

PAPER DETAILS

TITLE: Sanliurfa ve Diyarbakir istasyonlarında sicaklik tabanlı buharlasma tahmininde YSA, ANFIS ve GEP yöntemlerinin karsilastirilmesi

AUTHORS: Veysel GÜMÜS,Kasim YENİGÜN,Z Fuat TOPRAK,Nazife ORUÇ BAÇI

PAGES: 553-562

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/453696>



Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarında sıcaklık tabanlı buharlaşma tahmininde YSA, ANFIS ve GEP yöntemlerinin karşılaştırılması

Veysel GÜMÜŞ*

Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa
gumus@harran.edu.tr ORCID: 0000-0003-2321-9526, Tel: (414) 318 30 00 (12/74)

Kasım YENİGÜN

Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa
kyenigun@harran.edu.tr ORCID: 0000-0002-3296-8687

Z. Fuat TOPRAK

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır
toprakzf@dicle.edu.tr ORCID: 0000-0003-0876-1165

Nazife ORUÇ BAÇI

Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa
nazifeoruc@harran.edu.tr ORCID: 0000-0002-6307-9030

Geliş: 17.06.2017, Kabul Tarihi: 17.08.2017

Öz

Buharlaşma, hidrolojik çevrimin ana bileşenlerinden biri olarak su kaynaklarının etkin ve verimli yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Buharlaşmanın tahmin edilmesi için literatürde önerilen ampirik yöntemler mevcut olmasına rağmen, buharlaşma sürecinin karmaşık yapısı ve ampirik formüller içerisinde kullanılacak verilerin bulunabilirliği nedeniyle performansları tatminkâr değildir. Bu nedenle bu çalışmada Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarındaki tava buharlaşma değerleri Yapay Sinir Ağları (YSA), Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Gen Ekspresyon Programlama (GEP) yöntemleri ile sadece ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Buharlaşmanın tahmin edilmesinde kullanılan tüm yöntemler kısıtlı veriye rağmen başarılı sonuçlar verdiği görülmüş, GEP yönteminin ise çok az da olsa daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Çalışma sonucunda ele alınan istasyonlar için aylık buharlaşma değerlerinin tahmin edilmesi için GEP yöntemi ile elde edilen formül sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aylık buharlaşma, yapay zeka yöntemleri, Şanlıurfa, Diyarbakır;

* Yazışmaların yapılacağı yazar

Giriş

Buharlaştırma, bir su yüzeyi ile atmosfer arasında buhar basıncı eksik olduğunda sıvı moleküllerinin kinetik enerjisi yüksek olan taneciklerin aralarındaki çekim kuvvetini yenerek sıvı halden gaz hale geçmesi olayıdır. Buharlaştırmayı etkileyen en yaygın ve önemli faktörler; sıcaklık, bağıl nem, buhar basıncı, rüzgar ve güneşlenme şiddetidir. Buharlaştırma, su kaynaklarının ve sulama sistemlerinin tasarımında önemli rol oynamasından dolayı, planlama aşamasında mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Yağış miktarının çok az olduğu bölgelerde buharlaştırma kayıpları, bir göl veya rezervuar için su bütçesinin önemli bir bölümünü oluşturabilir ve su yüzey kotunun düşmesine sebep olabilir. Bu nedenle, bir bölgede buharlaştırma kaybının doğru bir şekilde belirlenmesi, su kaynaklarının etkin ve verimli olarak kullanılabilmesi açısından önem arz etmektedir.

Serbest su yüzeylerinde meydana gelen buharlaştırmayı belirlemek amacıyla doğrudan ya da dolaylı yöntemler kullanılabilir. Doğrudan yöntem olarak dünyada en sık kullanılan yöntem buharlaştırma tavaıdır. Dolaylı yöntemler ise, karmaşıklığı ve veri gereksinimleri açısından, sıcaklık tabanlı formüller (Thornthwaite, 1948); radyasyon temelli yaklaşımlar (Turc, 1961); neme dayalı formüller (Romanenko, 1961); sıcaklık, nem oranı ve rüzgar hızını kombine eden formüller (Penman, 1948) olarak sıralanabilir. Bu ve benzeri yöntemler birçok araştırmacı tarafından buharlaştırma tahmini için kullanılmış ve karşılaştırılmıştır. (Knapp ve ark, 1984; Warnaka ve Pochop, 1988; Hanson, 1989; Choudhury, 1999; Abtew, 2001; McKenzie ve Craig, 2001).

Buharlaştırma rastgele, doğrusal olmayan, karmaşık ve kararsız bir işlem olduğu için, ilgili tüm fiziksel işlemleri temsil etmek için doğru bir formül elde etmek zordur. Doğrusal olmayan bu ilişkinin belirlenebilmesi amacıyla son yirmi yıllık süreçte yapay zekâ yöntemleri hidroloji alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemler, fiziksel kuralların eklenmesine ihtiyaç duymaksızın, geçmiş verilerden bir sürecin girdi

ve çıktıları arasındaki temel ilişkiyi öğrenme yeteneğine sahiptir. Antonopoulos ve ark. (2016), çalışmasında baraj gölündeki günlük buharlaştırmayı tahmin edilmesinde Penman, Priestley-Taylor ve kütle transfer yöntemleri ile Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemini kıyaslamışlardır. Terzi ve Keskin (2010), Eğirdir gölündeki günlük buharlaştırma değerlerini geleneksel Priestley-Taylor, Brutsaert-Stricker, Makkink ve Hamon yöntemleri ile YSA yöntemi ile hesaplamışlardır. Çalışmanın sonucunda YSA yönteminin geleneksel yöntemlerden oldukça başarılı olduğunu ifade etmişlerdir. Terzi ve ark. (2006), çalışmalarında günlük buharlaştırmayı tahmin edilmesinde Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System -ANFIS) yöntemi ile Penman yöntemini karşılaştırmışlar ve ANFIS yönteminin Penman yöntemine göre günlük buharlaştırmayı tahmininde daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Shiri ve ark. (2011) çalışmalarında günlük buharlaştırmayı tahmin edilmesinde farklı girdi parametreleri ile YSA ve ANFIS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında kısıtlı girdi parametrelerinin bulunması durumunda YSA ve ANFIS yönteminin iyi sonuçlar verdiğini bulmuşlardır. Moghaddamnia ve ark. (2010), günlük buharlaştırmayı tahmin edilmesi için ampirik formüller ile YSA ve ANFIS yöntemlerini karşılaştırmışlar ve bu yöntemlerin ampirik formüllere göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Gümüş ve ark. (2016), çalışmalarında Adana ilinin aylık buharlaştırma değerlerinin tahmininde YSA, ANFIS ve Gen Ekspresyon Programlama (GEP) yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Farklı girdi parametrelerinin ele alındığı tahmin çalışmasında en başarılı modelin ANFIS yöntemi ile oluşturulan model olduğunu belirlemişlerdir. Dünyanın farklı bölgelerinde buharlaştırmayı tahmin edilmesinde yapay zeka yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır.

Literatürdeki bu çalışmalar ışığında kısıtlı meteorolojik verisi bulunan istasyonlarda buharlaştırmayı tahmin edilmesinde yapay zeka yöntemleri başarı ile kullanıldığı için, kısıtlı meteorolojik verisi bulunan Türkiye'nin Güneydoğu bölgesinde yer alan ve Güneydoğu

Anadolu Projesi (GAP) kapsamında önemli bir yere sahip olan Şanlıurfa ve Diyarbakır illerinde bulunan il istasyonlarında tava buharlaşma değerleri, sadece ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak Yapay Sinir Ağları, Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi ve Gen Ekspresyon Programlama yöntemleri yardımıyla tahmin edilmiş bu yöntemler karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı ve Veriler

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu bölgesindeki 550 m yükseklikteki 17270 numaralı Şanlıurfa (37,1608° K, 38,7863° D) ve 674 m yükseklikte bulunan 17280 numaralı Diyarbakır (37,8973° K, 40,2027° D) istasyonlarına ait aylık toplam tava

buharlaşma değerleri (PE), aynı istasyonların aylık ortalama sıcaklık (T) değerlerinin girdi parametresi olarak kullanılması ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında, Şanlıurfa istasyonunun 1978-2017, Diyarbakır istasyonunun ise 1963-2017 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Kullanılan istasyonların tava buharlaşma ve ortalama sıcaklık değerlerine ait bazı istatistiksel bilgiler Tablo 1’de verilmiştir. Buna göre, Şanlıurfa istasyonunda sıcaklık değerleri Diyarbakır istasyonundan yüksek, ancak ortalama ve maksimum buharlaşma değeri Diyarbakır istasyonunda daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Ele alından istasyonların sıcaklık ve buharlaşma değerleri için istatistiksel parametreler

İstasyon	Parametre	Birim	X_{ort}	X_{mak}	X_{min}	S_x	$C_v (S_x/X_{ort})$	C_{sx}
Şanlıurfa	Sıcaklık (T)	°C	24.01	34.80	5.80	6.88	0.29	-0.46
	Buharlaşma (PE)	mm	193.70	460.10	2.00	98.47	0.51	0.17
Diyarbakır	Sıcaklık (T)	°C	21.07	33.30	2.40	7.73	0.37	-0.29
	Buharlaşma (PE)	mm	227.31	625.80	0.90	135.10	0.59	0.23

Yöntem

Tava buharlaşma değerlerinin tahmininde Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network-ANN), Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System -ANFIS) ve Gen Ekspresyon Programlama (GEP) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler ile ilgili detaylı bilgi Gümüş ve ark. (2014) ve Gümüş ve ark. (2016)’da verilmiştir.

Model Performansının Belirlenmesi

Bu çalışmada, Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarına ait aylık toplam tava buharlaşma değerini tahmin etmek için kullanılan modellerin başarısını belirlemek amacıyla denklem (1) ve (2)’de sırasıyla verilen karekök ortalama karesel hata (KOKH) ve belirlilik katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Buna göre N toplam veri sayısı olmak üzere,

$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (PE_{ölçüm} - PE_{tahmin})^2} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (PE_{ölçüm} - PE_{ort.})^2 - \sum_{i=1}^N (PE_{ölçüm} - PE_{tahmin.})^2}{\sum_{i=1}^N (PE_{ölçüm} - PE_{ort.})^2} \quad (2)$$

Şeklinde tanımlanırlar. Burada $PE_{ölçüm}$, ölçülen buharlaşma değerini, PE_{tahmin} ise model sonucunda elde edilen buharlaşma değerini ifade etmektedir.

Bulgular

Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarında ölçülen tava buharlaşma değerleri üç farklı yöntemle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada girdi parametresi olarak sadece ortalama sıcaklık değeri kullanılmıştır. Verilerin yaklaşım %70’ini oluşturan Şanlıurfa istasyonu için 1978-2003, Diyarbakır istasyonu için 1963-2000 yılları arasındaki değerler modelin eğitim

sürecinde, %30'unu oluşturan Şanlıurfa istasyonu için 2004-2017, Diyarbakır istasyonu için 2001-2017 yılları arasındaki değerler ise test sürecinde kullanılmıştır. Test sürecindeki datalar eğitim sürecine dahil edilmemiştir.

Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarındaki tava buharlaşmasının tahmini için oluşturulan modellerin sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan üç metodun da birbirine yakın sonuçlar verdiği, YSA yönteminin iki ilin buharlaşma değerinin tahmininde daha başarılı olduğu, ancak test aşamasında her iki ilin de

buharlaşma değerlerinin tahmininde GEP yönteminin çok az da olsa daha başarılı olduğu görülmüştür. Şanlıurfa istasyonunda eğitim sürecinde en yüksek R^2 değeri 0.909 ile YSA yöntemi ile, test sürecinde ise eğitim sürecinden daha düşük bir değer olan 0.850 değeri ile GEP yöntemi ile elde edilmiştir. Diyarbakır istasyonunda da Şanlıurfa istasyonuna benzer bir sonuç elde edilmiştir. Ancak burada özellikle test sürecinde elde edilen 0.935 R^2 değeri eğitim sürecinde elde edilen değerden fazladır.

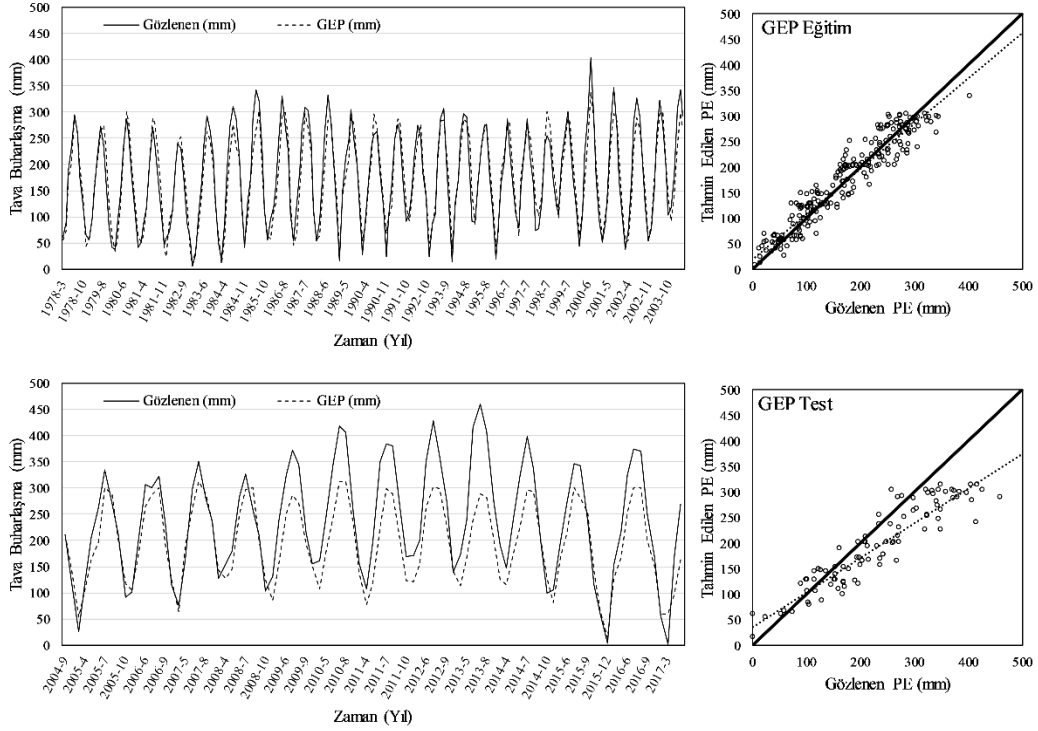
Tablo 2. Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonları için buharlaşmanın tahmininde kullanılan metotlar ve model sonuçları

	EĞİTİM						TEST					
	GEP		ANFIS		YSA		GEP		ANFIS		YSA	
	KOKH	R ²	KOKH	R ²	KOKH	R ²	KOKH	R ²	KOKH	R ²	KOKH	R ²
ŞANLIURFA	27.58	0.904	27.92	0.901	26.79	0.909	60.89	0.850	61.35	0.846	61.40	0.845
DIYARBAKIR	54.51	0.833	53.78	0.836	51.85	0.848	43.5	0.935	43.58	0.933	45.44	0.931

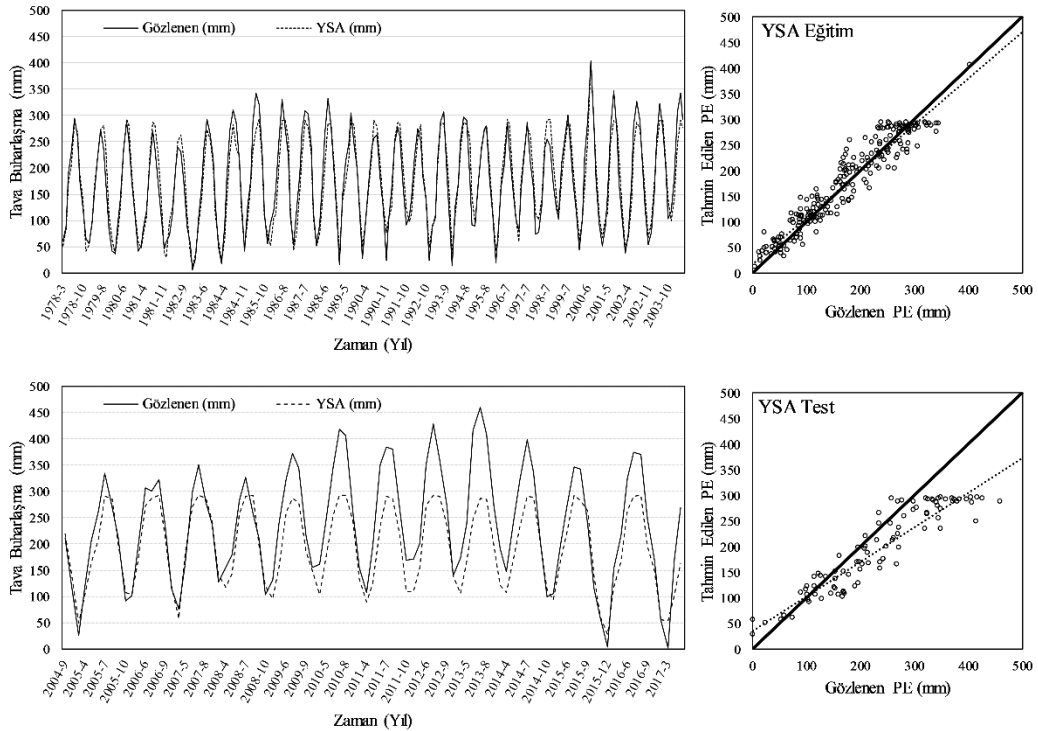
Çalışma kapsamında elde edilen buharlaşma değerleri ile gözlenen buharlaşma değerlerin zamansal dağılımları ve saçılım grafikleri Şanlıurfa istasyonu için Şekil 1-3'te, Diyarbakır istasyonu için Şekil 4-6'da verilmiştir. Şanlıurfa istasyonu için eğitim sürecinde elde edilen değerlerin, gözlenen değerlere oldukça yakın oldukları görülmektedir. Özellikle eğitim sürecinde, en düşük ve en yüksek buharlaşma değerinin tahminin başarılı olduğu görülmektedir. Ancak test sürecinde 2004-2008 yılları arasında modelin başarılı olduğu, 2009-2015 yılları arasında ise olması gereken değerden daha düşük bir buharlaşma değeri belirlenmiştir. 2015-2017 yılları arasında hesaplanan değerler

ise gözlenen değerlere yakınsamaktadır. Şanlıurfa istasyonundan meydana gelen bu durum ele alınan tüm modellerde benzerlik göstermiştir.

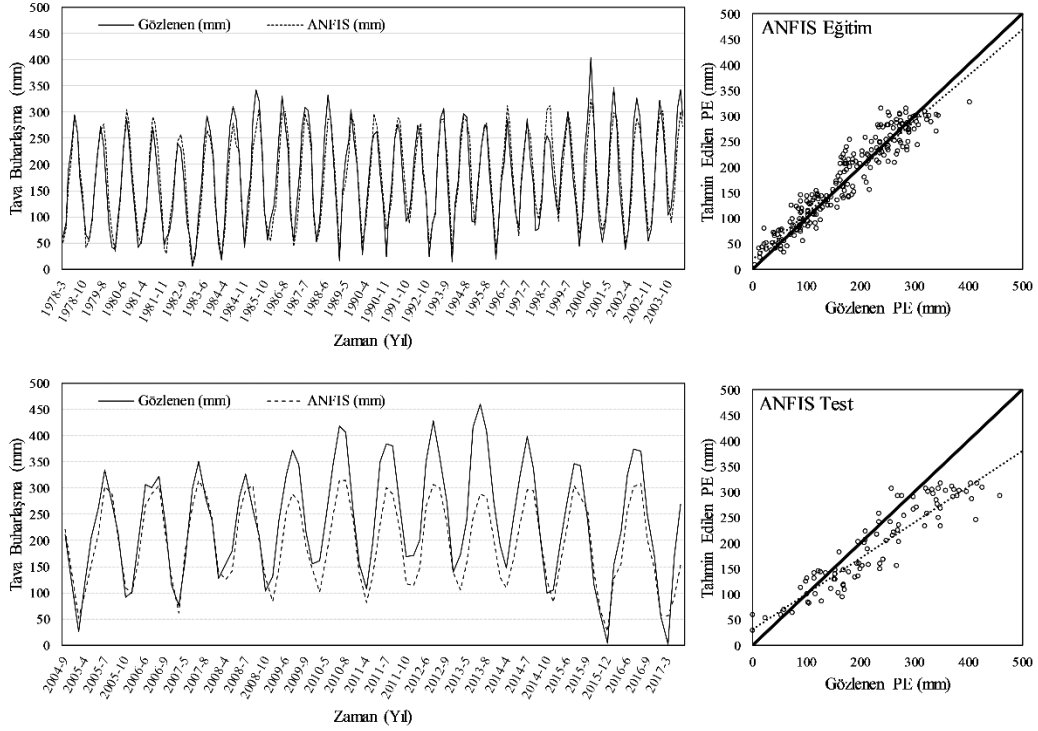
Diyarbakır istasyonunda ise eğitim sürecinde 1970-1975 yılları arasında modellerin en büyük değere yakınsamada eksik kaldığı, yani olması gerekenden daha küçük bir değer hesaplandığı, 1975-2000 yılları arasında ise buharlaşma tahmininde başarılı olduğu görülmektedir. Test sürecinde ise 2003 ve 2008 yılları dışında hesaplanan değerlerin gözlenen değerler ile oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.



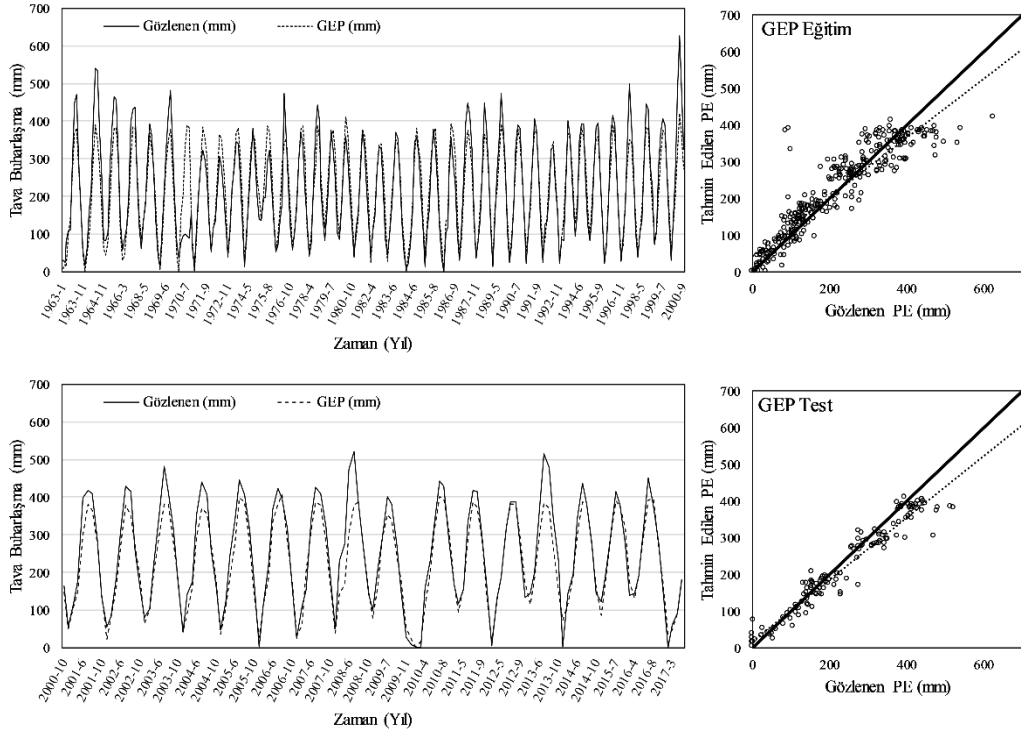
Şekil 1. Şanlıurfa istasyonu için gözlenen ve GEP yöntemi ile tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin dağılımı



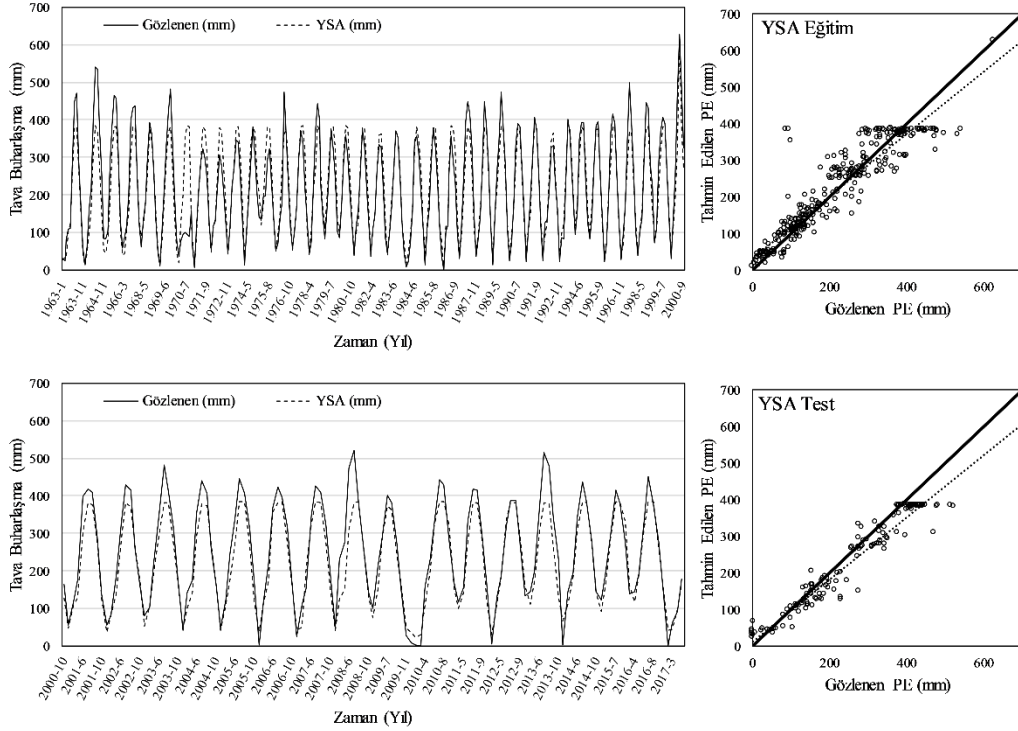
Şekil 2. Şanlıurfa istasyonu için gözlenen ve YSA yöntemi ile tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin dağılımı



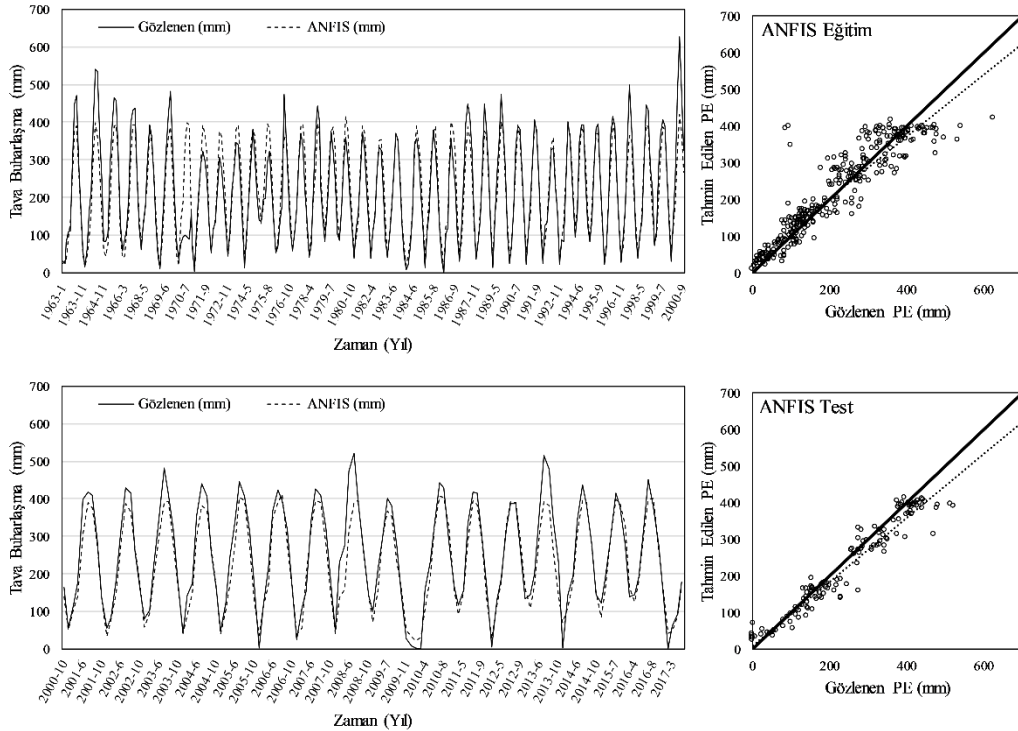
Şekil 3. Şanlıurfa istasyonu için gözlenen ve ANFIS yöntemi ile tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin dağılımı



Şekil 4. Diyarbakır istasyonu için gözlenen ve GEP yöntemi ile tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin dağılımı



Şekil 5. Diyarbakir istasyonu için gözlenen ve YSA yöntemi ile tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin dağılımı



Şekil 6. Diyarbakir istasyonu için gözlenen ve ANFIS yöntemi ile tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin dağılımı

Özellikle sadece ortalama sıcaklık buharlaşma değerlerinin tahminin başarılı olduğu kullanılarak oluşturulan bu modellerin tava anlaşılmalıdır. Ele alınan bu modellerden YSA

ve ANFIS “kara kutu” yöntem olarak anılmakta ve hesaplama adımlarının formüle edilmesi oldukça güç olabilmektedir. Ancak GEP yöntemi ile oluşturulan modellerde, elde edilen formülü açık bir şekilde sunmak mümkün olabilmektedir. Şekil 7 ve Şekil 8’de sırasıyla Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarının GEP yöntemi ile elde edilen “ifade ağacı” (expression tree) görülmektedir. Bu ifade ağaçları formülün

dallanmış hali olarak kabul edilebilir. Bu ifade ağaçlarına göre ortalama sıcaklığın bağımlı değişken olduğu formül ve formüldeki katsayılar şekillerin altında verilmiştir. Burada denklemler arasındaki bağlantı fonksiyonu “+” olarak seçilmiştir.

$\left(e^{\sin(\ln(t*t+t))}\right)^5 + t$	$\ln\left(\left(\sqrt[3]{((c4*t)^t * c1^{c8})^5}\right)^2\right)$	$\ln\left(\left(\cos((c6+t)*\cos(c8))\right)^4 * c9\right)$
	C1 = 6.19067964720603 C8 = -1.66707822478062 C4 = 0.310808960270443	C9 = 1.84583753355118 C6 = 7.47558526261177 C8 = -11.5145207723326

Şekil 7. Şanlıurfa istasyonu için GEP yöntemi ile hazırlanan modelin “ifade ağacı” ve formülü

$(\ln(t)*(c8+t)+t)-\sqrt[3]{t*t}$	$c5+(c7*c2)*(c5+c7)$	$t+(t^{c5}*\ln(t)+ t +t)$
C8 = -1.14474929044465	C5 = -8.33491012298959 C7 = 3.70708334604938	C2 = 1.57811212500381 C5 = 1.18079989013337

Şekil 8. Diyarbakır istasyonu için GEP yöntemi ile hazırlanan modelin “ifade ağacı” ve formülü

Sonuçlar

Bu çalışmada, Şanlıurfa ve Diyarbakır istasyonlarında ölçülen tava buharlaşma değerleri sadece ortalama sıcaklığın girdi parametresi olarak kullanıldığı üç farklı yapay zeka yöntemi ile tahmin edilmiştir. Şanlıurfa istasyonu için 1978-2003, Diyarbakır istasyonu için 1963-2000 yılları arasındaki değerler modelin eğitim sürecinde, Şanlıurfa ve

Diyarbakır istasyonları için sırasıyla 2004-2017 ve 2001-2017 yılları arasındaki değerler ise test sürecinde kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kullanılan üç yöntemin de hem eğitim hem de test sürecinde benzer sonuçlar verdiği ve buharlaşmanın tahmin edilmesinin rahatlıkla kullanılabileceği belirlenmiştir. Ancak GEP yöntemi ile elde edilen sonuçlar çok az da olsa daha iyi çıkmış ve bu yöntem ile elde edilen formüller çalışma kapsamında sunulmuştur.

Kaynaklar

- Abtew W. (2001). Evaporation estimation for Lake Okeechobee in south Florida, *J Irrig Drain Eng.* **127**, 3, 140–7.
- Antonopoulos, V. Z., Gianniou, S. K. ve Antonopoulos, A. V. (2016). Artificial neural networks and empirical equations to estimate daily evaporation: application to lake Vegoritis, Greece, *Hydrological Sciences Journal*, **61**, 14, 2590-2599.
- Choudhury (1999). B.J. Evaluation of empirical equation for annual evaporation using field observations and results from a biophysica model. *J Hydrol.* **216**, 1–2, 99–110.
- Gümüş, V., Şimşek, O., Soydan N.G., Aköz, M.S. ve Yenigün, K. (2016) Adana İstasyonunda Buharlaşmanın Farklı Yapay Zeka Yöntemleri ile Tahmini. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, **7**, 2, 309-318.
- Gümüş, V., Şimşek, O., Soydan, N. G. ve Kavşut M. E. (2014). Estimation of Monthly Pan Evaporation Using Different Artificial Intelligence Methods in Kahramanmaraş Station. *Proceedings*, 11th International Congress on Advances in Civil Engineering, İstanbul-Turkey.
- Hanson CL. (1989). Prediction of Class A pan evaporation in southwest southwest Idaho. *J Irrig Drain Eng.* **115**, 2, 166–71.
- Knapp HV, Yu Y-S. ve Pogge EC. (1984). Monthly evaporation for Milford Lake in Kansas. *J Irrig Drain Eng.* **110**, 2, 138–48.
- McKenzie RS. ve Craig AR. (2001). Evaluation of river losses from the Orange River using hydraulic modelling. *J Hydrol.* **241**, 1–2, 62–9.
- Moghaddamnia, A., Gousheh, M. G., Piri, J., Amin, S. ve Han, D. (2009). Evaporation estimation using artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system techniques. *Advances in Water Resources*, **32**, 1, 88-97.
- Penman HL. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proc Roy Soc London*, **193**, 120–45.
- Romanenko, V. A. (1961). Computation of the autumn soil moisture using a universal relationship for a large area. *Proc. of Ukrainian Hydrometeorological Research Institute*, **3**, 12-25.
- Shiri, J., Dierickx, W. ve Baba, A. P. A., Neamati, S. ve Ghorbani, M. A. (2011). Estimating daily pan evaporation from climatic data of the State of Illinois, USA using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and artificial neural network (ANN). *Hydrology Research*, **42**, 6, 491-502.
- Terzi, Ö. ve Keskin, M. E. (2010). Comparison of artificial neural networks and empirical equations to estimate daily pan evaporation. *Irrigation and drainage*, **59**, 2, 215-225.
- Terzi, Ö., Erol Keskin, M. ve Dilek Taylan, E. (2006). Estimating evaporation using ANFIS. *Journal of irrigation and drainage engineering*, **132**, 5, 503-507.
- Thorntwaite CW. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geograph Rev*, **38**, 55–94.
- Turc L. (1961). Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date. *Ann Agron* **12**, 13–49.
- Warnaka, K. ve Pochop, L. (1988). Analyses of equations for free water evaporation estimates. *Water Resources Research*, **24**, 7, 979-984.

Comparison of ANN, ANFIS and GEP methods in temperature-based evaporation estimation in Şanlıurfa and Diyarbakır stations

Extended abstract

Evaporation is one of the main components of the hydrological cycle and plays an important role in the efficiency of water resources management. In many applications, including design of irrigation system, hydrological modeling and irrigation planning, evaporation emerges as an important event. Parameters such as atmospheric pressure, temperature, wind speed, relative humidity, sunshine duration and global solar radiation affect to the evaporation. Due to the dependence of evaporation on so many parameters, calculation and accurate estimation are quite difficult. In addition, the evaporation estimate is also important for the measurement, management and monitoring of water resources. Especially in dam lakes or design of irrigation systems, evaporation emerges as the main factor.

Evaporation is an important parameter for all water sources and directly affects the amount of water consumption of the evaporation plants, the efficiency of the basins, the capacities of the reservoirs and the size of the pumping stations. Although the empirical methods proposed in the literature for estimating evaporation are available, their performance is unsatisfactory due to the complexity of the evaporation process and the limited data used in empirical formulas. For this reason, the pan evaporation values of Şanlıurfa and Diyarbakır stations are estimated by using only the mean temperature values by employing the methods of Artificial Neural Networks (ANN), Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Gene Expression Programming (GEP). At the outset process of modelling, 70% of data is used for training and the rest is left out for testing process. For Şanlıurfa station the data between 1978-2003 and for the Diyarbakır station the data between 1963-2000 are used for training process. Additionally, the data between 2004-2017 and 2001-2017 are used for the testing process for Şanlıurfa and Diyarbakır stations, respectively. The data utilized in the training process are not used in the testing process.

In this study, it is stated that only the monthly mean temperature data are used to predict the pan evaporation data.

ANN and ANFIS are referred to as "black box" methods and it is very difficult to formulate the calculation steps. However, in the models created with the GEP method, it is possible to present the obtained formula clearly. The "expression tree" obtained with the GEP method of Şanlıurfa and Diyarbakır stations. These expression trees can be regarded as a branched form of formula. These expressions are given under the formulas in the formulas and formulas that the mean temperature dependent variable is according to the trees. The linking function between the equations is chosen as "+".

According the results, the values obtained in the training process for Şanlıurfa station are very close to the observed values. Especially in the training process, the lowest and the highest evaporation values are estimated accurately. In the test process, the evaporation values of the model are determined near to the observed data between 2004-2008. However, the model provides the evaporation values lower than the observed values for the period of 2009 and 2015. The data calculated between the years of 2015-2017 are close to the observed values.

In the Diyarbakır station, it is observed that the models are failed to estimate the high evaporation value for the period of 1970-1975, but the models sufficiently estimate the low evaporation values. The evaporation model for the Diyarbakır stations provides adequate estimation for the years between 1975-2000. In the test process, it is appeared that the calculated values excepting the period of 2003 and 2008 are determined near to the observed values.

All of the methods used in the evaporation estimation provide sufficient results in spite of the limited data considered and it is revealed that the GEP method slightly procures better results compared to the considered methods. The formula obtained by the GEP method is presented to estimate the monthly evaporation values for the stations.

Keywords: Monthly evaporation, artificial intelligence methods, Şanlıurfa, Diyarbakır