

ÇATI DÖŞEMESİNDE MEYDANA GELEN YOĞUŞMA VE BUHARLAŞMA KÜTLELERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİN EDİLMESİ

Ömer KELEŞOĞLU ve Adem FIRAT

Fırat Üniv. Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ-TÜRKİYE
okelesoglu@firat.edu.tr, ademfirat@mynet.com

Makalenin Geliş Tarihi: 20.06.2006

ÖZET: Bu çalışmada, betonarme çatı döşemesinde zamanla meydana gelen yoğuşma ve buharlaşma kütleleri ile ilgili uygulamalar yapay sinir ağları kullanılarak çözülmüştür. Bu uygulamalarda geri yayımlı sinir ağı kullanılmıştır. Eğitim ve test seti için farklı değerler kullanılmıştır. Giriş ve çıkış değerleri normalize edilerek ağa verilmiştir. Ağdan elde edilen çıkışlar daha önce elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların yeterli hassasiyette olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Yapay sinir ağları, betonarme çatı döşemesi, yoğuşma kütlesi, buharlaşma kütlesi.

Estimation of Masses of Condensation and Evaporation Occured in Roof Floor by Artificial Neural Networks

ABSTRACT: In this study, the application related to masses of condensation and evaporation occurred with time in reinforced concrete roof floor have been solved by using artificial neural networks. In applications solved a backpropagation neural network has been used. The different values have been used for the training and test. The values of input and output of the network have been given to network after being normalized. The result obtained from the output of network has been compared with the result obtained before and the suitability of the results have been discussed and it was seen that the results were satisfactory enough.

Keywords: Artificial neural network, reinforcement concrete roof floor, condensation mass, evaporation mass.

GİRİŞ

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenerek modellenmiştir, fakat onlardan daha basit bir yapıya sahiptir. Bu sistemlerin başlıca belirgin özellikleri tamamıyla paralel, uyarlanabilen, öğrenebilen ve paralel dağıtılmış bir hafızaya sahip olmalarıdır (Özbay, 1999).

YSA insan beyninin bazı organizasyon ilkelerine benzeyen özellikleri kullanılmaktadır. YSA bilgi işleme sistemlerinin yeni neslini temsil eder. Genel olarak YSA; model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini, en uygun değeri bulma ve veri sınıflandırılması gibi işlerde başarılıdır. Geleneksel bilgisayarlar ise özellikle model

seçme işinde verimsizdir ve sadece algoritmaya dayalı hesaplama işlemleri ile kesin aritmetik işlemlerde hızlıdır (Civalek, 1998).

Yapay sinir ağları betonun farklı yüklemeler altındaki gerilme-şekil değiştirme bağlantılarının belirlenmesine de başarıyla uygulanmış ve çalışmada malzeme davranışı ilgili herhangi bir kabul yapılmamıştır (Ghaboussi ve diğ., 1991). Ayrıca çelik plakların kesme kapasitesinin tahmini yapılmıştır (Bimal ve Mutsuyoshi, 2004). Yapılan başka bir çalışmada silindirik kabukların burkulma yükü tahmini bu teknik kullanılarak yapılmıştır (Waszczyszyn ve Bartczak, 2002). Bir diğer çalışmada dairesel beton kolonların gerilme ve dayanım analizlerinde bu teknik kullanılarak sağlıklı sonuçlara ulaşılmıştır (Oreta

ve Kawashima, 2003). Ayrıca bir tuğla duvardaki yalıtım malzemesinin kalınlığı yapay sinir ağları ile başarılı bir şekilde tespit edilmiştir (Keleşoğlu ve diğ., 2005).

Yapı elemanlarının içinde yoğuşma olması, yapı elemanının iki tarafındaki farklı sıcaklıklar ve farklı nem yüzdesi sonucu oluşan farklı buhar basınçları, her elemandaki çok küçük gözenekler yardımıyla su buharının hareket etmesine neden olur. Buna difüzyon denir. Isı ve buhar iletiminin yanı sıra su buharı ısıya göre çok daha yavaş ilerler. Bu yüzden difüzyon zararlarının sonuçları uzun süre sonra ortaya çıkar. Bunun önlenmesi için yalıtım malzemesi ile birlikte buhar kesici kullanılması önerilir (Karakoç ve diğ., 1999). Bu çalışmada betonarme bir çatıdaki yoğuşma ve buharlaşma kütleleri YSA ile belirlenmiştir.

Yapay Sinir Ağları

İnsan sinir sistemini taklit ederek geliştirilen YSA, yapay zeka uygulamalarının bir alt dalı olup, ortaya çıkışından günümüze değin bir çok aşamalardan geçmiş ve son yıllardaki teknolojik gelişime paralel olarak gelişimini çok hızlı bir şekilde devam ettirmektedir.

Sinir ağları, insan beynindeki nöronlara benzer olarak çalışan karmaşık sistemlerdir. Yani bu ağlar insan beyninin biyolojik fonksiyonlarının basit bir modellenmesinden ibarettir. Ağ, kendisine sunulan veriler arasında bağlantılar kurarak problemi öğrenmekte, ağırlıkları düzenleyerek çözüme ulaşmaktadır (Bildik, 1998).

YSA, olayların örneklerine bakmakta, ilgili olay hakkında genellemeler yapmakta, bilgiler toplamakta ve daha sonra hiç görmediği

örnekler ile karşılaşınca öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir.

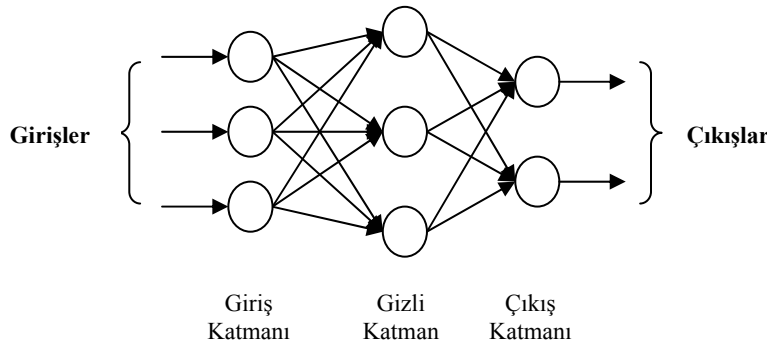
Hatayı Geriye Yayma Algoritması

Hatayı geriye yayma algoritması, günümüzde pek çok disiplinde, özellikle mühendislikte en çok kullanılan öğrenme algoritmasıdır. Bunun en büyük nedeni öğrenme kapasitesinin yüksek ve algoritmasının basit olmasıdır (Elmas, 2003).

Bu algoritma, hataları geriye doğru çıkıştan girişe azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almış ve 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).

Hatayı geriye yayma algoritması birbirine bağlı sabit üniteli ve çok katmanlı ağlar için ağırlıkların bulunmasında kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritmanın temel prensibi, arzu edilen çıkışlar ile ağ çıkışındaki değerler arasındaki hatayı minimize etmeye çalışmaktır. Geriye yayma algoritması, hatayı minimize etmek için ağırlık katsayılarını düzenlemekte, yeni ağırlıklar bulmaktadır. Bunun içinde delta kuralını kullanmaktadır.

Geri yayılım ağında hatalar, ileri besleme aktarım işlevinin türevi tarafından, ileri besleme mekanizması içinde kullanılan aynı bağlantılar aracılığıyla, geriye doğru yayılmaktadır. Öğrenme işlemi, bu ağda basit çift yönlü hafıza birleştirmeye dayanmaktadır (Elmas, 2003).



Şekil 1. Çok katmanlı YSA mimarisi.

Figure 1. The architecture of multi-layer ANN.

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.

$$y_i = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right) \quad (1)$$

İstenen çıktı ile gerçek çıktı karşılaştırılır ve varsa ağın 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.

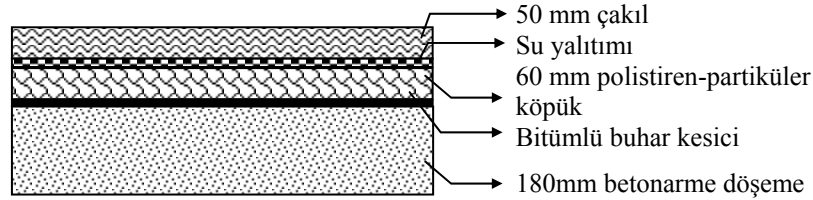
SAYISAL UYGULAMA

Yapılan uygulamada, Şekil 2'de görülen betonarme bir çatıdaki yoğuşma ve buharlaşma

miktarları YSA kullanılarak belirlenmiştir. Bu uygulamada hava tabakası iç kalınlığı 44.8 mm, dış kalınlığı 600 mm, su buharı iç ortam kısmi basıncı 1170 Pa, dış ortam kısmi basıncı 208 Pa, iç ve dış ortamın orta noktasındaki basınç 276 Pa, yoğuşma periyodu ise 1440 saat olarak alınarak yoğuşma miktarı tespit edilmiştir. Ağ mimarisi olarak geri yayımlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu ağda 1 giriş katmanı, 2 gizli katman ve 1 çıkış katmanı kullanılmıştır. Girdi katmanında altı işlem elemanı bulunmaktadır:

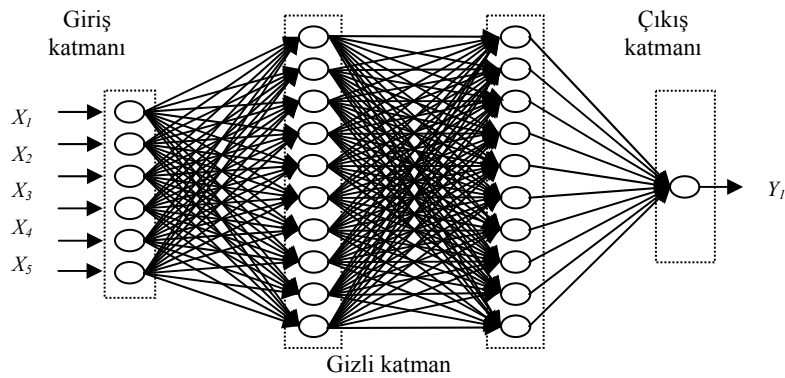
- Difüzyon dengi hava tabakası iç kalınlığı (betonarme döşeme+bitümlü buhar kesici membran+ polistiren partiküler köpük)
- Difüzyon dengi hava tabakası dış kalınlığı (su yalıtımı)
- Su buharı iç ortam kısmi basıncı
- Su buharı dış ortam kısmi basıncı
- İç ve dış ortamın orta noktasındaki basınç
- Yoğuşma dönemi periyodu

Her iki gizli katmanda da 10 adet yapay nöron kullanılmıştır. Ağın çıkışı ise betonarme çatıda oluşan yoğuşma miktarıdır (Şekil 3).



Şekil 2. Uygulamada kullanılan betonarme çatı döşemesi.

Figure 2. The reinforcement roof floor used in the application.



Şekil 3. Yoğuşma kütlesinin tespiti için kullanılan yapay sinir ağı.

Figure 3. Neural network used for the determination of condensation mass.

Ağın girdi elemanlarına çeşitli değerler verilerek oluşturulan eğitim setinde her giriş ve çıkış değerleri için 50 adet örnek bulunmaktadır. Eğitim setinde kullanılan örneklerin değer aralıkları Tablo 1’de verilmiştir. Örneklerdeki giriş ve çıkış değerleri 0 ile 1 arasında normalize edilerek ağa sunulmuştur. Yapılan denemeler sonucunda iki ara katman uygun görülmüş ve öğrenme oranı 0.80 alındığında ağ daha uygun sonuçlar vermiştir. Momentum katsayısı 0.90, iterasyon sayısı 10000, hata kriteri olarak ortalama kareler hatası (MSE) fonksiyonu alınmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Ağın eğitilmesi için öğrenme tipi olarak denetimli

öğrenme uygulanmıştır. Bu öğrenme yöntemi, bütün işleme elemanlarının anlık hatalarını en aza indirmeye çalışır. Bu hata azaltma işlemi, kabul edilebilir doğruluğa ulaşana kadar ağırlıklar hatayı geriye yayma algoritması ile düzenlenir. Bu parametreler kullanılarak MATLAB’ın hazır fonksiyonları ile bir algoritma geliştirilerek YSA eğitilmiştir. Bu ağın iterasyona bağlı hata değişimi Şekil 4’de verilmiştir.

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra eğitim setindeki örneklerden tamamen farklı değerler kullanılarak ağın performansı test edilmiştir. Test setinde 10 adet örnek kullanılmış ve sonuçlar Tablo 2’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Yoğuşma kütlesi için hazırlanan eğitim seti.

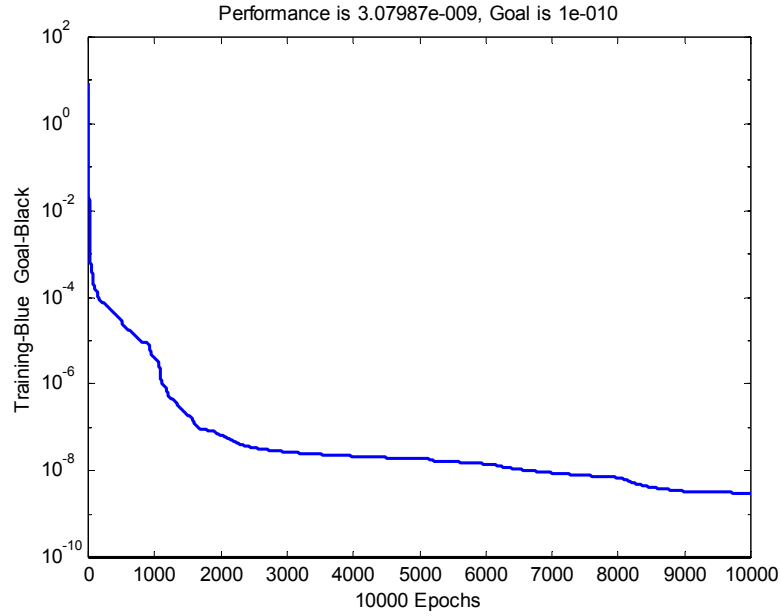
Table 1. The training set prepared for the determination of condensation mass.

Giriş ve çıkış parametreleri		Eğitimde kullanılan değerler
X ₁	Hava tabakası iç kalınlığı	25.8-73 mm
X ₂	Hava tabakası dış kalınlığı	360-850 mm
X ₃	Su buharı iç ortam kısmi basıncı	1000-1500 Pa
X ₄	Su buharı dış ortam kısmi basıncı	155-250 Pa
X ₅	İç ve dış ortam arasındaki basınç	200-340 Pa
X ₆	Yoğuşma dönemi periyodu	1000-2500 saat
Y ₁	Yoğuşma kütlesi	0.0099-0.0530 kg/m ²

Tablo 2. Yoğuşma kütlesi için hazırlanan test seti.

Table 2. The test set prepared for the determination of condensation mass.

Test No	Giriş						Çıkış	
	X ₁ (mm)	X ₂ (mm)	X ₃ (Pa)	X ₄ (Pa)	X ₅ (Pa)	X ₆ (saat)	Yoğuşma kütlesi (kg/m ²)	
							Sayısal Sonuç	YSA
1	58.6	492	1410	167	300	1840	0.0229	0.0210
2	33.4	450	1360	180	234	1600	0.0358	0.0352
3	53.0	562	1375	260	271	1350	0.0187	0.0176
4	65.4	512	1450	180	239	1900	0.0233	0.0225
5	27.8	423	1165	145	220	1450	0.0326	0.0313
6	30.2	635	1250	205	335	1275	0.0255	0.0234
7	42.6	714	1300	170	325	2400	0.0362	0.0378
8	55.0	520	1360	175	245	2450	0.0328	0.0349
9	59.8	785	1200	225	350	1850	0.0173	0.0162
10	32.2	487	1090	240	255	2050	0.0353	0.0369



Şekil 4. Ağın iterasyona bağlı hata değişim grafiği.

Figure 4. The error change graphic according to iteration of network.

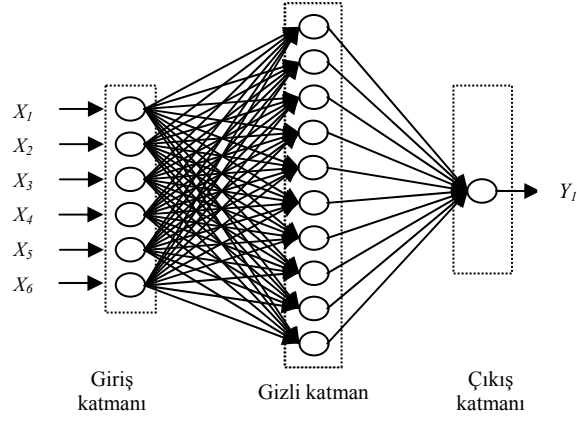
Yapay sinir ağını eğittikten ve test ettikten sonra; problem için verilen değerler ağa sunulursa ağdan elde edilen çıktı değeri 0.0194 kg/m² olarak bulunur. Bu problemin çözümü (Karakoç ve diğ.,1999) sonucunda elde edilen yoğuşma değeri ise 0.0190 kg/m²'dir.

Bu uygulamada da hava tabakası iç kalınlığı 44.8 mm, dış kalınlığı 600 mm, su buharı iç ve dış ortam kısmi basınçları 982 Pa, doymuş su buharı basıncı 2340 Pa, buharlaşma periyodu ise 2160 saat olarak alınarak buharlaşma miktarı tespit edilmiştir. Bunun için 1 giriş katmanı, 1 gizli katman ve 1 çıkış katmanı bulunan geri yayımlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Giriş katmanında altı işlem elemanı bulunmaktadır:

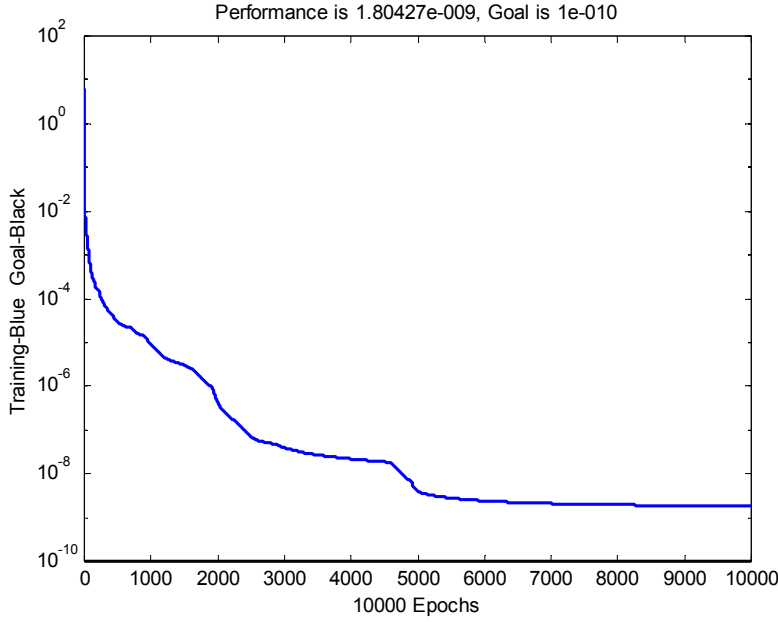
- Difüzyon dengi hava tabakası iç kalınlığı (betonarme döşeme+bitümlü buhar kesici membran+ polistren partiküler köpük)
- Difüzyon dengi hava tabakası dış kalınlığı (su yalıtımı)
- Su buharı iç ortam kısmi basıncı
- Doymuş su buharı basıncı
- Su buharı dış ortam kısmi basıncı
- Buharlaşma dönemi periyodu

Gizli katmanda 10 adet yapay nöron kullanılmıştır. Ağın çıkışı ise betonarme çatıda oluşan buharlaşma miktarıdır (Şekil 5).

Ağın girdi elemanlarına çeşitli değerler verilerek oluşturulan eğitim setinde 40 adet örnek bulunmaktadır. Ağın eğitim setinde kullanılan örneklerdeki değerler Tablo 3'de sunulmuştur. Örneklerdeki giriş ve çıkış değerleri 0 ile 1 değerleri arasında normalize edilerek ağa sunulmuştur. Yapılan denemeler sonucunda iki ara katman uygun görülmüş ve öğrenme oranı 0.75 alındığında ağ daha uygun sonuçlar vermiştir. Momentum katsayısı 0.90, iterasyon sayısı 10000, hata kriteri olarak ortalama kareler hatası (MSE) fonksiyonu kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Ağın eğitilmesi için öğrenme tipi olarak denetimli öğrenme uygulanmıştır. Bu öğrenme yöntemi, bütün işleme elemanlarının anlık hatalarını en aza indirmeye çalışır. Bu hata azaltma işlemi, kabul edilebilir doğruluğa ulaşana kadar ağırlıklar hatayı geriye yayma algoritması ile düzenlenir. Bu parametreler kullanılarak MATLAB'ın toolbox'ında YSA eğitilir. Bu ağın iterasyona bağlı hata değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra eğitim setindeki örneklerden tamamen farklı değerler kullanılarak ağın performansı test edilmiştir. Test setinde 10 adet örnek kullanılmış ve sonuçlar Tablo 4'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 5. Buharlaşma kütlesinin tespiti için kullanılan yapay sinir ağı.
Figure 5. Neural network used for the determination of evaporation mass.



Şekil 6. Ağın iterasyona bağlı hata değişim grafiği.

Figure 6. The error change graphic according to iteration of network.

Tablo 3. Buharlaşma kütlesi için hazırlanan eğitim seti.

Table 3. The training set prepared for the determination of evaporation mass.

Giriş ve çıkış parametreleri		Eğitimde kullanılan değerler
X ₁	Hava tabakası iç kalınlığı	25.8-73 mm
X ₂	Hava tabakası dış kalınlığı	360-850 mm
X ₃	Su buharı iç ortam kısmi basıncı	750-1250 Pa
X ₄	Doymuş su buharı basıncı	2100-2850 Pa
X ₅	Su buharı dış ortam kısmi basıncı	750-1250 Pa
X ₆	Buharlaşma dönemi periyodu	1500-3000 saat
Y ₁	Buharlaşma kütlesi	0.0237-0.1062 kg/m ²

Tablo 4. Buharlaşma kütlesi için hazırlanan test seti.
Table 4. The test set prepared for the determination of evaporation mass.

Test No	Giriş						Çıkış	
	X ₁ (mm)	X ₂ (mm)	X ₃ (Pa)	X ₄ (Pa)	X ₅ (Pa)	X ₆ (saat)	Buharlaşma kütlesi (kg/m ²)	
							Sayısal Sonuç	YSA
1	58.6	492	946	2155	946	2340	0.0360	0.0355
2	21.0	635	780	2750	780	2850	0.1841	0.1830
3	33.4	450	854	2500	854	2100	0.0741	0.0740
4	65.4	512	975	2300	975	2375	0.0361	0.0369
5	27.8	423	1170	2600	1170	1975	0.0721	0.0730
6	30.2	635	1250	2450	1250	1750	0.0485	0.0467
7	55.0	520	880	2375	880	2800	0.0561	0.0548
8	67.4	695	950	2700	950	2650	0.0503	0.0484
9	59.8	785	1200	2750	1200	2300	0.0427	0.0421
10	32.2	487	840	2475	840	2400	0.0866	0.0853

Yapay sinir ağını eğittikten ve test ettikten sonra; problem için verilen değerler ağı sunulursa elde edilen buharlaşma kütlesi 0.0465 kg/m² olarak bulunur. Bu problemin çözümü (Karakoç ve diğ.,1999) sonucunda elde edilen buharlaşma kütlesi ise 0.0470 kg/m²'dir. Gerek test setinden elde edilen sonuçlar ve gerekse problemin gerçek değerlerinden elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında ağın yeterli hassasiyette sonuçlar bulduğu görülmüştür.

SONUÇLAR

Yapay sinir ağları, bilgisayar ortamında, beynin yaptığı işlemleri yapabilen, karar veren, sonuç çıkaran, yetersiz veri durumunda var olan mevcut bilgiden yola çıkarak sonuca ulaşan, sürekli veri girişini kabul eden, öğrenen, hatırlayan bir algoritmadır. Yapay sinir ağlarının problemlere yaklaşımı insan zekâsı 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 betonarme bir çatıda zamanla meydana gelen yoğuşma ve buharlaşma kütleleri YSA kullanılarak belirlenmiştir. Yapay sinir ağları ile çözüm yaparken veri grupları 0 ile 1 arasında normalize edilerek eğitim aşamasına geçilmiştir. Sinir ağına mimarisi, öğrenme derecesi ve momentum katsayısı deneme yanılma yoluyla bulunmuştur. Eğitim tamamlandıktan sonra eğitim setinde kullanılmayan veri grupları ile test işlemine geçilmiştir. Test işlemlerinin sonuçları ile sayısal sonuçlar karşılaştırmalı olarak bir önceki bölümde verilmiştir. YSA, hızı ve işlem kolaylığı nedeniyle tercih edilmiştir. Gerek bu çalışmadan elde edilen sonuçlar gerekse daha önce yapılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında yapay zekanın alt kollarından biri olan YSA'nın mühendislik problemlerinde başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Bildik, A. T., 1998, Normal Basınç Dayanımlı Beton Karışımlarının Yapay Sinir Ağları ile Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 49s.

- Bimal, A., Mutsuyoshi, H., 2004, Artificial neural networks for the prediction of hear capacity of steel plate strengthened RC beams, *Construction and Building Materials*, **18**, 6, 409-417.
- Civalek, Ö., 1998, Plak ve Kabukların Nöro-Fuzzy Tekniği ile Lineer ve Non-Lineer Statik Dinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 101s.
- Elmas, Ç., 2003, Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Seçkin Yayıncılık, Ankara, 192s.
- Ghaboussi, J., Garrett, J.H., Wu, X., 1991, Knowledge-based modeling of material behavior with neural networks, *J. Eng. Mech. ASCE*, **117**, 132-153.
- Karakoç, T.H., Binyıldız, E., Turan, O., 1999, Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı, ODE Teknik Yayınları No: G 20, 212s.
- Keleşoğlu, Ö., Ekinci C.E., Fırat, A., 2005, Yalıtım Hesaplarında Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı, *Sigma Dergisi*, **3**, 58-66.
- Oreta, A.W.C., Kawashima, K., 2003, Neural network modeling of confined compressive strength and strain of circular concrete columns, *Journal of Structural Engineering*, **129**, 4, 554-561.
- Özbay, Y., 1999, EKG Aritmilerini Hızlı Tanıma, Doktora Tezi, 128s.
- Waszczyszyn, Z., Bartczak, M., 2002, Neural prediction of buckling loads of cylindrical shells with geometrical imperfections, *International Journal of Non-Linear Mechanics*, **37**, 4-5, 763-775.