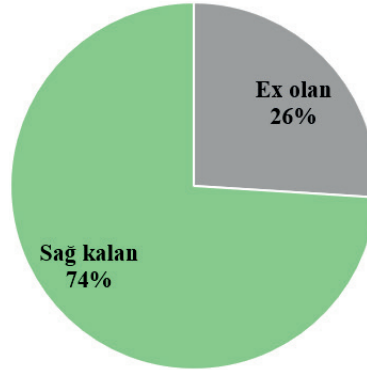


Şekil 1 öncelik kategorileri ve taburculuk durumu arasındaki hasta akışını yansıtan Sankey diyagramını içermektedir. Diyagram, Gün 0, Gün 5 ve son taburculuk gününde alınan öncelik değerlendirmelerini içerir. Şekilde kırmızı kategorideki hastaların hayatta kalma olasılığının daha yüksek olduğu, mavi kategorideki hastaların ise vefat etme olasılığının daha yüksek olduğu görülmektedir.



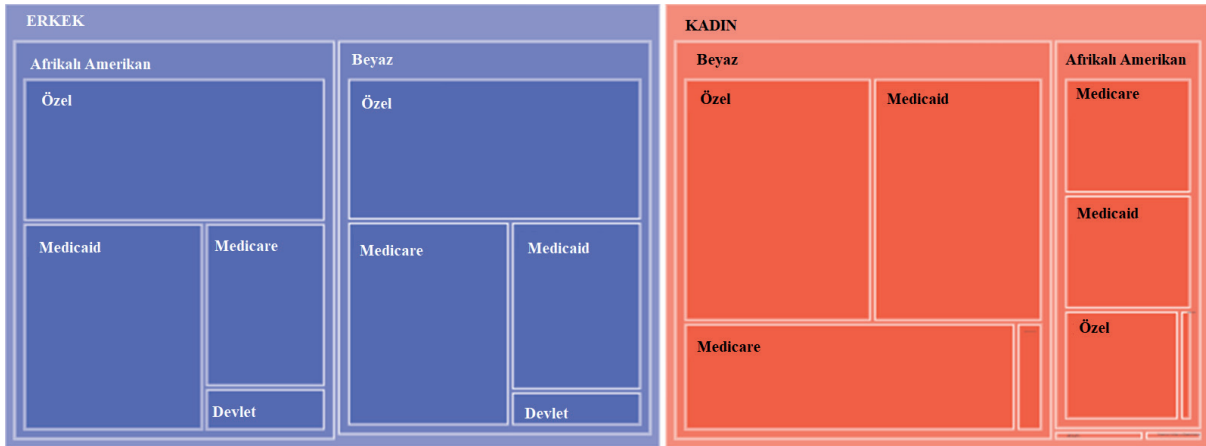
Şekil 1: Öncelik kategorilerine göre hasta akışı

Şekil 2, COVID-19 hastalarının taburculuk durumunu ortaya koymaktadır. Buna göre, hastaların % 74'ünün hayatta kaldığı görülmektedir.



Şekil 2: COVID-19 hastalarının taburculuk durumu

Şekil 3 hastaların yaş, cinsiyet, ırk ve sigorta kategorisine göre dağılımlarını ortaya koymaktadır. Veri setinde daha çok Afrikalı Amerikan ve erkek hastanın olduğu görülmektedir. Ayrıca özel sigortalı hasta sayısı hem kadınlar hem erkekler için sayıca daha fazladır.



Şekil 3: Hastaların cinsiyet, ırk ve sigorta kategorilerine göre dağılımları

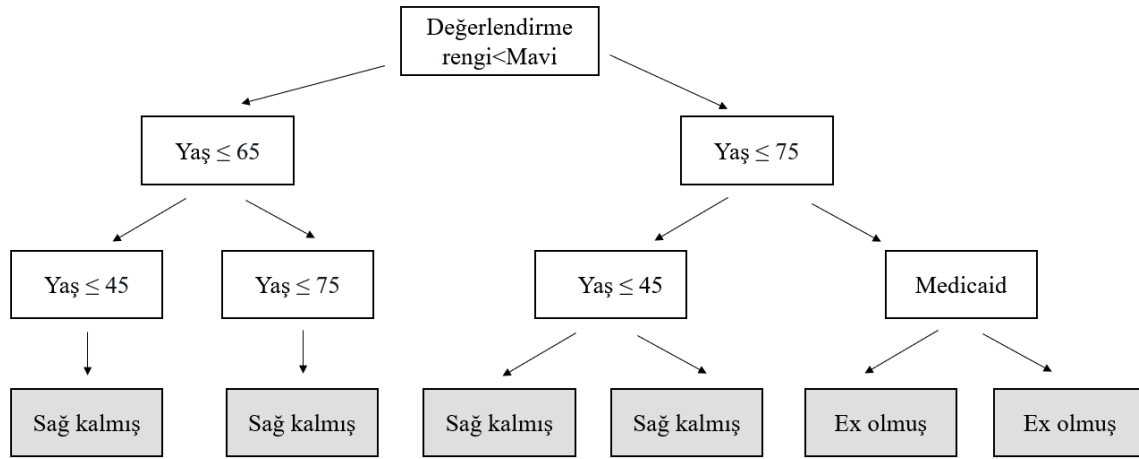
Yöntemler ve Model Performansı

Veri setinin taburculuk durumu açısından modellenmesi için dört farklı algoritma kullanılmıştır: Karar Ağacı, Lojistik Regresyon, Rastgele Orman ve Destek Vektör Makinesi. Modellerin performansı değerlendirilirken doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), ve duyarlılık (recall) puanlarına bakılmıştır. Tablo 2 çeşitli makine öğrenmesi modellerinin performans analizini göstermektedir. Modellerin performansı literatürdeki benzer modellerle yakınlık göstermektedir (6, 7, 8).

Tablo 2: Çeşitli makine öğrenmesi modellerinin performans analizleri

	Karar Ağacı	Lojistik Regresyon	Rastgele Orman	Destek Vektör Makinesi
Doğruluk	0.75	0.75	0.74	0.75
Kesinlik	0.76	0.77	0.76	0.76
Duyarlılık	0.99	0.96	0.98	0.98

Analizin bir sonraki adımı olarak, duyarlılık performansı yüksek çıkan Karar Ağacı modeli daha fazla araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Şekil 4, Karar Ağacı modelinin farklı seviyelerde bilinmeyen bir kaydın sürecini yansıtan ve bir sınıflandırmaya ulaşan düğümlerini temsil eder. Modelin 75 yaş üstü mavi kategoride ile değerlendirilen hastalar için Medicaid'e dayalı hayatta kalma olasılığını ayırması ilginç bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak modele göre diğer demografik verilerde hayatta kalma sonucunu etkileyen bir farklılık görülmemektedir.



Şekil 4: Karar Ağacı modeli ve düğümleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

COVID-19 hastalığında hastalara adil kaynak dağıtımı ve triyaj uygulaması biyoetik açıdan tartışılabilir neden olmaktadır. Bu çalışma biyoetik konusunun gerçek bir veri seti ve makine öğrenmesi yöntemleriyle analizini içerir. Sonuç olarak, veriler hastane tarafından belirlenen triyaj kategorilerinin herhangi bir yanlılık ya da sistemik ayrımcılığa neden olmadığı sonucuna işaret etmektedir. Bu sonuca Karar Ağacı modeli incelenerek ulaşılmıştır. Karar Ağacı'nın (doğruluk: %75, kesinlik: %76, duyarlılık: %99) bu bulguları sağlayan optimal model olduğunu belirlenmiştir.

Ancak Karar Ağacı modelinde ex olmuş hastaların Medicaid sigortası kapsamında yer aldığının görülmesi ilginç bir sonuçtur. Bu durum Becker ve Newsom'un belirttiği gibi Medicaid kapsamındaki hastaların çoğunlukla düşük gelirli ve hastaneye kabul sırasında daha az sağlıklı olma eğiliminde olmalarıyla ilişkilendirilebilir (9).

Medicaid ve Medicare ABD'de 1965 yılında yasal hale gelmiş kamu sağlık sigortaları programlarıdır. Medicaid federal ve eyalet sistemlerinin bir arada yürüttüğü bir sigorta sistemidir ve Türkiye'deki yeşil kart sistemine benzemektedir. Yoksullara hizmet vermeyi amaçlamaktadır. Medicare ise federal sağlık sigortası programıdır. 65 yaş üstü yaşlıları ve engellileri kapsamaktadır. (10,11). ABD'ye sağlık sigortası sistemlerinin geç gelmesi çoğu kişinin özel sağlık sigortalarından yararlanmasına neden olmuştur (12,13). Örneğin 2022 yılı itibarıyla Medicare kullanan hastalar ABD toplumun %18.5'lik kısmını oluşturur (14).

Bu çalışmada sağlık sigortalarının hastaların kaynaklara erişiminde etkili olabileceği ve sosyo-ekonomik koşullarının COVID-19 tedavisinden sağkalım oranında belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Ancak genel bir sonuç çıkarılmadan önce bu çalışmanın sadece bir hastaneden elde edilen verilerle yapıldığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda ABD'deki diğer verilere yakından bakılması ve COVID-19 hastalarının sağkalımları ile sigortalılık durumları arasındaki ilişkinin incelenmesi faydalı bir çalışma olabilir.

Gelecekteki çalışmalar için, veri seti, özellikle ventilatör kullanım süresi değerlendirme zamanı açısından geliştirilebilir. Mevcut literatürde araştırmacılar beden kitle endeksi, kan basıncı ve COVID-19 semptomlarının sağ kalmayı belirleyen öncül değerler olarak kullanılmaktadır (7). Klinik araştırmacılar, hastaların önceki sağlık durumları hakkında veriler ekleyerek sonuçları yeniden değerlendirebilirler.

Benzer bir çalışma Türkiye'deki hastanelerin verileri kullanılarak da yapılabilir. Türkiye'deki hastaların COVID-19 tedavisi sonucu sağkalım oranında demografik verilerinin yanı sıra Emekli Sandığı, özel sigortalar ve yeşil kartlı hastalar arasında bir farklılık görülüp görülmediği incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. "Covid-19 triyajında medyanın sınava ve 'insan hayatının değeri' sorusu" Erişim: <https://teyit.org/covid-19-triyajinda-medyanin-sinavi-ve-insan-hayatinin-degeri-sorusu> Erişim tarihi: 8 Aralık 2022.
2. Aksoy E., Koçak Öztürk MN, İlkılıç İ. Covid-19 Pandemisinde Yoğun Bakım Triyajı Bağlamında Hazırlanan Klinik Etik Rehberlerin Normatif Analizi ve Etik Değerlendirmesi, Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi, 2021, Cilt 4, Ek Sayı 1. <https://doi.org/10.26650/JARHS2021-945971>.
3. Ülman YI. COVID-19 Enfeksiyon Hastalığı Salgınına Biyoetik Açıdan Bakış, ACU Sağlık Bilimleri Dergisi 2020; 11(3):365-371. <https://doi.org/10.31067/0.2020.287>.
4. Büken NÖ. COVID-19 Pandemisi ve Etik Konular, Sağlık ve Toplum Özel Sayı Temmuz – 2020, 15-26. <https://ssyv.org.tr/wp-content/uploads/2020/07/2-COVID-19-Pandemisi-ve-Etik-Konular.pdf>.
5. Cuartas Pablo Alberto, Tavares Santos Heitor, Levy Benjamin M., Gong Michelle Ng, Powell Tia, Chuang Elizabeth, Modeling Outcomes Using Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score-Based Ventilator Triage Guidelines During the COVID-19 Pandemic. Disaster medicine and public health preparedness, 2022, 1–11. Advance online publication. <https://doi.org/10.1017/dmp.2022.37>.
6. Bhavani Sivasubramaniam V. , Luo Yuan, Miller William D. , Sanchez-Pinto Lazaro N., Han Xuan, Mao Chengsheng, Sandıkçı Burhaneddin, Peek Monica E., Coopersmith Craig M., Michelson Kelly N, Parker William F. Simulation of Ventilator Allocation in Critically Ill Patients with COVID-19. American journal of respiratory and critical care medicine, 2021, Vol.204 (10), p.1224-1227. <https://doi.org/10.1164/rccm.202106-1453LE>.
7. Kim Jeongmin, Lim Hakyung, Ahn Jae-Hyeon, Lee Kyoung Hwa, Lee Kwang Suk, Koo Kyo Chul. Optimal Triage for COVID-19 Patients Under Limited Health Care Resources With a Parsimonious Machine Learning Prediction Model and Threshold Optimization Using Discrete-Event Simulation: Development Study. JMIR Medical Informatics, 2021, 9(11). <https://doi.org/10.2196/32726>.
8. Keller Michael B., Wang Jing, Nason Martha, Warner Sarah, Follmann Dean, Kadri Sameer S. Preintubation Sequential Organ Failure Assessment Score for Predicting COVID-19 Mortality: External Validation Using Electronic Health Record From 86 U.S. Healthcare Systems to Appraise Current Ventilator Triage Algorithms. Critical care medicine, 2022, Vol.50 (7), p.1051-1062.
9. Becker Gay, Newsom Edwina. Socioeconomic status and dissatisfaction with health care among chronically ill African Americans. American Journal of Public Health, 2003, 93(5), 742–748. <https://doi.org/10.2105/ajph.93.5.742>.
10. Özer Ö., Şantaş Fatih. Kamunun Sunduğu Evde Bakım Hizmetleri ve Finansmanı, Acibadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, Nisan 2012, 3(2), 96-103. http://www.acibadem.dergisi.org/uploads/pdf/pdf_AUD_127.pdf.
11. Yılmaz M., Şara E. Yaşlılık ve Evde Sağlık Hizmetinde Finansman, Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 2014, 1(2):117-127. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/752353>.
12. Oral İ., ABD ve İngiltere Kamu Sağlık Sigortası Programları Üzerine Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme, Sosyal Bilimler Dergisi, 2002, 2(2), 61-78.
13. "US Health Care Coverage and Spending", Erişim: <https://sgp.fas.org/crs/misc/IF10830.pdf>. Erişim tarihi: 8 Aralık 2022.
14. "Medicare statistics" Erişim: <https://www.singlecare.com/blog/news/medicare-statistics/>. Erişim tarihi: 8 Aralık 2022.