

KISA BİLDİRİ

Yapay Sinir Ağları ile Betonarme Kiriş Kesitlerin Analizi

Ömer KELEŞOĞLU*

ÖZ

Yapay sinir ağlarının (YSA) ilham kaynağı biyolojik beynin gücü, esnekliği ve duyarlılığıdır. YSA, beynin temel biyolojik bileşenlerinden sinir hücreleri, synapsis ve dendritlerin matematiksel modeli olup, basit matematiksel elemanlardan oluşmaktadır. Bu çalışmada, geniş bir uygulama alanına sahip olan yapay sinir ağlarıyla betonarme kiriş kesitlerinin analizi ele alınmıştır. Sayısal uygulamalarda ankastre kiriş ve tablalı kiriş kesitleri kullanılmış ve bu kesitlerin donatı alanları ile taşıma gücü ve tasarım momentleri analiz edilmiştir. Ağ yapısı olarak geri yayımlı yapay sinir ağı tercih edilmiş ve veriler normalize edilerek ağa sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, sayısal sonuçlarla karşılaştırılmış ve yapay sinir ağlarının mühendislik sistemlerinin analizi için alternatif bir metot olabileceği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağı, Geri yayımlı ağ, Betonarme kiriş kesit, Taşıma gücü momenti, Tasarım momenti

ABSTRACT

The Analyses of The Reinforced Concrete Beam Sections by Artificial Neural Networks

The inspirations of the artificial neural networks are the sensitivity, elasticity and power of the biological brain. Artificial neural network is the mathematical model of the dendrite and the synopsis and the nerve cells from the basic biological components of the brain and is composed of simple mathematical components. In this study, the analyses of the reinforced concrete beam sections have been examined. In numerical applications, fix-end beam and T-beam sections have been used and reinforcement steel area and bearing capacity moment and design moment of the sections have been analyzed. A backpropagation neural network for artificial neural network has been preferred and the data have been presented to network by being normalized. The results obtained have been compared with numerical results and it was seen that artificial neural networks could be an alternative method for the analyses of the engineering systems.

Key words: Artificial neural network, Backpropagation neural network, Reinforced concrete beam section, Bearing capacity moment, Design moment

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 09.12.2004 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2006 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Fırat Üniversitesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ – okelesoglu@firat.edu.tr

1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler içinde en önemlisi insan beyninin çalışmasını model edinen yapay zeka uygulamalarıdır. Bilgisayar, endüstri, tıp, ekonomi ve askeri uygulamalarda başarıyla kullanılan bu teknik, yapı mühendisliğinde de kullanılmaya başlanmıştır [1].

YSA son derece karmaşık verileri ilişkilendirebilmektedir. Verilerin doğrusal olmayan ve karmaşık bir fonksiyona ait olması durumunda da yapay sinir ağları bu fonksiyona yakınsayabilmekte ve fonksiyona ait tanım kümesinde bulunan tüm veriler için doğru sonucu elde edebilmektedir. Bu özelliği ile yapay sinir ağları, karmaşık sistemlerin modellenmesinde ve denetiminde uygulama alanı bulmaktadır [2].

Yeh yaptığı çalışmasında su/çimento oranı, maksimum tane çapı, ince ve iri agrega gibi faktörler altında betonun dayanımını incelemiştir [3]. Yapay sinir ağları yüksek betonarme kirişlerin kesme dayanımlarının belirlenmesinde başarıyla uygulanmış ve alternatif bir metot olduğu görülmüştür [4]. Yapay sinir ağları tekniği betonarme elemanlardaki zamana bağlı etkilerin analizine başarıyla uygulanmış elde edilen sonuçlar çeşitli yazarlar tarafından verilen teorik ve deneysel sonuçlara çok yakın çıkmıştır [5]. Yapılan başka bir çalışmada dairesel beton kolonların gerilme ve dayanım analizlerinde bu teknik kullanılarak iyi sonuçlara ulaşılmıştır [6]. Ayrıca beton dayanımının tahmininde ve beton yapılarıdaki klorid üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır [7, 8].

Bu çalışmadaki ilk uygulamada ankastre bir kirişin açıklık ve mesnet durumlarına göre taşıma gücü ve tasarım momentlerinin analizi, ikinci uygulamada ise tablalı bir kirişin taşıma gücü momenti ve gerekli donatı alanlarının analizi sunulmuştur.

2. YAPAY SİNİR AĞLARI

YSA, son yıllarda hem teorik hem de pratik uygulamalar bakımından gelişmiş, kendisine olan ilgiyi daha da artırmıştır. Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir bilgi işleme sistemidir. YSA sistemi, paralel yapıda pek çok basit bilgi işleme birimlerinden oluşur. Bu birimlerin fonksiyonları, aralarındaki bağlantıları kurmak üzere önceden belirlenir. Bu sistemler, adaptasyon ve öğrenme kabiliyetlerinin yanı sıra, farklı yapıda girdilerle bilgi işleme özelliklerine de sahiptirler.

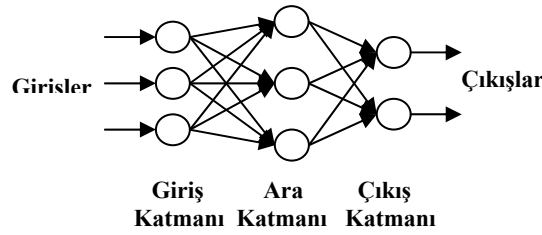
YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder.

YSA, girişler (sistemin bağımsız değişkenleri) ile çıkışlar (bağımlı kestirimci değişkenler) arasında ilişki kuran karmaşık ve doğrusal olmayan modeller oluşturmaktadır [9].

2.1. Geriye Yayılım Algoritması

Geri yayılma algoritması (Backpropagation), basitliği ve uygulamadaki görüş açısı gibi başarılarından dolayı ağ eğitimi için en popüler ve bir çok uygulamada kullanılmış en

yaygın öğrenme algoritmasıdır. Anlaşılması kolay ve tercih edilen bir öğretim algoritmasıdır. Bu algoritma; hataları geriye doğru çıkıştan girişe azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır. Geri yayımlı öğrenme kuralı ağ çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanılmaktadır. Bir geri yayımlı ağ modelinde giriş, gizli ve çıkış olmak üzere 3 katman bulunmakla birlikte, problemin özelliklerine göre gizli katman sayısını artırabilmek mümkündür (Şekil 1).



Şekil 1. Çok katmanlı YSA mimarisi

Geriye yayılma algoritması birbirine bağlı sabit üniteli ve çok katmanlı ağlar için ağırlıkların bulunmasında kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritmanın temel prensibi çıkış için hedef değerleri ile ağ çıkışındaki değerler arasındaki hatayı minimize etmeye çalışmaktır.

Bu algoritma, tek katmanlı ağlardan daha ziyade çok katlı ağlara yöneliktir. Hatayı geriye yayma algoritmasının işlem sırası kısaca aşağıdaki gibi verilebilir. Her bir nöronun çıkış değeri hesaplanır.

$$y_i = f\left(\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j + b\right) \quad (1)$$

İstenen çıktı ile gerçek çıktı karşılaştırılır ve varsa ağırlık hatası hesaplanır.

$$E = \frac{1}{2} \sum (d_i - y_i)^2 \quad (2)$$

Her bir katmandaki ağırlıkların değişimleri belirlenir.

$$\Delta w_i = \eta \cdot \delta_i \cdot y_i \quad (3)$$

Bu değerlere göre ağırlıkların güncellemesi yapılır.

$$w_i^{yeni} = w_i^{eski} + \Delta w_i \quad (4)$$

Hata verilen uygun değere yaklaşıncaya kadar bu adımlar tekrar edilir.

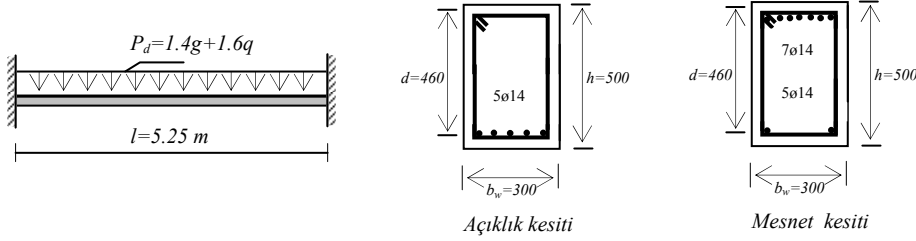
3. UYGULAMALAR

3.1. Ankastre Kirişin Kesit Analizi

Şekil 2’de verilen ankastre kirişin üzerine etkiyen yükü taşıyıp taşımayacağını kontrol edilmesi istenmektedir. Malzeme: C20-S420 ($f_{yd}=365$ MPa, $f_{cd}=13$ MPa, $k_1=0.85$, $f_{ctd}=1.0$ MPa) kesit boyutları, b_w , d , h (mm) çekme donatısı A_s , ölü yük $g=25$ kN/m, $q=20$ kN/m ve açıklıktaki tasarım momenti $M_d = \frac{1.4gl^2}{24} + \frac{1.5ql^2}{24}$, mesnetteki tasarım momenti

$$M_d = \frac{1.4gl^2}{12} + \frac{1.5ql^2}{12} \text{ dir.}$$

Not: Kirişin kendisine etkiyen yükü güvenli bir şekilde taşıyabilmesi için açıklık kesitinin taşıma gücü momentini bu kesitteki tasarım momentinden, mesnet kesitinin taşıma gücü momentini de mesnetteki tasarım momentinden küçük olmamalıdır.

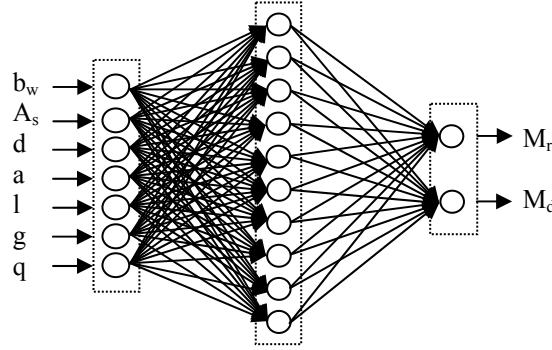


Şekil 2. Ankastre kirişin yüklemesi ve kesit durumları

Bu uygulamada, Şekil 2’deki ankastre kirişin hem açıklık hem de mesnetteki taşıma gücü ve tasarım momentleri analiz edilmiştir. Problem için geri yayımlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu ağda 1 giriş katmanı, 1 ara katman ve 1 çıkış katmanı kullanılmıştır. Giriş katmanında yedi işlem elemanı bulunmaktadır. Ara katmanda 10 adet yapay nöron kullanılmıştır. Ağı çıkışı ise kirişin taşıma gücü ve tasarım momentleridir (Şekil 3).

Problemde kirişin genişliği (b_w) 300 mm, yüksekliği (d) 460 mm, uzunluğu (l) 5250 mm, kalıcı yük (g) 25 N/mm, hareketli yük (q) ise 20 N/mm verilmiştir. Açıklıktaki kesit için kullanılan çekme donatısı (A_s) 769.7 mm² ve basınç bloğu derinliği (a) 84.75 mm, mesnetteki kesit için kullanılan çekme donatısı ise 1077.56 mm² ve basınç bloğu derinliği 118.64 verilmiştir. Kullanılan çekme donatıları farklı olduğundan benzer yapıda iki adet yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu ağlardan biri açıklıktaki diğeri ise mesnetteki taşıma gücü momentlerini bulmayı amaçlamaktadır.

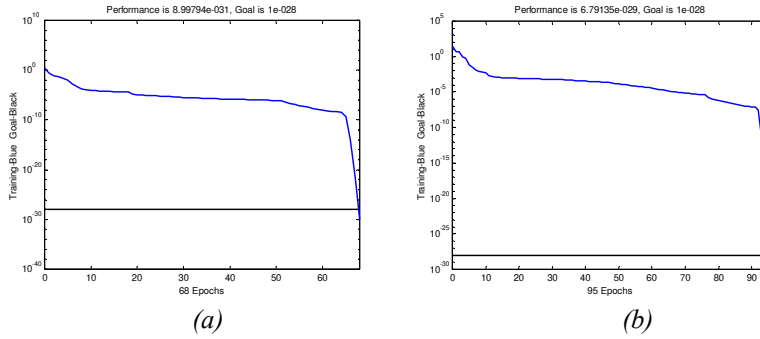
Her iki ağın eğitimi için de 34 adet örnek ağa verilmiştir. Bu örneklerde kirişin genişliği 200-500 mm, yüksekliği 350-560 mm, uzunluğu 440-680 mm, kalıcı yük 17-32 N/mm, hareketli yük 14-29 N/mm, basınç bloğu derinliği; açıklıkta 40-120 mm, mesnette 60-200 mm, çekme donatısı; açıklıkta 550-880 mm², mesnette ise 850-1500 mm² arasında değerler verilerek modellenmiştir.



Şekil 3. Açıklık ve mesnet için geliştirilmiş yapay sinir ağı modeli

Giriş ve çıkış değerleri normalize edilerek ağa sunulmuştur. Yapılan denemeler sonucunda bir ara katman uygun görülmüş ve öğrenme oranı açıklıktaki kesit için 0.8, mesnetteki kesit için 0.65 alındığında daha uygun sonuçlar vermiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak giriş katmanında ‘tansig’, ara katmanda ise ‘logsig’, çıkış katmanında ise ‘purelin’ fonksiyonları kullanılmış, eğitim fonksiyonu olarak da ‘trainlm’ fonksiyonu kullanılmıştır. Ağın eğitilmesi için öğrenme yöntemlerinden denetimli öğrenme uygulanmıştır.

Açıklık ve mesnet kesitleri için hazırlanan yapay sinir ağları Matlab 5.3 paket programı kullanılarak eğitilmiştir. Şekil 4’de iterasyona bağlı olarak hatanın değişimi görülmektedir.



Şekil 4.a : Mesnet kesiti için hazırlanan YSA’daki hatanın iterasyona bağlı olarak değişimi
Şekil 4.b : Açıklık kesiti için hazırlanan YSA’daki hatanın iterasyona bağlı olarak değişimi

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra ağın performansını test etmek amacıyla eğitim setinde kullanılmayan örnekler ağa sunulmuş ve elde edilen sonuçlar sayısal sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağı eğittikten ve test ettikten sonra bu uygulamada kullanılan değerleri ağa verdiğimizde aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 1). Test setinden elde edilen sonuçlar ile problemin gerçek sonucu göz önüne alındığında ağın yeterli hassasiyette sonuçlar bulduğu görülür.

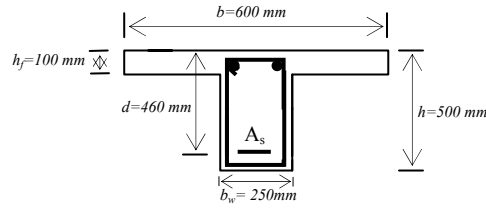
Yapay Sinir Ağları ile Betonarme Kiriş Kesitlerin Analizi

Çizelge 1. Sayısal sonuçlarla YSA'dan elde edilen sonuçların karşılaştırılması

	Sayısal sonuç [10]	YSA
Açıklıktaki taşıma gücü momenti	117.3	116.9
Açıklıktaki tasarım momenti	76.9	75.86
Mesnetteki taşıma gücü momenti	157.6	155.84
Mesnetteki tasarım momenti	153.9	152.55

3.2. T Kesitli Tablalı Kirişinin Analizi

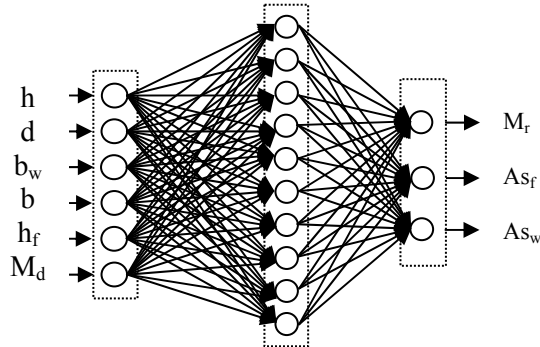
Şekil 5'de verilen tablalı kiriş kesitin tasarım analizi istenmektedir. Malzemesi: C20-S420 ($f_{yd}=365$ MPa, $f_{cd}=13$ MPa, $k_f=0.85$, $f_{ctd}=1.0$ MPa) kesit boyutları, b_w , d , h , h_f (mm) $M_d=300$ kN/m dir.



Şekil 5. Tablalı kirişin en kesiti

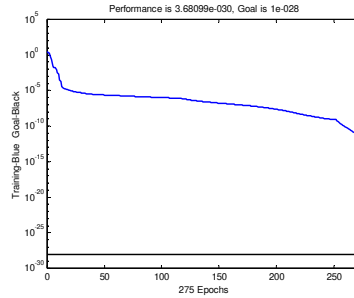
Bu uygulamada, Şekil 5'da görülen T tablalı kirişin taşıma gücü momentleri ve gerekli olan donatı alanları analiz edilmiştir. Problem için çok katmanlı yapay sinir ağlarından olan geri yayımlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu ağda 1 giriş katmanı, 1 ara katman ve 1 çıkış katmanı kullanılmıştır. Girdi katmanında altı işlem elemanı bulunmaktadır. Ara katmanda 10 adet yapay nöron kullanılmıştır. Ağın çıkışı ise tablalı kirişin taşıma gücü momentleri, kanatların donatı alanı ve gövdenin donatı alanıdır (Şekil 6).

Problemde tablalı kirişin alt genişliği (b_w) 250 mm, tablalı kirişin üst genişliği (b) 600 mm, yüksekliği (h) 500 mm, faydalı yüksekliği (d) 460 mm, döşeme kalınlığı (h_f) 100 mm ve tasarım momenti (M_d) 300 kN/m verilmiştir. Ayrıca problemde $f_{yd}=365$ MPa, $f_{cd}=13$ MPa, $f_{ctd}=1$ MPa değerleri verilmiştir.



Şekil 6. Tablalı kiriş için geliştirilmiş YSA modeli

Ağın girdi elemanlarına çeşitli değerler verilerek oluşturulan eğitim setinde 43 adet örnek bulunmaktadır. Bu örneklerde tablalı kirişin alt genişliği 200-380 mm, tablalı kirişin üst genişliği 500-750 mm, yüksekliği 420-660 mm, faydalı yüksekliği 380-620 mm, döşeme kalınlığı 75-125 mm ve tasarım momenti 261-536 kN/m arasında değerler verilerek modellenmiştir. Giriş ve çıkış değerleri normalize edilerek ağa sunulmuştur. Yapılan denemeler sonucunda bir ara katman uygun görülmüş ve öğrenme oranı 0.95 alındığında ağ daha uygun sonuçlar vermiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak giriş ve ara katmanda 'logsig', çıkış katmanında ise 'purelin' fonksiyonları kullanılmıştır.



Şekil 7. Tablalı kirişin eğitim hatasının iterasyona bağlı olarak değişimi

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra ağın performansını test etmek amacıyla eğitim setinde kullanılan örneklerden farklı örnekler ağa sunulmuş ve elde edilen sonuçlar sayısal sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Yapay sinir ağı eğitildikten ve test edildikten sonra uygulama için verilen değerler ağa sunulmuş ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Bu sonuçlar ışığında yapay sinir ağlarının analiz problemlerinde başarıyla uygulanabileceği görülmüştür.

Çizelge 2. Tablalı kirişin karşılaştırılması

	Sayısal sonuç [10]	YSA
$M_r (Nm)$	271.8	272.4
$A_{s_f} (mm^2)$	1059.6	1061.3
$A_{s_w} (mm^2)$	977.5	978.9

4. SONUÇLAR

Beynin biyolojik ve işlevsel kapasitelerinin zenginliğinin nasıl çalıştığının merak edilmesi yapay zeka olarak adlandırılan tekniğin gelişmesine neden olmuş ve son yılların en çok ilgi çeken konusu olmuştur. İnsan beyninden esinlenerek geliştirilen YSA, bir programcının geleneksel yeteneklerini gerektirmeyen aynı zamanda öğrenebilen düzeneklerdir. Yapay sinir ağlarının problemlere yaklaşımı insan zekası gibi edinilen tecrübeye bağlıdır. Yapay sinir ağları insanlar gibi örneklerle eğitildikleri için eğitim sırasında yeterli sayıda veri grubunun kullanılması ile çok iyi sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışmada bir bina için çok fazla öneme sahip olan kirişlerin donatı alanları ve taşıma gücü momentleri ile tasarım momentleri son zamanlarda sıkça kullanılmaya başlanan yapay zeka sistemlerinden biri olan yapay sinir ağları ile analiz edilmiştir. Gerek bu çalışmadan

Yapay Sinir Ağları ile Betonarme Kiriş Kesitlerin Analizi

elde edilen sonuçlar gerekse daha önce yapılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında YSA'nın mühendislik problemlerinde başarılı sonuçlar veren alternatif bir metot olduğu öne sürülebilir.

Kaynaklar

- [1] Vanluchene, R. D., Roufei, S., "Neural Networks in Structural Engineering", Microcomputers in Civil Eng., 207-215, 1990.
- [2] Skapura M.D., "Building Neural Networks", Addison-Wesley, pp 211-241,1995.
- [3] Yeh, I.C., "Modeling Concrete Strength with Augment-Neuron Networks", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 10, No. 4, pp. 263-268, 1998.
- [4] Sanad, A., Saka, M. P., "Shear Strength of Reinforced-Concrete Deep Beams using Neural Networks" Journal of Structural Engineering, Vol. 127, No. 7, pp. 818-828, 2001.
- [5] Civalek, Ö., "The Analysis of Time Dependent Deformation In R.C Members by Artificial Neural Network", Journal of Pamukkale University Engineering sci. Vol.3, No. 2, pp.331-335, 1997.
- [6] Oreta, A. W. C., Kawashima, K., "Neural Network Modeling of Confined Compressive Strength and Strain of Circular Concrete Columns", Journal of Structural Engineering, Vol. 129, No. 4, pp. 554-561, 2003.
- [7] Kim, J. I., Kim, D. K., Feng, M. Q., Yazdani, F., "Application of Neural Networks for Estimation of Concrete Strength", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 16, No. 3, pp. 257-264, 2004.
- [8] Peng, J., Li, Z., Ma, B., "Neural Network Analysis of Chloride Diffusion in Concrete" Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 14, No. 4, pp. 327-333, 2002.
- [9] Haykin S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", Macmillan, New York, 1994.
- [10] Doğangün, A., "Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı", Birsen yayınevi Ltd.Şti., İstanbul, 2002.