

**AKARSULARDA KATI MADDE MİKTARININ YAPAY SİNİR AĞLARI
KULLANILARAK TAHMİNİ****Murat ÇOBANER ve Burhan ÜNAL**

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Özgür KİŞİ

E.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri/Türkiye

Serap ÜNAL

E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri/Türkiye

ÖZET : Akarsuların taşımış olduğu askı maddesi miktarı, akarsuyun taban eğimine, topografyasına, akarsuyun debisine, zamana ve bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak değişir. Taşınan katı madde miktarının doğru tahmini, hidrolik mühendisliği ve su kaynakları projelerinin tasarımı ve yönetiminde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada katı madde miktarının tahmini için Yapay Sinir Ağları (YSA)'na dayalı modeller geliştirilmiştir. Çalışmada Amerika'da USGS (US Geological Survey) tarafından işletilen Rio Valenciano istasyonuna ait günlük akış ve katı madde verileri kullanılmıştır. Bugünkü akış verileri ile önceki günlere ait akış ve katı madde verilerinden oluşan farklı girdi kombinezonları denenerek bugünkü katı madde miktarını en iyi tahmin eden YSA modeli elde edilmiş ve test sonuçları, katı madde anahtar eğrileri ve çoklu doğrusal regresyonla (ÇDR) karşılaştırılmıştır.

**MODELING RIVER SUSPENDED SEDIMENT YIELD USING ARTIFICIAL
NEURAL NETWORKS**

ABSTRACT : Transportation of suspended sediment in the river changes according to the base slope, topography and flow discharge of the river, time and regional climate conditions. Estimation of suspended sediment yield accurately has a big importance in hydraulic engineering and design of water resources projects and management. In this study, various models developed based on artificial neural networks (ANN) to predict sediment concentration in the river. Daily flow and suspended sediment concentration data of the Rio Valenciano Station operated by the United States Geological Survey (USGS) were used as case study. Different input combinations tested to predict daily suspended sediment concentration dependent on daily flows and former daily flows and suspended sediment concentrations. The best ANN model is obtained with the help of this input combination. Than the test results of the ANN models were compared with the multi linear regression and sediment rating curve.

1. GİRİŞ

Hidrolik mühendisliği ve su kaynakları projelerinin tasarımı ve yönetiminde askı maddesinin doğru tahmin edilmesi önemli bir yere sahiptir. Özellikle baraj hazneleri gibi su depolama tesislerinde biriken katı maddeler hazne kapasitesini azaltır ve zamanla su alma ağzının tıkanmasına sebep olur. Hazne kapasitesinin azalması tesislerin ekonomik ömrünü kısaltır. Su alma yapısının tıkanması ise haznenin fonksiyon görmez duruma gelmesi demektir. Bu zararları geciktirmek için baraj haznesinde ölü hacim denilen pasif bir hacim bırakılır ve su alma yapısı bu hacim üstünde kalacak şekilde yapılır. Bir barajın hizmet süresi bu hacmin büyüklüğüne bağlıdır. Ölü hacim gerekli olandan küçük ya da büyük olarak tayin edilirse baraj ekonomisi çok önemli şekilde etkilenir. Ayrıca hazneye gelen katı maddeler sadece ölü hacimde değil, haznenin başka kısımlarında da birikeceği için barajın aktif depolama kapasitesinin gittikçe azalmasına ve belirli bir süre sonra verimin, beklenen seviyesinin çok altına düşmesine neden olur. Bu sebeplerle, barajların ekonomik olarak projelendirilmesinde katı madde tür ve miktarının doğru olarak tahmin edilmesi zorunludur. Ayrıca su alma yapılarının tip ve yerlerinin seçiminde, su kuvveti tesislerinde, taşımacılık ve taşkın kontrolü için akarsu düzenlemelerinde ortaya çıkabilecek aşınma ve yığılmaların belirlenmesi katı madde tahminlerini zorunlu kılmaktadır.

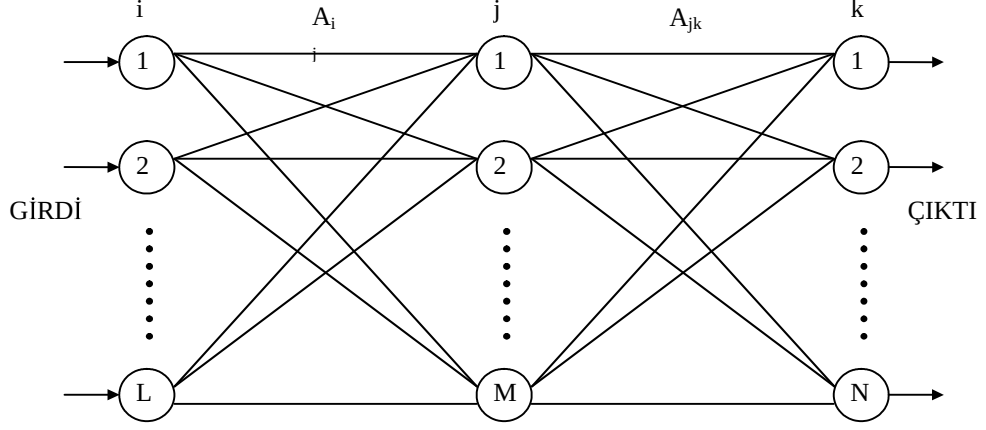
Her yıl tonlarca toprağın erozyon sonucu kaybolması bir başka deyişle akarsu depolama tesislerinde birikmesi veya denizlere taşınması, arazinin düzleşmesine, tarımsal alanların çoraklaşmasına ve toprağın veriminin azalmasına yol açar ki, bunlar da canlı hayatını tehdit eden hayati problemlerdir. Bu nedenle, bir havzadan veya belirli tarımsal alanlardan oluşması muhtemel toprak kayıplarının bilinmesi o havza veya bölgelerde alınacak önlemler için zorunludur. Havza ile ilgili erozyon kontrolü çalışmalarının planlanma ve işletilmesinde ise katı madde miktarının zaman göre dağılımını bilmek gerekir [1].

Su yapılarının projelendirilmesi ve işletilmesinde askı maddesi konsantrasyonunun gerçek zamandaki değişimine ihtiyaç vardır. Akarsuların taşıdığı katı madde miktarının gerçek zamandaki tahmini yolunda yapılacak gelişmeler bu problemlerin çözümüne katkı sağlayacaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada, askı maddesi konsantrasyonunu tahmin etmek için kullanılan modellerin etkinliği incelenmiştir.

2. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları, farklı ağırlıklarla birbirine bağlı birçok işlem elemanlarından oluşmuş yoğun paralel sistemlerdir. YSA metotları içerisinde en çok kullanılanı hataların geriye yayılma (back-propagation) ilkesine göre çalışandır [2].

Şekil 1, üç tabakalı bir yapay sinir ağını göstermektedir. Burada i girdi tabakası, j gizli tabaka ve k çıktı tabakası, A_{ij} ve A_{jk} ise hücre tabakaları arasındaki bağlantı ağırlıklarıdır. Başlangıçta rastgele atanan ağırlık değerleri, eğitime sürecinde tahmin edilen çıktılarla gerçek çıktı değerleri karşılaştırılarak devamlı değiştirilir ve hataları minimum yapan bağlantı ağırlık değerleri ayarlanıncaya kadar hatalar geriye doğru (Şekil 1’de sağdan sola) yayılır. Burada ağırlıkları ayarlamak için Levenberg-Marquardt metodu kullanılmıştır [3].



Şekil 1. Üç tabakalı bir yapay sinir ağı.

j ve k tabakalarındaki her bir hücre, önceki tabakadan NET ağırlıklı toplam çıktıları girdi olarak alır. NET değeri (1) eşitliği ile hesaplanır.

$$NET_{pj} = \sum_{i=1}^L A_{ij} C_{pi} + \theta_j \quad (1)$$

Burada L girdi vektörünün boyutu, θ_j taraflılık sabiti (bias), A_{ij} i ve j tabakaları arasındaki ağırlıklar kümesi, C_{pi} p örneği için i tabakasının çıktı kümesidir. j ve k tabakalarındaki her bir hücre, NET değerini doğrusal olmayan bir tasvir fonksiyonundan geçirerek $f(NET)$ çıktısını üretir. Yaygın şekilde kullanılan bu tasvir fonksiyonu,

$$f(NET) = \frac{1}{1 + e^{-NET}} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Eğitim aşamasında, p örneği için toplam hata H_p , tahmin edilen ve gerçek çıktılar arasında kareler farkına bağlı olarak (3) eşitliğiyle hesaplanır.

$$H_p = \sum_{k=1}^N (G_{pk} - C_{pk})^2 \quad (3)$$

Burada N iterasyon sayısı olmak üzere G_{pk} ve C_{pk} sırası ile p örneği için gerçek ve tahmin edilen çıktı değerleridir. Eğitim işleminin asıl amacı toplam hatayı, H , minimum yapan bir ağırlıklar kümesi üretmektir.

$$H = \sum_{p=1}^p H_p \quad (4)$$

Her bir bağlantı ağırlığı, A_{ij} , (5) eşitliği ile yenilenir.

$$A_{ij}^{yeni} = A_{ij}^{eski} - \eta \frac{\partial H_p}{\partial A_{ij}} \quad (5)$$

Burada η öğrenme oranı olarak adlandırılan orantılılık katsayısını, $\partial H_p / \partial A_{ij}$ ise hata yüzeyinin eğimini göstermektedir [4].

3. KATI MADDE ANAHTAR EĞRİSİ

Katı madde anahtar eğrisi, akarsuyun herhangi bir kontrol kesitindeki debisi ile katı madde miktarı arasındaki ilişkiyi gösterir ve genellikle:

$$S = aQ^b \quad (6)$$

gibi bir fonksiyonel ilişki ile ifade edilir. Burada Q nehir akım debisini, S katı madde konsantrasyonunu, $\log S$ ve $\log Q$ arasında lineer regresyon kurularak elde edilen a ve b ise nehir akımı karakteristiğine bağlı katsayıları göstermektedir [5].

4. ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON

Çoklu doğrusal regresyonda amaç, bağımlı değişkeni etkilediği belirlenen bağımsız değişkenler yardımıyla bağımlı değişkenin değerinin kestirilmesi ve bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen bağımsız değişkenlerden hangisi ya da hangilerinin bağımlı değişkeni daha çok etkilediğini bulmaktır.

Çoklu regresyon çözümlemesinde, bağımlı değişken y , bağımsız değişkenler $x_1, x_2, \dots, x_p$ ile gösterildiğinde aralarındaki ilişki;

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_j x_j + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon \quad (7)$$

olarak yazılabilir. Burada; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j, \dots, \beta_p$ bilinmeyenlerine regresyon katsayıları denir. Herhangi bir β_j regresyon katsayısı, diğer değişkenler sabit tutulduğunda (diğer değişkenlerin etkisi ortadan kaldırıldığında) x_j değişkeninde ortaya çıkan bir birimlik değişmeye karşılık y değişkenindeki beklenen değişiklik miktarını vermektedir. Diğer bir ifadeyle; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j, \dots, \beta_p$; bağımsız değişkenlerin y 'nin saptanmasına yaptıkları göreceli katkıya ilişkin ağırlıklardır. Bu nedenle, β_j ($j=1, 2, \dots, p$) parametreleri genellikle kısmi regresyon katsayıları olarak adlandırılmaktadır. β_0 'a ise kesim noktası veya sabit denir ve tüm x_j değişken değerleri sıfır olduğunda bağımlı değişkenin aldığı değeri gösterir. ε ise hata terimidir [6].

5. UYGULAMA

Bu çalışmada, Amerika'da USGS (United States Geological Survey) tarafından işletilen Rio Valenciano İstasyonu (USGS İstasyon No: 6308500)'nun günlük akım ve katı madde verileri kullanılmıştır. İstasyon drenaj alanı 43.57 km²'dir. İstasyona ait veriler USGS'in web sayfasından alınmıştır (<http://webserver.cr.usgs.gov/sediment>).

İlk olarak veriler kurulacak olan modelleri eğitme ve test için keyfi olarak iki kısma ayrılmıştır. 1994 su yılına ait veriler eğitme verisi, 1995 su yılına ait veriler ise modelleri test etmek için kullanılmıştır. İstasyonlara ait akım ve sediment

konsantrasyon verilerinin istatistik parametreleri Çizelge 1’de verilmiştir. Hem eğitme hem de test aşamasındaki debi ve sediment verilerinin çok çarpık bir dağılıma sahip olduğu açıkça görülmektedir.

5.1. Rio Valenciano İstasyonu

Sediment (katı madde) konsantrasyonunu tahmin etmek için bu uygulamada kullanılan giriş kombinasyonları sırasıyla (i) Q_t ; (ii) Q_t ve Q_{t-1} ; (iii) Q_{t-1} , Q_t ve S_{t-1} ; (iv) Q_{t-1} , Q_t , S_{t-2} ve S_{t-1} ; (v) Q_t ve S_{t-1} ; (vi) Q_t , S_{t-2} ve S_{t-1} ; (vii) Q_{t-2} , Q_{t-1} , Q_t ve S_{t-1} . Burada Q_t ve S_t sırasıyla Rio Valenciano istasyonuna ait t anındaki akış ve katı madde değerlerini göstermektedir.

Çizelge 1. Rio Valenciano İstasyonu’na ait verilerin günlük istatistik parametreleri.

Veri Seti	Değişken	x_{ort}	S_x	C_v S_x/x_{ort}	C_{sx}	x_{mak}	x_{min}
Eğitme	Debi (m^3/s)	0.60	2.07	3.5	13.6	219	0.04
	Sediment (mg/l)	42.0	106	2.5	7.45	1200	2.00
Test	Debi (m^3/s)	1.05	2.47	2.4	5.72	24.6	0.05
	Sediment (mg/l)	71.1	148	2.1	4.31	1090	4.00

S_x : Standart sapma, C_v :değişim katsayısı, C_{sx} :çarpıklık katsayısı.

YSA simülasyonu MATLAB yazılımı yardımıyla çalıştırılmıştır. Her bir giriş kombinasyonu için logaritma sigmoid transfer fonksiyonu ve tek gizli tabaka kullanılmıştır. Her bir giriş kombinasyonu için YSA modellerinin optimum ara tabaka hücre sayıları deneme–yanılma ile bulunmuştur. Hücre sayısını belirlemede ortalama karesel hata (OKH) değeri dikkate alınmıştır. OKH denklem (8)’de tanımlanmaktadır.

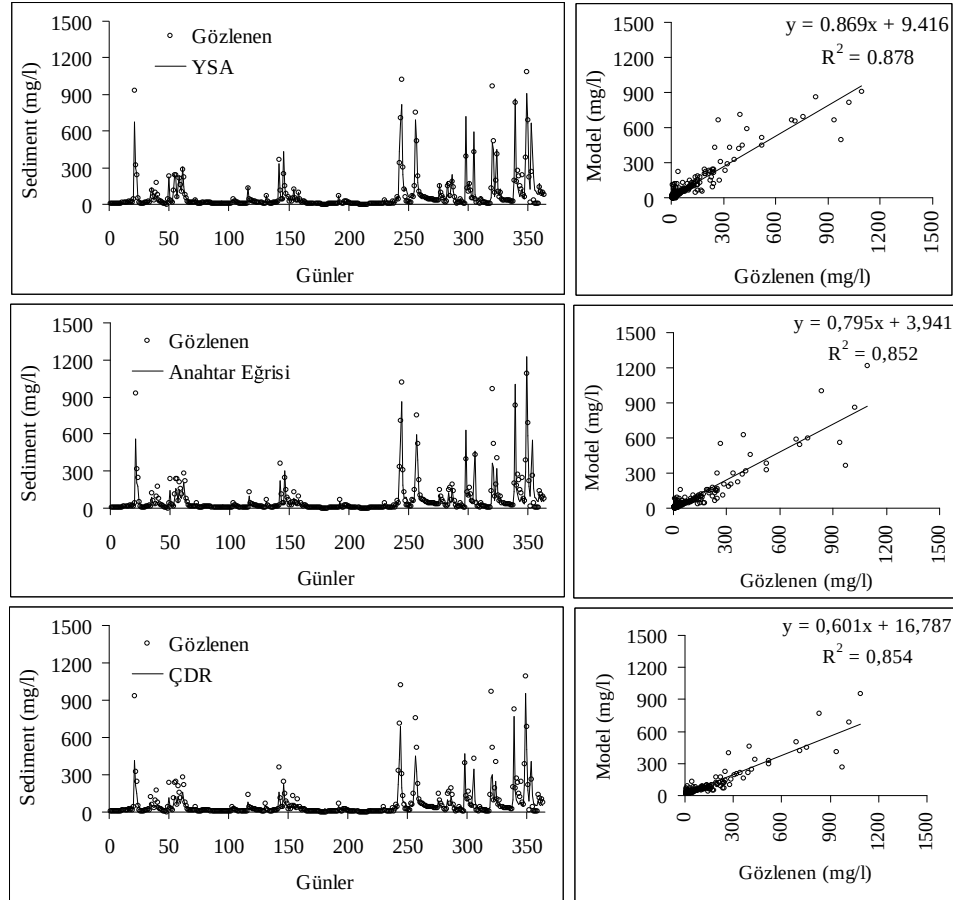
$$OKH = \frac{\sum_{i=1}^N (S_{i_{Gözlenmiş}} - S_{i_{Tahmin}})^2}{N} \quad (8)$$

Denklemden, S_i sediment konsantrasyonunu, N ise gözlem adedini göstermektedir. Ayrıca modelde denenen girdi kombinasyonları için doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. YSA modelinde kullanılan eğitme verileri için regresyon denklemleri oluşturulmuş ve test verilerinde bu elde edilen denklemlerin uygunluğu kontrol edilmiştir. Anahtar eğrisi ise denklem (6)’da gösterildiği üzere sadece 1nci kombinasyonda olduğu gibi debiye bağlı olarak elde edilmiştir.

Çizelge 2. Rio Valenciano istasyonu için modellerin test aşamasındaki OKH ve R^2 değerleri

Model Girdileri	YSA		Anahtar Eğrisi		ÇDR	
	OKH	R^2	OKH	R^2	OKH	R^2
Q_{r_t}	3042	0.865	3410	0.852	5508	0.837
$Q_{r_{t-1}}$ ve Q_{r_t}	2728	0.880	-	-	4886	0.850
$Q_{r_{t-1}}$, Q_{r_t} ve $S_{r_{t-1}}$	2941	0.881	-	-	4946	0.850
$Q_{r_{t-1}}$, Q_{r_t} , $S_{r_{t-2}}$ ve $S_{r_{t-1}}$	2881	0.872	-	-	4964	0.851
Q_{r_t} ve $S_{r_{t-1}}$	3189	0.856	-	-	5182	0.844
Q_{r_t} , $S_{r_{t-2}}$ ve $S_{r_{t-1}}$	2721	0.878	-	-	4925	0.854
$Q_{r_{t-2}}$, $Q_{r_{t-1}}$, Q_{r_t} ve $S_{r_{t-1}}$	2649	0.878	-	-	4851	0.853

YSA, anahtar eğrisi ve ÇDR modelleriyle yapılan tahminlerin R^2 ve OKH değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’den de görüldüğü gibi YSA’nın 6’ncı giriş kombinasyonu en düşük OKH ve en yüksek R^2 değerine sahiptir. Sediment anahtar eğrisi ise ÇDR’a göre daha iyi performans göstermiştir. Bu da akım ve sediment konsantrasyon değerlerinin logaritmalarının alınması ile aralarındaki lineer ilişkinin arttığını göstermektedir.



Şekil 2. Rio Valenciano İstasyonu için modellerin test aşamasındaki sediment (katı madde) tahminleri.

Rio Valenciano istasyonu'na ait gözlenmiş ve tahmin edilmiş sediment konsantrasyon değerleri Şekil 2'de karşılaştırılmıştır. Şekil 2'den de görüldüğü gibi YSA modeli özellikle pik değerleri anahtar eğrisi ve ÇDR'dan daha iyi tahmin etmiştir. Saçılma grafiklerindeki eşitlikler ve R^2 değerleri incelendiğinde YSA modelinin diğerlerine göre daha tutarlı olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada YSA modelinin nehir akımları ile sediment konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi modellemedeki kabiliyeti incelenmiştir. YSA modeli, sediment konsantrasyonunu tahmin etmede anahtar eğrisi ve ÇDR'a göre daha iyi bir performans göstermiştir. Anahtar eğrisi ve ÇDR yaklaşımları YSA'ya göre özellikle pik sediment değerleri için kötü tahminler vermiştir. Bu çalışmada sadece birer yıllık Rio Valenciano istasyonuna ait debi ve sediment konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. YSA modellerin başka istasyonlara ve daha uzun verilere uygulanması, ardından da regresyon teknikleri ile karşılaştırılması elde edilen sonuçların desteklenmesi açısından önemlidir. Bunun yanı sıra zamanla değişen bir çok parametreye bağlı olan sediment konsantrasyonunun formüllerle ifade edilmesinin oldukça güç olması ve YSA'nın belirli bir problemi çözmek için fazla bir bilgiye ihtiyaç duymadan örnekleri kullanarak sonuca vardığı için su yapılarının tasarımında sediment konsantrasyonunun tahmininde YSA modelleri rahatlıkla ve kolaylıkla kullanılabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Müftüoğlu,R.F., "Akarsu Yapıları", Cilt 1, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye, 1980.
2. Lippman,R, "An Introduction to Computing With Neural Nets", IEEE ASSP Mag., 4, 4-22, 1987.
3. Marquardt,D., "An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters", J.Soc.Ind.Appl.Math., pp.431-441, 1963.
4. Kişi,Ö., "Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Teknikleri ile Filyos Çayı Akımlarının Tahmini", IV.Hidroloji Kongresi, 23-25 Haziran, 347-353, İstanbul, Türkiye, 2004.
5. Kisi,O., "Suspended sediment estimation using neuro-fuzzy and neural network approaches", Hydrological Sciences Journal, 50(4), 683-696, 2005.
6. Alpar,R., "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş 1", Ankara, Türkiye, 2003.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.