

Adana istasyonunda buharlaşmanın farklı yapay zeka yöntemleri ile tahmini

Veysel GÜMÜŞ*¹ Oğuz ŞİMŞEK² N. Göksu SOYDAN² M. Sami AKÖZ² Kasım YENİGÜN¹

¹ Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

² Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana

Makale Gönderme Tarihi: 08.10.2015

Makale Kabul Tarihi: 15.06.2016

Öz

Buharlaşma, hidrolojik ve meteorolojik çalışmalarda önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmakta ve buharlaşma tahmininin doğru yapılması ise su kaynaklarının geliştirilmesi, kontrol edilmesi ve yönetimi gibi çeşitli amaçlar için önem arz etmektedir. Son yıllarda, yapay zeka yöntemleri kullanan araştırmacılar arasında, hidroloji ve su kaynakları yönetimi konusu giderek daha popüler hale gelmektedir. Bu çalışmada, aylık ortalama buharlaşma tahminini elde etmek için Yapay Sinir Ağı (YSA), Bulanık Mantık Yapay Sinir Ağı (ANFIS) ve Gen Ekspresyon Programlama (GEP) yöntemleri kullanılmıştır. Aylık ortalama sıcaklık (Co), nem (%), rüzgar hızı (m/s), basınç (hPa), güneşlenme şiddeti (cal / cm²) ve güneşlenme süresi (saat) iklimsel verileri kullanılarak, Adana istasyonundaki aylık ortalama buharlaşma tahmin edilmiştir. Farklı girdi parametreleri kombinasyonları oluşturularak, YSA, ANFIS ve GEP metotları kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde, kullanılan tüm metotların buharlaşma tahmininin kabul edilebilir derecede başarılı olduğu ancak ANFIS metodunda 6 girdili kombinasyonun, oluşturulan tüm modeller içerisinde en başarılı sonucu verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Adana istasyonu, ANFIS, Buharlaşma tahmini, GEP, YSA

Giriş

Su moleküllerinin su fazından buhar fazına geçmesi olayına buharlaşma denir. Buharlaşma hidrolojik çevrimin en temel bileşenidir ve solar radyasyon, sıcaklık, rüzgar hızı, bağıl nem, atmosferik basınç ve çevresel faktörlerin fonksiyonudur. Buharlaşmanın çok fazla parametreye bağılı olmasından dolayı, doğru tahmini oldukça zor ve önemlidir. Ancak buharlaşmanın tahmini su kaynaklarının izlenmesi, ölçülmesi ve yönetimi için önemlidir. Sulama planlaması, nehir akışı tahmini, hidrolojik modelleme ve sulama sistemi tasarımı da dahil olmak üzere pek çok uygulamada buharlaşma önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Buharlaşma, genellikle elde mevcut olarak bulunan meteorolojik verilerin girdi olarak kullanıldığı belirli yöntemler ile tahmin edilebilmektedir. Geçmişte birçok araştırmacı iklimsel verilerin kullanılması ile buharlaşma tahminine dayalı çalışmalar yapmışlardır (Kumar ve ark., 2008; Trajkovic ve Kolakovic, 2009; Shiri ve Kişi, 2011; Tabari ve ark., 2012).

Son yıllarda yapay sinir ağıları, günlük ve aylık buharlaşma oranlarını modellemek için etkili bir yol olarak ve başarıyla uygulanmaktadır (Kişi, 2006; AYTEK, 2009; Güldal ve Tongal, 2010; Cobaner, 2011). Kolay uygulanışı, basit mimarisi ve verdiği şaşırtıcı olumlu sonuçlar nedeniyle yapay sinir ağıları, hidroloji ve su kaynakları mühendisliğinde umut verici bir araştırma yöntemi haline gelmektedir. Terzi ve Keskin (2005), Eğirdir Gölü'ndeki meteorolojik verilerle günlük buharlaşma tahmini yapmak için yapay sinir ağıları yöntemini kullanmışlardır. YSA modelini kullanarak elde ettikleri buharlaşma tahminlerini Penman modeli sonuçları ile karşılaştırmışlar ve YSA ile elde ettikleri tahminlerin daha başarılı olduğunu belirlemişlerdir. Doğan ve ark., (2007), ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı (İBGYYSA) ve radyal tabanlı yapay sinir ağı (RTYSA) modellerini kullanarak farklı girdi parametreleri ile Sapanca Gölü için günlük buharlaşma miktarı tahmini yapmışlardır ve elde ettikleri sonuçları Penman-Monteith (PM) modeli ile elde edilen sonuçlarla

karşılaştırmışlardır. Kişi ve Afşar (2010), Kayseri, Kırşehir, Nevşehir ve Yozgat illerindeki günlük buharlaşma tahmini için dört istasyondan alınan meteorolojik verileri kullanmışlardır. Çok katmanlı yapay sinir ağıları (ÇKYSA), RTYSA, genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağıları (GRYSA), bulanık mantık yapay sinir ağı (ANFIS) ve çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) metodlarını kullanarak farklı girdi parametreleri ile yaptıkları çalışma sonucunda RTYSA'nın diğer metodlara göre daha başarılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Terzi (2013), Türkiye'nin güney doğusunda bulunan Eğirdir gölünün günlük buharlaşma tahmini farklı girdi parametreleri kullanarak gen ekspresyon programlama (GEP) ve ANFIS metodları ile tahmin etmişlerdir. Farklı girdi kombinasyonları ile yaptıkları çalışmada GEP modelinin ANFIS'e göre daha başarılı olduğu sonucuna varmışlardır. Shiri ve ark., (2014), Amerika'da 6 farklı hava istasyonlarında elde ettikleri günlük iklimsel verileri kullanarak buharlaşma tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında konumsal ve zamansal veri tarama teknikleri yardımıyla buharlaşma tahmini yaparak GEP modelinin başarısını değerlendirmişlerdir. Aynı zamanda GEP modeli kullanarak elde ettikleri günlük buharlaşma tahminlerini ampirik fiziksel model sonuçları ile karşılaştırmışlar ve GEP modelinin kullanılan diğer modele göre daha başarılı olduğu sonucunu rapor etmişlerdir.

Günümüzde yapay sinir ağıları, modellenmesi zor ve karmaşık olan ilişkileri kolaylıkla çözümlenebildiğinden yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, 17351-Adana meteorolojik istasyonunda iklimsel verilere bağılı aylık ortalama buharlaşma tahmini, YSA, ANFIS ve GEP yöntemleri kullanılarak modellenmiştir. Buharlaşma tahmininde, 22 yıllık (1986-2008) aylık ortalama sıcaklık, nem, rüzgar hızı, atmosfer basıncı, güneşlenme şiddeti ve güneşlenme süresi kullanılmıştır. Farklı tahmin metodlarından elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmış ve en başarılı yöntem elde edilmeye çalışılmıştır. Adana istasyonu için meteorolojik verilerin %70 eğitim periyodunda geriye kalan %30 ise test periyodu için kullanılmıştır.

Materyal

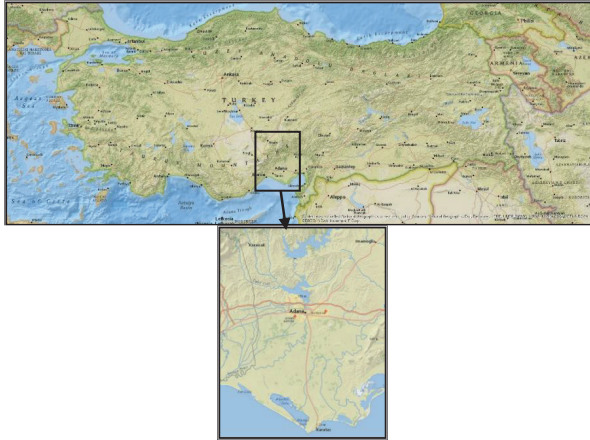
Bu çalışmada, Şekil 1 de verilen, Türkiye'nin güneyinde Akdeniz ikliminin görüldüğü, deniz seviyesinden 23 m yükseklikte bulunan, 37,0041 K enlemi ve 35,3443 Doğu boylamı üzerinde yer alan, Türkiye Meteoroloji Müdürlüğü tarafından yönetilmekte olan 17351-Adana istasyonuna ait 22 yıllık (1986-2008) meteorolojik veriler kullanılmıştır. Bu istasyona ait aylık ortalama sıcaklık (S), nem (N), rüzgâr hızı (R), atmosfer basıncı (B), güneşlenme şiddeti (GŞ) ve güneşlenme süresi (GS) değerleri farklı kombinasyonlar ile girdi parametresi olarak düzenlenerek, bu istasyona ait aylık ortalama buharlaşma değerleri üç farklı yöntem ile tahmin edilmiştir.

İklimsel verilere dayalı aylık ortalama buharlaşmanın tahmininde genetik algoritmayla

programlama (GEP), bulanık yapay sinir ağı (ANFIS), yapay sinir ağı (YSA-ANN) modelleri kullanılmıştır. Bu istasyona ait 22 yıllık verinin ilk 16 yılına ait veriler modellerin eğitim periyodunda, geriye kalan son 5 yıllık veriler ise modellerin test aşamasında kullanılmıştır. Tablo 1'de, Adana istasyonuna ait aylık ortalama iklimsel verilere ait istatistik parametreler verilmiştir. Tablo da yer alan X_{ort} , X_{mak} , X_{min} , S_x , C_v , C_{sx} ve C_{or} parametreleri sırasıyla ortalama, maksimum, minimum değeri, standard sapma, varyansı, çarpıklık katsayısını ve buharlaşma ile korelasyon katsayısını temsil etmektedir. Tablo 1 incelendiğinde buharlaşma ile en düşük korelasyonun sırasıyla nem ve rüzgar hızı ile olduğu, en yüksek ilişkinin ise sıcaklık ile olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Adana istasyonu için aylık hava veri setlerinin istatistiksel parametreler

Adana İstasyonu								
Parametre	Birim	X_{ort}	X_{mak}	X_{min}	S_x	$C_v(S_x/X_{ort})$	C_{sx}	C_{or}
Sıcaklık	°C	19.16	30.7	6.8	7.10	0.37	-0.04	0.93
Nem	%	66.68	80.10	46.4	6.72	0.10	-0.43	0.12
Rüzgar Hızı	m/s	1.28	2.3	0.1	0.39	0.31	-0.35	0.22
Basınç	hPa	1010.28	1021.0	1000.6	4.67	0.00	-0.04	-0.88
Güneşlenme şiddeti	cal/cm ²	11002.87	19548.3	3855	4178.01	0.38	0.00	0.89
Güneşlenme süresi	saat	222.05	360.7	70.4	70.03	0.32	0.07	0.91
Buharlaşıma	mm	4.37	9.60	1.0	2.33	0.53	0.36	1.00



Şekil 1. Çalışma alanı

Metotlar

Yapay sinir ağları (YSA)

Yapay sinir ağları kavramı beynin çalışma prensibine dayalı bilgisayar simülasyonları yapma fikri ile ortaya çıkmıştır. İlk çalışmalar, beyni oluşturan nöronların matematiksel model oluşturulması şeklinde yapılmıştır. Yapay sinir ağları denilen alan, yapısal fonksiyonun gerçekleştirilebilmesi için birçok nöronun belirli bir biçimde bir araya getirilmesi ile oluşur. Farklı ağlar ile bağlantılı birçok işleme unsurlardan oluşan yapay sinir ağları, kütesel paralel sistemlerdir. Yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılan yapay sinir ağı yöntemi geri yayılım prensibine dayanır. YSA hakkında daha fazla bilgi Haykin (1994)'den elde edilebilir.

Bulanık mantık yapay sinir ağları (ANFIS)

Bulanık Yapay Sinir Ağları , ilk olarak Jang (1993) tarafından geliştirilmiştir. ANFIS, yapay sinir ağı (YSA) ile bulanık mantık sisteminin (FIS) kombine edilmiş halidir. Giriş ve çıkış verileri arasındaki ilişkiyi elde etmek ve üyelik fonksiyonunu belirlemek için eğitim süreci için nöral şebekenin öğrenme algoritmaları kullanır (Wu ve ark., 2009). Bir üyelik fonksiyonu (Membership Function), giriş alanında herhangi noktanın 0 ile 1 arasında bir üyelik değeri ile (veya üyelik derecesi) nasıl eşleştirildiğini tanımlayan bir eğridir. Bir üyelik fonksiyonu oluşturulurken, ANFIS iki metot takip eder. Öncelikle tüm parametreler için bir geri yayılımı kullanır, daha sonra girdi parametreleri ile ilişkili üyelik fonksiyonu için geri yayılımın kombinasyonun bir metodunu ve çıktı üyelik fonksiyonları (MFs) ile ilişkili ilgili parametreler için en küçük kareler yöntemini kullanır. Temelde ANFIS, nöral öğrenme yetenekleri ile donatılmış Sugeno tipi bulanık sistemlerin bir ağ modelidir. Bu çalışmada, Gauss üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Analizler Matlab adlı matematiksel programı yardımıyla yapılmıştır. ANFIS hakkında daha fazla bilgi Jang (1993)'de bulunabilir.

Gen ekspresyon programlama (GEP)

Gen ekspresyon programlama (GEP), genetik algoritma (GA) ve genetik programlama (GP) da

olduğu gibi, genetik bireylerin nüfusunu kullanan, onları uygunluklarına göre seçen ve bir veya daha fazla genetik operatör kullanarak genetik varyasyonu tanıtan bir yöntemdir. Bu üç yöntem arasındaki temel fark; genetik algoritmada, girdiler doğrusal ve sabit uzunluktadır, genetik programlamada girdiler doğrusal değildir ve farklı uzunluk ve şekillerdedir, genetik ekspresyon programlama da ise girdiler öncelikle sabit uzunlukta olarak kodlanır daha sonra şekilleri ve boyutları doğrusal olmayacak şekilde tanımlanır (Ferreira, 2001). GEP gibi sistemlerin uygulamadaki avantajları doğaları gereği açık bir yapıya sahip olmalarıdır. Ancak bunların içerisinde en önemlileri; kromozomların, basit, lineer kompakt, nispeten küçük ve kolayca işlenebilir (yeniden birleşim, mutasyon ve çoğalma) olmasıdır. Bunun yanında GEP modelinin diğer veri odaklı tekniklere (YSA, ANFIS) göre güçlü noktalarından birisi de fiziksel fenomenleri yöneten ilişkiler arasındaki açık formülleri üretebilmesi kabiliyetidir (Kisi ve ark., 2012). GEP modelinin araştırmalarında yapılacak olan ilk adım bağıl hata, mutlak hata veya korelasyon sayısı gibi bir uygunluk fonksiyonunun seçilmesidir. Bu çalışmada buharlaşmanın modellenmesinde karekök ortalama karesel hata uygunluk fonksiyonu uygulanmıştır.

Bulgular

Tablo 2'de verilen üç farklı girdi durumu için Adana istasyonuna ait aylık ortalama buharlaşma tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Tabloda bulunan S, N, R, B, GŞ, GS ifadeleri sırasıyla aylık ortalama sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, atmosfer basıncı, güneşlenme şiddeti ve güneşlenme süresini temsil etmektedir. Aylık ortalama buharlaşmanın modellenmesinde toplam veri sayının %70'i (1986-2003) eğitim sürecinde, %30'u (2003-2008) ise test sürecinde kullanılmıştır.

Bu çalışmada, Adana istasyonuna ait aylık ortalama buharlaşmayı tahmin etmek için kullanılan modellerin başarısını belirlemek için niceliksel kriter olarak denklem (1) ve (2)'de sırasıyla verilen karekök ortalama karesel hata (KOKH) ve belirlilik katsayısı (R^2) kullanılmıştır.

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

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

Denklem (1) ve (2)'de bulunan N , toplam veri sayısını, $Q_{ölçüm}$, gözlenen buharlaşma değerini, Q_{tahmin} ise kurulan modellerle tahmin edilen buharlaşma değerini ifade etmektedir. KOKH değerinin 0'a, R^2 değerinin ise 1'e yakın olması, tahmin edilen değer kuvvetli biçimde doğruya yakınsadığını göstermektedir. Adana istasyonu için elde edilen eğitim ve test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda kalın olarak görülen değerler kullanılan metotlarda test sürecinde en iyi sonucun elde edildiği modelleri ifade etmektedir. Tablo 2 incelendiğinde, YSA metodu

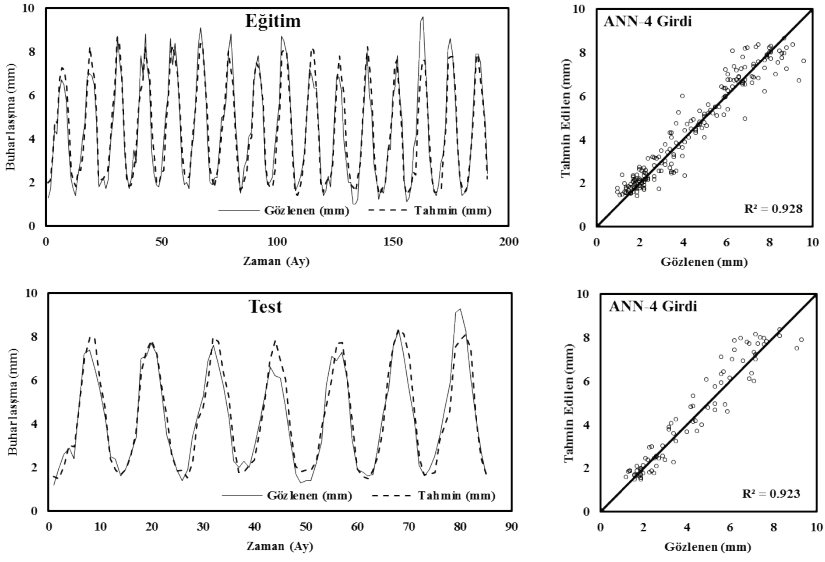
için 4 girdi parametresinin kullanıldığı modelin test sürecinde diğer girdi kombinasyonlarına göre buharlaşmayı tahmin etmekte karekök ortalama karesel hata ve belirlilik katsayısı kriterlerine göre daha başarılı olduğu görülmektedir. ANFIS ve GEP metotları için ise 2 ve 4 girdi parametresinin kullanıldığı modellerin buharlaşmayı tahmin etmekte 6 girdili modele göre daha başarısız olduğu test sürecine ait sonuçlardan anlaşılmaktadır. Tablo 2'deki sonuçların değerlendirilmesinden, YSA metodu ile oluşturulan modellerde, güneşlenme şiddeti ve güneşlenme süresinin buharlaşmanın tahmininde olumlu bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Sıcaklık ve nemin kullanıldığı model durumunda en düşük R^2 değerinin elde edildiği ve girdi olarak rüzgâr hızı ve atmosfer basıncının eklenmesi ile oluşturulan 4 girdili model ile yapılan buharlaşma tahmininde en yüksek R^2 değerine ulaşıldığı görülmektedir.

Tablo 2. Buharlaşmanın tahmininde kullanılan metotlar ve model sonuçları

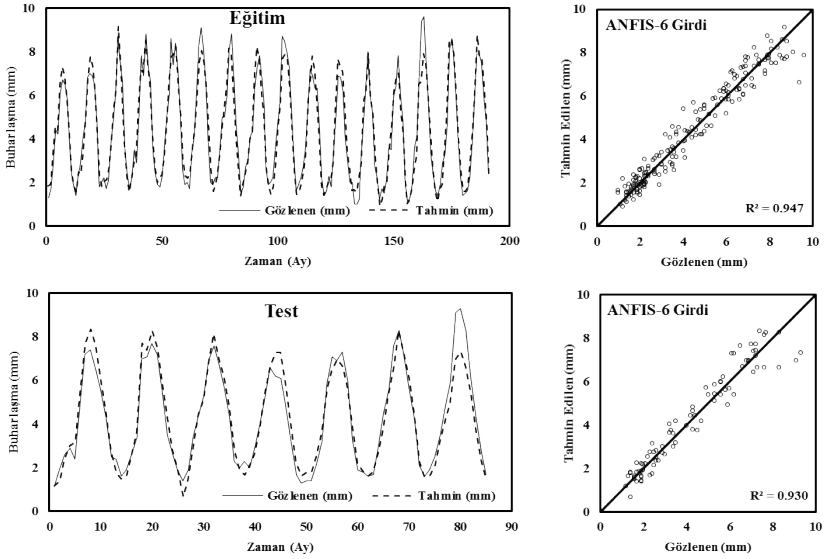
Model	Girdi	Eğitim		Test	
		KOKH	R ²	KOKH	R ²
YSA	S ve N	0.797	0.886	0.792	0.880
	S, N, R, B	0.634	0.928	0.653	0.923
	S, N, R, B, GŞ, GS	0.466	0.961	0.664	0.918
ANFIS	S ve N	0.851	0.870	0.836	0.870
	S, N, R, B	0.666	0.920	0.631	0.924
	S, N, R, B, GŞ, GS	0.545	0.947	0.600	0.930
GEP	S ve N	0.798	0.886	0.774	0.887
	S, N, R, B	0.750	0.899	0.723	0.897
	S, N, R, B, GŞ, GS	0.539	0.948	0.616	0.926

ANFIS ve GEP metotları ile oluşturulan modellerin sonuçlarının birbiri ile paralel olduğu ve girdi parametre sayısının artması ile R^2 değerlerinin arttığı ve KOKH değerlerinin ise azaldığı, yani diğer bir deyişle 6 girdinin kullanıldığı modelin en başarılı model olduğu tespit edilmiştir. YSA, ANFIS ve GEP metotlarının karşılaştırılmasından test sürecine göre aylık ortalama buharlaşma tahmini en başarılı şekilde ANFIS metodunun 6 girdili modeli ile elde edildiği sonucuna varılmıştır. Kullanılan metotlar sonuçlarının birbirine yakın

olması buharlaşmanın tahmininde bu üç modelinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği söylenebilir. Şekil 2, 3 ve 4'de sırasıyla, Adana istasyonunun YSA, ANFIS ve GEP metotları ile eğitim ve test dönemine ait buharlaşma tahmini ve saçılım diyagramları verilmiştir. Şekiller, kullanılan metotlara ait test periyodunda en büyük R^2 değerine sahip girdi modellerinin göstermektedir. Şekillerden, test periyodunda YSA metodu kullanılarak maksimum R^2 değeri 0,923, ANFIS metodu kullanılarak 0,930 ve GEP metodu kullanılarak ise 0,926 olarak elde edildiği

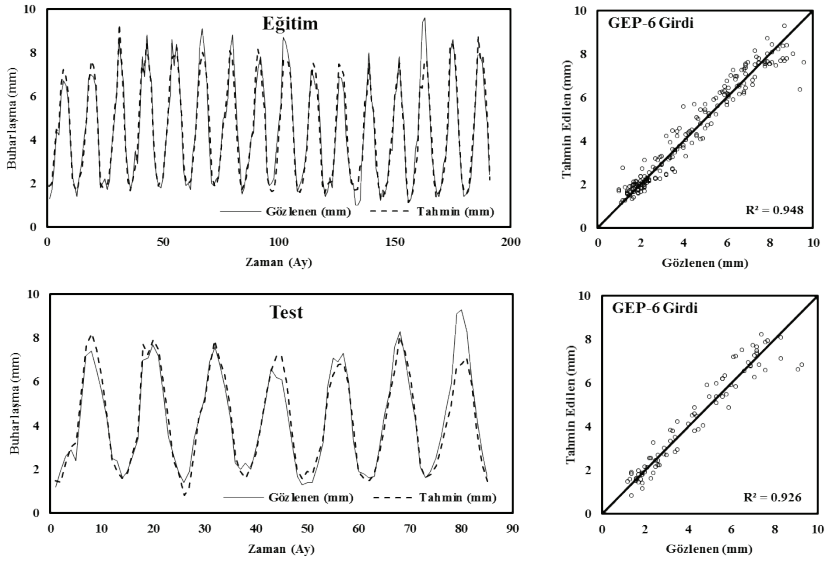


Şekil 2. Adana istasyonunun eğitim ve test dönemine ait YSA metodu ile buharlaşma tahmini ve saçılım diyagramı

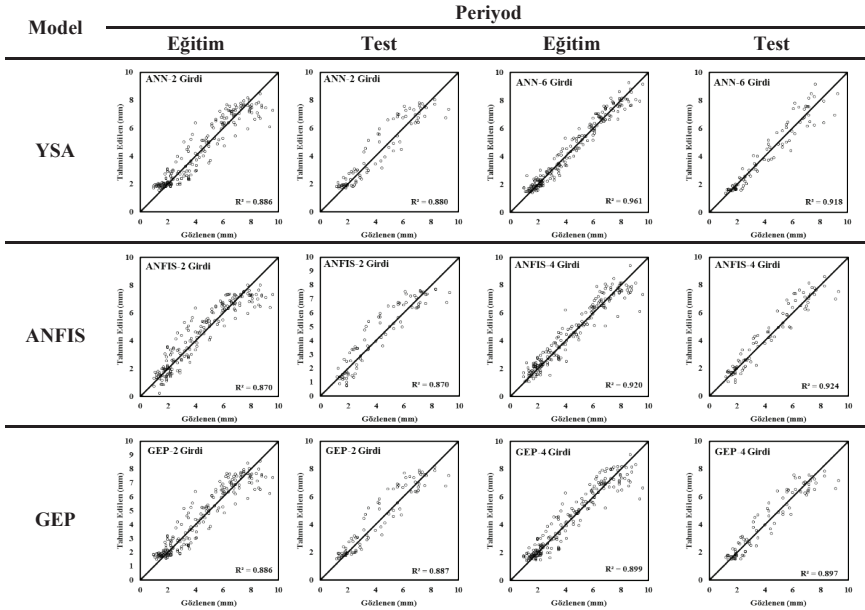


Şekil 3. Adana istasyonunun eğitim ve test dönemine ait ANFIS metodu ile buharlaşma tahmini ve saçılım diyagramı

Adana İstasyonunda Buharlaşmanın Farklı Yapay Zeka Yöntemleri İle Tahmini



Şekil 4. Adana istasyonunun eğitim ve test dönemine ait GEP metodu ile buharlaşma tahmini ve saçılım diyagramı



Şekil 5. Eğitim ve test sürecinde gözlenen ve tahmin edilen buharlaşma değerlerinin saçılım diyagramları

görülmektedir. Şekil 5 ise test periyodunda en büyük R^2 değerleri dışında oluşturulan girdi modellerinin saçılımını vermektedir. Sonuçlardan genel olarak, ANFIS metodunda 2 girdi parametresinin kullanıldığı model, tüm sonuçlar arasında test sürecinde en küçük R^2 ve en büyük KOKH değerine sahiptir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, Adana meteorolojik istasyonuna ait iklimsel verilerin aylık ortalama değerleri kullanılarak buharlaşma tahmini yapılmıştır. Buharlaşmanın tahmininde YSA, ANFIS ve GEP metotları kullanılmıştır. Buharlaşma, aylık ortalama sıcaklık (S), nem (N), rüzgâr hızı (R), atmosfer basıncı (B), güneşlenme şiddeti (GŞ) ve güneşlenme süresi (GS) değerleri 2, 4 ve 6 girdili kombinasyonlar oluşturularak tahmin edilmiştir. İstasyona ait 22 yıllık verilerin, 1986-2003 yıllarındaki kısmı eğitim sürecinde, 2003-2008 yıllarına ait kısmı ise test sürecinde kullanılmıştır. Eğitim ve test periyotlarına ait sonuçlar incelendiğinde, R^2 ve KOKH değerlerine göre, YSA metodunda aylık ortalama sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve atmosfer basıncı iklimsel parametrelerin kullanıldığı 4 girdili modelin en başarılı olduğu, ANFIS ve GEP metotlarında ise 4 girdili modele güneşlenme şiddeti ve güneşlenme süresi parametrelerinin eklenmesi ile oluşturulan 6 girdili modelin daha başarılı olduğu belirlenmiştir. YSA, ANFIS ve GEP metotlarının test sürecinde elde edilen R^2 ve KOKH değerlerinin karşılaştırılmasından ANFIS metodunda 6 girdili modelin en başarılı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ele alınan tüm yöntemlerin buharlaşma tahmininde başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

Aytek A., "Co-active neurofuzzy inference system for evapotranspiration modeling." *Soft Computing*, 13(7), 691-700, 2009.

Cobaner M., "Evapotranspiration estimation by two different neuro-fuzzy inference systems." *Journal of Hydrology*, 398(3), 292-302, 2011.

Doğan E., Işık S., Sandalcı M., "Günlük Buharlaşmanın Yapay Sinir Ağları

Kullanarak Tahmin Edilmesi." *İMO Teknik Dergi*, 271, 4119-4131, 2007.

Ferreira, C., "Gene expression programming: a new adaptive algorithm for solving problems." *Complex Syst.*, 13(2), 87-129, 2001.

Güldal, V., Tongal, H., "Comparison of recurrent neural network, adaptive neuro-fuzzy inference system and stochastic models in Eğirdir Lake Level Forecasting." *Water resources management*, 24(1), 105-128, 2010.

Haykin, S., *Neural networks: a comprehensive foundation*, Prentice Hall PTR, 1994.

Jang, J.S., "ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system." *Systems, Man and Cybernetics*, IEEE Transactions on, 23(3), 665-685, 1993.

Kisi, O., Shiri, J., Nikoofar, B., "Forecasting daily lake levels using artificial intelligence approaches." *Computers & Geosciences*, 41, 169-180, 2012.

Kişi, Ö., "Daily pan evaporation modelling using a neuro-fuzzy computing technique." *Journal of hydrology*, 329(3), 636-646, 2006.

Kişi, Ö., Afşar, S., "Yapay Sinir Ağı ve Bulanık-Yapay Sinir Ağı Yöntemleri Kullanılarak Tava Buharlaşma Tahmini." *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 45-51, 2010.

Kumar, M., Bandyopadhyay, A., Raghuvanshi, N., Singh, R., "Comparative study of conventional and artificial neural network-based ETo estimation models." *Irrigation Science*, 26(6), 531-545, 2008.

Shiri, J., Kişi, Ö., "Application of artificial intelligence to estimate daily pan evaporation using available and estimated climatic data in the Khozestan Province (South Western Iran)." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137(7), 412-425, 2011.

Shiri, J., Marti, P., Singh, V. P., "Evaluation of gene expression programming approaches for estimating daily evaporation through spatial and temporal data scanning." *Hydrological Processes*, 28(3), 1215-1225, 2014.

Tabari, H., Talae, P. H., Abghari, H., "Utility of coactive neuro-fuzzy inference system for pan evaporation modeling in comparison with multilayer perceptron." *Meteorology and*

- Atmospheric Physics, 116(3-4), 147-154, 2012.
- Terzi, Ö., "Daily pan evaporation estimation using gene expression programming and adaptive neural-based fuzzy inference system." *Neural Computing and Applications*, 23(3-4), 1035-1044, 2013.
- Terzi, Ö., Keskin, M. E., "Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanılarak Günlük Tava Buharlaşma Tahmini." *İMO Teknik Dergi*, 243, 3683-3693, 2005.
- Trajkovic, S., Kolakovic, S., "Comparison of simplified pan-based equations for estimating reference evapotranspiration." *Journal of irrigation and drainage engineering*, 136(2), 137-140, 2009.
- Wu, J.D., Hsu, C.C., Chen, H.C., "An expert system of price forecasting for used cars using adaptive neuro-fuzzy inference." *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7809-7817, 2009.

Estimation of Monthly Pan Evaporation Using Different Artificial Intelligence Methods in Adana Station

Extended abstract

Evaporation is a primary process of water and heat loss for most of lakes and therefore a main component in both their energy and water budgets. Accurate estimation of evaporation is necessary for water and energy budget studies, water quality surveys, water management and planning of hydraulic constructions.

Evaporation is emerging as an important parameter in hydrological and meteorological studies and also it is important to estimate evaporation correctly for the development, controlling and management of the water resources. In recent years, artificial intelligence methods are becoming more popular among the researchers in hydrology and water resources management. In this study, Artificial Neural Network (ANN), Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems (ANFIS) and Gene Expressing Programming (GEP) were used to obtain the estimated monthly average evaporation. Using climatic data of monthly average temperature (°C), humidity (%), wind speed (m/s), pressure (hPa), solar radiation (cal / cm²) and sunshine duration (hours), the average monthly pan evaporation in Adana station was estimated. Creating different combinations of input parameters the results obtained from ANN, ANFIS and GEP were compared. According to the result obtained from different methods, all methods were found to be successful in estimating the evaporation but ANFIS method with 6 input combination is determined to be most successful in all models created.

Keywords: Adana Station, Estimation of Evapotranspiration, ANN, ANFIS, GEP,