



Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Savalan Sulama Rezervuarının Simülasyonu

Mohammad T. SATTARİ¹ A. Fakher-FARD¹ Mohammad DOCHERKHESAZ² Fazlı ÖZTÜRK³

Geliş Tarihi: 02.05.2007

Öz: Su kaynaklarının kısıtlılığı, amaçlardaki çeşitlilikler ve parasal kaynakların yetersizliği, optimum işletmeyi gerektirmektedir. Yağışların zaman ve konum açısından düzgün dağılmaması, tarımsal ürünlerin stratejik önemi ve su kaynakları sistemlerinde bulunan karmaşıklıklar, matematiksel modellerin kullanımını ve gelişmesini giderek artırmaktadır. Öte yandan su depolama yapısına giren akımların rastgelelik özelliğinden dolayı gelecekteki işletme kurallarının tahmini, arazilerin sulamasında önemli rol oynamaktadır. Simülasyon yönteminin amacı rezervuar sisteminin gelecekteki işletme dönemlerinde durumunu tahmin etmektir. Karar vericiler çeşitli senaryolar kullanarak, sistemin işletmesinde iyi bir yönetim sürdürmek isterler. Savalan barajı 90 hm³ aktif kapasite ile 1200 ha tarımsal alanı sulama amacı ile İran'ın Ardabil bölgesinde inşa edilmiştir. Mansapta bulunan tarım alanlarının aylık su taleplerinin tamamen karşılanacağı varsayılmıştır. Bu çalışmada rezervuar işletmesinde depolanan, savaklanan, hazne alanı üzerine düşen yağış ve buradan buharlaşan su miktarları, akımların çok tabakalı ileri beslemeli geriye yayılım yapay sinir ağları simülasyonu yönteminden yararlanarak tahmin edilmiştir. Rezervuar için süreklilik denklemi hem ölçülmüş ve hem de simüle edilmiş akımlarla çözülerek rezervuar parametreleri araştırılmıştır. Sonuçlar, gözlenmiş değerler ve simülasyonundan elde edilen değerler arasında genellikle uyum sağlandığını göstermektedir.

AnahtarKelimeler: Rezervuar yönetimi, rezervuar simülasyonu, optimum işletme ve yapay sinir ağları (YSA)

Simulation of Savalan Irrigation Reservoir by Using Artificial Neural Networks

Abstract: Water resources limitation, aim variety and financial sources inadequacy make the managing of optimum releasing to be a great necessity. The undesired temporal and spatial distribution of rainfall, strategic situation of agricultural crops and complicated systems of water resources all are caused the application of mathematical models to be a necessity. On the other hand the stochastic property of inflow to the reservoir system makes the forecast of operation rules in reservoirs to have great importance for irrigation of farmlands. The aim of simulation technique is to predict a behavior of reservoir system in future operation periods. Decision makers make a good management for system operation by application of different scenarios. Savalan dam reservoir with 90 hm³ active capacity was constructed to irrigate 1200 ha agricultural lands in Ardabil province. The monthly water demand of down stream agricultural lands assumed to be supplied perfectly. In this research to along dam reservoir operation forecast namely storage value, spill, evaporation and precipitation over reservoir lake the multi-layer feed forward back propagation ANN method used for simulation of reservoir inflow. The reservoir continuity equation was solved for both cases historical flow and simulated one for the purpose of reservoir parameters calculation parameters obtained from both cases of inflow were compared. The results showed the best consistency observed and calculated parameters.

Key Words: Reservoir management, reservoir simulation, optimum operation and artificial neural networks

Giriş

Nüfus artışı ve yaşam standartlarının yükselmesi, gıda ve beslenmeye olan ihtiyaçları da arttırmaktadır. Su kaynaklarının kısıtlı olması durumunda, yeterli düzeyde besin maddelerinin sağlanması için her zaman tarım sektöründe istenilen su taleplerini karşılamak gerekmektedir. İran'ın Güney Azerbaycan bölgesi, iklim bakımından yarıkurak bir bölge olarak tanımlanmakta ve bu bölgede yağışların zaman ve konum açısından düzgün dağılmaması nedeniyle suya olan talep daha da önem kazanmaktadır. Böyle bir

durumda, halihazırda bulunan su depolama yapılarının uygun kullanımı; yeni su depolama yapılarının inşasından daha ekonomik olabilir. Rezervuara giren akımların rastgele karakterli olmasından dolayı gelecekteki miktarını öngörmek ve haznenin işletme planını doğru tasarlamak sulama yöneticilerinin kaygılarından birisidir. Son zamanlarda hızla yaygınlaşan simülasyon ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri bu alanda da kullanılmaktadır. Konu ile ilgili bir çok çalışma su kaynakları yönetimi ile ilgili

¹ Tabriz Üniv. Ziraat Fak. Su Mühendisliği Bölümü-İran

² Şebister Üniv. Mühendislik Fak. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü-İran

³ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara

literatürde yer almaktadır. Jain ve ark. (1999) YSA yönteminden akımların tahmini ve hazne işletmesinde yararlanmışlardır. Bazı araştırmacılar ise zaman serileri ile YSA modellerinin performanslarını aylık akım verilerini kullanarak karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonunda YSA'nın büyük akımlar ve girdi-çıkı sistemlerinde, özellikle hazne işletmesinde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Bazı hidrolojik parametrelerin tahmin edilmesinde özellikle yağış-akım modellemesinde Hsu ve ark. (1995), Shamseldin (1997), Cigizoglu ve Alp (2004), Anctil ve ark. (2004) YSA yöntemine başvurmuşlardır. Akımların öngörülmesinde ise, Thirumalaiah ve Deo (1998), Zealand ve ark. (1999), Campolo ve ark. (1999) ve Kisi (2004) YSA yöntemini kullanmışlardır. Su depolama yapısı haznesine giren akımın tahmininde Coulibaly (1998), sediment miktarının öngörüsünde Jain ve ark. (2001), iki geri besleme yöntemi ile akım tahmininde Cigizoglu ve Kisi (2005) geniş kapsamlı çalışmalar yapmışlardır. Rumelhart ve ark. (1986) yürüttükleri YSA çalışmalarının tamamına yakınında *Çok Tabakalı İleri Besleme (Multi Layer Feed Forward)* tekniğinden yararlanmışlardır. Brikundavy ve ark. (2002), Cigizoglu (2003), Jain ve Indurthy (2003) ve Kisi (2004) ise yaptıkları çalışmalarda, çok tabakalı ileri beslemeli geriye yayılım (MLFFP= Multi Layer Feed Forward Back Propagation) mimarisi ve yönteminden yararlanarak, rastgele verilerin gelecekle ilgili yaptıkları öngörülerin yüksek düzeyde doğru olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmanın amacı, YSA yönteminden yararlanarak en iyi ağ ve modeli belirlemek, buna bağlı olarak gelecekteki akımları tahmin ederek simülasyonla Savalan rezervuarının belirli parametrelerini tahmin etmek ve buna dayanarak haznenin işletme politikasını belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma alanın tanıtılması: Savalan barajı, İran'ın Ardabil bölgesinde, Ardabil kentinin kuzey batısında 55 kilometre ve Meşkin-Şehir kentinin kuzey doğusunda 40 kilometre mesafedeki Karasu havzasının 12 500 ha alanının sulanması amacı ile inşa edilmiş 90 hm³ aktif kapasiteli hazneye sahip bir barajdır. Karasu havzası alanı 5 326 km², en yüksek noktası 4 811 m ve en düşük noktası ise 1 030 metredir. Karasu nehri Araz alt havzasında bulunan Dere nehrinin kollarından olup, güneydoğu-kuzeybatı istikametinde akmaktadır. Bölgede bulunan Samyan, Dostbeyli, Nemin ve Ardebil; hava tahmin, akım gözlem ve meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılarak iklimsel ve hidrolojik parametreler hesaplanmıştır. Bölge iklim açısından soğuk-yarı kurak olup, ortalama sıcaklık 10 °C olarak gözlenmiştir. Aylık

ortalama buharlaşma miktarı ve hazne göl yüzeyi üzerine düşen aylık ortalama yağmur miktarı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çalışmada 1962 yılından itibaren 43 yıllık aylık ortalama akım verilerine sahip Samyan gözlem istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Sulama alanındaki bitki desenine bağlı olarak talep edilen aylık su miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Yapay sinir ağları (YSA): Yapay zeka çalışmaları kapsamında ortaya çıkan ve bir noktada yapay zeka çalışmalarına destek sağlamakta olan farklı alanlardan bir tanesi de yapay sinir ağları teknolojisidir. Dolayısıyla, yapay zeka alanının bir alt dalını oluşturan YSA teknolojisi öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturmaktadır. İnsan beyninin temel işlev elemanı olan nöronu (neuron) şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden YSA'lar, bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır. Simüle edilen sinir hücrelerini içeren programlarla nöronlar, çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak bir ağ oluşturulur. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki çeşitli ilişkileri ortaya çıkarma kapasitesine sahiptir. Diğer bir ifadeyle YSA'lar, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik (synaptic) bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insan doğumdan itibaren "yaşayarak öğrenme" süreci içerisine girer. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe edindikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşturulur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Aynı durum, YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur. Bir başka deyişle, gerçekleşme girdi/çıkı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitime algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur. YSA'lar, ağırlıklandırılmış şekilde birbirlerine bağlanmış bir çok işlem elemanlarından (nöronlar) oluşan matematiksel sistemlerdir. Bir işlem elemanı, diğer nöronlardan sinyalleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkarır. Genelde, işlem elemanları kabaca gerçek nöronlara karşılık gelir ve bir ağ içinde birbirlerine bağlanır. Bu yapı da sinir ağlarını oluşturmaktadır. Sinirsel hesaplamaların merkezinde dağıtılmış, uyarlanabilir (adaptive) ve doğrusal olmayan işlem kavramları vardır. En basit şekilde, bir işlem elemanı, bir girdiyi bir ağırlık kümesi ile ağırlıklandırır, doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlar ve bir çıktı değeri oluşturur. İlk bakışta, işlem elemanlarının çalışma şekli yanıltıcı şekilde basittir. Sinirsel hesaplamaların gücü, toplam

Çizelge 1. Çalışma alanında aylık ortalama buharlaşma miktarı ve hazne göl yüzeyi üzerine düşen aylık ortalama yağmur miktarları (mm)

Ay	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
Buharlaşma	88.8	44.0	4.4	3.1	3.6	3.9	78.6	111.1	141.0	158.5	177.0	142.4	956.4
Yağmur	26.4	30.8	20.7	23.0	21.1	30.9	38.7	56.1	32.8	7.2	5.2	9.5	302.4

Çizelge 2. Çalışma alanında aylık sulama suyu talep miktarları (hm³)

Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
7.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	11.22	23.80	18.54	20.87	14.83	100.73

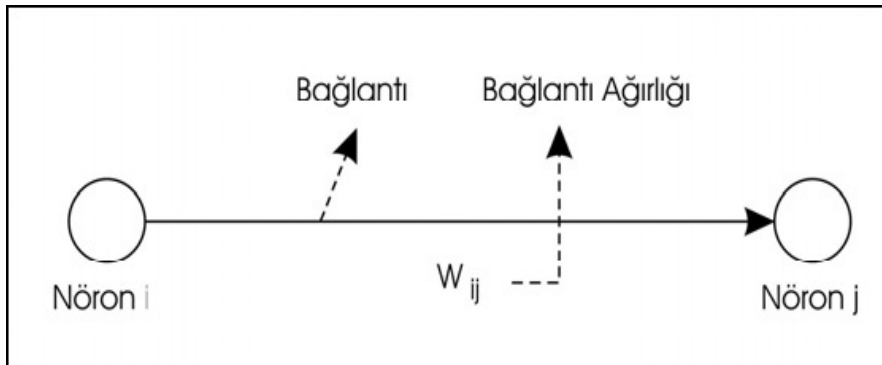
işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir. YSA'nın ana ögesi olan matematiksel fonksiyon, ağız mimarisi tarafından şekillendirilir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, fonksiyonun temel yapısını ağırlıkların büyüklüğü ve işlem elemanlarının işlem şekli belirler. YSA'ların davranışları, yani girdi veriyi çıktı veriyeye nasıl ilişkilendirdikleri, ilk olarak nöronların transfer fonksiyonlarından, nasıl birbirlerine bağlandıklarından ve bu bağlantıların ağırlıklarından etkilenir. Bu bilgiler ışığında bakıldığında, YSA'ların yapısı üç ana eleman içermekte olup şematik olarak Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1'den de görülebileceği gibi, YSA'ların yapısını oluşturan üç ana eleman temel işlem elemanı olan nöron, girdi ve çıktı yolunu sağlayan bağlantı ve bu bağlantıların sağlamlığını gösteren bağlantı ağırlığıdır.

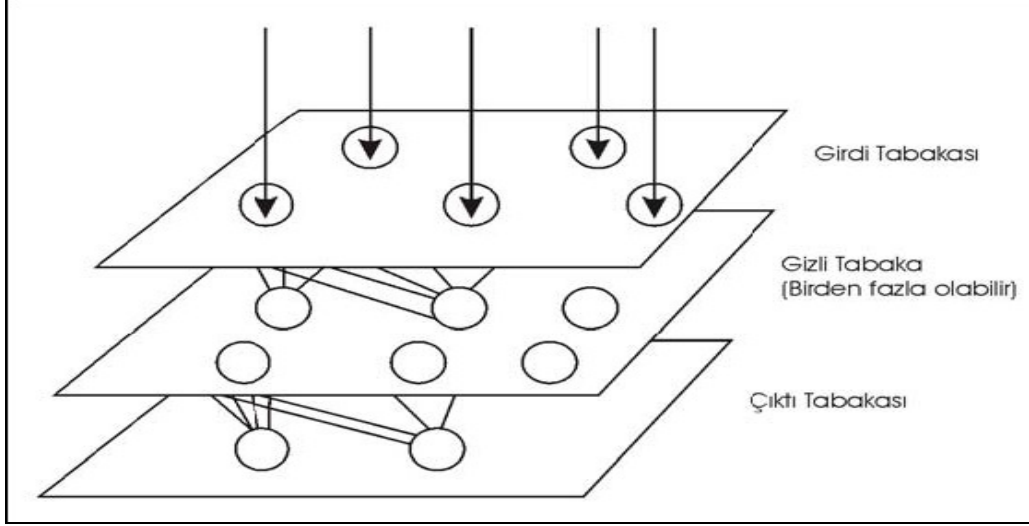
Tipik olarak, bir YSA'nın yapısı oluşturulur ve çeşitli matematiksel algoritmalarla bir tanesi kullanılarak üretilen çıktıların doğruluk düzeyinin maksimize edilmesi için gerekli olan ağırlık değerleri belirlenir. YSA'lar önceki örnekleri kullanarak

ağırlıkları belirlemek yoluyla girdi değişkenler ile tahmin edilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkartır. Diğer bir deyişle YSA'lar eğitilir. Bir kez bu ilişkiler ortaya çıkartıldıktan yani ağ eğitildikten sonra, YSA yeni verilerle çalıştırılabilir ve tahminler üretilebilir. Bir ağız performansı, amaçlanan sinyal ve hata kriteri ile ölçülür. Ağız çıktısı, amaçlanan çıktı ile karşılaştırılarak hata payı elde edilir. Geri Yayınım (backpropagation) olarak adlandırılan bir algoritma hata payını azaltacak şekilde ağırlıkları ayarlamak için kullanılır. Bu işlem defalarca tekrar edilerek ağ eğitilir.

Eğitme işleminin amacı performans ölçümleri bazında optimum çözüme ulaşmaktır. YSA'larda, yapay nöronlar basit bir şekilde kümelendirilmektedir. Bu kümelendirme tabakalar halinde yapılmakta ve daha sonra bu tabakalar bir diğerine ilişkilendirilmektedir. Temel olarak, tüm YSA'lar benzer bir yapıya sahiptirler. Böyle bir genel yapı Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu yapıda, bazı nöronlar girdileri almak için bazı nöronlar ise çıktıları iletmek için dış mekan ile bağlantılı haldedir. Geri kalan tüm nöronlar ise gizli tabakalarda yer alır ve sadece ağ içinde bağlantıları vardır.



Şekil 1. YSA mimarisinin temel elemanları



Şekil 2. YSA'ların genel yapısı

Tek tabaka ya da tek eleman içeren bazı başarılı ağlar oluşturulabilmesine rağmen çoğu uygulamalar en az üç tabaka (girdi tabakası, gizli tabaka ve çıktı tabakası) içeren ağlara ihtiyaç duymaktadır. Girdi tabakası, dışarıdan girdileri alan nöronları içerir. Ayrıca, önemli olan bir nokta, girdi tabakasındaki nöronların girdi değerler üzerinde bir işlem uygulamamasıdır. Sadece girdi değerlerini bir sonraki tabakaya iletir ve bu yüzden de bazı araştırmacılar tarafından girdi tabakası ağların tabaka sayısına dahil edilmezler. Çıktı tabakası ise çıktıları dışarıya ileten nöronları içeren tabakadır. Girdi ve çıktı tabakaları birer tabakadan oluşurken bu iki tabaka arasında birden fazla gizli tabaka bulunabilir. Bu gizli tabakalar çok sayıda nöron içerir ve bu nöronlar tamamen ağ içindeki diğer nöronlarla bağlantılıdır. Çoğu ağ türünde, gizli tabakadaki bir nöron sadece bir önceki tabakanın tüm nöronlarından sinyal alır. Nöron işlemini yaptıktan sonra ise çıktısını bir sonraki tabakanın tüm nöronlarına gönderir. Bu yapı ağın çıktısı için bir ileri besleme patikası oluşturur. Bir nöronun diğerine olan iletişim hattı, sinir ağları için önemli bir parçadır. Bazı ağlarda, bir nöron aynı tabakadaki başka nöronlara engel oluşturabilir. Bu, yanıl engelleme veya rekabet olarak adlandırılır ve en çok çıktı tabakasında kullanılır. Diğer bir bağlantı şekli ise geri yayınımdır. Geri yayılım, bir tabakanın çıktısının önceki tabakaya gönderilmesi olup Şekil 3'te yanıl engelleme ve rekabet kavramlarıyla birlikte örneklendirilmiştir.

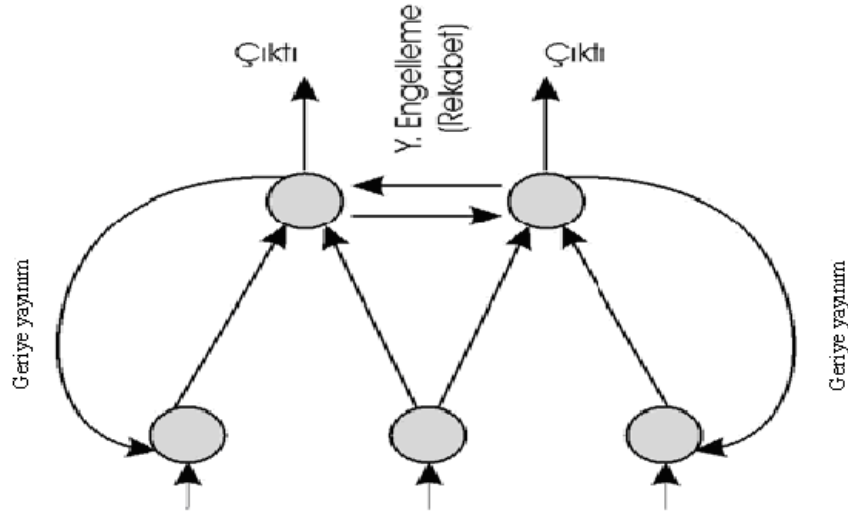
Yöntem

İleri beslemeli geri yayılım mimarisi 1970'li yıllarda geliştirilmiştir. Bu mimarinin geliştirilmesinde birbirlerinden bağımsız olarak birkaç araştırmacının

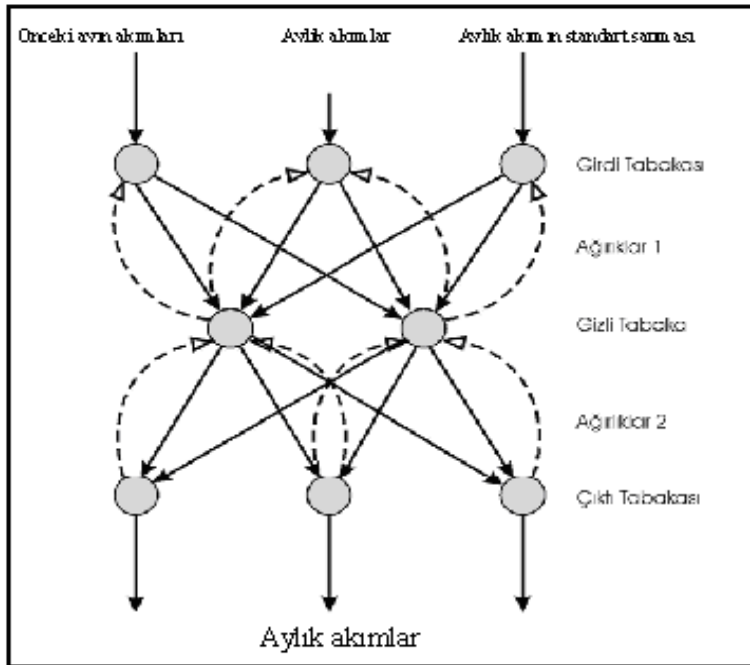
katkıları olmuştur. Asıl katkı ise Rumelhart, Hinton ve Williams (1986) tarafından yapılmıştır. Ortaya çıkışından sonra, hem etkili hem de çok kullanışlı olmasından dolayı büyük bir popülerite kazanmış ve hala en çok kullanılan ağ türü olarak bilinmektedir (Yurtoğlu 2005). Çok sayıda farklı uygulama alanında kullanılmakta olup en büyük özelliği doğrusal olmayan yapı içeren problemlerde de etkili olabilmesidir. Tipik bir geri yayılım ağ mimarisinde de bir girdi tabakası, bir çıktı tabakası ve bu iki tabaka arasında en az bir adet gizli tabaka bulunur. Gizli tabaka sayısı için herhangi bir kısıt olmamakla birlikte genellikle bir ya da iki gizli tabaka kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan; bir girdi tabakası, bir gizli tabaka ve bir çıktı tabakası içeren bir geri yayılım ağının genel yapısı Şekil 4'de örneklendirilmiştir.

Şekil 4'te, tabakalar halinde düzenlenmiş daireler işlem elemanlarını yani nöronları temsil etmektedir. Girdi tabakasında üç adet nöron bulunmaktadır. Yani ağa girdi olarak üç değişken tanıtılmaktadır. Bunun dışında gizli tabakada iki, çıktı tabakasında ise üç adet nöron bulunmaktadır. Dolayısıyla, ağdan üç değişken olarak çıktı alınmaktadır. Girdi tabakasından, gizli tabakaya iletilen değerler "Ağırlıklar 1" ağırlık seti ile, gizli tabakadan çıktı tabakasına iletilen değerler ise "Ağırlıklar 2" ağırlık seti ile ağırlıklandırılmaktadır. Geri yayılım ise sadece eğitime sürecinde kullanılır. Dolayısıyla eğitime sürecindeki bilgi akışı Şekil 4'teki tüm oklar ile gösterilmektedir.

Savalan barajı haznesini simüle etmek için kullanılan 34 yıl süreli aylık ortalama akım verilerinin ağı yönlendirmesinde yardımcı olmak üzere Neuro



Şekil 3. Geri yayılım yapısı



Şekil 4. İleri beslemeli geri yayılım ağına genel yapısı

Solution5 (<http://www.neurosolutions.com/>) bilgisayar programı kullanılmıştır. Kullanılan çok tabakalı, ileri beslemeli geri yayılım ağda; 3 girişli girdi tabakası, bir gizli tabaka ve bir çıktı tabakası kullanılmıştır. Üç girişli girdi tabakasını bir önceki ayın akımı, aylık akım ortalaması ve standart sapması, çıktı tabakasını ise aylık ortalama akım değerleri oluşturmuştur. Ağ uygun biçimde tahmin etmek için gözlem değerleri ve türetilmiş değerler arasında olan farkın belli düzeyden daha yüksek olması istenilmez. Bu farkın sıfıra yaklaşması ise ağın düzgün çalışması demektir. Ağda kullanılan transfer fonksiyonu Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu olmuştur. Bu fonksiyon ve ağın eğitime kuralı konu ile ilgili geçmiş çalışmaların bir göstergesidir (Anonim 2002, Jain Indurthy 2003, Kisi 2004, Yurtoğlu 2005).

Çeşitli amaçlar için istenen su miktarlarının karşılanmasında, diğer bir deyişle haznenin işletilmesinde, simülasyon yöntemine başvurulur. Simülasyonun amacı; çok amaçlı ve çok hazneli sistemlerde, giren akımların ve kontrol noktaların belirli olduğunu varsayarak, işletme politikasının belirlenmesi ve haznedeki çekilecek su miktarını hesaplamaktır. Simülasyon yöntemi yardımı ile işletme politikasının talepleri karşılama ve yeterli doğrulukta karar vermek mümkün olabilir. Simülasyonla çeşitli işletme politikalarını tekrarlama yaklaşımı ve ölçülebilir girdiler yardımı ile değerlendirmek mümkündür. Hazne işletmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan süreklilik denklemi aşağıda verilmiştir.

$$ST(i, t + 1) = ST(i, t) + QF(i, t) + PP(i, t) - D(i, t) - EV(i, t) - Spill(i, t) \quad (1)$$

Eşitlikte; t= İşletme süresi (ay), i=İşletme yılı, ST= Haznede depolanan su miktarı, QF= Giren akım, D= Çekilecek su miktarı (Talep), EV= Hazne göl yüzeyinden buharlaşan su miktarı, PP=Hazne göl yüzeyine düşen yağmur miktarı ve Spill= Hazneden savaklanan su miktarıdır.

Savalan barajı haznesini simüle etmek için 43 yıllık aylık ortalama akım verilerinin 34 yılı ağı yönlendirmek ve geri kalan 9 yıllık veriler ise deneme için ayrılmıştır. Eşitlik 1 kullanılarak önce gözlenmiş verilere göre rezervuara ait parametreler hesaplanmış, daha sonra türetilmiş akım verilerine karşılık diğer parametreler tahmin edilmiştir.

Hesaplamalar sırasında başlangıçta hazne boş olarak kabul edilmiştir. Ayrıca talep miktarlarının Çizelge 2 de verildiği gibi aylara göre değişmediği varsayılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Ağ tanımladıktan sonra gerçek akım verileri ile simüle edilmiş akım verileri arasında tam olmasa da yeteri düzeyde uyum sağlandığı görülmüştür (Şekil 5). Modelin geçerliliği ve duyarlılığını değerlendirmek amacı ile performans ve kriter çizelgesi hesaplanmıştır. Çizelge 3' ten görüleceği gibi R değeri 0.83 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3'ten elde edilen sonuçlar modelin yeterli düzeyde geçerli olduğunu göstermektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi bazı aylarda gözlenen ve türetilen akımlar arasında tam olarak uyum sağlanmamaktadır. Bu dönemler seyrek görünen olaylar olarak ele alınmaktadır. Öte yandan çizelge 3'ten görüleceği gibi R² en fazla 0,69 olabilir. Dolayısı ile nadir olaylar dışında model genelde tutarlı sayılabilir. Hatayı değerlendirmek ve modelin elde edilmesi için bin kez ağ eğitilmiştir ve en uygun sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4).

Ağ değerlendirdikten sonra gerçek ve simüle edilmiş akım verileri süreklilik denklemi yardımı ile çözülmüş ve hazne işletme parametrelerinin değerleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

Haznede depolanan su miktarı: Gerçek ve simüle edilmiş verilerle haznede depolanan su miktarı Şekil 6 da gösterilmiştir. Şekil 6 dan görüldüğü gibi simülasyon sonuçları ile gözlenmiş verilerden hesaplanmış miktarlar arasında yeterli düzeyde uyum sağlanmaktadır. Gözlenmiş akım verileri ile simüle edilmiş akım verileri arasındaki farklılıklar uyumdaki bazı eksikliklerin nedeni olmuştur.

Hazneden savaklanan su miktarı: Doğal olarak hazneye gelen akım değerleri hazne hacminden ve talep miktarından fazla olduğu dönemlerde, fazla su dolu savaktan savaklanacaktır. Dolu savaktan savaklanan gerçek ve simüle edilmiş su miktarları Şekil 7 de gösterilmiştir. Şekil 7 den görüleceği gibi her iki yaklaşımda sonuçlar arasında genellikle uyum sağlanmaktadır. Bazı aylarda özellikle pik değerlerde görülen farklılıklar

Çizelge 3. Türetilmiş akımların performansı

Performans	
MSE (En küçük kareler hatası)	271.07
NMSE (Normalleştirilmiş minimum kareler hatası)	0.38
R	0.83

Çizelge 4. Ağ performansında eğitime sayısı ve hata değerleri

En iyi ağ	Eğitime sayısı
Tekrar	1000
Minimum MSE	0.008534064

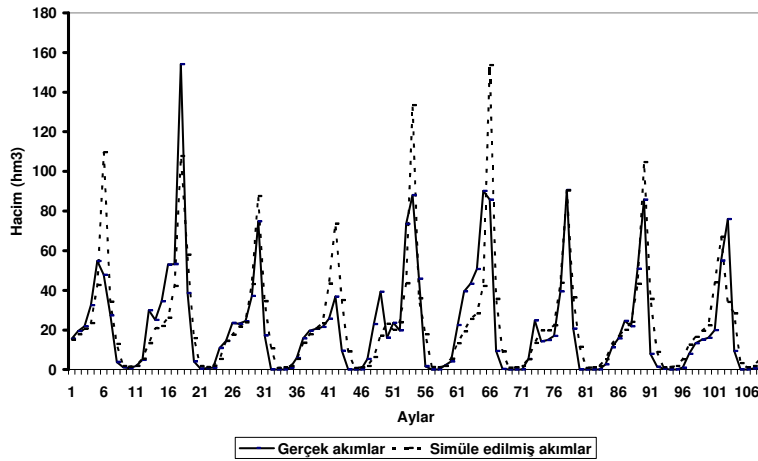
Şekil 5'teki akım farklılıklarına benzer şekilde savaklanan su miktarına da yansımıştır.

Hazne yüzeyine düşen yağmur miktarı: Yağmur değerlerinin ve hazne yüzey alanının büyük olduğu dönemlerde hazneye yağın yağmur miktarı da dikkate alınacak kadar fazla olacaktır. Bu durumda haznede depolanan su miktarı etkilenebilecektir.

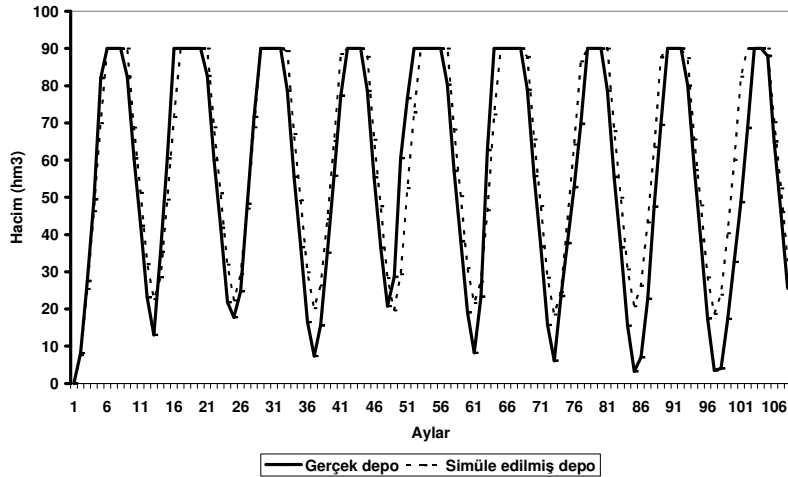
Şekil 8'den görüldüğü gibi gerçek ve simüle edilmiş hazne yüzeyine düşen yağmur miktarları arasında da yeterli düzeyde uyum sağlanmaktadır. Uyumdaki eksikliğin nedeni, depolanan su miktarı hem gözlenmiş hem de simüle edilmiş akım verileri ile hesaplandığından dolayı depolanan su miktarındaki değişimler hem hazne yüzeyine düşen yağmur miktarlarına hem de buharlaşma miktarlarına etkili olmaktadır.

Hazne yüzeyinden buharlaşma miktarı: Buharlaşma, rezervuar yönetimi önemli etkenlerden biri olup, özellikle sıcak aylarda haznede depolanan su miktarını olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 9'da gözlenen ve simüle edilen veriler için buharlaşma miktarındaki değişimler görülmektedir.

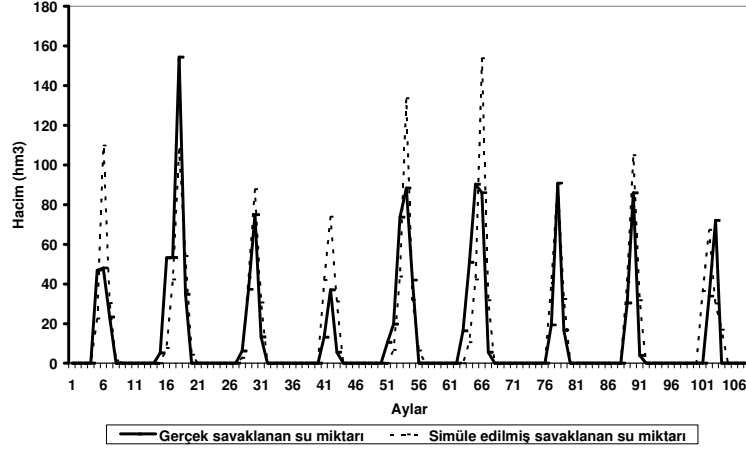
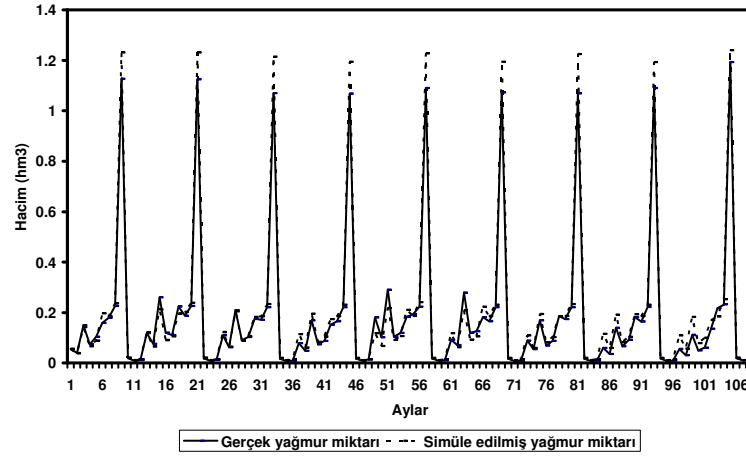
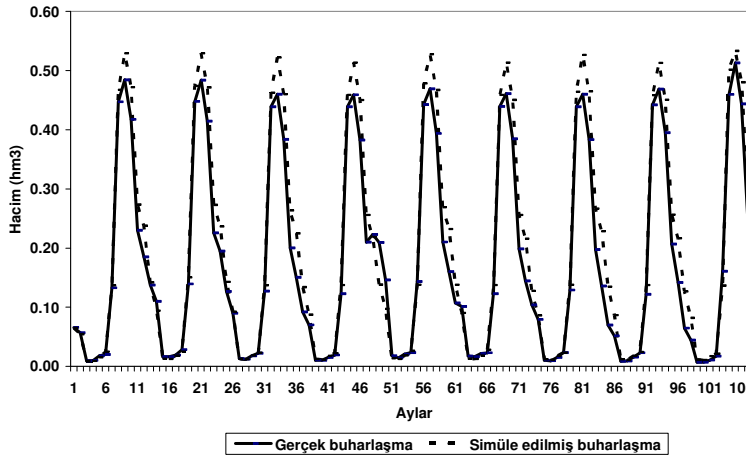
Çalışmada YSA yönteminden yararlanarak en iyi ağ ve modeli belirlemek, buna bağlı olarak gelecekteki akımları tahmin ederek simülasyonla rezervuar parametrelerinin tahmini, aylık ortalama akımlar kullanılarak yapılmıştır. Günlük ortalama akımların ve çeşitli girdi tabası kombinasyonlarının kullanılmasıyla daha da gerçeğe yakın akımların tahmin edilmesiyle daha uygun rezervuar işletme politikası belirlenmesi beklenmektedir.



Şekil 5. Gözlenmiş ve simüle edilmiş akımlar (hm³)



Şekil 6. Gerçek ve simüle edilmiş depolanan su miktarları (hm³)

Şekil 7. Gerçek ve simüle edilmiş savaklanan su miktarı (hm^3)Şekil 8. Gerçek ve simüle edilmiş hazne yüzeyine düşen yağmur miktarları (hm^3)Şekil 9. Gerçek ve simüle edilmiş hazne yüzeyinden buharlaşan su miktarları (hm^3)

Kaynaklar

- Anctil, F., C. Perrin and V., Andreassian. 2004. Impact of the length of observed records on the performance of ANN and of conceptual parsimonious rainfall-runoff forecasting models. *Journal of Environmental Models Software* 19:357-368.
- Anonim, 2002. Hydrological report of Savalan Reservoir. Ashnab Consulting Engineers.
- Brikundavyi, S., R. Labib, H. T Trung and J. Rousselle. 2002. Performance of neural networks in daily streamflow forecasting. *Journal of Hydrologic Engineering*. 7 (5): 392–398.
- Campolo, M., P. Andreussi and A. Soldati. 1999. River flood forecasting with a neural network model. *Journal of Water Resources Research*. 35 (4) : 1191–1197.
- Cigizoglu, H.K., 2003. Estimation, forecasting and extrapolation of flow data by artificial neural networks. *Hydrological Sciences Journal*, 48 (3) : 349-361.
- Cigizoglu, H. K. and M. Alp. 2004. Rainfall-runoff modeling using three neural network methods. *Artificial Intelligence and Soft Computing- ICAISC 2004, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 3070, 166-171.
- Cigizoglu, H. K., and O. Kisi. 2005. Flow prediction by two back propagation techniques using k-fold partitioning of neural network training data. *Journal of Nordic Hydrology*, 36 (1) : 1-16.
- Coulibaly, P., F. Anctil and B. Bobe'e, 1998. Real time neural network based forecasting system for hydropower reservoirs. *Proceedings of the First International Conference on New Information. Technologies for Decision Making in Civil Engineering*. University of Quebec, Montreal, Canada, 1001–1011.
- Hsu, K. L., H. V. Gupta and S. Sorooshian. 1995. Artificial neural network modeling of the rainfall-runoff process. *Journal of Water Resources Research*. 31 (10): 2517–2530.
- Jain, S. K., D. Das and D. K. Srivastava. 1999. Application of ANN for reservoir inflow prediction and operation. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 125 (5): 263–271.
- Jain, S. K. 2001. Development of Integrated Sediment Rating Curves Using ANNs. *Journal of Hydraulic Engineering* 127 (1):30–37.
- Jain, A. and S. K. V. P Indurthy. 2003. Comparative analysis of event-based rainfall-runoff modeling techniques- deterministic, statistical, and artificial neural networks. *Journal of Hydrologic Engineering*. 8 (2): 93–98.
- Kisi, O. 2004. River flow modeling using artificial neural networks. *Journal of Hydrologic Engineering*. 9 (1): 60–63.
- Rumelhart, D. E., G. E. Hinton and R. J. Williams. 1986. Learning internal representation by error propagation. In: Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. (Eds.), *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, vol. 1. MIT Press, Cambridge, MA, 318–362.
- Shamseldin, A. Y. 1997. Application of a neural network technique to rainfall-runoff modeling. *Journal of Hydrology* 199: 272–294.
- Thirumalaiah, K and M. C. Deo. 1998. Real-time flood forecasting using neural networks. *Journal of Computer-Aided Civil Infrastructure Engineering*, 13 (2): 101–111.
- Yurtoğlu, H. 2005. Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi. *Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü Yayınları*.
- Zealand, C. M., D. H. Burn and S. P. Simonovic. 1999. Short-term stream flow forecasting using artificial neural networks. *Journal of Hydrology* 214: 32–48.

İletişim Adresi :

Fazlı ÖZTÜRK
Ankara Üniv. Ziraat Fak.
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara
Tel: 0-312-596 12 23
E-posta: fozturk27@agri.ankara.edu.tr