

Atmosferik Kuraklığın Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Tahminlenmesi: İzmir Örneği

Prediction of Atmospheric Drought with Machine Learning
Methods: The Example of İzmir



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

Mehmet Berke Dur ¹

Esra Yazgan ^{2*}

Selcan Kayahan ³

^{1,2*} Karşıyaka Aydoğan Yağcı Bilim ve Sanat Merkezi, Türkiye
Kaşıkaya Aydoğan Yağcı Science and Art Center, Türkiye

³Torbali Bilim ve Sanat Merkezi, Türkiye
Torbali Science and Art Center, Türkiye

¹ mehmetberke.dur8@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6347-6394

² esra.yazgan@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5293-5073

³ selcan.kayahan@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8509-4661

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION

Geliş Tarihi / Date Received

20.01.2024

Kabul Tarihi / Date Accepted

30.08.2024

Yayın Tarihi / Date Published

Eylül / September 2024

Yayın Sezonu / Pub Date Season

Haziran - Aralık / June - December

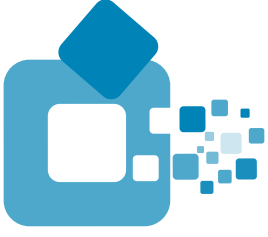
ATIF / CITE as

Dur, M.B., Yazgan, E., Kayahan, S. (2024). "Atmosferik Kuraklığın Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Tahminlenmesi: İzmir Örneği" / "Prediction of Atmospheric Drought with Machine Learning Methods: The Example of İzmir". Bilar: Bilim Armonisi Dergisi, 7 (1): 100-106. doi:10.37215/bilar.1423154

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilar>

Copyright © Published by Antalya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Since 2018, Antalya, 07100 Turkey. All rights reserved.





Atmosferik Kuraklığın Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Tahminlenmesi: İzmir Örneği

Prediction of Atmospheric Drought with Machine Learning
Methods: The Example of İzmir



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

ÖZET

Bu çalışma, İzmir ili özelinde kuraklık riskini önceden tahmin etmek amacıyla yapay zeka yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmeyi hedeflemiştir. İlk olarak, kuraklığa neden olan temel atmosferik faktörler (nem, sıcaklık, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı) belirlenmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen İzmir'e ait son on yıllık iklim verileri, bu faktörlere göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, makine öğrenmesi algoritmaları olan Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ve Karar Ağaçları (DT) ile sınıflandırılmıştır. Bu algoritmalar, verilerdeki karmaşık ilişkileri modelleyerek kuraklık durumunu tahmin edebilmektedir. Python programlama dili kullanılarak yapılan analizlerde, DT algoritmasının %86 ile MLP algoritmasına (%77) göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık, küresel çapta önemli bir çevresel sorun olup, ekosistemler, tarım, su kaynakları ve ekonomik faaliyetler üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, yapay zeka destekli sistemlerin kuraklık riskini önceden tahmin etmede oldukça etkili olabileceğini göstermektedir. Kuraklık tahmin modelinin potansiyel faydalarına bakacak olursak; erken uyarı sistemleri ile Kuraklık riskinin erken tespiti, ilgili kurum ve kuruluşlara önlem alma fırsatı sunar. Su kaynakları yönetimi ile su kaynaklarının daha etkin kullanılması ve kuraklık dönemlerine hazırlıklı olunması sağlayacaktır. Tarım ve Hayvancılık alanında Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin seçimi, sulama sistemlerinin iyileştirilmesi gibi önlemlerle tarımsal verimlilik artırılabilir. Ekonomik planlama açısından kuraklığın potansiyel etkilerinin önceden tahmin edilmesi, ekonomik planlama süreçlerine katkı sağlayacaktır. yapay zeka tabanlı kuraklık tahmin modelleri, su kıtlığı ile mücadelede önemli bir araç olarak görülmektedir. Bu tür çalışmalar, sürdürülebilir bir gelecek için hayati öneme sahip olan su kaynaklarının korunması ve etkin kullanımı konusunda önemli adımlar atılmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Sözcükler: Çok Katmanlı Algılayıcı, İklim, Karar Ağaçları, Kuraklık, Makine Öğrenmesi, Yapay Sinir Ağları, Yapay Zekâ.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effectiveness of artificial intelligence methods in order to predict the risk of drought in Izmir province. First, the basic atmospheric factors (humidity, temperature, sunshine duration, wind speed) that cause drought were determined. The last ten years of climate data for Izmir, obtained from the General Directorate of Meteorology, were analyzed in detail according to these factors. The obtained data was classified with Multi-Layer Perceptron (MLP) and Decision Trees (DT), which are machine learning algorithms. These algorithms can predict drought conditions by modeling complex relationships in data. In the analyzes performed using the Python programming language, it was determined that the DT algorithm was more successful than the MLP algorithm (77%) with 86%. Drought is an important environmental problem on a global scale and creates negative effects on ecosystems, agriculture, water resources and economic activities. The results of this study show that artificial intelligence-supported systems can be quite effective in predicting drought risk. If we look at the potential benefits of the drought forecast model; Early detection of drought risk with early warning systems provides the opportunity for relevant institutions and organizations to take precautions. Water resources management will ensure more effective use of water resources and preparation for drought periods. In the field of Agriculture and Livestock, agricultural productivity can be increased by measures such as selecting drought-resistant varieties and improving irrigation systems. In terms of economic planning, predicting the potential effects of drought will contribute to economic planning processes. Artificial intelligence-based drought prediction models are seen as an important tool in combating water scarcity. Such studies will contribute to taking important steps in the protection and effective use of water resources, which are vital for a sustainable future.

Keywords: Value, Multilayer Perceptron, Climate, Decision Trees, Drought, Machine Learning, Artificial Neural Networks, Artificial Intelligence

*Bu çalışma 15-16 Aralık 2023 tarihinde Bilim Armonisi Uluslararası Gençlik Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Dünyadaki ekosistemleri olumsuz yönde etkileyen faktörlerin başında gelen kuraklığın yaşanmadan önce belirlenmesi ile çeşitli önlemler alınarak geciktirilmesi veya tamamen önlenmesi mümkündür. Kuraklığın izlenerek tanımlanması ve karakterize edilmesi, dünyadaki yaşamın en önemli unsurlarından biri olan su kaynaklarının planlaması ve yönetiminde büyük önem taşımaktadır. Kuraklık ihtimalinin olduğu bölgelerde önceden alınan önlemler, o bölgedeki tarım, hayvancılık, ekonomi, sosyal yaşam gibi birçok alanda üretimin ve verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda düşünüldüğünde kuraklık ihtimalinin önceden belirlenmesi, oldukça önemli bir problem durumu olarak görülmelidir. Bu çalışmada, yapay zekâ yöntemlerinin bölgesel kuraklık ihtimalini tahmin edip edemeyeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türk Dil Kurumuna (2022) göre, İklim, yeryüzünün herhangi bir yerinde hava olaylarına bağlı olarak gerçekleşen etkilerin uzun yılların ortalamasına dayanan durumu olarak tanımlanmıştır. İklim değişikliği ise, iklimin ortalama ve genel durumunda yıllar içinde meydana gelen değişimler olarak tanımlanabilir (Türkeş 2012). küresel iklimin yerkürenin 4.6 milyarlık jeolojik tarihinin başlangıcından beri tüm alan ve zaman ölçeklerinde değişme eğiliminde olduğunu belirtmiştir. Günümüzde iklim değişikliği, iklimbilimciler tarafından dünyayı etkileyen önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir. Küresel İklim değişikliğine neden olan en önemli olaylardan biri olarak da kuraklık gösterilmektedir (Partigöç ve Soğancı 2019).

Kuraklık, normal seviyelerdeki yağışların altına düşmesi ile arazilerin ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine neden olan doğal bir olaydır (Sırdaş ve Şen 2018). Uluslararası çölleşme ile mücadele sözleşmesinde kuraklık için Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO 1997) tarafından “yağışların normal düzeyin altına düşmesi ile arazi, su kaynakları ile üretim sistemlerini olumsuz etkileyecek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açabilecek doğal bir olay” şeklinde tanımlama yapılmıştır.

Kuraklık durumunu etkileyen faktörler; atmosferik ve iklim koşulları ile fiziki coğrafya koşullarıdır. Özellikle iklim koşullarından yağış azlığı ve su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı ile kuraklığın kendini hissettirmeye başlayan kuraklık (Partigöç ve Soğancı 2019). Kontrolsüzce su kaynaklarının tüketilmesi, insan faktörleri ile yer altı sularının kirletilmesi, su kaynaklarının tükenmesi, genç ağaçların doğa ve bitki örtüsüne zarar verecek şekilde kesilmesi, ormanların tahrip edilmesi, endüstriyel atıklarla çevrenin kirletilerek

doğaya zarar verilmesi, atık suların arıtılmadan doğaya salınması, verimli toprakların amaç dışı kullanılması, insan faktörünün doğal ortama verdiği zarar nedeniyle küresel ısınmanın gerçekleşmesi, atmosfere karışan sanayi tesislerinin neden olduğu zehirli gaz salımı, araç egzozları ile dolaylı olarak yağışlardaki azalma kuraklık şiddetinin arttıran olaylar olarak görülmektedir (Anonim 3). Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık ise kuraklık çeşitleri olarak gruplandırılmaktadır (Anonim 2).

İklim değişikliğinin önemli bileşenlerinden biri olarak kabul edilen kuraklık, görüldüğü üzere dünyanın birçok bölümünde giderek etkisini artırmakta, ekosistemleri olumsuz yönde etkileyerek su kalitesinin bozulmasına neden olmakta ve dolayısıyla sosyoekonomik sorunları da beraberinde getirmektedir. Bir bölgede kuraklık yaşanacağı önceden bilirse, var olan su kaynaklarının nasıl kullanılacağı, yerleşmenin nasıl konumlandırılacağı, tarım ürünlerinin hangilerinin nasıl seçileceği, hayvancılık faaliyetleri, balıkçılık gibi pek çok alanda bazı tedbirlerle önlem alınması ve geciktirilmesi mümkün olacaktır.

İlgili literatür incelendiğinde, yapay zekâ yöntemleri kullanılarak kuraklığın yorumlandığı çalışmalar yapıldığı görülmüştür. (Tufaner vd. 2018) tarafından yürütülen çalışmada, Adıyaman iline ait kuraklığın yapay sinir ağları ile analizi yapılmıştır. Çalışmada elde edilen ortalama karesel hata değerinin çok küçük olması, ortalama mutlak hata değerlerinin 0,9967 olarak tespit edilmesi ve dolayısıyla doğruluk oranının yüksek olarak gözlemlenmesi, yapay sinir ağlarının kuraklık tahminlemede kullanılabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde (Taşar vd. 2017). Cambridge hazne ve havzasındaki buharlaşma miktarının tahminlenmesi için yapay sinir ağları kullanmışlar ve 0,993 doğruluk değeri elde etmişlerdir. (Başakın vd. 2019). SVM (Support Vector Machine - Destek Vektör Makineleri) ve KNN (K-Nearest Neighbor - K En Yakın Komşu) algoritmaları ile Kayseri iline ait verileri analiz etmişler ve başarılı sonuçlar ortaya çıkarmışlardır. (Jehanzaib vd. 2022) ise, Güney Kore’de geniş bir alandaki iklimsel verileri incelemişler ve denetimli makine öğrenmesi yöntemleri ile kuraklığı tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada, SVM yönteminin doğruluk oranının 0.97 olduğu gözlemlenmiştir.

Görüldüğü üzere iklimsel verilerin makine öğrenmesi yöntemleri ile analiz edilmesi, yaygın şekilde uygulanmaktadır. Çalışmanın Python ortamında kodlanmış olması ve İzmir ili Menemen ilçesine ait verilerin ANN ve DT yöntemleri ile incelenmesi bağlamında, ilgili literatüre bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada makine öğrenmesi yöntemlerinden MLP ve DT algoritmaları

kullanılarak İzmir ili Menemen ilçesindeki kuraklık ihtimalinin tahmin edilip edilemeyeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada veri seti seçilerek verilerin analizi için kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri (MLP ve DT algoritmaları) anlatılarak ilgili çalışmadaki kullanımı açıklanmıştır.

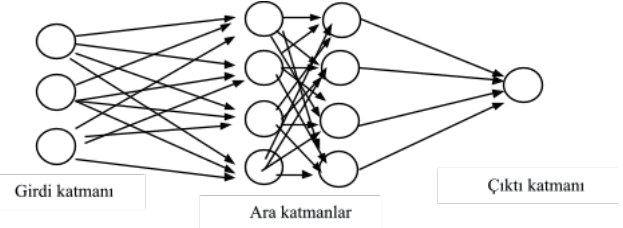
Çalışmada, İzmir ili Menemen ilçesindeki kuraklık ihtimalinin tahmin edilip edilemeyeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Meteorolojiden alınan verilerden, kuraklığa neden olan önemli atmosferik etmenlerden olan ve son dokuz yıla ait nem, sıcaklık, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı değerleri veri seti olarak kullanılmak üzere düzenlenmiş ve alan uzmanı tarafından etiketlenmiştir. Düzenlenmiş ve etiketlenmiş veri setine ait örnek bir bölüm, Şekil 1’de gösterilmiştir.

	nem	sicaklik	guneslenme_suresi	ruzgar	yagis
0	74.6	5.4	95.2	4.2	az
1	73.3	6.2	120.9	4.1	normal
2	64.7	10.1	227.9	3.3	cok az
3	68.5	16.3	231.0	3.3	cok az
4	71.0	19.5	248.6	2.5	az

Şekil 1. İzmir – Menemen 17789 Numaralı İstasyondan Alınan Meteorolojik Veriler

Veri setinde son dokuz yıla ait (108 adet) nem, sıcaklık, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı değerleri ve bu değerlerin sonucunda bölgeye düşen yağış miktarı değeri verilmiştir. Yağış miktarı 0-50 aralığında ise çok az, 50-100 aralığında ise az, 100-150 aralığında ise normal, 150 ve üzerindeyse yeterli olacak şekilde tüm veri seti alan uzmanı tarafından etiketlenmiştir.

ANN (Artificial Neural Network - Yapay Sinir Ağları), biyolojik sinir sisteminin bir takım özelliklerinden esinlenilerek geliştirilen makine öğrenmesi yöntemlerinden biridir. 1940’lı yıllarda ortaya çıkan ANN yönteminde, ve/veya/ değil gibi mantıksal işlemlerin sayısal olarak modellenebileceği gösterilmiştir (Şen 2004). Biyolojik sinir hücreleri nöronlar, sinapslar ve aksonlar aracılığı ile haberleşirler. Benzer şekilde yapay sinir hücreleri dışarıdan gelen bilgileri bir toplama fonksiyonu ile toplar ve aktivasyon fonksiyonundan geçirerek çıktıyı üretilir. Ağın bağlantılarının üzerinden diğer hücrelere (ağdaki diğer elemanlara) gönderir (Öztemel 2012). Yapay sinir ağı elemanları girdi, ara ve çıktı katmanı olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Şekil 2) (Öztemel 2012).

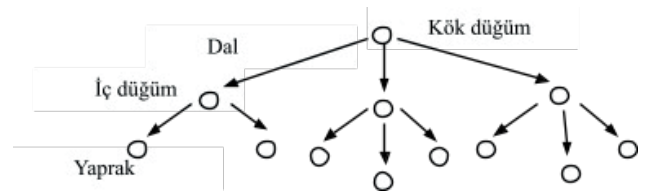


Şekil 2. Yapay Sinir Ağı Modeli

Girdi katmanından alınan veriler ara katmanda işlenir ve çıktı katmanına gönderilir. Bilgi akışı bazen ters yönde de olabilir. Bir yapay sinir ağının belirli bir görevi başaracak hâle gelmesi “eğitim” süreci sonunda belli olur (Anonim 4). Eğitim sürecinde her bir nörona rastgele komutlar verilir ve istenilen düzeye ulaşana kadar bu işlem devam eder.

MLP (Çok Katmanlı Algılayıcı), sınıflandırma problemlerinin çözümünde oldukça sık tercih edilen bir yapay sinir ağı modelidir. 1960’larda ortaya atılan algılayıcı sinir ağı modelinin geliştirilmiş bir versiyonu, çok katmanlı algılayıcı modelidir (Noriega 2005). Denetimli öğrenme yöntemlerinden biri olan MLP, ileri ve geri beslemeli bir şekilde yapay sinir ağının eğitilmesiyle çalışır. Girdi katmanından verilen veriler ara katmanlardan geçerek çıktı katmanına gelir. Her bir iterasyonda elde edilen çıktı, bir sonraki iterasyonda girdi olarak ağa tekrar verilir. Böylece katmanlar boyunca bir algılama ve dolayısıyla da bir öğrenme işlemi gerçekleşmiş olur.

DT (Karar Ağaçları), ağaçların biyolojik yapısından esinlenilerek ortaya koyulmuş bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Veriler kök düğümden başlanarak işlenir, dallar ve yapraklar arasında ilerler. Bu ağaç yapısında her bir öznitelik bir düğüm tarafından temsil edilir (Kavzoğlu ve Çölkesen 2010) (Şekil 3).



Şekil 3. Karar Ağacı Modelinin Temsili Gösterimi

Safavian ve Landgrebe, karar ağaçlarının çok karmaşık bir sınıflandırma problemi bile aşamalı hâle getirerek basit bir karar verme işlemi gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir (1991). Bu bağlamda ele alındığında DT algoritmasının sık tercih edilmesi ve yüksek başarımları ile çalışması gerçeği görülecektir.

Çalışmada kullanılan yöntemlerin değerlendirilmesi için, makine öğrenmesi sınıflandırma modellerinin değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilen metriklerden biri olan doğruluk değeri (accuracy score) kullanılmıştır. Doğruluk değeri 0-1 aralığında değer alır ve 1'e yaklaştıkça modelin başarısı artmış olur. Doğruluk değeri, aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{(TP + FP + TN + FN)}$$

Denklem 1

Formülde geçen parametreler aşağıda yer aldığı gibi tanımlanır (Bilgin 2021):

TP (True Positive - Doğru Pozitif):: Gerçekte pozitif sınıf içerisinde, tahminde de pozitif sınıf içerisinde yer alan değer sayısı.

TN (True Negative - Yanlış Negatif): Gerçekte negatif sınıf içerisinde, tahminde de negatif sınıf içerisinde yer alan değer sayısı.

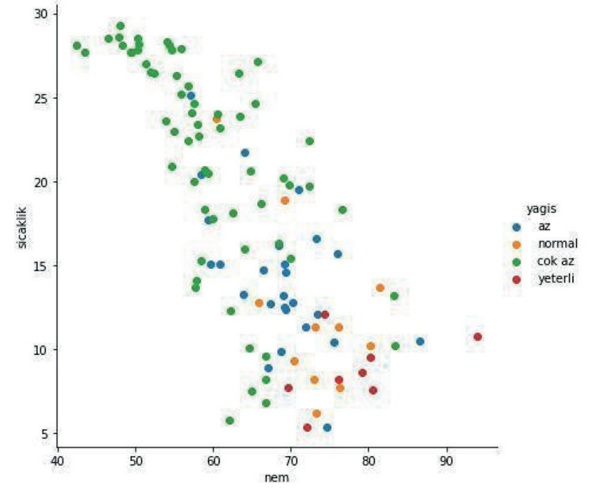
FP (False Positive - Yanlış Pozitif): Gerçekte negatif sınıf içerisinde, tahminde ise pozitif sınıf içerisinde yer alan değer sayısı.

FN /False Negative - Yanlış Negatif): Gerçekte pozitif sınıf içerisinde, tahminde ise negatif sınıf içerisinde yer alan değer sayısı.

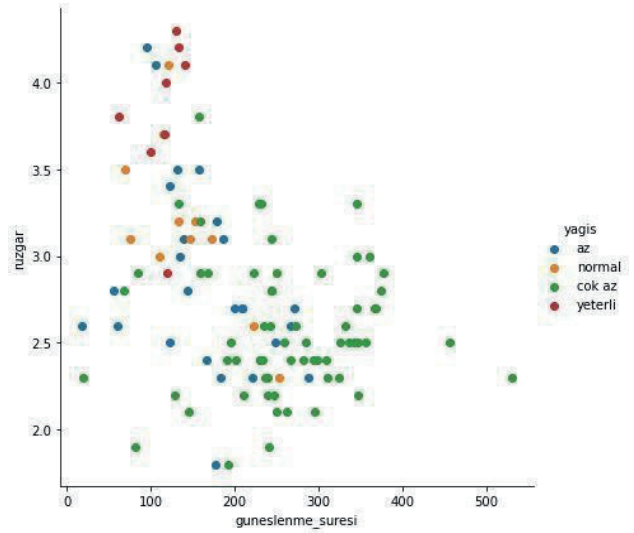
Çalışmada kullanılan MLP ve DT yöntemlerine ait doğruluk değerleri, Bulgular bölümünde verilmiştir

3. BULGULAR

Bu çalışmada, MLP ve DT yöntemleri ile kuraklık tahmini yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada nem sıcaklık değerlerinin dağılımı ile güneşlenme süresi rüzgâr değerlerinin dağılımı incelenmiştir (Şekil 4, Şekil 5).



Şekil 4. Nem- Sıcaklık Değerlerinin Dağılımı



Şekil 5. Güneşlenme Süresi- Rüzgâr Değerlerinin Dağılımı

Elde edilen bulgular incelendiğinde MLP algoritmasının başarı oranının % 77 olduğu görülmektedir. DT algoritmasında ise başarı oranı % 86'da kalmıştır. Sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. MLP ve DT yöntemlerine ait doğruluk değerleri		
	MLP	DT
Accuracy Score	0.77	0.86

Bulgular incelendiğinde, sonuçların birbirine yakın olmasına rağmen MLP algoritmasının DT algoritmasından daha başarılı olduğu görülecektir. İzmir ili Menemen ilçesine ait meteorolojik verilerin yapay zekâ yöntemleri ile analiz edilmesi sonucunda görüleceği üzere, bu bölgeye ait kuraklık ihtimalinin tahmin edilmesi mümkündür. Daha çok veri kullanılarak daha yüksek doğruluk değerleri

elde etmek mümkün olabilir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kuraklık ihtimalinin kuraklık olmadan önce tespit edilebilip edilemeyeceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda MLP ve DT algoritmaları ile tahminleme yapılmıştır. Tahminleme sonucunda MLP yönteminin başarı oranı %77 ve DT yönteminin başarı oranı

% 86 olarak tespit edilmiştir. Daha çok sayıda veri kullanarak daha yüksek doğruluk değerleri elde edilebilir. İki yöntemin de başarılı doğruluk değerleri verdiği görülmektedir. Dolayısıyla çalışmada kullanılan denetimli makine öğrenmesi yöntemlerinin, kuraklığın tahmin edilmesinde başarılı olduğu değerlendirilebilir. Görüldüğü üzere bir bölgedeki iklimsel veriler yapay zekâ yöntemleri ile analiz edildiğinde o bölgenin gelecekte yaşayabileceği klimatolojik sorunlar önceden belirlenebilecektir. Böylece bölgedeki ekosistemler olumsuz koşullar karşısında korunabilecektir. Bölgede alınacak önlemler ile ekonomik, sosyal ve kültürel anlamda verimliliğin ve yaşanabilirliğin daha kaliteli bir hâle getirilmesi mümkün olacaktır.

Bu çalışmanın çıktılarının, İzmir ilinde yapılması planlanan su yönetimi, su kaynakları, tarım ürünleri

seçimi, yerleşmeden kentsel alanlarda bulunan yeşil alan yönetimine kadar pek çok alanda yapılabilecek çalışmalara ışık tutması beklenmektedir. Bu bağlamda sonuçların Meteoroloji Genel Müdürlüğü, kent planlamaları için yerel yönetimlerle, tarımsal üretim planlamaları için İlçe Tarım müdürlüğü ile paylaşılması planlanmaktadır. Çalışmanın sonuçlarının, yeni araştırma problemlerini de beraberinde getirdiğini söylemek mümkündür. Örneğin çalışmada kuraklığa neden olan atmosferik olaylardan dört tanesi (nem, sıcaklık, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı) kullanılmıştır. Fakat kuraklığa neden olan atmosferik veriler elbette bu kadarla sınırlı değildir. Farklı verilerle farklı tahminleme çalışmaları yapılabilir. Ayrıca kuraklığın meteorolojik, tarımsal ve hidrolik kuraklık olmak üzere üç türü olduğu (Anonim 2) ve tüm bu kuraklık türlerine etki eden çok sayıda veri olduğu düşünüldüğünde, daha farklı ve geniş araştırma problemlerinin ortaya çıktığı görülecektir. Daha çok veri ile daha yüksek doğruluk oranları elde edilmesi mümkündür. Yine farklı bölgelerdeki kuraklık ihtimalinin tespiti için benzer çalışmalar gerçekleştirilebilir. Ayrıca çok daha fazla veri ile yapay zekânın başka bir alt dalı olan derin öğrenme yöntemleri kullanılarak daha net sonuçlar elde edilebilir. Kuraklık indeksini değerlendirmiş olan çalışmalar incelenerek diğer veri setleri üzerinden benzer çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

Anonim 1: Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük, <https://sozluk.gov.tr/> Erişim tarihi: 17.11.2022

Anonim 2: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif> Erişim tarihi: 10.12.2022

Anonim 3: <https://cografyahazinesi.wordpress.com/2019/09/18/kuraklik-nedir-kuraklik-cesitleri-ve-kurakliga-neden-olan-faktorler-nelerdir/> Erişim tarihi: 10.12.2022

Anonim 4: TÜBİTAK Bilim Genç, <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/yapay-sinir-aglari-nedir> Erişim tarihi: 25.11.2022

Başakın, E. E., Ekmekçioğlu, Ö., & Özger, M. (2019). Makine öğrenmesi yöntemleri ile kuraklık analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(8), 985-991.

Bilgin, G. (2021). Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Kullanarak Erken Dönemde Diyabet Hastalığı Riskinin Araştırılması, Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi 4(1) (2021) 55-64, 2021.

Jehanzaib, M., Shah, S.A., Son, H.J., Jang, S.H., Kim, T.W. (2022). Predicting Hydrological Drought Alert Levels Using Supervised Machine Learning Classifiers, Journal of Civil Engineering, 26(6): 3019-3030.

Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ. (2010). Karar Ağaçları ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması: Kocaeli Örneği, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 2, No: 1, 36-45.

Noriega, L. (2005). Multilayer Perceptron Tutorial, School of Computing Staffordshire University.

Öztemel, E. (2012). Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık.

Partigöç, N.S., Soğancı, S. (2019). Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık. Resilience, 3(2), 1-24

- Safavian S.R., Landgrebe D. (1991). A survey of decision tree classifier methodology, *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 21, 660-674.
- Sırdaş, S. Ve Şen, Z. (2018). Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması, *İTÜ Dergisi*, Cilt: 2 Sayı: 2, 95-105.
- Şen, Z. (2004). Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı, İstanbul.
- Taşar, B., Üneş, F., Demirci, M., Kaya, Y.Z. (2017). Yapay Sinir Ağları Yöntemi Kullanılarak Buharlaşma Miktarı Tahmini, *DÜMF Mühendislik Dergisi* 9:1 (2018) : 543 - 551.
- Tufaner, F., Dabanlı, İ., Özbeyaz, A. (2018). Kuraklığın Yapay Sinir Ağları ile Analizi: Adıyaman Örneği, *Uluslararası Su ve Çevre Kongresi*.
- Türkes, M. (2012). Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000063
- WMO (1997). Extreme agrometeorological events, CagM-X Working Group, Geneva, 1997.