



ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ  
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ



INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING  
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

## EGE BÖLGESİ İÇİN DİNAMİK MOD AYRIŞTIRMASI İLE KURAKLIK ANALİZİ

DROUGHT ANALYSIS WITH DYNAMIC MODE  
DECOMPOSITION FOR THE AEGEAN REGION

Yazarlar (Authors): Gamze Yüksel , Hakan Sökün 

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Yüksel G., Sökün H., "Ege Bölgesi İçin Dinamik Mod Ayrıştırması ile Kuraklık Analizi" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 6(1): 54-61, (2022).

DOI: 10.46519/ij3dptdi.1025073

Araştırma Makale/ Research Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

# EGE BÖLGESİ İÇİN DİNAMİK MOD AYRIŞTIRMASI İLE KURAKLIK ANALİZİ

Gamze Yüksel<sup>a</sup>, Hakan Sökün<sup>b</sup>\*

<sup>a</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapay Zeka Anabilim Dalı, TÜRKİYE

\* Sorumlu Yazar: [hakansokun@posta.mu.edu.tr](mailto:hakansokun@posta.mu.edu.tr)

(Geliş/Received: 18.11.2021; Düzeltme/Revised: 21.12.2021; Kabul/Accepted: 01.04.2022)

## ÖZ

Küresel ısınma ve diğer insani faktörlerle dünya coğrafyasını tehdit eden en önemli afetlerden biri de kuraklıktır. Kuraklık, suda yaşayan canlılardan başlayarak tüm dünya üzerindeki canlı ekosistemini doğrudan/dolaylı olarak etkilemektedir. Ülkemizde en sık görülen doğal afetlerden biri olan kuraklığın en temel özelliği, zamanla ortaya çıkması ve büyük insan kitlelerini etkilemesidir. Kuraklık probleminin tanımlanabilmesi için kuraklık indeksleri kullanılmaktadır. Yağış, sıcaklık, nem gibi meteorolojik parametreleri kullanan bu indeksler ile kuraklık sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada, Ege Bölgesi için son 13 yıla ait Standart Yağış İndeksi (SYİ) verisi incelenmiş ve Dinamik Mod Ayrıştırması (DMA) yöntemi kullanılarak gelecek zaman kuraklık tahminlemesi yapılmıştır. DMA, temelinde tekil değer ayrıştırması ve Fourier dönüşümü olan zamana ve konuma bağlı değişen veriler üzerinde çalıştırılabilir bir metottür. Bu çalışma kapsamında, Ege Bölgesi istasyonları için yağış veri seti, World Weather Online iklim veri portalından elde edilmiştir. Veri seti ön işlemeden geçirilerek DMA algoritması ile analiz edilmiştir. DMA yöntemi ile Ege Bölgesi için kuraklık tahmin başarımları, gerçek değerlerle karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık Analizi, Kuraklık Tahmini, Standart Yağış İndeksi, Makine Öğrenmesi, Dinamik Mod Ayrıştırması, Tekil Değer Ayrıştırması.

## DROUGHT ANALYSIS WITH DYNAMIC MODE DECOMPOSITION FOR THE AEGEAN REGION

### ABSTRACT

One of the most important disasters threatening world geography with Global warming and other human factors is drought. Drought directly/indirectly affects the living ecosystem all over the world, starting from aquatic organisms. The most basic feature of drought, which is one of the most common natural disasters in our country, is that it occurs over time and affects large masses of people. Drought indices are used to define the drought problem. Drought can be classified with some indices, which use meteorological parameters such as precipitation, temperature, and humidity. In this study, the Standard Precipitation Index (SPI) data of the last 13 years in the Aegean Region was examined and forward-looking estimation was made using the Dynamic Mode Decomposition (DMD) method. DMD is a method that is based on Singular Value Decomposition and Fourier Transformation. It can be run on data that depends on time and location. The data set is obtained from the World Weather Online climate data portal. The data set has been preprocessed and analyzed with the DMD algorithm. The estimation performance of the DMD method for drought analysis of the Aegean Region is presented in comparison with the real values.

**Keywords:** Drought Analysis, Drought Forecasting, Standard Precipitation Index, Machine Learning, Dynamic Mode Decomposition, Singular Value Decomposition.

## 1. GİRİŞ

Kuraklık, toplumlar ve ekosistemler için zamana göre şiddeti farklı etmenlerden dolayı değişebilen önemli doğal afetlerden biridir. İklim değişiklikleri ile çok daha şiddetli ve etkisi hissedilebilir hale gelen kuraklık, kısa süreli etkilere sebep olduğu gibi ve uzun vadede de çok daha şiddetli etkiler doğurabilmektedir.

Kuraklık, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesinde "Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay" olarak tanımlanmıştır [1]. Kuraklığa etki eden belli başlı faktörler arasında atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim koşulları yer almaktadır [2]. Kuraklık türleri de genelden özel olarak etki ettiği başlığa göre meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak ele alınmaktadır.

Kuraklık olayının başlangıç ve bitişi keskin bir şekilde ayırt edilemez. Bununla birlikte, giderek artan bir etkiye sahip olması sebebiyle doğaya ve dolayısıyla insanlığa çok farklı yönlerden zararlara sebep olmaktadır. Diğer afetlere göre anlaşılması daha geç olmakla birlikte, insanlığı sosyal, ekonomik, çevresel vb. birçok açıdan etkilemesi sebebi ile mücadele edilmesi gereken önemli bir afet türüdür.

Kuraklığı etkileyen en büyük etkenlerden biri yağıştır. Ülkemizde birçok farklı iklim türü yaşanmaktadır ve bu iklimlerde çeşitli yağış rejimleri görülmektedir. Küresel ısınmanın artan etkisiyle beraber yağış rejimleri düzensizleşmiş ve yağış miktarı giderek azalmıştır.

Bu çalışmada Ege bölgesinde yer alan iller; İzmir, Aydın, Muğla, Manisa, Kütahya, Uşak, Afyonkarahisar, Denizli olmak üzere Dinamik Mod Ayırıştırması ile incelenmiştir ve kuraklık tahmini yapılmıştır. Şekil 1'de Ege bölgesini gösteren harita yer almaktadır.



Şekil 1. Ege Bölgesi Haritası [3].

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Gümüş vd. [5], 2016 yılında yayınladıkları çalışmada, Şanlıurfa için standart yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile kuraklık analizi yapmışlardır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 78 yıllık dönemde, aylık yağış verileri kullanılarak yapılan incelemede, 1, 3, 6, 12 aylık SYİ değerleri çıkarılmış ve farklı SYİ değerlerine göre en uzun/en kısa kuraklık-nemlilik tespitleri ortaya konmuştur.

Dinç vd. [6], SYİ yöntemi ile Antalya ili sınırları içerisinde bulunan istasyonlardan elde edilmiş 1970-2014 yılları arasındaki yağış verileri ile kuraklık analizi yapmışlardır. 3, 6, 19, 24 aylık dönemler için yapılan çalışmada, SYİ değerlerinin sınıflandırılarak normale yakın kurak (0.99 ~ -0.99) olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca çalışmada, kuraklığın kış aylarında da ortaya çıkabileceği belirtilmektedir.

Ibrahimi vd. [7], Fas'ın Kuzey bölgesindeki kuraklık tahmini için Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (UATBÇS), çok katmanlı sinir ağları ve destek vektör makineleri olmak üzere 3 yapay zeka modeli kullanmışlardır. Yayınladıkları makalede, bölgede yer alan bir istasyona ait 34 yıllık veri kullanılmış, SYİ değerleri 3, 6, 9, 12 aylık dönemler olarak hesaplanmış ve sonuç olarak UATBÇS modelinin diğer iki modele göre daha başarılı tahminler yaptığı ortaya konmuştur.

Oluwatobi vd. [8], Nijerya'nın güneybatı bölgesi için 40 yıllık yağış verisini kullanarak kuraklık tahmininde bulunmuşlardır. Buna göre, SYİ değerleri, 3, 6, 9, 12, 24 dönemler için hesaplanarak her dönem için yağışın giderek azalmasıyla kuraklığın şiddetlendiği vurgulanmıştır. 2045 yılı için şiddetli kuraklık dönemlerinin olacağı belirtilen çalışma, iklim değişikliği nedeniyle tropik bölgelerde artan yağış hipotezinin tüm alanlar ve zaman dilimleri için geçerli olmadığını da belirtmişlerdir.

Malik vd. [9], Koaktif Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi, Çok Katmanlı Sinir Ağları ve Çoklu Lineer Regresyon yöntemlerini inceledikleri çalışmayı 2021 yılında yayınlamışlardır. Bu çalışmaya göre, 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık SYİ değerleri incelenmiş ve sonuçta her modelin farklı zaman dönemlerinde başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Poornima vd. [10], kuraklık analizi için Holt-Winters, Bütünleşik Otoregresif Hareketli Ortalama (BOHO) istatistiksel yöntemler ile Uzun-Kısa Süreli Bellek (UKSB) yinelemeli sinir ağ modelini karşılaştıran çalışmayı 2019 yılında yayınlamışlardır. Çalışmada 33 yıllık veriler üzerinden 1, 6, 12 aylık SYİ ve Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SYEİ) değerleri hesaplanarak 3 modelin başarımı değerlendirilmiş ve UKSB yinelemeli sinir ağlarının tahminde daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Zhang vd. [11] ise, 32 yıllık MERRA-Land veri setini kullanarak UKSB ağları ile kuraklık tahmini yapmışlardır. Toprak nemini tahminini amaçlayan çalışmada, performans metriği olarak Kök Ortalama Kare Hata kullanılmıştır. Otoregresif ve BOHO ile karşılaştırma yapılmış ve geliştirilen UKSB ağ modelinin daha iyi başarımlar elde ederek daha az hata yaptığı ortaya konmuştur.

Bir başka kuraklık tahmini yapan çalışma, Kaur vd. [12] tarafından 2020 yılında yayınlanmıştır. Çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nin Teksas eyaleti verileri kullanılarak yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ile optimize edilmiş yapay sinir ağları, derin sinir ağları ve destek vektör makinesi (DVM) modelleri üzerinden tahmin yapılmıştır. Tüm deneysel bulgular göz önüne alındığında, derin sinir ağlarının en başarılı sonuçları verdiği ortaya konmuştur.

Literatürde en temel çalışmalardan biri Jiang vd. [13] tarafından 2021 yılında yayınlanmıştır. 2000 - 2020 yılları arasındaki Amerika Birleşik Devletleri verileri üzerinden birçok makine öğrenmesi, derin öğrenme algoritması farklı parametreler incelenmiş ve bir araştırma niteliğinde sonuçlar paylaşılmıştır. Tüm çalıştırmalar içinde en başarılı sonuçlar XGboost ile elde edildiği gösterilmektedir.

Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, Türkiye'nin Ege Bölgesi için özellikle son yıllarda etkisini daha çok hissetmeye başladığımız kuraklık durumunun tayini için dinamik mod ayrıştırması yöntemi kullanılacaktır. Bu amaçla Ege bölgesinin 127 istasyonuna ait verilerden Ege Bölgesi'nin 8 ilini kapsayan kuraklık durum ve kuraklık gelecek durum analizleri yapılacaktır. Ege Bölgesi için literatürde yapılan çalışmalar veriden öğrenen modeller değildir. Veriden

öğrenen modeller içerisinde de dinamik mod ayrıştırması yöntemi de ilk defa Ege Bölgesi kuraklık analizi için kullanılacaktır. Bu nedenle çalışmanın özgünlüğü ve kuraklık gelecek durum tahminlemesi yapması sebebiyle de yaygın etkisi mevcuttur.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Ege bölgesi için kuraklık analizi tespitinde, dünya genelinde iklim verisi toplayan World Weather Online adlı portaldan Ege Bölgesine ait istasyonlardan yağış verileri, uygulama programlama arayüzü (UPA) ile çekilmiştir [14]. Ege bölgesinde yer alan 8 ile ait 127 meteorolojik istasyondan elde edilen yağış verileri, 01.09.2008 – 31.08.2021 arasında 13 yıllık olarak çekilmiştir. Veriler günlük bazda milimetre (mm) cinsindedir.

Elde edilen verilere bir dizi ön işleme adımı uygulanmıştır. Öncelikle, günlük yağış verileri aylık olarak yeniden örneklendirilmiştir. Veri setinde boş değer için kayıtlar çıkarılmış, veri setinde minimum değer 0 olacak şekilde yukarı yönlü kaydırılmıştır. Veri setinde zaman serisi üzerinde kümülatif toplam alınmıştır.

DMA yöntemiyle SYİ indeks veri setinin DMA modları çıkarılmış, mevcut durum analizi ve gelecek kuraklık tahmini yapılmıştır. Literatürde sıklıkla kullanılan SYİ indeksine ait genel bilgiler şöyledir:

#### 3.1.1. Standart Yağış İndeksi (SYİ):

SYİ, McKee vd. [15] tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir. SYİ belirlenen bir zaman dilimi içinde, yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir.

$$SPI_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{ort}}{Q_j}$$

Burada  $X_{i,j}$ , i. yılın j ayındaki yağış miktarı (mm),  $X_j^{ort}$ , j ayındaki ortalama yağışı (mm),  $Q_j$  ise j. aydaki yağışın standart sapmasıdır. SYİ değerleri farklı periyotlar (1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 ay gibi) için hesaplanabilir [16]. Ancak yağış verileri 12 ay ve daha kısa dilimlerde normal dağılıma uymayabilir. Bu nedenle her bir veri seti Gamma fonksiyonuna uydurulur.

Thom vd. tarafından yayınlanan çalışmada, klimatolojik zaman serilerine en uygun dağılımın gama dağılımı olduğu belirtilmiştir [17]. Bu sebeple çalışmada SYİ değerlerinin hesaplanması gama dağılımı kullanılmıştır.

Kuraklığı yorumlamak için elde edilen SYİ değerleri belirli aralıklarla sınıflandırılarak kuraklık kategorilerine dönüştürülmektedir. Çizelge 1’de SYİ değerlerine karşılık gelecek kuraklık kategori etiketleri gösterilmektedir.

**Çizelge 1. SYİ Sınıf Aralıkları**

Sınıf Aralığı	Kuraklık Kategorisi
$\geq 2$	<i>Aşırı Nemli</i>
1.50 ... 1.99	<i>Çok Nemli</i>
1.00 ... 1.49	<i>Orta Derecede Nemli</i>
0.99 ... -0.99	<i>Normale Yakın</i>
-1.00 ... -1.49	<i>Orta Derecede Kurak</i>
-1.50 ... -1.99	<i>Şiddetli Kurak</i>
$\leq -2$	<i>Aşırı Kurak</i>

### 3.2. Metot

Bu çalışmada, 13 yıllık yağış verilerinden, kuraklık durum ve gelecek durum tahmini yapmak için Dinamik Mod Ayrıştırması (DMA) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem dinamik sistemler için geliştirilen tekil değer ayrıştırması temelli, denklemden bağımsız ve veriye dayalı bir yöntemdir. Bu yöntem ile ilgili ayrıntılı bilgiler Kutz vd. [18] kitabında yer almaktadır.

#### 3.2.1. Dinamik Mod Ayrıştırması (DMA):

Bu yöntemde dinamik sistemde ele alınacak değişkenin zamanla değişimi, sistemin yönetici denklemden bağımsız olarak adi diferansiyel denklem;

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t, \mu) \quad (1)$$

şeklinde verilir. Burada  $x$  olmak üzere zamana bağlı değişimi incelenecek değişken,  $t$  zaman, dinamik sistemin parametreleri ve  $f$  dinamik sistemi temsil etmektedir [18]. Sürekli formda (1) denklemi ile verilen dinamik sistemin kesikli formu;

$$x_{k+1} = F(x_k) \quad (2)$$

olarak verilir. Burada  $x_k$  ve verilerin alındığı zaman aralığıdır. (1) denklemi genel olarak;

$$\frac{dx}{dt} = Ax \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir.

Başlangıç koşulu  $x(t_0) = x_0$  olmak üzere (3) adi diferansiyel denkleminin çözümü

$$x(t) = \sum_{k=1}^n \phi_k \exp(w_k t) b_k = \Phi \exp(\Omega t) b \quad (4)$$

şeklinde verilir. Burada  $w_k$  ve  $\phi_k$ ,  $A$  matrisinin sırasıyla özdeğer ve bu özdeğerlere karşılık gelen özvektörleri,  $b_k$  ise  $x_0$ 'ın özvektörlerin bazında koordinatlarıdır. Tu vd. [19] tarafından Dinamik Mod Ayrıştırması tanımı şu şekilde verilmiştir.

**Tanım:** Farz edelim ki (1) denklemiyle ifade edilen dinamik sistem ve bu sisteme ait veriler;

$$X = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1 & x_2 & \cdots & x_{m-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

$$X' = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_1 & x'_2 & \cdots & x'_{m-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

olmak üzere

$$x' = F(x_k)$$

ve  $F$ ,  $\Delta t$  zaman adımı için (1) yönetim denkleminin karşı gelen (2) eşitliğindeki dönüşümdür. DMA,  $X' \approx AX$  verileriyle ilgili olarak en uygun lineer operatör  $A$ 'nın önde gelen öz ayrışımını hesaplar:

$$A = X'X^\dagger \quad (5)$$

Burada  $X^\dagger : X$  in Moonrose Pseudo tersidir. (5) denklemiyle verilen  $A$  matrisini pratikte hesaplamak  $X$  in boyutunun uygulamalarda çok büyük olmasından dolayı kolay değildir. Bu nedenle aşağıda Kalman vd. [20] tarafından

verilen teorem ile  $X$  matrisinin tekil değer ayrışımı hesaplanarak  $A$  matrisinin özdeğer ve özvektörleri elde edilir.

**Teorem:** [19]  $X \in \mathbb{R}^{m \times n}$  rankı  $r \in [0, \min(m, n)]$  olan dikdörtgensel matris ve  $X$  matrisinin tekil değer ayrıştırması

$$X \approx U \Sigma V^* \quad (6)$$

şeklinde. Burada  $*$  eşlenik transpozedir.

$U \in \mathbb{R}^{m \times m}$  ve  $V \in \mathbb{R}^{n \times n}$  ortogonal matrislerdir.

$\Sigma \in \mathbb{R}^{m \times n}$  tekil değer matrisi,  $\Sigma_{ii} = \sigma_i > 0$  ve

$$\Sigma_{ij} = 0, i \neq j$$

$\bar{A}$ ,  $A$ 'nın yaklaşımı olmak üzere

$$\bar{A} \approx A = X'V\Sigma^{-1}U^* \quad (7)$$

şeklinde (5) denklemi yardımıyla yazılır.

Burada  $\Sigma \in \mathbb{R}^{r \times r}$ ,  $U^* \in \mathbb{R}^{n \times r}$  ve  $V \in \mathbb{R}^{m \times r}$  şeklindedir. Bu durumda (2) denklemi

$$x_{k+1} = \bar{A}x_k \quad (8)$$

olarak yazılabilir.  $A$ , (7) denklemi ile verilen  $\bar{A}$  full matrisin  $r \times r$  lik  $U$  matrisi üzerine projeksiyonu olmak üzere

$$A = U^* \bar{A} U \quad (9)$$

şeklinde. Buradan boyut indirgenmiş  $A$

$$A = U^* X'V\Sigma^{-1} \quad (10)$$

olarak yazılır.  $A$ 'nın öz ayrışımı

$$AW = W\Lambda \quad (11)$$

denklemindeki  $W$  özvektörleri ve  $\lambda_k$  özdeğerlerinden oluşan köşegen matris  $\Lambda$  yardımıyla bulunabilir. Son olarak dinamik sistemin dinamiklerini belirlememizi sağlayan DMA modları

$$\Phi = X'V\Sigma^{-1}W \quad (12)$$

olarak bulunur. Bu formül  $\lambda_k \neq 0$  iken elde edilir. Eğer  $\lambda_k = 0$  ise  $\Phi = UW$  olur.

Gelecek durum tahmini (12) denklemiyle verilen  $\Phi$  ve (11) denklemiyle verilen  $\Lambda$ 'nın (4) denkleminde yerine yazılması ile bulunur.

#### 4. DENEYSEL BULGULAR

Bu çalışmada, Ege bölgesinde yer alan 8 ile ait 127 meteorolojik istasyondan elde edilen yağış verileri kullanılarak DMA ile kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışma için incelenen veri seti, satırları konum bilgisi olarak istasyonları, sütunları ay aralıklı zaman serisini göstermek üzere  $127 \times 156$  boyutunda bir matristir. Veri seti 4 eşit parçaya bölünmüş, her parçaya ayrı ayrı DMA algoritması uygulanmıştır. Her bir parçanın boyutu  $127 \times 38$  boyutundadır. DMA ile üretilen tüm matrisler birleştirilmiş ve bir sonraki ay için kuraklık tahmini yapılmıştır. Gerçek değerler ile tahmin edilen değerler karşılaştırılarak görselleştirilmiştir. Tahmin edilen ay, 2021 yılının Nisan ayıdır.

DMA yöntemi zamanla değişen yağış miktarı, sıcaklık gibi dinamik bir durumun şu anki durumunu, veri matrisindeki örüntüyü çıkararak modelleyebilen ve  $\Delta t$  kadar zaman sonrasını da tahmin edebilen bir yöntemdir. Bu çalışmada  $\Delta t$  olarak 1'er aylık zaman periyotları seçilmiştir. Bu çalışmada amaç; DMA yönteminin durum ve gelecek durum tahmin başarısını ortaya koymaktır. Burada kuraklığın ne kadar süregeldiğinin tespitinden ziyade bir sonraki zaman adımında kuraklık sınıfının ne olacağının tahminine yer verilmiştir.

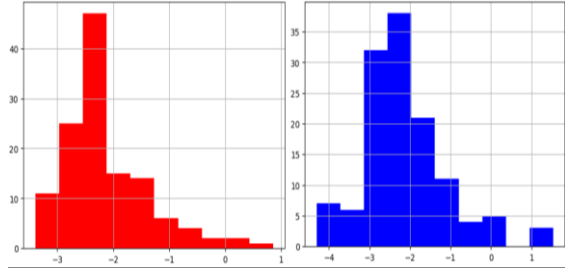
Literatürde yapılan araştırmalarda, DMA algoritması ile kuraklık tahmini yapan çalışma bulunamamıştır. [4] çalışmasında Pamuk vd tarafından 30 yıllık yağış verisi kullanılarak Ege bölgesinde kuraklık analizi yapılmıştır. Bu çalışmada gelecek zaman kuraklık tahminine yer verilmemiş, mevcut yağış veri seti incelenerek kuraklık sınıf değerleri analiz edilmiştir.

DMA algoritması, Matlab yazılımı ile uygulanmıştır. Çıkan sonuçların analizi ve karşılaştırmalar için Jupyter Notebook kullanılmıştır.

Ege bölgesinde yer alan 8 ile ait 127 istasyondan elde edilmiş yağış verileri üzerinde

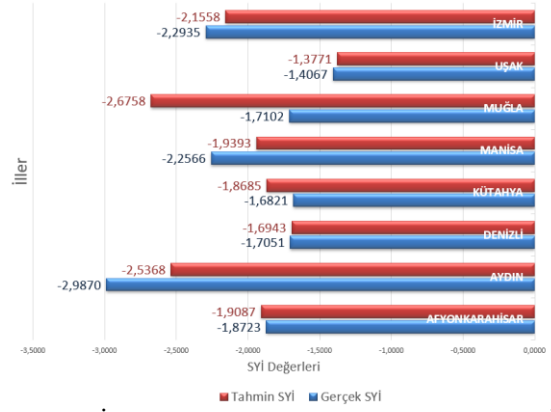
SYİ değerleri hesaplanmış ve her istasyon için DMA algoritması ile bir sonraki ayın SYİ değeri tahmin edilmiştir. 127 istasyonun SYİ değerleri Çizelge 1'deki kategorilere göre sınıflandırılmış ve gerçek etiket değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda başarımlar %68 olarak hesaplanmıştır. 127 istasyona ait kuraklık kategorisi etiketleri hesaplanmış ancak gösterim kolaylığı açısından tüm istasyonlar il merkezleri ve il ortalamaları baz alınarak bulgular kısmında sunulmuştur.

Şekil 2'de toplamda 127 istasyona ait DMA tarafından tahmin edilen SYİ değerleri (a) ile gerçek SYİ değerleri (b) gösterilmektedir. Her iki grafikte de x ekseninde SYİ değerlerini, y ekseninde de ilgili SYİ değerlerin sayısını göstermektedir. Ege bölgesinin yazları sıcak ve kurak bir iklim özelliği gösterdiği bilindiğinden tahmin edilen zaman için gerçek ve tahmin sınıf etiketlerinin kurak kategorilere ( $SYİ \leq -1$ ) doğru yığıldığı görülmektedir. Bununla birlikte "normal" kuraklık etiketine ( $-0.99 \leq SYİ \leq 0.99$ ) sahip lokasyonların varlığı, bölge ikliminin ılıman etki göstermesi ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 2. SYİ Gerçek ve Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması.

Şekil 3'te ise, il ortalamalarında gerçek ve tahmin edilen SYİ değerlerinin karşılaştırması yer almaktadır. İl ortalamaları, veri setinde yer alan 127 istasyona SYİ değerlerinin il bazında toplanıp, elde edilen toplamın o ildeki istasyon sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. İl ortalamaları SYİ değerlerine bakıldığında, birçok il için gerçek ve tahmin edilen değerler birbirlerine çok yakındır. Bu grafik üzerinden yapılan incelemede, en başarılı tahminin Denizli olduğu görülmektedir. En büyük farkın görüldüğü Muğla için tahmin edilen SYİ değeri etiketi kurak kategorilerden biri olarak etiketlenmiştir.



Şekil 3. İl Ortalamalarında Gerçek ve Tahmini SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması.

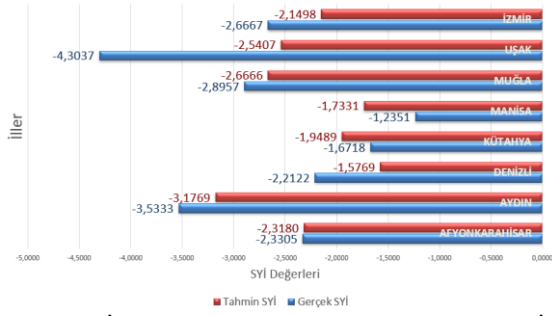
Şekil 3'te gösterilen SYİ değerlerine karşılık gelen etiket değerlerinin başarımlarını, Çizelge 4'te gösterilmektedir. Ege bölgesindeki 8 ilin 6'sı doğru olarak sınıflandırılmış, yanlış sınıflandırılmış 2 ilin de sınıf etiketlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. İl Ortalamalarında Kuraklık Etiketlerinin Karşılaştırılması.

İL	Gerçek Kuraklık Etiketi	Tahmin Edilen Kuraklık Etiketi	Başarımlar
İzmir	Aşırı Kurak	Aşırı Kurak	Doğru
Manisa	Aşırı Kurak	Şiddetli Kurak	Yanlış
Aydın	Aşırı Kurak	Aşırı Kurak	Doğru
Muğla	Şiddetli Kurak	Aşırı Kurak	Yanlış
Uşak	Derecede Kurak	Derecede Kurak	Doğru
Denizli	Şiddetli Kurak	Şiddetli Kurak	Doğru
Afyon	Şiddetli Kurak	Şiddetli Kurak	Doğru
Kütahya	Şiddetli Kurak	Şiddetli Kurak	Doğru

Şekil 4'te, Şekil 3'teki grafikten farklı olarak il merkezlerinde yer alan istasyonlar incelenmiştir. İl merkezleri SYİ değerleri, veri setinde il merkezinde yer alan istasyonların SYİ değerlerini işaret etmektedir. Şekil 4'te il merkezleri için gerçek ve tahmini SYİ değerleri karşılaştırılmalı olarak gösterilmektedir. Bu grafiğe göre; en başarılı tahminin Afyonkarahisar ilinde gerçekleşmiştir. Bununla birlikte diğer il merkezlerinde, gerçek ve

tahmini SYİ değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4. İl Merkezlerinde Gerçek ve Tahmini SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması.

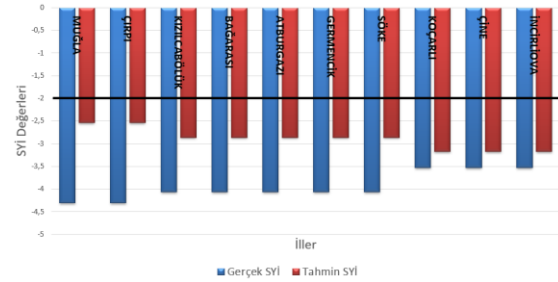
Çizelge 3'te il merkezleri baz alınarak çıkarılan kuraklık etiketlerinin başarımları gerçek sınıf değerleri ile karşılaştırılmalı olarak gösterilmektedir. Şekil 4'teki gerçek ve tahmini SYİ değerlerinin birbirine yakın olması sebebiyle Çizelge 3'te yanlış tahmin edilmiş kuraklık etiketleri de birbirine yakın etiket sınıfında bulunmaktadır.

Çizelge 3. İl Merkezlerinde Kuraklık Etiketlerinin Karşılaştırılması.

İl	Gerçek Kuraklık Etiketi	Tahmin Edilen Kuraklık Etiketi	Başarımları
İzmir	Aşırı Kurak	Aşırı Kurak	Doğru
Manisa	Orta Derecede Kurak	Şiddetli Kurak	Yanlış
Aydın	Aşırı Kurak	Aşırı Kurak	Doğru
Muğla	Aşırı Kurak	Aşırı Kurak	Doğru
Uşak	Aşırı Kurak	Aşırı Kurak	Doğru
Denizli	Aşırı Kurak	Şiddetli Kurak	Yanlış
Afyon	Şiddetli Kurak	Şiddetli Kurak	Doğru
Kütahya	Şiddetli Kurak	Şiddetli Kurak	Doğru

Kuraklık etiketinin yanı sıra şiddeti de gelecek dönemler için önem taşımaktadır. Bu sebeple "Aşırı Kurak" lokasyonlara ait SYİ değerlerin tahmini de kritik değer taşımaktadır. Veri setindeki istasyonlara ait yağış verisi ile SYİ değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan SYİ değerleri küçükten büyüğe sıralanarak 10 "Aşırı Kurak" istasyon tespit edilmiştir. Söz konusu istasyonlara karşılık, DMA tarafından tahmin

edilen SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 5 incelendiğinde, siyah çizginin altı Çizelge 1'e göre "Aşırı Kurak" olarak etiketlendiği düşünülürse, tüm lokasyonlar DMA tarafından "Aşırı Kurak" olarak doğru bir şekilde etiketlenmiştir.



Şekil 5. Aşırı Kurak 10 İstasyon için Gerçek ve Tahmini SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması.

Şekil 5 incelendiğinde en kurak lokasyonların, kıyı kesimlerden uzak, deniz etkisinin ulaşmadığı, Ege bölgesinin iç kısımlarında kaldığı görülmektedir. Bu bilgi ile kuraklık şiddetinin iç bölgelerde daha çok olduğu bilgisi örtüşmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Ege bölgesinde yer alan 8 ile ait 127 istasyondan elde edilen yağış verileri ile DMA yöntemi kullanılarak Matlab programı aracılığıyla kuraklık analizi yapılmıştır. Analiz için; World Weather Online iklim verileri portalından 2008-2013 yılları arasında günlük bazda 13 yıllık yağış verisi elde edilmiştir. Veri seti, ön işleme adımlarından geçirilerek 1 aylık dönemler halinde gamma dağılımı ile normalize edilip, SYİ değerleri hesaplanmıştır. DMA yöntemi, konumda 127 istasyona zamanda da 156 aya SYİ değerleri üzerinden uygulanmış ve mevcut SYİ durum tespiti yapılmıştır. Bununla birlikte DMA yöntemiyle de +1 aylık döneme ait SYİ değerleri de hesaplanarak, kuraklık tahmini ortaya konmuştur. Tahmin için bir sonraki ay olarak 2021 yılının Nisan ayı seçilmiştir. 2021 yılının Nisan ayı tahminleri gerçek Nisan ayı değerleri ile karşılaştırılarak kuraklık analizleri yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda, DMA algoritması, gerçek SYİ değerlerine yakın değerler tahmin etmiştir. İl merkezleri ve il ortalamaları için yapılan detaylı incelemelerde, SYİ değerlerine karşılık gelen kuraklık etiketleri bazında yapılan karşılaştırmada her iki kategori (il merkezi ve il ortalaması) için %75 oranında başarımlar elde edilmiştir. Ayrıca il



merkezlerinden bağımsız olarak en kurak istasyonlara ait gerçek ve tahmini SYİ değerleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Burada da DMA yönteminin gelecek 1 aylık dönemde aşırı kurak olan lokasyonları doğru tahmin ettiği görülmektedir.

DMA yöntemi ile Türkiye geneli ya da Türkiye'nin farklı bölgeleri için daha çok veri ile farklı kuraklık indeksleriyle de ileriye dönük çalışmalar yapmak da mümkündür. Böylelikle Türkiye için kuraklık tahminleri DMA ile yapılarak gelecek durum kuraklık durumları tespit edilerek, karar vericilere kuraklığa karşı önlem alınması konusunda ayrıntılı bilgi verilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi, Paris, 1996.
2. İnternet: Kuraklık Analizi, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-k-analizi.aspx?d=yontemsinif#sfb>, Kasım 15, 2021.
3. İnternet: Ege Bölgesi Haritası, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10723208>, Aralık 24, 2021.
4. Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K., "Standart Yağış İndisi (SYİ) ile Ege bölgesi Kuraklık Analizi", Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, Cilt 41, Sayı 1, Sayfa 99-106, 2004.
5. Gümüş, V., Başak, A., Oruç, N., "Standartlaştırılmış Yağış indeksi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi", HU Muh. Dergisi, Cilt 1, Sayfa 36-44, 2016.
6. Dinç, N., Aydınşakir, K., Işık, M., Büyüktaş, D., "Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Antalya ili Kuraklık Analizi", Derim, Cilt 33, Sayı 2, Sayfa 279-298, 2016.
7. İbrahimi, A. E., Baali, A., "Application of Several Artificial Intelligence Models for Forecasting Meteorological Drought Using the Standardized Precipitation Index in the Saïss Plain (Northern Morocco)", International Journal of Intelligent Engineering and Systems, Vol. 11, 2018.
8. Oluwatobi, A., Gbenga, O., Oluwafunbi, F., "An Artificial Intelligence Based Drought Predictions In Part Of The Tropics", Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE), Vol. 11, Issue 2, Pages 165-173, 2017.
9. Malik, A., Kumar, A., Rai, P., Kuriqi, A., "Prediction of Multi-Scalar Standardized Precipitation Index by Using Artificial Intelligence and Regression Models". Climate; Vol. 9, Issue 2, Pages 28, 2021.
10. Poornima, S., & Pushpalatha, M., "Drought prediction based on SPI and SPEI with Varying Timescales Using LSTM Recurrent Neural Network". Soft Computing, Pages 1-14, 2019.
11. Zhang, N., Dai, X., Ehsan, M. A., & Deksissa, T., "Development of a Drought Prediction System Based on Long Short-Term Memory Networks (LSTM)". In International Symposium on Neural Networks, Pages 142-153. Springer, Cham, 2020.
12. Kaur, A., & Sood, S.K., "Deep learning based drought assessment and prediction framework", Ecol. Informatics, Vol. 57, Pages 101067, 2020.
13. Jiang, W., Luo, J., "An Evaluation of Machine Learning and Deep Learning Models for Drought Prediction using Weather Data", 2021.
14. İnternet: World Weather Online Weather API, <https://www.worldweatheronline.com/developer/>, Kasım 15, 2021.
15. McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., "The relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales". In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Boston, MA, Pages 179-184, 1993.
16. Bakanoğulları, F., "SPEI ve SYİ İndisleri Kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında Kuraklık Şiddetlerinin Analizi", Toprak Su Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, Sayfa 1-10, 2020.
17. Thom, H. C. S., "A Note On The Gamma Distribution. Monthly Weather Review", Vol. 86, Issue 4, Pages 117-122, 1958.
18. Kutz, J. N., Brunton, S. L., Brunton, B. W., Proctor, J. L., "Dynamic Mode Decomposition: Data-driven modeling of Complex Systems", SIAM, USA, 2016.
19. Tu, J. H., Rowley, C. W., Luchtenburg, D. M., Brunton, S. L., Kutz, J. N., "On dynamic mode decomposition: Theory and applications", Journal of Computational Dynamics, Vol. 1, Issue 2, Pages 391-421, 2014.
20. Kalman, D., "A Singularly Valuable Decomposition: The SVD of a Matrix", College Mathematics Journal, Vol. 27, Issue 1, Pages 2-23, 1996.