



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0251

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2011  
Accepted: October 2011  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Musa Hakan Arslan**  
**Murat Ceylan**  
**Tayfun Koyuncu**  
Selcuk University  
mharslan@selcuk.edu.tr  
Konya-Turkey

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI  
YÖNTEMİ KULLANILARAK BELİRLENMESİNDE BETON PARAMETRESİNİN ETKİSİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada mevcut betonarme (BA) yapıların performanslarının değerlendirilmesi için yapay zekâ tabanlı analitik bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmada BA bina performansını etkilediği düşünülen içerisinde binanın beton basınç dayanımı da olan 23 parametreye göre kat sayıları 4 ile 10 arasında değişen 66 BA binanın performans analizi yapılarak ilgili binaların olası deprem durumunda TDY-2007'de belirtilen 4 kademeli performans seviyeleri bulunmuştur. Geliştirilen yapay zekâ tabanlı söz konusu hızlı değerlendirme algoritması sayesinde ülkemizdeki 4 ve 10 katlı mevcut BA binaların, çok kısa bir sürede ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi yaklaşık %80 doğruluk oranında yapılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ise yapay zeka tabanlı algoritma verilerine beton parametresi dahil edilmemiş algoritma bu şekilde eğitilip test edilmiştir. Beton parametresi olmaksızın elde edilen doğruluk oranı yaklaşık %74 oranında bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme Bina, Performans Analizi, Deprem, Yapay Sinir Ağları, Beton Parametresi

**EFFECT OF CONCRETE ON DETERMINING EARTHQUAKE PERFORMANCES OF EXISTING  
REINFORCED CONCRETE BUILDINGS BY USING ANN**

**ABSTRACT**

In this study, an artificial intelligence-based (ANN based) analytical method has been developed for analyzing earthquake performances of the reinforced concrete (RC) buildings. In the scope of the present study, 66 real RC buildings with four to ten storeys were subjected to performance analysis according to 23 parameters including concrete compressive strength thought to be effective on the performance of RC buildings. In addition, level of performance possible to be shown by these buildings in case of an earthquake was determined on the basis of the 4-grade performance levels specified in Turkish Earthquake Code-2007 (TEC-2007). ANN-based fast evaluation algorithm mentioned above make an economic and rapid evaluation of four to ten-storey RC buildings. In the second step of the paper, concrete compressive strength has not been included to ANN-based algorithms and then the prediction accuracy of ANN has been found about 74%.

**Keywords:** Reinforced Concrete Building, Performance Evaluation, Earthquake, Artificial Neural Network, Concrete Parameter

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Türkiye’de beklenen depremler ve özellikle betonarme (BA) yapı stoğunun mevcut durumu, BA binaların acil bir şekilde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Mevcut yapı stoğu ve Türkiye’nin depremselliği düşünülecek olursa değerlendirilmesi yapılacak olan bu durum teorik ve pratik olarak çok zordur. Bu zorluk sebebiyle son yıllarda araştırmacılar hızlı değerlendirme yöntemleri ve bazı yapısal puanlama sistemlerini geliştirmiş ve geliştirmeye devam etmektedirler [1 ve 6]. Bu yöntemlerde temel amaç bir yapının değerlendirmesini çok kısa zamanda yapıp gerçek performansına yakın bir sonuca ulaşmaktır. Böylece binlerce yapının detaylı değerlendirme maliyeti ve zamandan tasarruf edilmiş olacaktır.

Türkiye’de mevcut BA binaların deprem etkisi altında göstereceği performans Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-2007 (TDY-2007) [7] kriterlerine göre yapılmaktadır. TDY-2007 özellikle FEMA-356 [8], FEMA 155 [9] ve ATC-40 [10] temel ilkelerine göre düzenlenmiş ve Türk yapı stoğuna kolay adapte edilebilecek bir dizi yöntemle mevcut betonarme yapıların performans hesabını olanaklı kılmaktadır.

BA binaların deprem sonrasındaki performansının belirlenebilmesi için özellikle zemin ve malzeme parametrelerinin tayini ve yapı modellenmesinin yapılması gerekmektedir. Saha çalışmasının ardından mevcut malzeme ve geometrik şartlara göre oluşturulmuş bu modellemeye göre lineer ya da nonlineer (statik-itme analizi gibi) yöntemlerle yapısal performans tespit edilebilmektedir. Ancak mevcut her binanın böylesi bir ayrıntılı inceleme ile analiz edilmesi finansman ve zaman açısından imkânsızdır.

Bu çalışmada, BA binaların bilgisayar ortamında analiz edilmiş projeleri üzerinden alınan parametreler yardımı ile binaların deprem yükleri altında gösterecekleri davranış ve performanslarının değerlendirilebilmesi için Yapay Sinir Ağı (YSA) tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, çalışmada ilk olarak BA bina performansını etkilediği düşünülen içerisinde binanın beton basınç dayanımı da olan 23 parametreye göre kat sayıları 4 ile 10 arasında değişen 66 BA binanın performans analizi yapılarak ilgili binaların olası deprem durumunda TDY-2007 [7]’de belirtilen 4 kademeli performans seviyeleri bulunmuştur. YSA algoritmaları elde edilen veri setine göre kalibre edilmiştir. Böylece YSA’nın söz konusu parametrelere göre yapısal performansı ne ölçüde tahmin edebileceği belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında ise YSA tabanlı algoritma verilerine beton parametresi dahil edilmemiş algoritma bu şekilde eğitilip test edilmiştir. Beton parametresi olmaksızın elde edilen doğruluk oranı ile bir önceki doğruluklar karşılaştırılmıştır. Böylece beton parametresinin YSA’nın BA bina performansını tespitindeki etkisi irdelenmiştir.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

BA binaların deprem etkisi altında gösterecekleri yapısal performans son yıllarda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. TDY-2007’de BA binaların yapısal performanslarının belirlenmesine yönelik 7. Bölüm’de performans analiz basamakları detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Özellikle performans analizi yapılacak olan yapı stoğunun büyük olması durumunda yapısal performansın tahmininde kullanılabilecek çeşitli pratik yöntemler literatürde önerilmektedir. Bu çalışmada ise literatürde ilk kez YSA’nın yapısal performansı tahmin gücünün belirlenmesi üzerindeki başarısı sınanmıştır. Elde edilen bulgulara göre YSA ve benzeri akıllı sistem uygulamalarının bu tarz zaman alıcı işlemlerde belirli bir doğruluk marjında rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir.

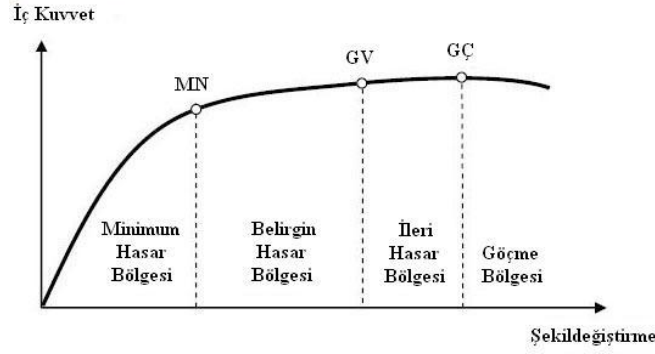
### 3. TDY-2007 İLKELERİNE GÖRE PERFORMANS ANALİZİ (PERFORMANCE ANALYSIS FOR TDY-2007 PRINCIPLES)

TDY-2007'ye göre betonarme binaların deprem performansı açısından değerlendirilmesi lineer ya da non-lineer yöntem kullanılarak iki şekilde yapılabilir. Nonlineer yöntem plastik mafsallı hipotezine üzerine kurulmuş olup statik itme analizi (pushover analiz) sonucu elde edilen yatay kuvvet - yatay deplasman verilerinden oluşan kapasite eğrisi üzerinden irdelenerek yapılır. Bu irdeleme için aynı zamanda elastik spektrum eğrisinin de kullanımına ihtiyaç vardır. Böylece deprem talebi ve yapının depreme cevabı aynı eksen takımında bazı dönüşüm işlemleri yapılarak gösterilirler ve buradan eleman hasarlarına ve sonrasında yapısal performansa geçiş yapılır. Kabuller, eksen dönüşümleri ve sonuçların irdelenmesi lineer yöntemle göre daha karmaşıktır.

Lineer yöntem ise nonlinear yöntemle göre oldukça basit olup doğrusal yapısal analiz mantığı ile kurgulanmıştır. Mevcut bir bina için kapasite tasarımı yapılmayacağı için bu yöntemde yapının sünekliğinin bir ifadesi olan R (deprem yükü azaltma katsayısı) ve bina önem katsayısı 1 olarak alınır. Her iki analiz sonuçlarına göre taşıyıcı sistemde bulunan her bir kesit için etki kapasite oranı TDY-2007'de verilen formül 1'e göre hesaplanarak kesitin hasar sınırı tespit edilmektedir. Lineer hesap yöntemlerinde betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde eleman kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılarak eleman hasar düzeyleri bulunmaktadır. Bu formülde R kesitin kapasitesini, E karşılanması beklenen elastik deprem etkisini, G ve Q ise hareketli ve sabit yükten dolayı oluşan kesit tesiridir.

$$r = \frac{E}{R - (G + Q)} \quad (1)$$

Sünek bir betonarme kesitte iç kuvvet şekil değiştirme ilişkisi Şekil 1'de verilmiştir. Minimum Hasar Sınırı (MN) kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını tanımlar. Güvenlik Sınırı (GV) kesitin dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışın üst sınırını tanımlar. Göçme Sınırı (GC) kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlar. Bulunan kesit hasar durumlarından kat hasar durumuna oradan da bina global hasar durumuna geçilmektedir. Böylelikle binada deprem etkisi altında oluşacak global hasar ve performans seviyesi belirlenmektedir. Bir yapı sistemini oluşturan yapı elemanlarının hasar durumlarına bağlı olarak, dört farklı bina deprem performans düzeyi tanımlanmıştır. Bu performans düzeyleri sırasıyla Hemen kullanım performans düzeyi (HK), Can güvenliği performans düzeyi (CG), Gömenin önlenmesi performans düzeyi (GÖ) ve Göçme durumu performans düzeyi (GÇ).



Şekil 1. TDY-2007'ye göre iç kuvvet - şekil değiştirme diyagramı  
(TDY-2007) [7]

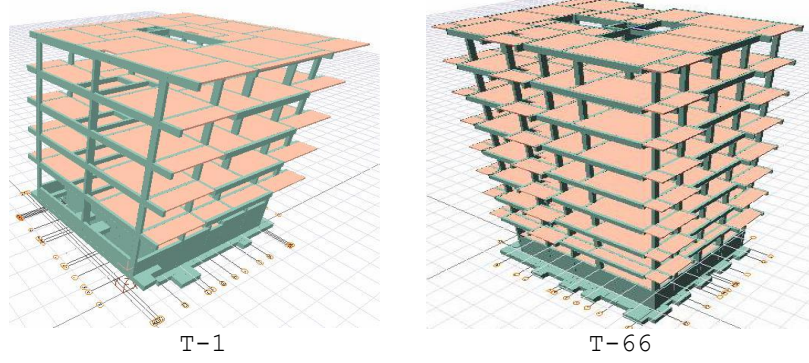
(Figure 1. Component Damage Levels to the TEC-2007)

Yukarıda bahsedilen lineer ve nonlinear yöntemlerinin genellikle iki farklı uygulaması vardır. Bunlardan birincisi eşdeğer deprem yükü yöntemi (katsayısının 8'den az olduğu, yüksekliği 25 metreyi geçmeyen ve burulmanın önemsiz olduğu binalarda kullanılabilir) diğeri ise mod birleştirme yöntemidir (tüm binalar).

#### 4. VERİ SETİNİN OLUŞTURULMASI (DATA SET PREPARING)

Çalışmada Türkiye'de mevcut betonarme binaları temsil ettiği düşünülen 66 adet 4-10 katlı konut türü bina seçilmiştir. Seçilen binalar İde Statik analiz (İdeStatik V.6.0053) [11] programı ile modellenerek TDY-2007'de bahsedilen lineer prosedüre göre performans analizleri gerçekleştirilmiştir [12]. Model sayısının çok olduğu, düzensiz ve karmaşık binaların modellenmesinde SAP2000, ETABS vs. gibi programlar tercih edilmemiştir. Literatüre yer alan Arslan'ın [13 ve 14] çalışmalarında bina modelleri basit çerçeve türü yapılar olarak seçildiği için bu çalışmada SAP2000 programı kullanılabilmiştir.

Şekil 2'de bu çalışmada analiz edilen binalardan birincisi ve sonuncusu gösterilmiştir. Seçilen binalardaki parametreler; Deprem bölgesi (DB), proje yılı (PY), kat sayısı (KS), kolon ve perde alanlarının kat alanına olan oranı ( $\alpha_{CA}$ ,  $\alpha_{SW}$ ), kolonlarında ve perdelerindeki donatı oranları ( $\alpha_{col}$ ,  $\alpha_{SW}$ ), taşıyıcı sistemi açısından sargılama olup olmaması ( $s_c$ ), bodrum katın varlığı (B) farklı döşeme tipleri (DT), farklı beton sınıfları (C), farklı donatı sınıfları (ST), değişik kiriş boyutları ( $I_b$ ), düzensizlik sınıfları (IT), asma kat durumu (CL), yerel zemin sınıfı (Z), süneklik düzeyi (R), temel tipleri (FT), hareketli yük katılım çarpanı (n) vs. dir. Tablo 1'de seçilen 66 adet proje için parametrelerin değişim aralıkları verilmiştir. Tablo 1'den görüleceği üzere parametrelerin oldukça değişken olmasına çalışılmıştır.



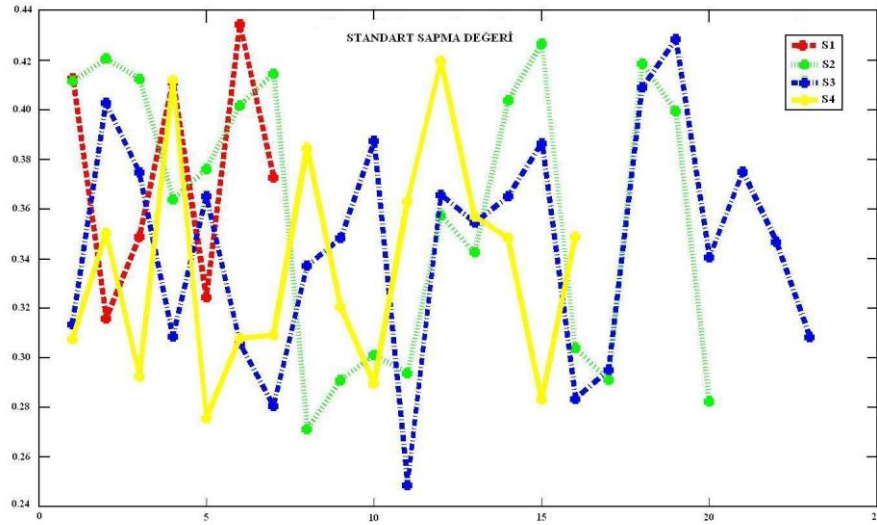
Şekil 2. 66 Bina içinden rastgele seçilmiş iki örnek model  
(Figure 2. Randomly selected two sample model within 66 building)

Tablo 1. Kullanılan parametreler ve değişim aralıkları  
(Table 1. Used parameters and data range)

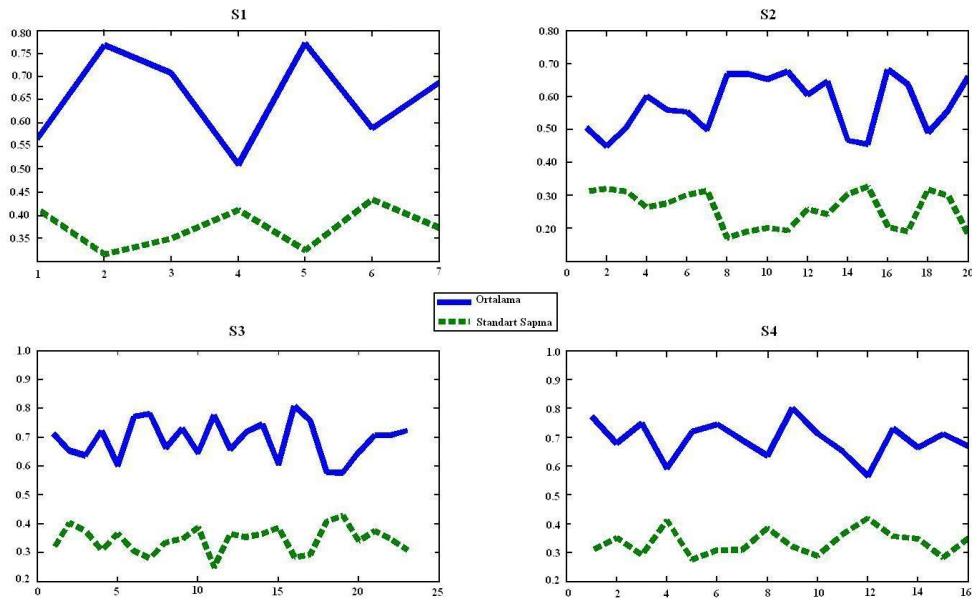
Parametre İsimleri	En Az Değeri	En Fazla Değeri
Kat Sayısı (KS)	4	10
Ortalama Kolon Kesit Alanı ( $\rho_{KA}$ )	0,008197	0,024721
Ortalama Perde Duvar Kesit Alanı ( $\rho_{PA}$ )	0	0,011725
Kolonların Ortalama Boyuna Donatı Oranı ort ( $\rho_{l\ kol}$ )	0,00843	0,012828
Perdelerin Ortalama Boyuna Donatı Oranı ort ( $\rho_{l\ per}$ )	0	0,010643
Çelik Akma Dayanımı (ST)	220	420
Beton Basınç Dayanımı (C)	16	20
Kirişlerin Ortalama Atalet Momentleri ( $I_K$ )	0,001092	0,0045
Yapı Önem Katsayısı (I)	1	1,5
Zemin Tipi (Z)	1	4
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R)	4	7

Tablo 1’de verilmeyen diğer parametrelerin (PY,  $s_c$ , B, S, ST, IT, CL, R, FT, EZ vs.) değişim aralığı için 0,1,2,3 vs. gibi sabitler kullanılmıştır. Örneğin PY için 1998 öncesi ise 0, 1998 sonrası ise 1 değeri girilmiştir. Bunun sebebi TDY 1998 yılında çok köklü bir değişim yaşamış olmasıdır. Fakat bu çalışmada az miktarda olsa 1998 yılından sonra yapılmış binalara yer verilmiştir. Diğer bir parametre olan DT için asmolenli döşemede 1, plak döşemede 2, kirişli döşemede ise 3 tanımlaması yapılmıştır. Yapısal performans için HK ( $S_1$ )1, CG ( $S_2$ ) 2, GÖ ( $S_3$ ) 3, G ( $S_4$ ) 4 sayısal değerleri tanımlanmıştır.

Söz konusu binaların proje verilerine göre yapılan performans analizleri neticesinde her bir bina için performans çıktısına ulaşılmıştır. Şekil 3’de bina sayısı ve standart sapma değerleri gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi yapıların büyük çoğunluğu (toplam 43 tanesi)  $S_2$  ve  $S_3$  performans seviyesindedir.



Şekil 3. Bina sayısı - standart sapma değeri grafiği  
(Figure 3. Graphic of number of building and standard deviation)



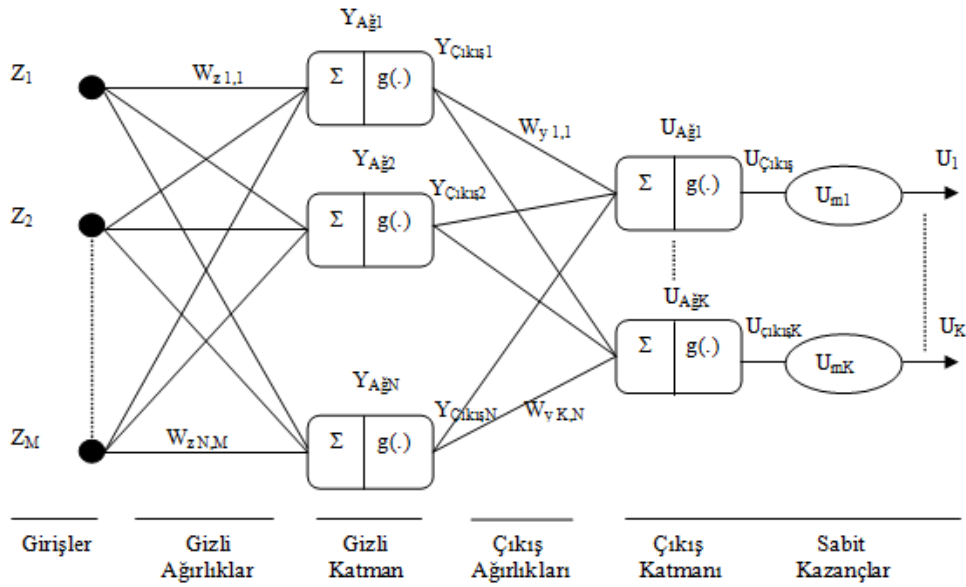
Şekil 4. Bina sınıflarına ait ortalama - standart sapma değerleri  
(Figure 4. Mean and standard deviation values for number of buildings)

##### 5. TEMEL YSA İLKELERİ (ESSENTIAL ANN PRINCIPLES)

Bilgisayarlar ile birlikte çözümü bulunmaya çalışılan bazı problemlerin çözümünde biyolojik yapı kullanılmıştır ve bu gelişmelerle bulunan yöntemlere "yapay sinir ağları" denilmektedir. Yapay sinir hücreleri birbirleriyle çeşitli şekillerde bağlanarak YSA'yı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma, hatırlama, sonuç çıkarma yeteneğine sahiptirler. Yapay sinir ağları ayrıca öğrenme yoluyla yeni bilgiler türetebilmeyi, oluşturmayı hiçbir yardıma ihtiyaç duymadan gerçekleştirebilirler. Eğer öğrenme algoritmaları ile öğrenme süreci tamamlanırsa yapay sinir ağı işlevsel duruma gelebilir. Yapay sinir hücrelerinin temel elemanları girdi, ağırlıklar, transfer



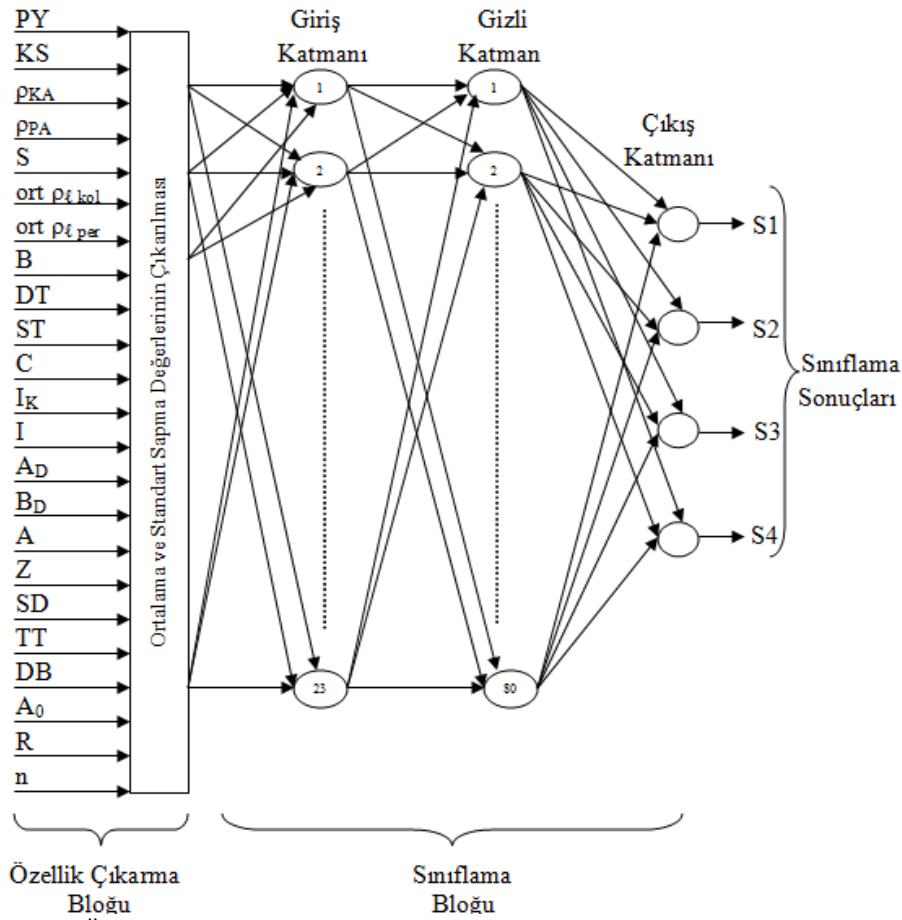
fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılarıdır. Girdiler; yapay sinir ağının öğrenilmesinin istendiği bir başka hücreden gelebileceği gibi dış dünyadan da aktarılabilirler. Ağırlıklar; hücreler arası bağlantıların sayısal değerleridir. Bu sayısal değerler pozitif, negatif olabilir ve sıfır değerini alabilirler. Transfer fonksiyonları, girdilerle ağırlıkların işleme girmesiyle oluşurlar. Aktivasyon fonksiyonu; transfer fonksiyonunda gelen bilgiyi belirli işlemsel fonksiyonlardan geçirip çıktıları oluşturabilir. YSA'da sınırlar arasındaki bağlantı ve akış yönüne göre sınıflandırma sonucunda ortaya çıkan ileri beslemeli YSA'da veri akışı tek yönde ve girişten çıkışa doğru yapılıdır (Şekil 5).



Şekil 5. Çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları [9]  
(Figure 5. Multilayer feed-forward ANN)

## 6. YSA UYGULAMASI (ANN APPLICATION)

BA binaların deprem yükleri altında performanslarına uygun olarak sınıflandırılabilmesi için, kullanılacak YSA mimarisinin belirlenmesi çalışmanın doğruluğu açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu amaçla, literatürde de yer aldığı şekilde, YSA'nın deneme - yanılma yöntemi kullanılarak eğitilmesi ve test edilmesi ile ağın mimarisini oluşturan optimum (en uygun) gizli düğüm sayısı ve öğrenme oranı değerleri bulunmuştur. Bütün eğitime işlemleri YSA'nın 10000 iterasyon yapacak şekilde çalıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle öğrenme oranı sabit tutularak gizli düğüm sayısının 2'den 100'e adimsal olarak artırılması ile en düşük eğitim ve test hatasının bulunduğu değer olan 80, optimum (en uygun) gizli düğüm sayısı olarak elde edilmiştir. Buna benzer şekilde optimum gizli düğüm sayısı olarak bulunan 80 gizli düğüm sabit tutulmak üzere öğrenme oranının 0.001' den 5.0' a adimsal olarak artırılması sonucunda 2.0 değerinin en düşük eğitim ve test hatasına sahip olduğu görülmüştür. Tablo 2'de optimum YSA mimarisi verilmiştir. Şekil 6'da özellik çıkarma bloğu kullanarak oluşturulan YSA yapısı gösterilmiştir.



Şekil 6. Özellik çıkarma bloğu kullanarak oluşturulan YSA yapısı  
(Figure 6. ANN structure with feature extraction block)

Tablo 2. Optimum YSA mimarisi  
(Table 2. Optimum ANN architecture)

Gizli Düğüm Sayısı	Öğrenme Oranı	İterasyon Sayısı
80	2.0	10.000

Sınıflama işleminin doğruluğunu onaylayabilmek ve önerilen ağıın genelleştirme kabiliyetini test edebilmek amacı ile iki kat çapraz-geçerlilik testi uygulanmıştır. Bu teste göre tüm veri seti iki eşit veri setine ayrılmakta ve ağıın eğitim işlemi için bu setlerden biri kullanılırken, geriye kalan diğer set ile ağı test edilmektedir. Test işlemi bittiğinde bu kez testte kullanılan set eğitim kümesine dâhil edilirken eğitim kümesinde kullanılan set de test kümesine alınmaktadır. Bu işlem iki kez tekrarlandığında veri setinde bulunan tüm veriler ile ağıın hem eğitilmesi hem de test edilmesi sağlanmaktadır. Kullanılan veri seti 4 sınıftan oluşan 66 binaya ait verileri içermektedir. Bu 66 binadan 7 adeti 1. sınıfa; 20 adeti 2. sınıfa; 23 adeti 3. sınıfa ve 16 adeti 4. sınıfa aittir. İki kat çapraz-geçerlilik testinin uygulanabilmesi için 2 veri kümesine ayrılan bu binaların sınıflarına ait gösterim aşağıdaki Tablo 3'de yer almaktadır.



Tablo 3. Sınıflama da kullanılan veri setlerinin sınıflara göre dağılımı

(Table 3. Data set distribution for data classes)

Veri Kümesi	1. Sınıf (S1)	2. Sınıf (S2)	3. Sınıf (S3)	4. Sınıf (S4)	Toplam
1	4	11	12	8	35
2	3	9	11	8	31

Yukarıda belirtilen test prosedürüne uygun olarak, YSA 1. veri kümesi ile eğitilmiş 2. veri kümesi ile test edilmiştir. Daha sonra 2. veri kümesi ile eğitilmiş ve 1. veri kümesi ile test edilmiştir. Böylece ağ, mevcut tüm binalara ait veriler ile eğitilmiş ve test edilmiştir. Gizli düğüm sayısı ve öğrenme oranı değerleri, literatürde yer aldığı şekilde YSA'nın deneme-yanılma yöntemi kullanılarak eğitilmesi ve test edilmesi ile bulunmuştur. Bütün eğitime işlemleri YSA'nın 10000 iterasyon yapacak şekilde çalıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. YSA'da kullanılan işlemlerde literatürde sıklıkla tercih edilen [13 ve 16] farklı 11 ayrı geri yayılım algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmalar sırasıyla, GDA, GDM, GDX, CGP, CGB, SCG, BFG, OSS ve LM'dir. Tablo 4 ve Tablo 5'de söz konusu algoritmalarından en başarılı olanları yönteme göre ve doğruluk oranlarına göre verilmiştir. Burada sınıflama doğruluğu denklem 2'de ifade edildiği şekliyle bulunmuştur.

$$\text{Sınıflama Doğruluğu (\%)} = 100 - \text{Test Hatası} \quad (2)$$

Tablo 4. Kullanılan özelliklere göre YSA ile sınıflama doğruluğu oranı  
(Table 4. Classification accuracy rate of ANN according to used features)

Yöntem	Algoritma	Sınıflama Doğruluğu (%)
Ortalama	GDM	64.22
Standart sapma	BFG	70.50
Herhangi bir ön işlemsiz	CGF	80.46
Ortalama ve standart sapma	LM	71.84

Tablo 5. Beton parametresi olmaksızın kullanılan özelliklere göre YSA ile sınıflama doğruluğu oranı

(Table 5. Classification accuracy rate of ANN according to used features without concrete parameter)

Yöntem	Algoritma	Sınıflama Doğruluğu (%)
Ortalama	GDM	69.61
Standart sapma	BFG	66.19
Herhangi bir ön işlemsiz	CGF	72.39
Ortalama ve standart sapma	LM	74.09

## 7. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME (CONCLUSION AND EVALUATING)

Ülkemizde yaşanan depremler mevcut BA binaların acil bir şekilde değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Değerlendirmesi yapılacak olan BA binalar düşünüldüğü zaman gerek maliyet gerekse zaman kaybının önüne geçilmesi açısından, hızlı değerlendirme yöntemlerinin geliştirilip bir an önce uygulamaya geçirilmesi gerekliliği sonucunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada hızlı değerlendirme yöntemi olarak YSA tabanlı bir program ile çözümleme yapan bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Bu yöntemdeki temel amaç bir yapının değerlendirmesini çok kısa zamanda yapıp gerçek performansına yakın bir sonuca ulaşmaktır. Böylece binlerce yapının detaylı değerlendirme maliyeti ve zamandan tasarruf edilmiş olacaktır.

Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışma ile detayları açıklanmış olan 4 ile 10 kat'lı 66 BA binanın performans analizi gerçekleştirilmiş ve yapısal performans binaların sahip olduğu 23 adet parametreye bağlı olarak YSA modelinde eğitilerek tahmin edilmiştir. Tahmin işlemlerinde 11 farklı YSA algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmalara göre YSA ile sınıflama doğruluğu oranı belirlenmiştir. Ayrıca beton sınıfı kaldırılarak YSA ile sınıflama doğruluğu oranı da ayrıca belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- Kullanılan verilerin içerisine beton sınıfı dâhil edildiğinde, binaların deprem yükleri altındaki performansları %80.46, dâhil edilmediğinde ise %72.39 doğruluk ile tespit edilmiştir. YSA ile binaların performansları bina başına yaklaşık 15 saniye gibi oldukça kısa zamanda belirlenebilmiştir. Bina performans seviyelerini tespit etmek için, kullanılan verilerin içerisine beton sınıfı dâhil edildiğinde, 11 adet geri yayılım algoritmasının içinden doğruluk oranı yüksek olan CGF algoritmasının kullanılması uygun olacaktır. Bununla beraber literatürde YSA ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığı zaman algoritma başarısı seçilen veri kümesine bağlı olarak değiştiği görülmektedir.
- Binaların performans düzeyini belirlemek için zaman alan ve maddi yönden külfet getiren ayrıca binalarda tahribata neden olan beton karot numunesi alınmasının YSA doğruluğunu %8.07 oranında etkilediği görülmüştür. Binalardan karot alma işleminin 1-2 gün sürdüğü, karot alındıktan sonra ise karot başlarının kesilmesi, kükürt başlıklama yapılması vs. gibi özel bir takım işlemlerden sonra deneye tabi tutulmaktadırlar. Bununla beraber taşıyıcı sistemin bilgisayar modelinin oluşturulması da 1-2 gün aldığı bilinmektedir. Bu çalışmada ise YSA kullanılarak bir binanın değerlendirmesi 15 sn gibi çok bir kısa zaman almıştır. Bu arada bilinmelidir ki, yukarıda analizler kısmında vurgulandığı üzere beton sınıfının analizlere dâhil edilmemesi %8.07'lik bir hatayı da beraberinde getirecektir. Binaların modellenmesi sırasında yapılan varsayımlar düşünüldüğü zaman bu oranın genel bir değerlendirme için çok büyük olmadığı düşünülmektedir.
- 66 adet binanın performans analizi sonuçları, binaların HK ve CG performans düzeyini sağlamakta zorlandıklarını göstermektedir. Özellikle TDY-1998 [17] ilkelerine göre yapılmış olan binalarda bile söz konusu performans seviyelerine binaların ulaşamaması ilgi çekici ve trajiktir.

Bu çalışmada kullanılan lineer yöntemin sonuçlarının lineer olmayan yöntemlere göre oldukça ağır olduğu çoğu araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. Dolayısıyla lineer yöntemlere göre analiz edilen binaların performansının çoğu zaman yetersiz olduğu, buna rağmen kolaylık ve anlaşılabilirlik nedeniyle mühendisler tarafından tercih edildiği bilinmektedir. YSA'nın doğruluğunu artırabilmek amacıyla ileriki çalışmalarda lineer olmayan statik itme analizi kullanılabilir. Ayrıca yapısal çözümlemede bitişik nizam, dolgu duvar etkisi... vb. gibi bina performansına olumlu etki yapacak faktörlerde göz ardı edilmemelidir. Bunlar alınarak bina analizi yapıldığında bina deplasmanı sınırlandırılarak, dönme talepleri azalacaktır. Bu olumlu etkilerle binanın performans seviyesi belki de bir üst sınıfa

geçebilecektir. Bu olumlu etkiler düşünülmediğinde ise binanın deplasmanı sınırlandırılmaksızın ayrıık nizam bina gibi değerlendirmek, deplasman ve dönme değerlerini artıracak, binanın performansı gerçeğe göre olumsuz seviyede çıkacaktır. Bu durum deprem yönetmeliğinin olası revizyonunda da yer alabilir.

#### **NOT (NOTICE)**

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazig Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Hassan, A.F. ve Sözen, M.A., (1997). Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes, ACI Structural Journal, 94, 1, January-February 1997, pp. 3-9. USA.
2. Gülkan, P. ve Sözen, M.A., (1999). Procedure for Determining Seismic Vulnerability of Building Structures, ACI Structural Journal, V. 96, No.3, May-June 1999, pp. 336-42, USA.
3. Yakut, A., Ozcebe, G., and Yucemen, M.S., (2004). A Statistical Procedure for the Assessment of Seismic Performance of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey, 13th World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada, Paper No: 687.
4. Boduroglu, H., Özdemir, P., İlki, A., Şirin, S., Demir, C. ve Baysan, F., (2004). Towards a Modified Rapid Screening Method for Existing Medium Rise RC Buildings in Turkey, 13th World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE August 1-6, Vancouver, B.C., Canada.
5. Pay, A.C., (2001). New Methodology for the Seismic Vulnerability Assessment of Existing Buildings in Turkey / Master Thesis, METU, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, August, Ankara, Turkey,
6. Bal, I.E., Tezcan, S.S., and Gülay, F.G., (2006). Advanced applications of the P25 - scoring method for the rapid assessment of RC buildings. Proceedings of the 1st ECEES, Geneva, 3-8 September 2006.
7. TEC-2007. Turkish Earthquake Code. Regulations on structures constructed in disaster regions. Ministry of Public Works And Settlement. Ankara. 2007 (In Turkish).
8. Federal Emergency Management Agency (2000). FEMA-356. Prestandard and commentary for seismic rehabilitation of buildings. Washington (DC).
9. FEMA 155, (1988). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation. Federal Emergency Management Agency;, FEMA 500 C Street, SW Washington, D.C. 20472, USA [<http://www.fema.gov> ].
10. ATC-40, (1996). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings Redwood City (CA): Applied Technology Council,
11. IdeCAD Statik 6, İdeyapı İstanbul.
12. Koyuncu T., (2009). A New Method for Rapid Assesment of Performances of Existing RC Buildings Under Earthquake Loading, MSc Thesis, Selcuk University, (In Turkish).
13. Arslan M.H., (2010). Prediction of torsional strength of RC beams by using different articial neural network algorithms and building codes" Advances in Engineering Software, 41 (7-8), pp.946-955.

14. Arslan M.H., (2010). An evaluation of effective design parameters on earthquake performance of RC buildings using neural networks" *Engineering Structures*, 32, pp.1888-1898
15. Arslan, M.H., Ceylan, M., Kaltakçı, M.Y., Özbay, Y. and Gülay, F.G., (2007). Prediction of force reduction factor (R) of prefabricated Industrial Buildings Using Neural Networks, *Structural Engineering and Mechanics*, 27 (2), pp.117-134
16. Arslan, M.H., (2009). Determination of effective parameteres on failure load and displacement of existing RC buildings using ANN, *Natural Hazards and Earth Systems Journal*, 9,967-977.
17. TEC, (1998). *Turkish Earthquake Code. Regulations on structures constructed in disaster regions. Ministry of Public Works And Settlement". Ankara, (In Turkish).*