

# Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi İle Yağış Tahmini

## Rainfall Prediction Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

Özlem Terzi<sup>1</sup>, Onur Özcanoglu<sup>1</sup>, Tahsin Baykal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye  
{ozlemterzi, onurozcanoglu}@sdu.edu.tr

<sup>2</sup>Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye  
tahsinbaykal@hotmail.com

**Özetçe—** Yağış tahmini, su kaynaklarının doğru bir şekilde kullanımı ve planlanmasında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada, yağış tahmininde uyarlamalı ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sisteminin (ANFIS) geçerliliği araştırılmıştır. Farklı girdi kombinasyonları ile modeller geliştirilmiş ve yağış tahmini için ANFIS modellerinin başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler—** yağış, su kaynakları, ANFIS modeli, Isparta

**Abstract—** The rainfall prediction is of great importance in the utilization and planning of water resources. In this study, the validity of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) in rainfall prediction is investigated. The ANFIS models are developed with different input combinations and it is observed that ANFIS models give successful results in rainfall prediction.

**Keywords—** rainfall, water resources, ANFIS model, Isparta

### I. GİRİŞ

Akışı meydana getiren en önemli değişken olan yağış, su kaynaklarının kullanımı ve planlanması açısından önemlidir. Uzun süreler boyunca yeterli yağışın meydana gelmemesi durumunda ise kuraklık meydana gelmektedir [1]. Su yapılarının planlanmasında, taşkın ve kuraklık gibi meteorolojik olaylara bağlı doğal afetler için oluşturulacak erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinde yağışların doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir.

Yağış tahmininde yapay zekâ yöntemleri son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Terzi ve Çevik (2012) Isparta'nın aylık toplam yağış değerlerini tahmin etmek için yapay sinir ağı (YSA) ve çoklu lineer regresyon (ÇLR) modelleri geliştirmişlerdir. Isparta istasyonundaki

yağış değerlerini tahmin etmek için Senirkent, Uluborlu, Eğirdir, Yalvaç istasyonlarına ait yağış değerlerini girdi olarak kullanmışlardır. Geliştirilen modellerin performanslarını değerlendirmek için ölçülmüş yağış değerleri ile YSA ve ÇLR modellerini kıyaslamışlardır. Karşılaştırmalar sonucunda YSA tahminleri ile ölçülmüş yağış değerleri arasında iyi bir uyuma olduğunu saptamışlardır [2]. Saphioğlu ve Çimen (2010) bir yağış sırasında ölçümü yapılamamış veya yeni kurulmuş bir istasyonun geçmişe yönelik yağış verilerinin tamamlanabilmesi için YSA yöntemini kullanarak modeller oluşturmuşlardır. Elde edilen sonuçları literatürde mevcut olan ağırlıklı ve harmonik ortalama metotlarından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Eksik yağış verilerinin hesaplanmasında YSA modellerinin diğer kullanılan yöntemlere göre daha üstün olduğu kanısına varmışlardır [3]. Taylan (2015) Eğirdir'e düşen yağış miktarını tahmin etmek için Genetik Evrimsel Programlama (GEP) ve YSA yöntemlerinden yararlanmıştır. Eğirdir'e ait yağış verilerini aynı bölgede yer alan Isparta ve Senirkent istasyonlarının yağış verilerini kullanarak tahmin etmiştir. GEP ve YSA modelleri için farklı girdi değişkenleri deneyerek en uygun girdi setini elde etmeye çalışmıştır. Model sonuçları ile ölçülmüş yağış verilerini karşılaştırınca GEP modellerinin YSA modellerine göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir [4].

Yapay zeka yöntemlerinden biri olan uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi de (ANFIS) yağış tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır [5-7]. El-Shafie ve Seyed (2011) Malezya'daki Klang Nehri'ne düşen yağışı tahmin etmek için ANFIS modelleri geliştirmişlerdir. Farklı girdi kombinasyonlarının kullanıldığı modelleri YSA modelleri ile kıyaslamışlardır. Model sonuçlarının doğruluğunu test etmek için karekök ortalama hata, korelasyon katsayısı, Nash Sutcliffe katsayısı, Gamma katsayısı ve Spearman

korelasyon katsayısını kullanmışlardır. ANFIS modellerinin yağış tahmininde YSA modellerine göre daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [8]. Akrami vd. (2014) yağış tahminindeki doğruluğu artırmak amacıyla dalgacık dönüşümü tekniğinden yararlanmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında aylık yağış miktarı tahmini için ANFIS ve YSA modelleri geliştirmişlerdir. İkinci aşamada ise dalgacık dönüşümü tekniğini kullanarak hataları azaltmak ve YSA ve ANFIS modellerine girdi olarak kullanmak için alt bileşenler oluşturmuşlardır. Model sonuçlarını değerlendirmek için karekök ortalama hata, korelasyon katsayısı, Gamma katsayısı ve Spearman katsayısını kullanmışlardır. Dalgacık-ANFIS modelinin diğer modellere göre daha başarılı olduğunu görmüşlerdir [9].

Bu çalışmada, yağış tahmininde ANFIS modellerinin geçerliliği araştırılmıştır. ANFIS modellerini geliştirmek için Eğirdir, Uluborlu, Yalvaç ve Senirkent istasyonlarına ait aylık yağış değerleri girdi parametresi olarak kullanılmıştır ve Isparta istasyonuna ait yağış miktarları tahmin edilmiştir.

## II. ADAPTİF AĞ TABANLI BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ

Jang [10] tarafından 1993 yılında geliştirilmiş olan Adaptif ağı tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS), yapay sinir ağlarının paralel hesaplayabilme ve öğrenme yeteneği ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini kullanan melez bir yapay zeka yöntemidir. ANFIS modeli, Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemini ve melez öğrenme algoritmasını kullanmaktadır. En küçük kareler yöntemi ve geri yayımlı öğrenme algoritmasını bir arada kullanan melez bir algoritmadır [11].

Sugeno çıkarım sisteminde çıkış değişkeni “sabit katsayı” yada giriş değişkenlerine bağlı “bir fonksiyon” şeklinde tanımlanmaktadır. İki girdiye sahip Sugeno tipi bulanık çıkarım sisteminin kuralları (1) ve (2)’de verilmiştir.

$$\text{Eğer } x=A_1 \text{ ve } y=B_1 \text{ ise, } z=p_1x+q_1y+r_1 \quad (1)$$

$$\text{Eğer } x=A_2 \text{ ve } y=B_2 \text{ ise, } z=p_2x+q_2y+r_2 \quad (2)$$

Burada, A ve B bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları  $p_1, q_1, r_1, p_2, q_2$  ve  $r_2$  ise çıkarım sisteminin çıkış parametreleridir [12].

## III. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE VERİLER

Akdeniz Bölgesi’nin kuzeyinde Göller bölgesinde yer alan Isparta İli, 8.933 km<sup>2</sup>’lik yüzölçümüne sahiptir. Bölgedeki en önemli göller; Eğirdir Gölü, Beyşehir Gölü, Kovada Gölü ve Gölçük Krater Gölü’dür. Isparta’nın güney kısmında bulunan Sütçüler, Eğirdir, Aksu ve Merkez İlçelerinde Akdeniz İklimi etkili olmaktadır. İlin doğusunda kalan Şarkikaraağaç, Gelendost; kuzeyindeki

Yalvaç, Senirkent; batısında yer alan Uluborlu, Keçiborlu ve Gönen İlçelerinde ise karasal iklim hâkimdir [13].

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan Isparta, Eğirdir, Uluborlu, Yalvaç ve Senirkent istasyonlarının 1964-2005 yıllarına ait aylık yağış verilerinden yararlanılmıştır. Isparta’da meydana gelen yağışı tahmin etmek için Eğirdir, Uluborlu, Yalvaç ve Senirkent istasyonlarına ait veriler ANFIS modellerinde girdi olarak kullanılmıştır. Verilerin ilk % 80’lik kısmı modellerin eğitimi için, kalan % 20’lik kısmı ise modellerin geçerliliğini test etmek için ayrılmıştır.

## IV. UYGULAMA

Çalışmada, Isparta istasyonuna ait yağış verilerini tahmin etmek için Uluborlu, Senirkent, Eğirdir ve Yalvaç istasyonlarının verileri kullanılarak çeşitli ANFIS modelleri geliştirilmiştir. ANFIS modelleri geliştirilirken farklı girdi sayıları, geriye yayma ve hybrid ağ yapıları kullanılmıştır. Modellerin eğitim ve test setlerine ait belirleyicilik katsayısı ( $R^2$ ) ve karekök ortalama hata (KOH) değerleri sırasıyla (3) ve (4) ile hesaplanmıştır.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (R_{i(\text{gerçek})} - R_{i(\text{model})})^2}{\sum_{i=1}^N (R_{i(\text{gerçek})} - R_{i(\text{ort})})^2} \quad (3)$$

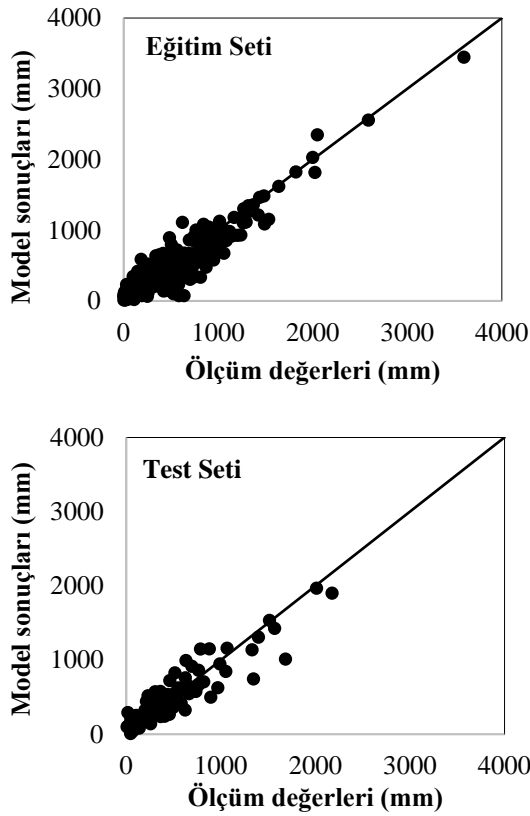
$$KOH = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_{i(\text{gerçek})} - R_{i(\text{model})})^2} \quad (4)$$

Burada, N toplam veri sayısını,  $R_{i(\text{gerçek})}$  ölçülmüş yağış değerlerini ve  $R_{i(\text{model})}$  ise geliştirilen modelin sonuçlarını göstermektedir.  $R_{\text{ort}}$  ise ortalama yağış miktarıdır. Geliştirilen ANFIS modellerinin eğitim ve test setlerine ait  $R^2$  ve KOH değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

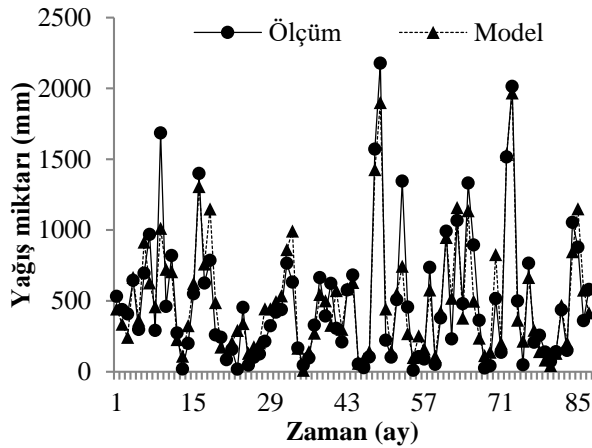
Tablo 1. ANFIS modelleri

Girdi	Eğitim		Test	
	$R^2$	KOH	$R^2$	KOH
Uluborlu-Eğirdir	0,79	195,5	0,79	207,8
Senirkent-Eğirdir	0,74	224,1	0,83	193,6
Yalvaç-Uluborlu-Senirkent-Eğirdir	0,87	153,4	0,85	182,1

Tablo 1 incelendiğinde, 2 girdili olan Uluborlu-Eğirdir ve Senirkent-Eğirdir modelleri sırası ile 0,80 ve 0,83  $R^2$  değerleri vermiştir. En iyi sonuç ise geri yayılma ağ yapısı ile geliştirilen 4 girdili Yalvaç-Uluborlu-Senirkent-Eğirdir modelinde elde edilmiştir. 4 girdili ANFIS modelinin eğitim setine ait  $R^2$  değeri 0,87 ve test setine ait  $R^2$  değeri 0,85 olarak bulunmuştur. 4 girdili ANFIS modeline ait saçılma diyagramları Şekil 1’de ve test setine ait zaman serisi Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 1 ve 2 incelendiğinde model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının uyumlu olduğu ve noktaların 45 derecelik ideal uyum çizgisi etrafında toplandığı görülmüştür.



Şekil 1. ANFIS modelinin eğitim ve test setlerine ait saçılma diyagramları



Şekil 2. Test setine ait zaman serisi

## V. SONUÇLAR

Isparta istasyonuna ait yağış miktarı tahmini için farklı girdi kombinasyonları ile ANFIS modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller incelendiğinde, iki girdi parametrelili modellerin iyi sonuçlar vermesine karşın dört girdili modelin en yüksek  $R^2$  değeri verdiği görülmüştür. Geliştirilen ANFIS modellerine göre yağış tahmininde tüm bölgeyi temsil eden verileri içeren modelin etkili olduğu ve ANFIS'in yağış tahmininde kullanılabileceği belirlenmiştir.

## KAYNAKÇA

- [1] T. Partal, E. Kahya, K. Cıgızoglu, K. "Yağış Verilerinin Yapay Sinir Ağları Ve Dalgacık Dönüşümü Yöntemleri İle Tahmini," itüdergisi/d mühendislik Cilt:7, Sayı:3, 73-85, 2008.
- [2] Ö. Terzi, E.Çevik, "Rainfall Estimation Using Artificial Neural Network Method," International Journal of Technological Science, 4(1), 10-19, 2012.
- [3] K. Saplıoğlu, M. Çimen, "Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Günlük Yağış Miktarının Tahmini," Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 1(1), 2010.
- [4] E. D. Taylan. "Genetik Evrimsel Programlama İle Yağış Tahmin Modeli," Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi , Cilt 7, Sayı 1, 2015.
- [5] S. S.Sharifi, R. Delirhasannia, V. Nourani, A. A. Sadraddini, A. Ghorbani, "Using Artificial Neural Networks (Anns) And Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) For Modeling And Sensitivity Analysis Of Effective Rainfall," Recent Advances in Continuum Mechanics, Hydrology and Ecology, Mladenov V (eds), 133-139, 2013.
- [6] M. A. Sojitra, R. C. Purohit, P. A. Pandya, "Comparative Study of Daily Rainfall Forecasting Models Using Adaptive-Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," Current World Environment, 10(2), 529, 2015.
- [7] S. Shamsirband, M. Gocić, D. Petković, H. Saboohi, T. Herawan, M. L. M. Kiah, S. Akib, "Soft-Computing Methodologies For Precipitation Estimation: A Case Study," IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 8(3), 1353-1358, 2015.
- [8] A. El-Shafie, O. Jaafer, S. A. Akrami, "Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Based Model For Rainfall Forecasting in Klang River, Malaysia," International Journal of Physical Sciences, 6(12), 2875-2888, 2011.
- [9] S. A. Akrami, V. Nourani, S. J. S. Hakim, "Development of Nonlinear Model Based on Wavelet-Anfis For Rainfall Forecasting at Klang Gates Dam," Water Resources Management, 28(10), 2999-3018, 2014.
- [10] J. S. R. Jang, "ANFIS Adaptive-Network-Based-Fuzzy Inference Systems," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 23 (3), 665-685, 1993.
- [11] E. Gemici, M. Ardiclioğlu, F. Kocabaş, "Akarsularda Debinin Yapay Zekâ Yöntemleri İle Modellenmesi," Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29(2):135-143, 2013.
- [12] M. Fırat, "Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Havza Modellenmesi," Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 204 s, 2007.
- [13] Anonim, "http://www.isparta.gov.tr/isparta-hakkinda," 2017.