

Kültür Balıkçılığının Su Kirliliğine Etkisinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi

Bülent ŞENGÖRÜR

Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 54040, Adapazarı-TÜRKİYE

Cemil ÖZ

Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 54040, Adapazarı-TÜRKİYE

Geliş Tarihi 09.02.2000

Özet

Kültür balıkçılığı işletmeciliği son yıllarda Türkiye’de ve dünyada hızla gelişen bir iş alanıdır. Balık havuzlarının işletilmesi esnasında özellikle suni yem kullanımından ileri gelen kirlenmeler alıcı sulara deşarj edilmektedir. Bu deşarjlar alıcı sulardaki su kalitesini düşürdüğü gibi ortamdaki balık ve diğer organizmalar üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, balık havuzlarından kaynaklanan su kirliliğinin Yapay sinir ağları(YSA) ile modellenmesini incelemektir. Gerçekleştirilen model gerçek verilere %94,8 oranında oldukça iyi bir sonuçla uyum sağlamıştır.

Anahtar Sözcükler: Balık havuzları, Su kirliliği, Modelleme, Yapay sinir ağları.

Determination of the Effects of Water Pollution of Aquacultures using Neural Networks

Abstract

Recently, the operating of aquacultures has become a rapidly expanding field in Turkey and in other countries throughout world. The pollutants related to the use of artificial fish feed are a notable form of water pollution when discharged in the receiving water. As these discharges reduce the quality of the receiving water they also have a negative effect on other living organisms.

The purpose of this study was to investigate water pollution in fish ponds by using a neural network model. The results of the model were compatible with the real data obtained by experiments, with an accuracy of 94.8%.

Key Words: Fish ponds, Water pollution, Modelling, Neural network.

Giriş

Kültür balıkçılığı ülkemizde ve dünyada son yıllarda oldukça yaygınlaşmaya başlamıştır. Böylece su kirlenmesine yeni bir boyut eklenmiştir. Özellikle büyük şehir çevrelerindeki tatlı su kaynakları içme suyu ve rekreasyon amacıyla kullanıldığından bu

kaynakların kirlenmelerinin önlenmesi için geniş tedbirler alınmaktadır. Şehir merkezlerine yakın olan bu tatlı su kaynakları aynı zamanda kültür balıkçılığı için de uygun kaynak olarak ortaya çıkmaktadır.

Kültür balıkçılığı üretiminde bir çok avantajları nedeniyle yapay yem kullanılır. Bu yemler her

balık türünün ihtiyacı göz önüne alınarak önce hayvanların kendi yaşamları için ve daha sonra da büyümeleri için gerekli kısmın toplamından ibarettir. Balıkların günlük yem ihtiyacı, balığın ağırlığına uzunluğuna ve su sıcaklığına bağlı olarak belirlenmektedir. Balıklar için yaşamsal oksijen ihtiyacı ise sıcaklığa ve yüksekliğe göre değişir. Ayrıca balık havuzlarındaki taşıma kapasitesi, oksijen miktarı ve atık ürünlerin birikmesi ile sınırlandırılır. Verilen yem miktarı ise tüketilen oksijen miktarı ve açığa çıkan metabolit miktarı ile doğru orantılıdır.

1 kg. yemin yakılabilmesi için 0,25 kg. oksijene ihtiyaç vardır. Bir yanma sonunda 30 gr. amonyak açığa çıkar. Havuz çıkışında en az 5 mg/lt oksijen (bazıları bunu 4 mg/lt almaktadır) ve en fazla 0,0125 mg/lt, iyonize olmamış (toksik) amonyak olmasına dikkat edilir. Bu sonuçlara göre belli ağırlıktaki balıklardan günde belli bir yemleme düzeyi ile, belli debi ve oksijen içeriğindeki suda ne kadar yetiştirilebileceği (kapasitesi) hesap edilir. Balığı yemlemek için havuza atılan yemin tamamı balık tarafından alınmaz, bir kısmı suda kalır ve çürüyerek BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)'nı artırır. Vücuda alınan besinin ise tamamı enerji ve dokuya dönüştürülmez. Havuzun kirlenmesinde sindirim artışı dışı önemli bir faktördür. Besinlerin özellikle proteinin, metabolizma son ürünleri metabolitler halinde böbrekler ile ve daha ziyade solungaçlar ile suya bırakılır. Azotlu olan bu maddeler solungaçlarla amonyak halinde, böbreklerle ise idrar içinde atılır. Çok büyük düzensiz şekildeki havuzlarda askıda katılar kolayca çökebilir. Fakat çürüme nedeniyle BOİ değeri yükselir. Suları sürekli yenilenen havuzlarda katı maddeler havuzdan çürümeden uzaklaştırılmasına rağmen bu tür havuzlarda BOİ düşük olur. Ancak katı madde miktarı her zaman yüksektir. Havuz içindeki katı maddeler bulanıklığa sebep olmakta ve balığın yemlemesini zorlaştırmaktadır (Çakır, 1994).

Balık havuzlarında başlıca kirletici parametreler, çöktürülebilir ve askıda katı maddeler, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam fosfor, amonyak azotu, organik azot, nitrit ve nitrat azotu ve fekal kaliform bakteri olarak verilmektedir (Bennett ve Gordon., 1993).

Balık havuzlarından alıcı ortamlarına deşarj edilen sular önemli kirletici maddeleri beraberinde getirmektedir. Balık havuz deşarjları, nihayetinde içme suyu ve rekreasyon amacı için kullanılan tatlı su kaynaklarında başta ötrofikasyon olmak üzere önemli olumsuz etkiler yapacaktır. Bu deşarjların,

alıcı ortamların kabul edebileceği konstrasyonları aşması önlenmeli bu yapılamıyorsa balık havuzlarında kullanılan suyun arıtılması ve tekrar kullanımı araştırılmalıdır.

Kültür balıkçılığında suyun arıtılması ve tekrar kullanımı için üç farklı tip biyofiltre teklif edilmiş ve bunların verimleri tatmin edici bulunmuştur (Abeyasinghe, Shanableh ve Ripden., 1996). Ayrıca biyofiltre sistemlerinde fosforun giderilmesine çevrim süresinin etkisi araştırılmıştır (Shanableh, Hijazi., 1998).

YSA'lar insan beynindeki çalışma sisteminin yapay olarak benzetimi çalışmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. En genel anlamda YSA (insan beynindeki bir çok nöronun bağlı olması gibi) yapay basit işlemcilerin birbirine değişik etki seviyeleri ile bağlanmasından oluşan karmaşık bir sistem olarak düşünülebilir.

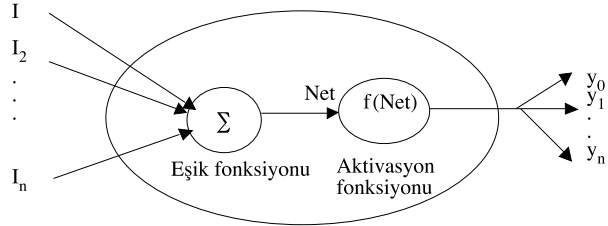
YSA'lar insan beyninin bir çok özelliğini taşırlar. Örneğin; tecrübe ile öğrenirler, daha önce öğrenilen bilgileri genelleyerek yeni sonuçlar çıkarırlar, yani bir bilgiden gereksiz kısımları çıkararak önemli olan özü alırlar.

YSA'lar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çeşitli meslek grupları kendi uzmanlık alanlarında kullanma çabaları içerisinde dirler. Modelleme, optimizasyon, robotik vb problemler, bu problemlerden sadece bir kaçıdır(Öz,1998). YSA'ların üstünlüğü matematiksel bir model kurulamayan veya çok karmaşık ve uzun hesaplama gerektiren matematiksel problemlerin çözümünde kullanılabilmesidir. YSA hızlı çözüm üretir. YSA'nın bir problemi çözebilmesi için o probleme ait gerçek girdi ve çıktı verilerinin problemin genel özelliklerini kapsayacak şekilde elimizde mevcut olması gerekir. Gerçek veriler deneysel veya matematiksel bir model ile elde edilebilir. Gerçek verilerle eğitilen model YSA problemin genel çözümü için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, gerçek sistemden alınan girdi ve çıktı değerleri arasında bir matematiksel model kurmanın mümkün olmadığı görülerek, YSA'nın yukarıda belirtilen özelliklerinden dolayı kültür balıkçılığının tatlı su kaynaklarına yapmış olduğu çevresel etkiler YSA ile modellenmiştir. Böylece elde edilen Model YSA ile girdilerde olabilecek değişikliklere karşılık çıktıda olabilecek değişimler kestirilebilecektir. Böylece gerek balık gelişimine etkimeler gerekse kirlenmeye etkimeler belirlenerek önlem alınmasına gidilebilecektir.

YSA'lar

Burada YSA ların yapısı ve bileşenlerinden kısaca söz edip çalışmada kullanılan YSA modeli kısaca verilecektir. Giriş bölümünde bahsedildiği üzere YSA'lar yapay nöronların birbirine değişik etki seviyeleri ile bağlanması ile oluşan bir sistemdir. Şekil 1' de Yapay nöron verilmiştir.



Şekil 1. Yapay Nöron

Burada, I_1, I_2, \dots, I_n nöron girişleri, y_0, y_1, \dots, y_n nöron çıkışlarıdır. Net eşik fonksiyonu, $f(\text{Net})$ aktivasyon fonksiyonudur.

Model olarak, Perceptron, Madaline, Hopfield, İleri beslemeli (Feed forward), Geriye yayılım (Back propagation) vb. gibi YSA modelleri vardır. Ağ modelinde ana bileşenler,

- Ağ yapısı,
- Öğrenme Kuralı
- Öğrenme Stratejisi dir.

Ağ yapısı; Ağ'ın katman sayısını ve katmanlardaki nöronların birbirine bağlanma şekillerini belirler.

Öğrenme kuralı; Ağ girişindeki bilginin, istenen çıkışı vermesi için ağdaki ağırlık parametrelerinin hesaplanmasını gerçekleştirir. Öğrenme kuralı; Raslantısal(Hebb), Performans(Widrow ve Adaline), Kompetif(Kohonen), Filtreleme(Grossberg) ve Genişletilmiş delta kuralı olarak sayılabilir.

Öğrenme stratejisi; Ağ'ın öğrenme işleminde izleyeceği stratejiyi belirlemede kullanılır. Ağ stratejisi olarak, Öğreticili Eğitim(supervised training), skor ile eğitim(graded training) ve öz uyarılama ile eğitim(Self-organization training) dir.

Model oluşturmada öncelikle nöronun iç yapısındaki eşik fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonu belirlenmelidir.

Eşik fonksiyonu, nöron girişleri ile ağırlıkları çarpıldıktan sonra nöron eşik seviyesini belirlemede kullanılır. Toplama (summation), maksimum(maximum), minimum vb gibi eşik fonksiyonları vardır. Toplama fonksiyonu;

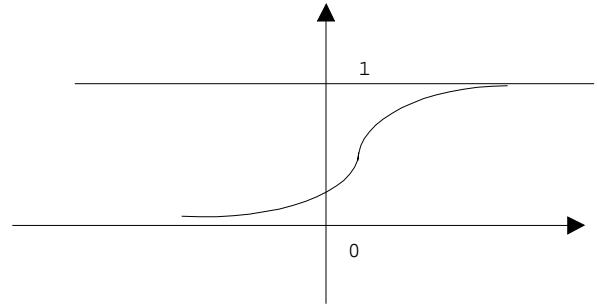
$$\text{Net} = \sum_{I=1}^n I_i W_i \quad (1)$$

olarak tanımlanır.

Aktivasyon fonksiyonu; Yapay nöronun lineer olmayan kazancıdır. Bu kazanç değeri (Net) deki küçük değişimin y_0 da oluşturduğu değişiklik miktarından hesaplanır. Bu değer eğrinin özel bir noktasındaki eğimini verir. Yaygın olarak kullanılan eşik fonksiyonları; lineer fonksiyon, step, sigmoid, hiperbolik tanjant vb. dir. Sigmoid fonksiyonu,

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

dir. Sigmoid fonksiyonunun grafiği Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Sigmoid Fonksiyonu

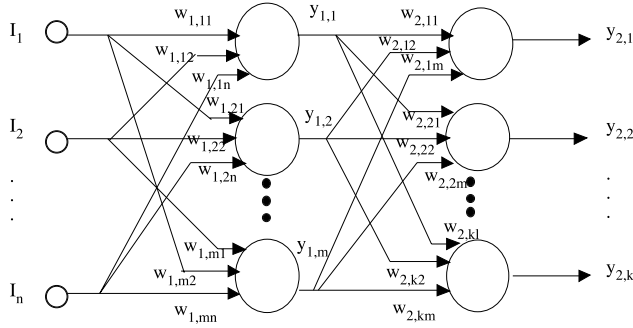
Bu çalışmada, ağ yapısı olarak çok katmanlı ağ(Multilayer perceptron), yapısı kullanılmıştır. Bu model nonlinear problem çözümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Eğitim aşaması biraz uzundur. Model ileri besleme ve geriye yayma dediğimiz iki işlemden oluşur. İleri işlemde ağ çıktıları hesaplanır. Geriye yayma işleminde ise ağ çıkışındaki hata yayılarak ağırlıklar yenilenir.

İleri besleme ağı

Çok katmanlı bir ileri besleme ağı Şekil 3'de verilmiştir.

Burada, Katmanlar girişten ileriye doğru L=0 (giriş katmanı), L=1 (Gizli katman), L=2 (çıkış Katmanı) olarak numaralandırılmıştır. Ağırlıklar ise giriş katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıklar $W_{1,j,i}$, gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıklar $W_{2,t,j}$ olarak gösterilmiştir. $i=1,2,\dots, n$ giriş nöronları, $j=1,2,\dots,m$ gizli katman nöronları, $t=1,2,\dots,k$ çıkış katmanı nöronlarıdır. Örnek olarak

$y_{1,2}$ gizli katmanın 2. nöronun çıkışıdır. Bir basit nöronun tanımından yararlanarak her bir katman sonundaki çıkışlar şu şekilde yazılabilir.



Şekil 3. Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağ Yapısı

Gizli katman:

$$y_{NET1,j} = \sum_{i=1}^n w_{1,ji} I_i \quad (3)$$

$$y_{1,j} = f_j[y_{NET1,j}] \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Çıkış katmanı:

$$y_{NET2,t} = \sum_{j=1}^m w_{2,tj} y_{1,j} \quad (4)$$

$$y_{2,k} = f_t[y_{NET2,t}] \quad t = 1, 2, \dots, k$$

Burada $f(x)$ denklem 2 de verilen aktivasyon fonksiyonudur (Narendra, 1992).

Geri yayılım algoritması

Bir model ağı eğitmekteki amaç, bir giriş setine karşılık olarak özel bir fonksiyonel karakteristiği elde edebilmek için çıkışlar oluşturmak üzere ağırlıkları ayarlamaktır. Eğitmenin tam olabilmesi için her bir giriş vektörüne karşılık istenen çıkış vektörünü gösteren bir hedef çıkış vektörü olmalıdır. Bu giriş ve hedef çıkış vektörleri bir eğitim çifti oluşturur. Eğitilmiş bir ağ'daki hedef çıktı ile ağ çıktısı eşit olmalıdır. Eşitlik olmadığı durumda, aralarındaki fark hatadır. Bu hatanın minimumlaştırılması amacı ile ağırlık parametrelerini yenileme işlemi geriye yayılım olarak tanımlanır.

Hata

$$\varepsilon_t = y_{2,t}^H - y_{2,t}^A \quad (5)$$

Çıkış ile gizli katman arasındaki ağırlıkların yenilenmesi;

$$\delta_t = f'(y_{NET2,t}) \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\Delta w_{2,jt}^n = \eta \delta_t y_{1,t} + \alpha \Delta w_{2,jt}^{n-1} \quad (7)$$

$$w_{2,jt}^n = w_{2,jt}^{n-1} + \Delta w_{2,jt}^n \quad (8)$$

formülleri ile gerçekleştirilir. Burada, n iterasyon sayısı, η öğrenme katsayısı, α momentum katsayısıdır.

Gizli katman ile giriş katmanı arasındaki ağırlıkların yenilenmesi ise

$$\delta_j = y'_{2,j} \sum_{t=1}^k \delta_t w_{2,jt} \quad (9)$$

$$\Delta w_{1,ij}^n = \eta \delta_j y_{0,i} + \alpha \Delta w_{1,ij}^{n-1} \quad (10)$$

$$w_{1,ij}^n = w_{1,ij}^{n-1} + \Delta w_{1,ij}^n \quad (11)$$

formülleri ile gerçekleştirilir.

Bu basamaklar ağdaki toplam hatanın istenen belli bir sınıra düşüncüye kadar tekrar edilir. Bu hata limiti elde edildiğinde ise "ağ yapılacak işi öğrendi" denilir. Toplam hata Denklem 12 ile hesaplanır. Ağ bir kere öğretildiği zaman elde edilen ağırlık değerleri saptanır ve bu ağırlık değerleri ağı ihtiyacı durumunda tekrar kullanılır. Ağ daha sonraki uygulamalarda öğrenilen bu ağırlıkları kullanılacaktır (Richard, 1987; Abulafya, 1995).

$$E = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^k \varepsilon_t^2 \quad (12)$$

Bu çalışmada ağ modeli olarak çok katmanlı ağ, öğrenme kuralı olarak genişletilmiş delta kuralı ve öğrenme stratejisi olarak da eğitici öğrenme kullanılmıştır.

Genişletilmiş delta kuralına göre öğrenme aşağıdaki aşamalarda gerçekleşir.

1. Ağ'ın yapısı belirlenir

- Giriş (nöron) sayısı
- Çıkış (nöron) sayısı
- Gizli katman sayısı ve gizli katmandaki nöron sayıları

2. Ağ'ın başlangıç parametreleri belirlenir.

- Başlangıç ağırlıkları
- Öğrenme katsayısı
- Momentum katsayısı

3. Giriş ve çıkış verileri ağı değerlendirilebileceği şekilde düzenlenir(normalize edilir).
4. İleri beslemeli ağ yapısına göre ağ çıktıları hesaplanır.
5. Ağ çıktısı ile gerçek çıktı arasındaki hata bulunur.
6. Hata minimum ise ağ problemi öğrenildi. Öğrenmeyi durdur.
7. Hata minimum değilse; geriye yayılım ağ yapısına göre hatayı minimize edecek şekilde ağırlıklar hesaplanır.
8. Adım 3'e gidilerek işleme devam edilir.

DeneySEL ÇALIŞMA

Verilerin elde edildiği tesis, Sapanca gölünü besleyen Mahmudiye deresindedir. Tesis bu su ile üretim yapmaktadır. Dere suyunun tamamı balık üretimi amacıyla kullanılmaktadır. tesis otoyola 5 km mesafededir. Çevresi ormanlık alandır. Yayla alabalık tesisisi ile otoyol arasında Mahmudiye deresine herhangi bir atıksu girdisi bulunmamaktadır.

Tesis Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından projelendirilmiş ve "kaynak kullanımını destekleme fonundan" yararlandırılmıştır. Proje 22 ton/yıl kapasiteli olarak onaylanmış olup 7 adet yavru geliştirme havuzu, 9 adet semirtme havuzu ve 2 adet stok ve pazarlama havuzu mevcuttur.

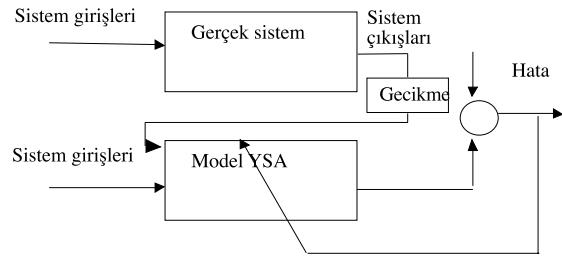
Yavru geiştirme havuzları=1.5x4.5x0.5 m boyutlarında 6 adet dir. Kullanılan yem miktarı (kg/gün) ile balık miktarı (adet) ve (kg) olarak tespit edilmiştir. Tesis girişinde ölçülen değerler ve tesise ait diğer bilgiler Tablo 1'de, havuz çıkışında ölçülen değerler ise Tablo 2'de verilmiştir.

Modelleme

Gerçek sistemden elde edilen ölçüm değerleri YSA modelimizde kullanılabilecek yapıya sahip değillerdir. Öncelikle tarih bilgisi gün bazında alınarak sayısal veri haline dönüştürülmüştür. Tarih bilgisinin veri girişi olarak kullanılması mevsimsel etkilerin değerlendirilmesi içindir. Daha sonra genel veri yapısına göre büyük değerler belirli bir katsayı ile düşürülmüştür(600'e bölünmüştür). Yapılan bu işlemlerden sonra elde edilen giriş çıkış eğitim setlerinin ve uygulamada karşılaşılabileceğimiz veri büyüklüklerini de kapsayacak şekilde minimum ve maksimum(min.=0,maks.=500) değerler belirlenmiştir. Son olarak eğitim ve test setindeki veriler belirlenen minimum ve maksimum değer yardımı ile aşağıdaki formül ile ölçeklendirilmiştir.

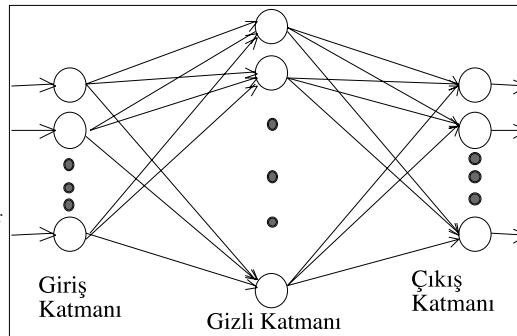
$$X_{ölç} = \frac{X_{ger.} - X_{min}}{X_{mak.} - X_{min}} \quad (13)$$

Gerçekleştirilen sisteme ilişkin blok diyagram Şekil 4' de verilmiştir. Sistem dinamik bir sistem olduğundan dolayı sistemin çıkışı model YSA'ya geri besleme olarak verilmiştir. Bu öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır.



Şekil 4. Model YSA Ağ Eğitimi.

- Girişler
- 1-Tarih
 - 2-pH
 - 3-Sıcaklık
 - 4-Çözünmüş oksijen
 - 5-Nitrit
 - 6-Nitrat
 - 7-Amonyak
 - 8-Fosfor
 - 9-BOİ5
 - 10-KOI
 - 11-Tesise giren su
 - 12- Deredeki Debi
 - 13- Kullanılan yem
 - 14-balık miktarı
 - 15-Balık ağırlığı
 - Geri beslemeden gelen girdiler
 - 16-pH
 - 17-Sıcaklık
 - 18-Çözünmüş oksijen
 - 19-Nitrit
 - 20-Nitrat
 - 21-Amonyak
 - 22-Fosfor
 - 23-BOİ5
 - 24-KOI



- Çıkışlar
- 1-pH
 - 2-Sıcaklık
 - 3-Çözünmüş oksijen
 - 4-Nitrit
 - 5-Nitrat
 - 6-Amonyak
 - 7-Fosfor
 - 8-BOİ5
 - 9-KOI

Şekil 5. Eğitim Tamamlandıktan Sonra Kullanılan İleri Beslemeli Ağ.

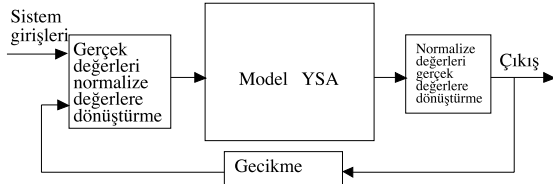
Tablo 1. Havuza Giriş Noktasındaki Ölçüm Değerleri.

Örnek Sayısı	Tarih	PH	Sıcaklık °C	Çözünmüş Oksijen mg/lt	Nitrit mg/lt	Nitrat mg/lt	Amonyak mg/lt	Fosfor mg/lt	BO ₅ mg/lt	KOI mg/lt	Tesise giren su lt/sn	Deredeki debi lt/sn	Kullanılan yem kg/gün	Balık mik. Adet	Balık ağırlığı kg
1	17.Ağu	7.47	12.8	10.12	0.003	0	0.02	4.473	0	0	143	210	150	151600	10175
2	03.Eyl	7.42	12.6	10.27	0.004	0	0.02	5.216	0	0	143	313	120	146100	7300
3	22.Eyl	8.25	11.8	10.62	0.007	0	0	1.69	0	0	143	190	120	136000	7757
4	02.Eki	7.9	11.6	10.73	0.003	0	0	2.424	0	0	143	160	120	130600	8011
5	17.Eki	8.08	11.2	10.87	0	0	0	0.699	0	0	127	0	120	123000	8504
6	03.Kas	8	7.2	12.1	0	0	0	1.695	0	0	143	280	120	117320	8914
7	24.Kas	7.27	8.3	11.76	0	0	0	1.8	0	0	143	213	90	109600	9316
8	29.Kas	7.5	8.4	10.43	0.01	0	0	2.9	0	0	143	320	90	94000	9420
9	13.Oca	7.37	4.8	11.8	0.001	0	0	4.3	0	0	143	386	60	92200	9840
10	28.Oca	7.41	3	11.4	0.001	0	0	4.1	0	0	143	316	40	85000	10681
11	19.Şub	7.5	3	13.3	0.004	0	0	4.1	0	0	143	370	60	84000	10444
12	11.Mar	7.9	9	11.5	0.001	0	0	6.4	0.6	0.9	163	360	60	81000	10185
13	30.Mar	8.3	9.2	10.9	0.004	0	0	2.9	0	0	163	380	90	77000	9766
14	20.Nis	7.97	9.3	11.1	0.007	0	0	2.9	0	0	160	430	90	71000	9615
15	06.May	7.45	9	11.6	0.007	0	0	4.1	0	0	163	489	90	245000	9939
16	21.Haz	7.89	12.6	10.52	0.012	0	0.01	11	7.9	11.7	163	470	90	241000	10539
17	06.Ağu	8.17	18	9.3	0	0	0.06	2.9	0.1	0.16	170	30	250	270600	9380

Tablo 2. Havuz Çıkışındaki Ölçüm Değerleri.

Örnek Sayısı	PH	Sıcaklık °C	Çözünmüş Oksijen mg/lt	Nitrit mg/lt	Nitrat mg/lt	Amonyak mg/lt	Fosfor mg/lt	BOI ₅ mg/lt	KOI mg/lt
1	7.21	13.1	10.21	0.005	0	0	2.94	0	0
2	7.3	13	10.4	0.009	0	0	1.63	0	0
3	8.2	12.6	10.03	0.016	0	0.06	1.69	0	0
4	7.73	12.2	9.94	0.006	0	0.01	2.21	0	0
5	8.03	11.4	10.94	0.001	0	0	1.797	0	0
6	8.1	7.8	12.35	0.001	0	0	1.797	0	0
7	7.1	9	11.37	0.003	0	0.05	4.1	1.2	1.76
8	7.4	7.8	10.38	0.005	0	0	4.1	1.3	2.7
9	7.23	4.9	11.9	0.004	0	0	4.4	0	0
10	7.41	3	11.5	0.003	0	0	4.1	0	0
11	7.52	3.4	12.52	0.006	0	0.04	2.9	0	0
12	7.75	9	11.7	0.004	0.04	0.04	4.1	0	0
13	8.6	9.2	11	0.003	0	0.05	4.1	0	0
14	7.87	9.3	11.1	0.003	0	0.05	4.1	0	0
15	7.39	9.2	11.7	0.001	0	0.02	1.8	0	0
16	7.95	13.4	10.96	0	0	0	2.9	0.1	0.16
17	7.99	19.3	8.8	0.01	0	0.08	9.9	3.6	5.3

Eğitimde Backproagation(Geriye Yaymalı Ağ), aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoit fonksiyonu kullanılmıştır. Model ağ eğitimi 24 giriş 9 çıkış ve 38 gizli katman ve öğrenme katsayısı 0.2 momentum katsayısı 0.8 için 95000 iterasyonda eğitimini tamamlamıştır. Denklem 12'deki hata formülüne göre elde edilen hata 0.0021 dir. Öğrenme tamamlandıktan sonra kullanılan ileri beslemeli model ağ Şekil 5'de kullanılan model ise Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Kullanılan Model.

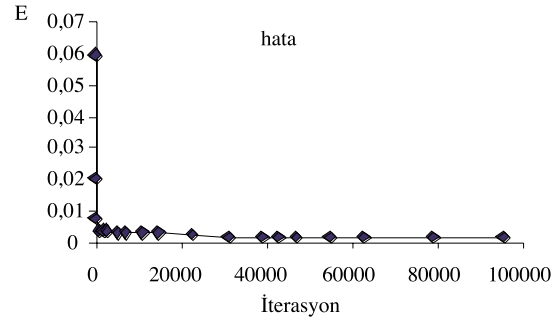
Model Bulguları

Model ağ daha önce görmediği test değerleri için denendiğinde Tablo 3. deki değerleri vermiştir. Tablo 3 incelendiğinde model ağ'ın oldukça başarılı sonuç verdiği görülmektedir.

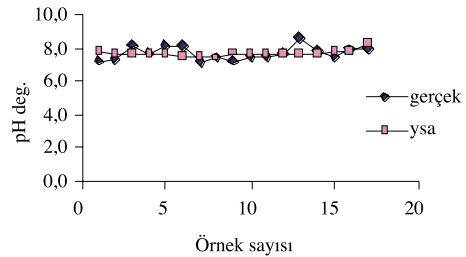
İterasyona göre hata grafiği Şekil 7.de verilmiştir.

Model ağ eğitimi tamamlandıktan sonra İleri beslemeli ağ dere kirlenmesinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır.

Şekil 8-16' da model YSA' nın test edilmesi ile oluşan ağ çıkışı ile gerçek ölçüm değerlerinin her bir parametre için ayrı ayrı grafikleri verilmiştir.



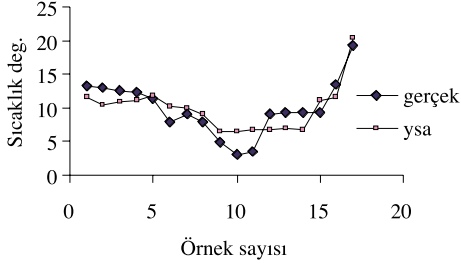
Şekil 7. Model Ağın Eğitiminde İterasyona Göre Kareysel Hatamın Değişimi.



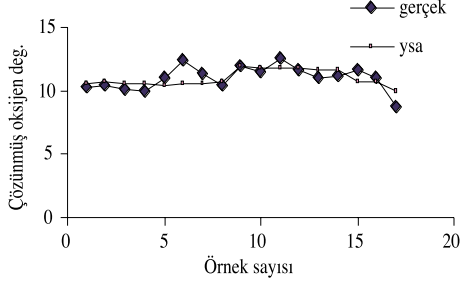
Şekil 8. pH

Tablo 3. Model Ağ Test Çıktıları İle Ölçülen Değerlerin Karşılaştırılması.

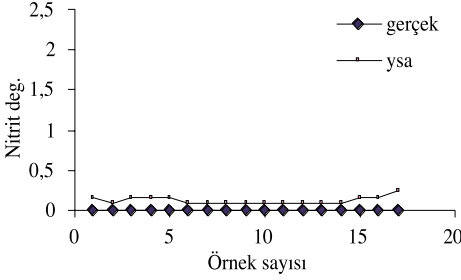
	PH	pH YSA	Sıcaklık	Sıcaklık YSA	Çözünmüş oksijen	Çözünmüş oksijen (YSA)	Nitrit	Nitrit (YSA)	Nitrat	Nitrat (YSA)	Amon-yak	Amon-yak (YSA)	Fosfor	Fosfor (YSA)	BOI ₅	BOI ₅ (YSA)	KOI	KOI (YSA)
1	7,03	7,8	13,1	11,55	10,21	10,6	0,005	0,15	0	0,15	0,06	0,15	2,94	3,9	0	0,55	0	0,9
2	7,3	7,7	13	10,4	10,4	10,7	0,009	0,1	0	0,1	0	0,15	1,63	3,55	0	0,5	0	0,8
3	8,2	7,7	12,6	10,9	10,03	10,55	0,016	0,15	0	0,15	0,06	0,15	1,69	3,7	0	0,5	0	0,85
4	8,03	7,7	12,2	11	9,94	10,55	0,001	0,15	0	0,15	0,01	0,15	2,21	3,7	0	0,55	0	0,85
5	8,03	7,7	11,4	11,75	10,94	10,4	0,001	0,15	0	0,15	0	0,15	1,797	3,9	0	0,55	0	0,9
6	8,1	7,6	7,8	10,15	12,35	10,6	0,001	0,1	0	0,1	0	0,1	1,797	3,5	0	0,5	0	0,75
7	7,1	7,5	9	9,95	11,37	10,55	0,003	0,1	0	0,1	0,05	0,1	4,1	3,45	1,2	0,5	1,76	0,75
8	7,4	7,5	7,8	9,05	10,38	10,75	0,005	0,1	0	0,1	0	0,1	4,1	3,2	1,3	0,45	2,7	0,7
9	7,23	7,7	4,9	6,55	11,9	11,95	0,004	0,1	0	0,1	0	0,1	4,4	2,65	0	0,35	0	0,55
10	7,41	7,7	3	6,5	11,5	11,85	0,003	0,1	0	0,1	0	0,1	4,1	2,65	0	0,35	0	0,55
11	7,52	7,7	3,4	6,6	12,52	11,8	0,006	0,1	0	0,1	0,04	0,1	2,9	2,65	0	0,35	0	0,55
12	7,75	7,7	9	6,75	11,7	11,75	0,004	0,1	0,04	0,1	0,04	0,1	4,1	2,7	0	0,35	0	0,55
13	8,6	7,7	9,2	7,05	11	11,7	0,003	0,1	0	0,1	0,05	0,1	4,1	2,75	0	0,4	0	0,6
14	7,87	7,7	9,3	6,8	11,1	11,7	0,003	0,1	0	0,1	0,05	0,1	4,1	2,7	0	0,35	0	0,55
15	7,39	7,8	9,2	11,05	11,7	10,75	0,001	0,15	0	0,15	0,02	0,15	1,8	3,75	0	0,55	0	0,85
16	7,95	7,8	13,4	11,55	10,96	10,65	0	0,15	0	0,15	0	0,15	2,9	3,85	0,1	0,55	0,16	0,85
17	7,99	8,3	19,3	20,35	8,8	9,9	0,01	0,25	0	0,2	0,08	0,25	9,9	5,9	3,6	0,9	5,3	1,45



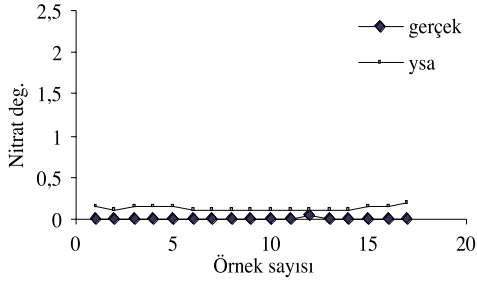
Şekil 9. Sıcaklık



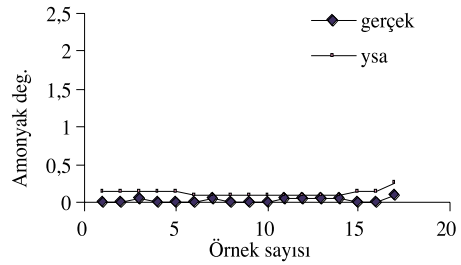
Şekil 10. Çözünmüş Oksijen



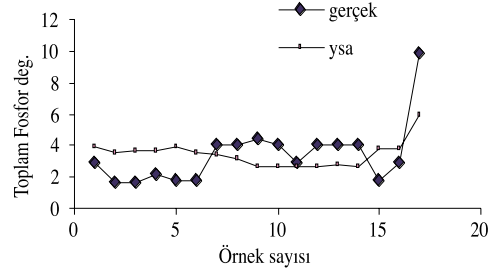
Şekil 11. Nitrit



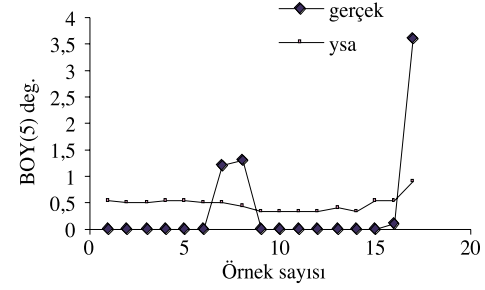
Şekil 12. Nitrat



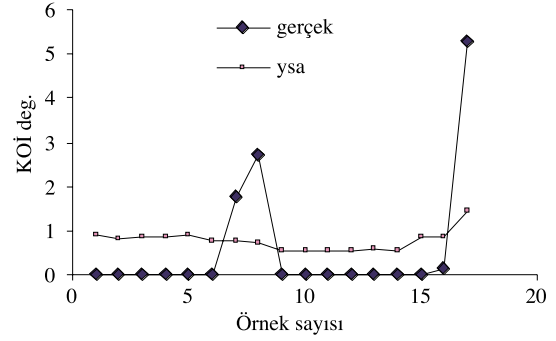
Şekil 13. Amonyak



Şekil 14. Toplam Fosfor



Şekil 15. BOI₅



Şekil 16. KOİ

Model YSA'nın başarı yüzdesini elde etmek için, ölçülen sonuçlar ile model YSA sonuçları istatistiksel olarak test edilmiştir. Test işlemi için SPSS Paket Programı kullanılmıştır.

Test işlemi sonucunda, ölçülen değerler ile model YSA değerlerinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 4'de verilmiştir.

$F=2725,987 > F_{Tablo}= 254,3$ yada $P=0,000 < 0,05$ olduğu için ölçülen değerler ile Model YSA arasındaki açıklama katsayısı $R^2=0,948$ istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar Tablo 5'de görülmektedir.

Ölçülen değerler ile model YSA arasındaki ilişki grafiği Şekil 17.'de verilmiştir.

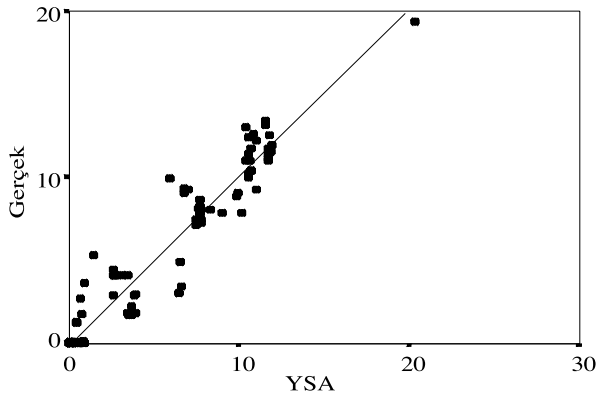
Tablo 6'da ise ölçülen değerler ile Model YSA değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. Bu iki değer dizisi arasındaki ilişki 0,973 (%97,3) dir.

Tablo 4. Ölçülen Değerler İle Model YSA Değerlerin Ortalamaları ve Standart Sapmaları.

	Ortalama	Standart Sapma	N(değer sayısı)
Ölçülen	3,664	4,631	153
Model YSA	3,740	4,445	153

Tablo 5. Anova Test Sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler toplamı	F değeri	P değeri
Model	3088,185	1	3088,185	2725,987	0,000
Hata	171,063	151	1,133		
Toplam	3259,248	152			
R ² =0,948					



Şekil 17. Ölçülen Değerler ile Model YSA Arasındaki İlişki.

Tablo 6. Ölçülen Değerler ile Model YSA arasındaki İlişki Katsayıları.

	Ölçülen Değerler	Model YSA
Ölçülen Değerler	1,000	0,973
Model YSA	0,973	1,000

Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, Tablo 3, Şekil 8-16' lar, yapılan istatistiksel testler sonucunda %97,3'lik bir ilişki ve R²=0,948'lik (%94,8) açıklama katsayısı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Elde edilen bu performans oldukça iyi bir performansdır. Örnek sayısının artırılması ile öğrenme oranı artırılabilir. Sıcaklık, çözünmüş oksijen konsantrasyonu, su debisi, kullanılan yem miktarı ve balık ağırlığı gibi değişkenler atık karakteristiklerine etki etmektedir. Bundan dolayı elde edilen bu model ağı ile su kirliliği parametreleri ve su kirliliğinin kritik dönemleri tahmin edilebilir. Ayrıca üretim yapılan ve nihayetinde dökülen su kaynağının mevcut veya arzu edilen kalitesine göre üretilecek balık miktarının tahmini yapılabilir.

Kaynaklar

Abeyasinghe, D., Shanableh, A., and Ripden, B., "Biofilter for Water Reuse in Aquaculture.", *Wat. Sci. Tech.*, 34(11), 253-260, 1996.

Abulafya, N., "Neural Networks For System Identification and Control" MSc Thesis University of London 1995.

Bennett D.W., and Gordon, J.A., "Sanitary significance of Increases in Fecal Coliform Counts Across a Catfish Aquaculture System", *Proc. 37th. Ind. Waste Conf.*, Purdue, Univ. Ann Arbor Sci., Mich,1983.

Öz, C. "Üç Eklemlili Bir Robotik Manipulatörün YSA'lar ile Eklem Esaslı Yörünge Kontrolü", SAU. F.B.E. Doktora Tezi, Adapazarı, 1998.

Çakır, H. "Balık Kültüründe Yapay Yem kullanımının Çevreye Etkisi", *E.Ü Fen Edebiyat Dergisi seri B*, Ek 16/I, 375-386, İzmir, 1994.

Narendra, K.S. "Adaptive Control Using Neural Networks" in Miller, W.T., Sutton, R.S., and Werbos, P.J.(Eds.), "Neural Networks for Control", 3rd printing 1992 MIT, 1990.

Richard P. Lippman, "An Introduction to Computing with Neural Nets" IEEE ASSP, 4-22, 1987.
Shanableh, A., and Hijazi, A., "Treatment of simu-

lated Aquaculture Water Using Biofilters Subjected to Aeration/Non-aeration Cycles.", Wat. Sci. Tech., 38(8-9), 223-231, 1998.