



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0132

ENGINEERING SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Fatih Üneş

Hakan Varçin

Kazım Kadir Dindar

Mustafa Kemal University

funes@mku.edu.tr

hvarcin@mku.edu.tr

Hatay-Turkey

**YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMI İLE TAHTAKÖPRÜ BARAJINDAKİ AYLIK BUHARLAŞMA
TAHMİNİ**

ÖZET

Bu çalışmada, Tahtaköprü barajındaki aylık buharlaşma miktarının tahmini, Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu kullanılarak araştırılmıştır. Bu sonuçlara göre; baraj haznesi aylık buharlaşma miktarının tahmininde kullanılan YSA model çözüm sonuçları, klasik yöntemlerle kıyaslandığında daha iyi bir yaklaşım vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları (YSA), Baraj Haznesi,
Buharlaşma, Çoklu-Lineer Regresyon (MLR),
Oto-regresif Model (AR(p))

**THE ESTIMATION OF THE AMOUNT OF THE MONTHLY VAPORATION AT THE DAM OF
TAHTAKÖPRÜ WITH THE APPROACH OF THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

ABSTRACT

In this study the estimation of the amount of the monthly evaporation is investigated by the method of Artificial Neural Networks (ANN). According to these results; the analytical results of ANN model have given a better approach as compared to the classical methods that are used in the past on the amount of the monthly evaporation of the dam's reservoir.

Keywords: Artificial Neural Network (ANN), Dam Reservoir,
Evaporation, Multi-linear Regression,
Autoregressive Models (AR(p))

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeryüzünde canlıların yaşaması için suyu kullanmak ve kontrol altına almak insanlığın önemli ilgi alanlarından biri olmuştur. Bu nedenle de insanlar, suyun özelliklerini tanımak, hareketini yöneten kanunları belirlemek, oluşturabileceği tehlikeleri önlemek ve sudan en iyi şekilde yararlanmak istemişlerdir.

Yerkürede suyun çevrimini, dağılımı, fiziksel ve kimyasal özellikleri, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini incelemek hidrolojinin konusu olmuştur. Suyun kullanımı ve değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalarda inşaat mühendisleri, hidroloji bilimi ile birlikte hareket etmek suretiyle barajlar inşa etmişlerdir. Bir akarsu vadisini kapatan ve arkasında su biriktiren; enerji üretimi, içme suyu, sulama suyu temini ve akarsuların düzenlenmesi gibi pek çok gayeye hizmet eden barajlar ekonomik faydası olmasının yanı sıra, büyük yatırım gerektiren yapılardır. Günümüzde birkaç yüz metre yükseklikte, hacmi milyonlarca metreküp kapasiteye ulaşmış ve kilometrelerce uzunlukta inşa edilmiş barajlar mevcuttur. Bu nedenle baraj haznesindeki suyun miktarının belirlenmesinde ve işletilmesindeki en önemli faktörlerden biri buharlaşma olmuştur.

Barajda meydana gelen buharlaşma miktarı, mevcut enerjiye, kütle ve enerji transfer mekanizmasına, barajın derinliğine ve yüzey alanına bağlıdır. Bunun yanında buharlaşma, güneş radyasyonunu, sıcaklık değişimi, haznede oluşabilecek rüzgarın hızı, rölatif nem oranı, atmosfer basıncı ve çevresel koşulların bir fonksiyonudur [1]. Buharlaşma miktarı, barajın işletilmesi, içme, sulama ve kullanma suyunun baraj haznesinden karşılanması bakımından önem arz etmektedir. Buharlaşma, doğasından kaynaklanan doğrusal olmayan karmaşık ilişkiler sebebiyle, literatürde kullanılan buharlaşma miktarı tahmini denklemlerinden bir çoğu ampirik olarak geliştirilmişlerdir. Genellikle bu formüller kendi aralarında da çalışmaktadır ve bu nedenle en iyi çözümü veren denklemi belirlemek oldukça güç olmaktadır. Olaya etki eden parametrelerin çok fazla olması, problemin karmaşıklığı ve belirsizliği klasik yöntemler uygulayarak modelleme yapmayı zorlaştırmaktadır. Bu durum araştırmacıları yeni yöntemler bulmaya sevk etmiştir. Günümüzde en yaygın kullanılan tahmin yöntemlerinden biriside Yapay Sinir Ağları (YSA) modelidir. Buharlaşmanın yanı sıra YSA modelleme tekniği birçok bilim alanına uygulanmaktadır [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10]. Bu yaklaşım diğer bilim dallarında olduğu gibi hidrolik ve hidroloji bilim dallarında da sıkça kullanılmaktadır. Su kaynakları problemleri, doğrusal olmayan ve pek çok değişkene sahip karmaşık ilişkilerden oluşmaktadır. Bu tür karmaşık problemlerde YSA tekniği kullanılarak etkili bir şekilde çözüm elde edilebilmektedir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, Tahtaköprü barajına ait geçmiş yıllarda yapılan ölçümlerle elde edilmiş aylık buharlaşma miktarlarına, Çoklu-Linear Regresyon (MLR), Otoregresif Model (AR(p)), YSA modellerine uygulanmış ve yağış-akış modeli, havza modeli gibi birçok ara çalışma yapılmadan, hazne de oluşacak buharlaşma miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar arazi ölçüm verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ve sonuçlarının su kaynakları işletimi ve yönetimi çalışmalarında kullanılabileceği düşünülmektedir.

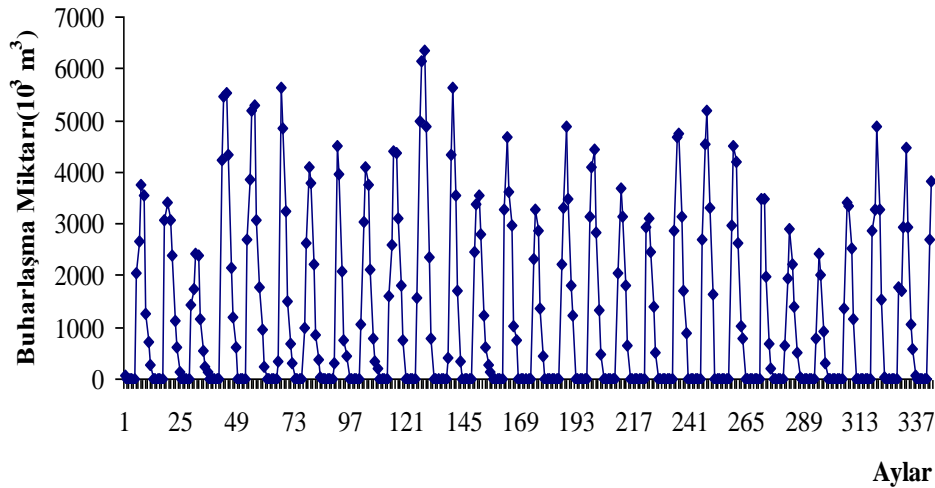
3. UYGULAMA (APPLICATION)

Tahtaköprü Barajı, Hatay ilinde, Karasu Çayı üzerinde, sulama amacı ile 1975 yılında su tutulmaya başlanmış bir barajdır. Toprak dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 2.142.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 50,00 m, normal su kotunda göl hacmi 200,00 hm³, normal su kotunda göl alanı 23.40 km² dir. 11.575 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir. Bu çalışmada veri olarak kullanılan, 35 yıl boyunca ölçülen aylık toplam buharlaşan su miktarları DSİ Hatay İl Müdürlüğünden elde edilmiştir.



Şekil 1. a) Tahtaköprü barajının Türkiyedeki konumu
b) Barajın sınırları
(Figure 1. a) Location of Tahtaköprü dam in Turkey
b) Tahtaköprü dam map)

Baraj ve havzasının bulunduğu bölgenin konumu dolayısıyla, bahar başlangıcı ve sonunda yüksek miktarlarda yağışlı olup, yaz mevsimi boyunca kuraklık yaşanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan buharlaşma verilerinin aylara göre değişimleri Şekil 2’de gösterilmiştir. DSİ den alınarak düzenlenen veriler, oluşturulan YSA ve diğer klasik modellere uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Haziran 1976 ile Haziran 2005 tarihleri arası Tahtaköprü barajı aylık buharlaşma miktarı değişimi
(Figure 2. Tahtaköprü Dam monthly evaporation amount fluctuations between the years 1976 and 2005)

Modellerin oluşturulması ve kalibrasyonu amacı ile düzenlenen verilerin ilk 240 aylık kısmı eğitimde kullanılmış, geriye kalan 103 aylık

veri geliştirilen modellerin geçerliliğini doğrulamak amacıyla test aşamasında kullanılmıştır. Gözlemlenmiş ortak verilerin, eğitim verisi ve test verisi olarak, istatistiksel özetleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tahtaköprü barajının eğitim ve test verileri için istatistiksel parametreler

(Table 1. Statistical parameters of "training" and "test" data of Tahtaköprü Dam)

Ölçülen Veriler A.T.B.S.M (10^3 m^3)	Parametreler			
	X_{\max}	X_{\min}	X_{ort}	S_x
Eğitim Verileri	6340,0	0,0	1285	1666
Test Verileri	5187,0	0,0	1140,12	1536

A.T.B.S.M: Aylık toplam buharlaşan su miktarı

Girdi çıktı veri değişkenlerinin büyüklüğü ve çok sayıda buharlaşma olmayan ay olduğundan, eğitim ve test aşamasında kullanılan bütün veriler aşağıdaki denklem kullanılarak 0,1 ve 0,9 arasında normalize edilmiştir.

$$x = 0.1 + 0.9 \left(\frac{x_i}{x_{\max}} \right) \quad (1)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada, baraj haznesindeki buharlaşma miktarının belirlenmesi problemi bir gizli katmanlı çok tabakalı algılayıcı YSA modeli kullanılarak çözülmüştür. Çok tabakalı algılayıcının en yaygın öğrenim yöntemi olan geriye yayılım algoritması (BPA), girdi ve çıktı veri seti için kullanılmıştır. Modelin eğitilmesi esnasında ileri beslemeli bayes regülarizasyon yayılım algoritması, Marquardt Levenberg Metodu bir MATLAB kodu yazılarak uygulanmıştır. MATLAB da oluşturulan YSA modelinde, çok sayıda deneme yapılarak, iterasyon sayısı, öğrenme ve momentum oranı için sırası ile 1000, 0.1, 0.95 değerleri alınmıştır.

YSA baraj rezervuar buharlaşma verisine iki adımda uygulanmıştır. İlk adım sinir ağlarının eğitimidir. Bu adımda, modelin eğitimi için seçilen 240 aylık gözlemlerden oluşan aylık buharlaşma miktarları girdi olarak kullanılarak YSA modeli eğitilmiştir. İkinci adımda oluşturulan YSA modeline 103 aylık gözlemlerden oluşturulan test verisinin girdilerine uygulanmış ve model ile elde edilen sonuçlar ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, her bir model için en düşük karesel hata (MSE), toplam karesel hata (MAE) ve model tahminleri ve gözlemlenen değerleri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenerek yapılmıştır. MSE ve MAE aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$MSE = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N Y_{i \text{ gözlem}} - Y_{i \text{ tahmin}} \right)^2 \quad (2)$$

ve

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_{i \text{ gözlem}} - Y_{i \text{ tahmin}}| \quad (3)$$

Burada N, veri küme sayısını ve Y_i rezervuar aylık buharlaşma verilerini göstermektedir. Hidrolojik verilerin stokastik modelleri regresyon, zaman serisi ve olasılık modelleri kullanarak da elde edilebilir. Bu teknikler değişkenler arasında lineer ilişkinin olduğunu varsaymaktadır [11]. Baraj haznesindeki buharlaşma miktarının değişimi problemine çok sayıda ve zamanla değişen parametreler etkidiği için non-

lineer bir yaklaşım gerektirmektedir. Fakat bu non-lineer dolayısı ile olaya etki eden bütün parametreleri belirleyerek bu problemi çözmek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle elde edilen YSA model sonuçları yine kapalı bir çözüm yöntemi olan stokastik modelleme yöntemleri ile karşılaştırılabilmektedir. Bu amaçla sunulan çalışmada otoregresif AR(p) ve çoklu lineer regresyon MLR modelleri kullanılmış elde edilen model sonuçları ile YSA model sonuçları karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışmada YSA, MLR ve AR(p) model uygulamalarında DSİ den elde edilen ve düzenlenen aylık buharlaşma miktarı ölçüm verileri, (t-1), (t-2),..., (t-6) zaman aralığına kadar ötelenmiş ve modellemede kullanılan girdi ve çıktı veri dosyaları oluşturulmuştur. YSA modelinin oluşturulmasında uygulandığı gibi MLR ve AR(p) modellerine de eğitim ve test aşaması uygulanmıştır. YSA'nın eğitiminde kullanılan 240 aylık gözlemlerden oluşan aylık buharlaşma miktarları girdi olarak kullanılarak MLR ve AR (3)-(6) modelleri eğitilmiştir. Yine ikinci adımda oluşturulan modeller, 103 aylık gözlemlerden oluşturulan test verisinin girdilerine uygulanmış ve model ile elde edilen sonuçlar ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Tahtaköprü Barajında uygulanan modellerin MSE, MAE ve R parametreleri kullanılarak test verileri için karşılaştırılması (Table 2. Comparison of different models with MSE, MAE and R² in the Tahtaköprü dam for testing period)

Modeller	Giriş Kombinasyonları	MSE	MAE	R
MLR	A.T.B.S.M	588806	620	0.87
AR(3)	A.T.B.S.M	791191	537	0.81
AR(6)	A.T.B.S.M	1001935	634	0.74
YSA	A.T.B.S.M	512491	473	0,90

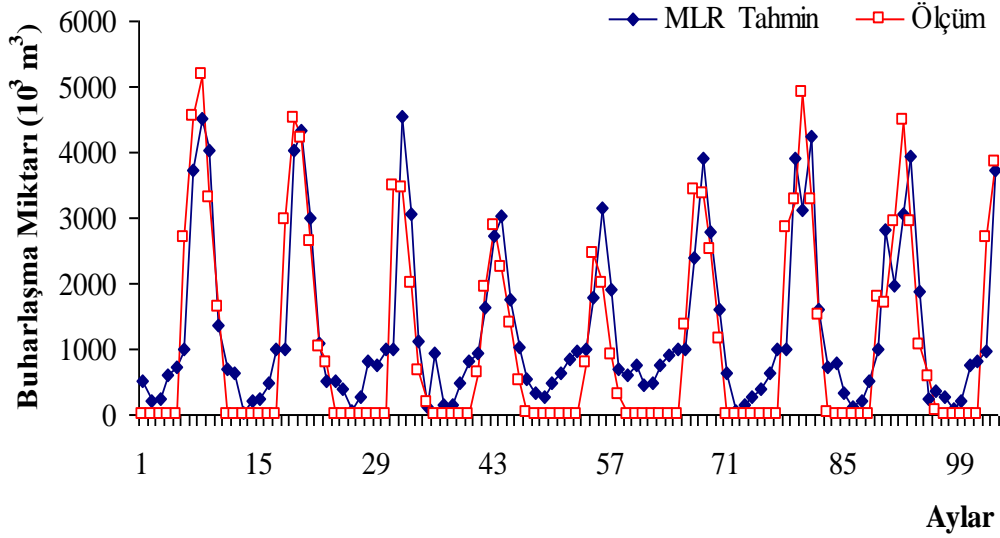
MSE: Ortalama karesel hata; MAE: Mutlak ortalama hata R; Korelasyon katsayısı

Tablo 2 incelendiğinde, test verileri için en uygun modelin, YSA modeli olduğu ve en yüksek korelasyon (R=0,90) ve en düşük MSE (512491) ve MAE (473) hatası verdiği görülmektedir. Bunun yanı sıra yine aynı test verileri için MLR modelinin R=0,87 korelasyon katsayısı ve yüksek hata değeri verdiği, fakat yinede AR(3) ve Ar(6) modeli ile kıyaslandığında (sırası ile korelasyon katsayıları 0,81 ve 0,74) daha gerçeğe uygun sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

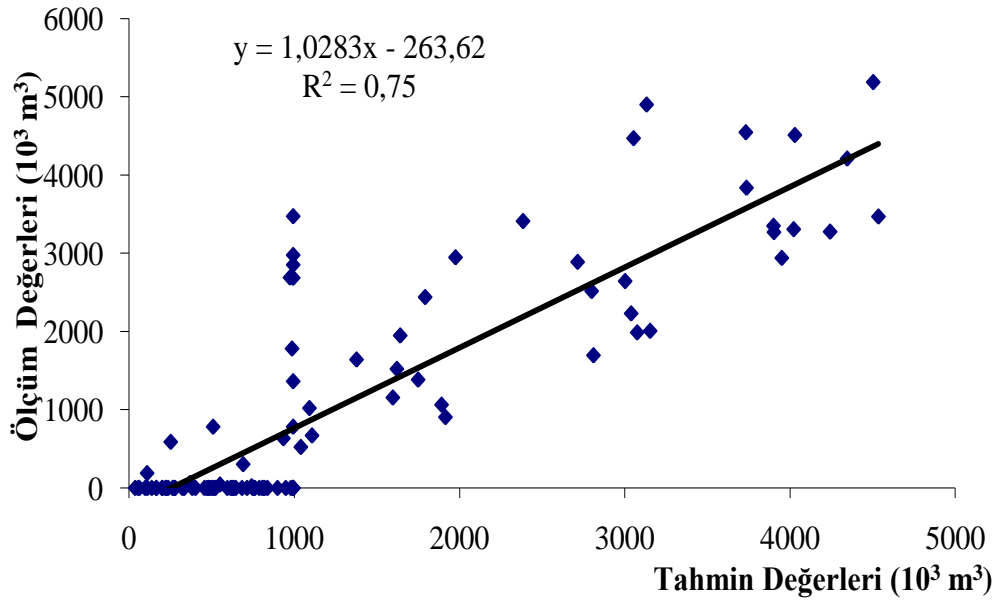
Eğitim verileri kullanılarak oluşturulan MLR model denklemi aşağıda (4) nolu denklem ile verilmiştir. Bu denklem aynı zamanda test verilerine de uygulanmıştır.

$$y=0.216+1.019x_1-0.419x_2-0.132x_3-0.079x_4+0.167x_5-0.311x_6 \quad (4)$$

Şekil 3'de, test süreci için, yukarıda verilen MLR modeli ile elde edilen aylık buharlaşma miktarı tahminleri ve ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. Test verileri için MLR tahmin sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. MLR model tahminleri ile gözlenen aylık buharlaşma miktarının test periyodu için karşılaştırılması
(Figure 3. MLR model predictions compared with observed monthly evaporation amount in the testing period)



Şekil 4. MLR tahmin sonuçları ile gözlenen aylık buharlaşma miktarları arasındaki saçılma diyagramı, test periyodu için.
(Figure 4. Scatter plot between MLR results predictions and observed monthly evaporation amount in the testing period)

MLR ve YSA modellerine ilaveten stokastik modeller uygulanarak bu çalışmanın kapsamı genişletilmiştir. Bu çalışmada kullanılan diğer bir model ise AR(p), AR(1), AR(2) ... ve AR(6) otoregresif modelidir. Bu yöntem hazne buharlaşma miktarının zamanla değişiminin oluşturduğu zaman serileri için uygulanmıştır. Girdi verisi olarak geriye doğru önceki altı aylık buharlaşma miktarı zaman serisi (t-1,t-2,...,t-6 katı) alınmıştır. Çıktı veya karşılaştırma verisi olarak ise t anına karşılık gelen aylık

buharlaştırma miktarı alınmıştır. Bu çalışmada, AR(1) den AR(6) ya kadar 6 tane AR modeli oluşturulmuş. Fakat AR(p) modellerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırmasında sadelik amacı ile AR(3) ve AR(6) kullanılmıştır. YSA ve MLR modellerine kıyasla, AR(p) modelini test aşaması için en yüksek MSE ve MAE değerini ve en düşük R katsayılarını (0,81-0,74) verdiği görülmüştür.

Kurulan otoregresif modellerden AR(3) ve AR(6)'nın denklemleri aşağıda denklem (5-6) da verildiği gibi elde edilmiştir.

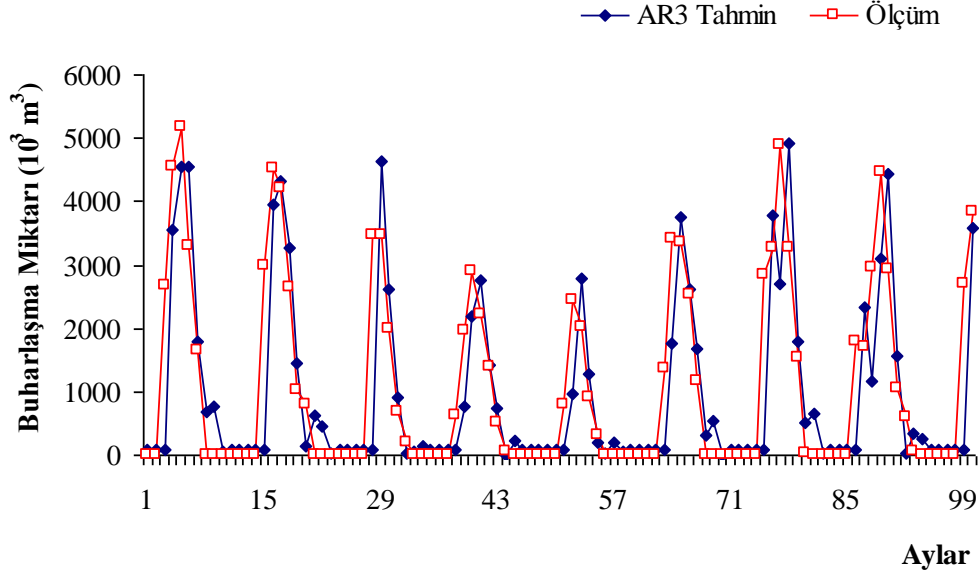
AR(3) için denklem;

$$y = 1 - 1.363(t-1) + 0.583(t-2) - 0.088(t-3) \quad (5)$$

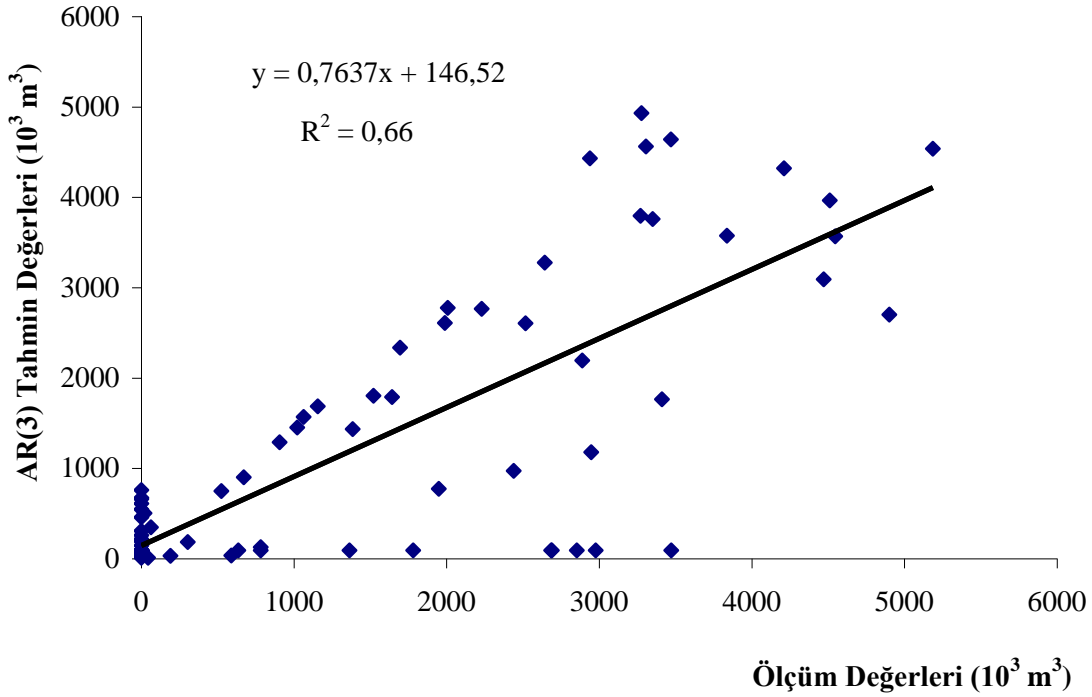
AR(6) için denklem;

$$y = 1 - 1.328(t-1) + 0.484(t-2) + 0.052(t-3) - 0.002(t-4) - 0.099(t-5) - 0.004(t-6) \quad (6)$$

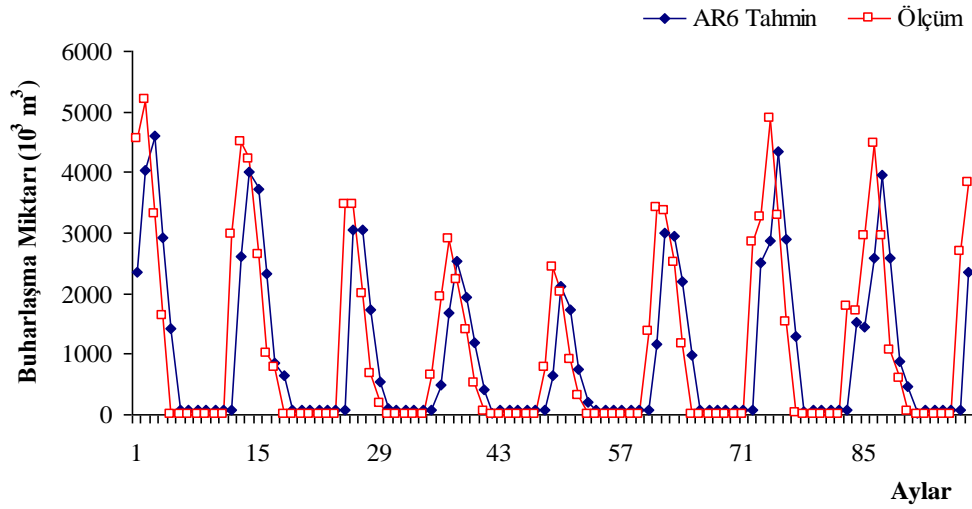
AR(3) ve AR(6) modellerinin performansları sırasıyla Şekil 5, 6, 7, 8 de gösterilmiştir. Tablo 2 ve şekillerden de görüldüğü gibi AR(3) ve AR(6)'dan sırasıyla R=0.81 ve R=0,74'lük bir korelasyon elde edilmiştir. Saçılma ve diyagramlarından ve korelasyon ilişkisinden de görüleceği gibi, otoregresif model, diğer modellere kıyasla, en düşük doğrulukla hazne buharlaştırma miktarlarını tahmin edebilmiştir.



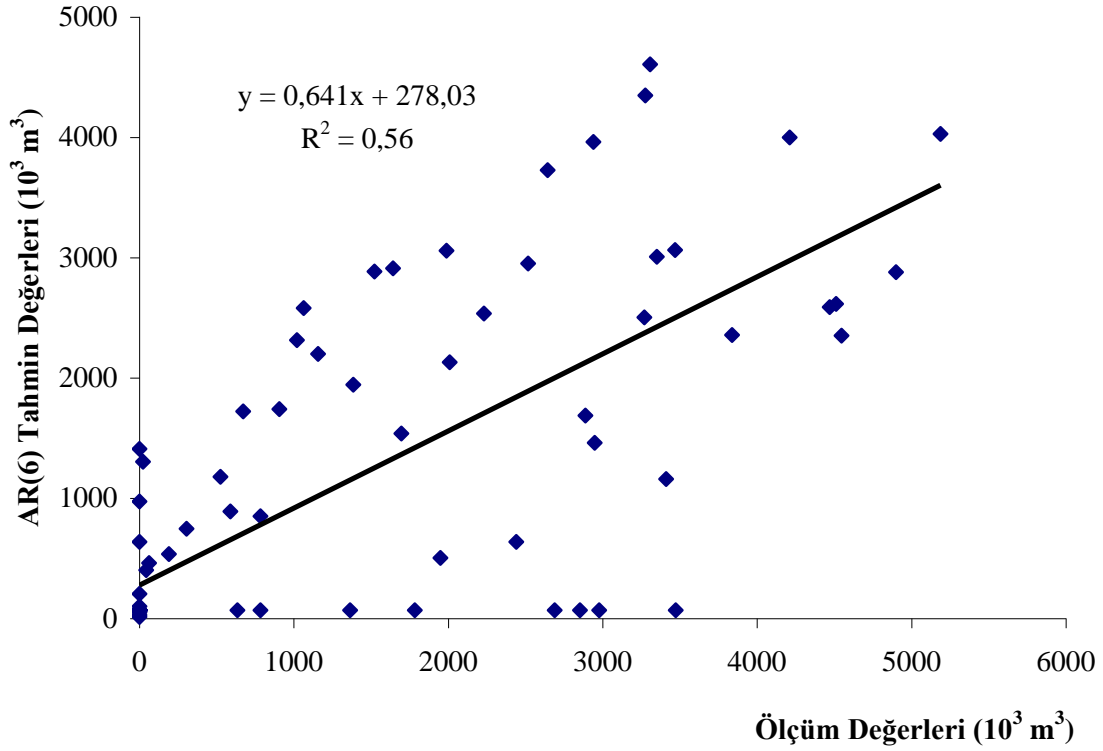
Şekil 5. Otoregresif AR(3) modelde tahminleri ile gözlenen aylık buharlaştırma miktarının test periyodu için karşılaştırılması
(Figure 5. Autoregressive AR(3) model predictions compared with observed monthly evaporation amount in the testing period)



Şekil 6. Oto regresif AR(3) model sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı, test periyodu için
(Figure 6. Scatter plot between Oto regresif AR(3) model results predictions and observed monthly evaporation amount in the testing period)

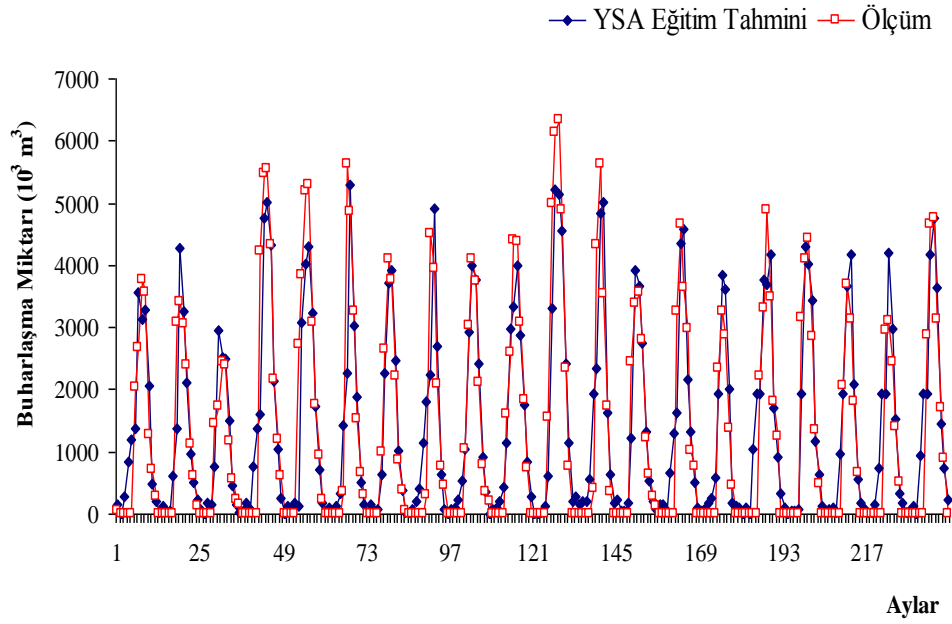


Şekil 7. Oto regresif AR(6) modelde tahminleri ile gözlenen aylık buharlaşma miktarının test periyodu için karşılaştırılması
(Figure 7. Autoregressive AR(6) model predictions compared with observed monthly evaporation amount in the testing period)

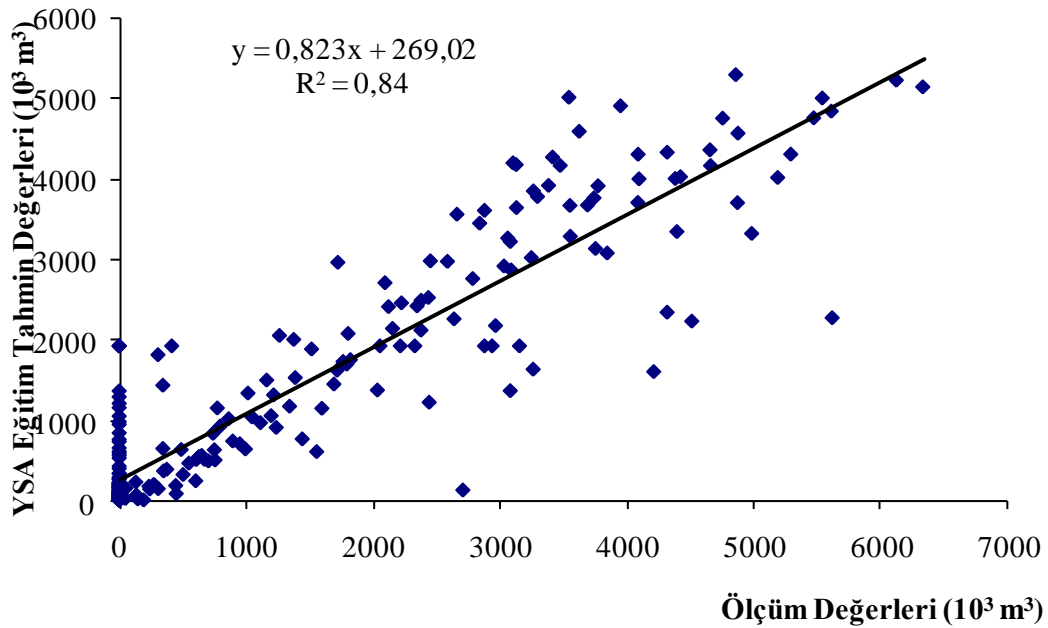


Şekil 8. Otoregresif AR(6) model sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı, test periyodu için
(Figure 8. Scatter plot between Otoregresif AR(6) model results predictions and observed monthly evaporation amount in the testing period)

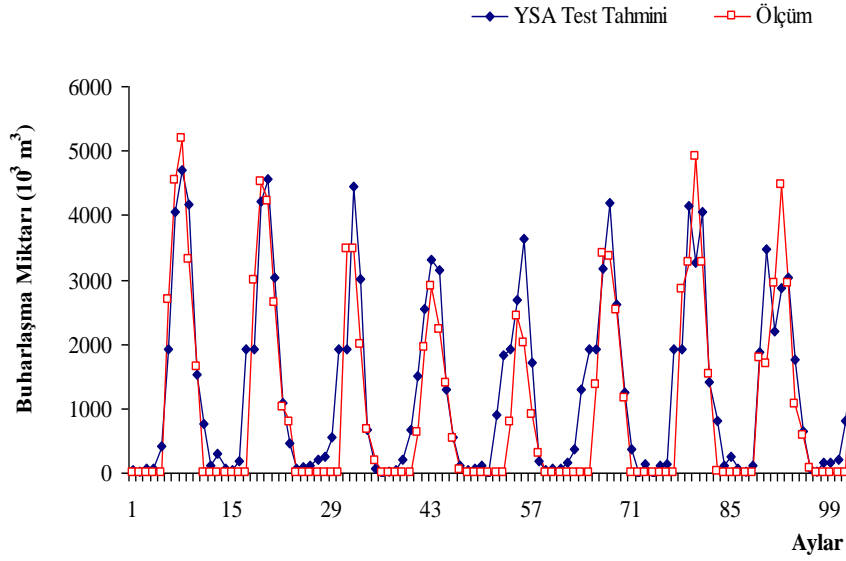
Bu çalışma için kurulan YSA modelinde eğitim ve test verileri için ayrı ayrı tahmin sonuçları ve gözlemlenen buharlaşma miktarları Şekil 9, 10, 11, 12' de verilmiştir. Tablo 2' den ve aşağıdaki şekillerden de görüldüğü gibi, YSA modeli test verileri için uygulandığında 0.90' lık bir korelasyon ve oldukça düşük hata değerleri ile haznedeki aylık buharlaşma miktarlarını tahmin edebilmiştir. Bütün veriler ve olayın fiziği dikkate alındığında, YSA modelinin diğer iki klasik metoda göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken önemli hususta, YSA modelinin çok değişkenli yapıya sahip lineer olmayan problemler için de iyi sonuçlar elde edebilmesidir.



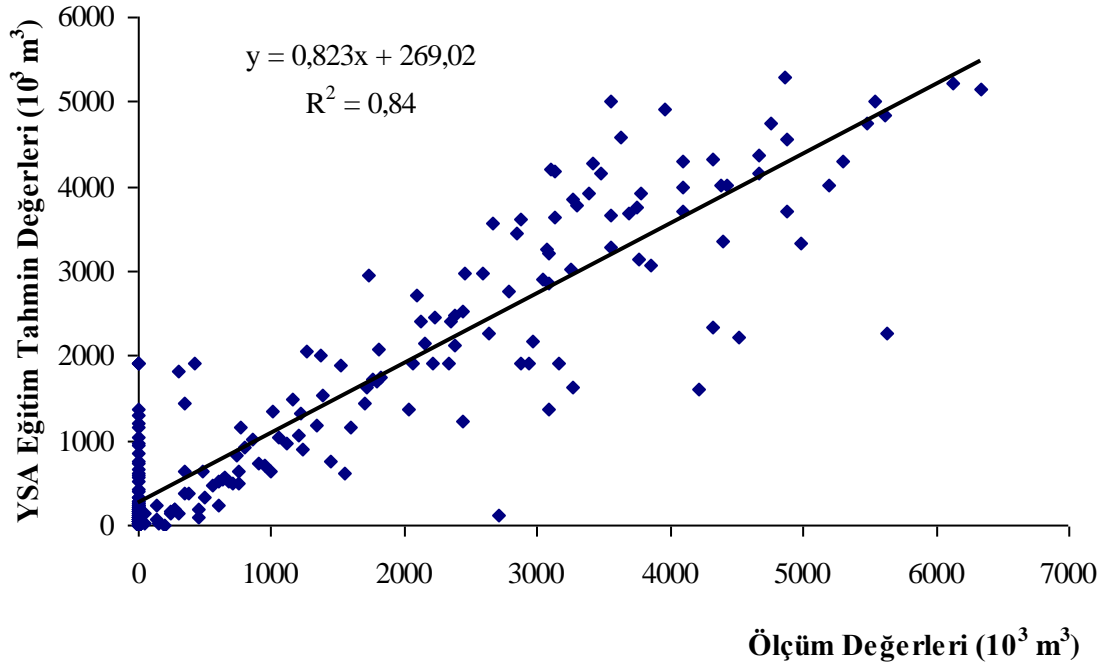
Şekil 9. YSA model tahminleri ile gözlenen aylık buharlaşma miktarının eğitim periyodu için karşılaştırılması
(Figure 9. ANN model predictions compared with observed monthly evaporation amount in the training period)



Şekil 10. YSA model sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı, eğitim periyodu için
(Figure 10. Scatter plot between ANN model results predictions and observed monthly evaporation amount in the training period)



Şekil 11. YSA model tahminleri ile gözlenen aylık buharlaşma miktarının test periyodu için karşılaştırılması
(Figure 11. ANN model predictions compared with observed monthly evaporation amount in the test period)



Şekil 12. YSA model sonuçları ile ölçüm değerlerinin saçılma diyagramı, test periyodu için
(Figure 12. Scatter plot between ANN model results predictions and observed monthly evaporation amount in the test period)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLISION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışma ile Tahtaköprü barajındaki aylık buharlaşma miktarları Yapay Sinir Ağları (YSA) ile tahmin edilmiş. YSA modeli elde edilen baraj aylık buharlaşma miktarları, arazi ölçümleri ve geleneksel istatistiksel ve stokastik modeller ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

Baraj haznesinde oluşan buharlaşma, gerçekte çok sayıda parametrenin etki ettiği karmaşık bir problem olmasına rağmen, YSA modeli gerçeğe oldukça uygun sonuçlarla çözüm elde edebilmektedir.

Bu çalışmada sunulan ve haznedeki buharlaşma miktarını belirlemek için uygulanan YSA modeli, geleneksel MLR ve AR(p) modeli ile karşılaştırıldığında ölçüm sonuçlarına daha yakın tahminlerde bulunmaktadır.

Sonuçlar göstermektedir ki, YSA, baraj rezervuarında meydana gelen ihtiyaç duyulan su planlanmasındaki değişiklikler gibi değişen girdi koşullarına doğru bir şekilde adapte olabilmektedir. Belirli bir bölge için bir YSA modeli geliştirildikten sonra, oluşturulan bu modelin su kaynakları işletimi ve yönetimi çalışmalarında oldukça faydalı olabileceği düşünülmektedir. Bu manada elde edilen sonuçlar YSA'nın baraj rezervuar seviyesi tahminlerinde ve dolayısı ile hazne işletme çalışmalarında daha doğru bilgiler sağlayabilecek faydalı bir alternatif model olduğunu göstermektedir.

YSA modelinin çok değişkenli bir yapıya sahip problemler içinde uyumlu sonuçlar vermesine rağmen, yinede, uygulanan yöntemlerin olayın fiziğini yansıtmadığı ve kapalı kutu çözüm yöntemi tekniğini uyguladığı unutulmamalıdır. Çünkü bu modellerin eğitimi ve uygulama alanları, veri kümelerinin büyüklüğü ve doğru bir şekilde elde edilmesi ile ilişkilidir.

NOT (NOTICE)

Bu çalışma, 14-16 Ekim 2010 tarihinde Dicle Üniversitesinde tamamlanan Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumunda (BUMAT2010) sözlü sunumu yapılmış ve NWSA yazım esaslarına göre yeniden düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Doğan, E., Işık, S. ve Sandalcı, M., (2007). Günlük Buharlaşmanın Yapay Sinir Ağları Kullanarak Tahmin Edilmesi. İMO Teknik Dergi, Yazı 271, ss:4119-4131.
2. Cigizoglu H.K., (2003). Incorporation of ARMA Models into Flow Forecasting by Artificial Neural Networks. Environmetrics, 14 (4), ss:417-427.
3. Kisi, Ö., (2004). River Flow Modeling Using Artificial Neural Networks. ASCE Journal of Hydrologic Engineering, 9 (1), pp: 60-63.
4. Üneş, F., (2006). Precipitation and Reservoir Volume Relationship Prediction with Artificial Neural Networks Model. National Clean Energy Symposium, 25-27 May, Isparta, Turkey, pp:622.
5. Kunduz, B. and Üneş, F., (2006). Reservoir Level Prediction for Yarseli Dam Using Artificial Neural Networks Model, National Clean Energy Symposium, 25-27 May, , Isparta, Turkey, pp:614.
6. Toprak Z.F. and Cigizoglu H.K., (2008). Predicting Longitudinal Dispersion Coefficient in Natural Streams by Artificial Intelligence Methods. Hydrol. Proc., 22, pp: 4106 -4129.
7. Kisi, Ö., (2009). Modelling Monthly Evaporation Using Two Different Neural Computing Techniques. Irrigation Science. 27(5), pp: 417-430.
8. Üneş, F., (2010). Prediction Of Density Flow Plunging Depth in Dam Reservoir: An Artificial Neural Network Approach. CLEAN-Soil, Air, Water, 38(3), pp: 296-308.
9. Dindar K.K., (2010). Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Tahtaköprü Barajındaki Aylık Buharlaşma Miktarının Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, MKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
10. Üneş, F., (2010). Dam Reservoir Level Modeling by Neural Network Approach: A Case Study, Neural Network World, pp: 20.
11. Cigizoglu, H.K. and Kisi, O., (2006). Methods To Improve The Neural Network Performance In Suspended Sediment Estimation. Journal of Hydrology, 317, pp: 221-238.