

## ÇOK KATLI BETONARME KONUTLARDA KAYNAK İHTİYACININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

Yusuf DEMİREL

*Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü*

Makalenin Geliş Tarihi:

**ÖZET:** Bu çalışmada, çok katlı betonarme konutların malzeme ve işgücü kaynaklarının Yapay Sinir Ağları (YSA) ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 7 adet çok katlı betonarme konut projesinden malzeme ve işgücü kaynaklarına ait analizler yapılarak oluşturulan veri seti yapay sinir ağına öğretilmiş, elde edilen bulgulara göre, oluşturulan YSA'dan beton, kalıp ve demir ile düz işçi ihtiyacına dair tahmini veriler sağlanmıştır. Sonuçta bu verilerin gerçeğe yakın olduğu ve inşaat sektöründe kaynak ihtiyacının tahmini amacıyla YSA'nın uygulanabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kaynak tahmini, yapay sinir ağları.

Resource Estimation For Multiple Reinforced Concrete Buildings By Artificial Neural Networks

**ABSTRACT:** In this study, it is aimed to estimate material and manpower resources for multiple reinforced concrete buildings by using Artificial Neural Networks (ANN). For this purpose, a data set formed by analyzing material and manpower resources for seven number of multiple reinforced concrete building is introduced to ANN, and estimated data related with requirements of concrete, formwork, reinforcement and unskilled worker is obtained from ANN. As a result, it is observed that estimated data is similar to exact values, and ANN can be implemented for resource estimation in construction sector.

Keywords: Resource estimating, artificial neural networks.

### GİRİŞ

Günümüz rekabet koşulları, projelerin daha kısa sürede tamamlanmasını ve kaynakların mümkün olan en etkin biçimde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ekonomilerin itici gücü durumundaki inşaat sektöründe, basit bir üretimi gerçekleştirebilmek için bile, farklı nitelikte ve çok sayıda kaynağı bir arada kullanmak gerekmektedir. Üretimde kullanılan kaynak çeşidinin ve miktarının fazlalığı, sektör tarafından yürütülen projelerin hedeflenen biçimde tamamlanmasını daima zora sokmaktadır. Bu nedenle, diğer sektörlerden farklı olarak, inşaat sektöründe planlama, programlama, maliyet tahmini/analizi ve risk yönetimi gibi alanlarda etkin uygulamalar

yapılması kaçınılmaz olmaktadır (Baykan, 2007).

Yapay zeka çalışmalarının bugün ulaştığı noktada eldeki en ilgi çekici teknolojilerden biri, makine öğrenmesi ve yapay sinir ağlarıdır. Yapay sinir ağları olayların arasındaki ilişkileri saptayabilmek için örnekleri kullanır; öğrenilen ilişkilerden daha sonra karşılaşılabilecek problemlerin çözümü için yorum yapma ve karar verme aracı olarak yararlanır (Baykan, 2007).

İnşaat sektörü uygulamalarında her geçen gün daha karmaşık ve büyük boyutlu projeler gündeme gelmektedir. İşletmeler arasında giderek artan rekabet, bu karmaşık projelerin sadece performansları açısından değil, süre ve maliyet açısından da değerlendirilmelerini zorunlu kılmaktadır. İşletmelerin sadece

hizmet üretmeleri yetersiz kalmakta, bu hizmetleri rakiplerden daha kısa sürede ve daha uygun maliyetlerle üretmeleri önemli bir faktör olmaktadır (Kutlu, 2001). İnşaat sektörünün kullandığı kaynakların oldukça fazla miktarda olması, iş alma hazırlığı sırasındaki değerlendirmelerin nitelikli, yeterli doğrulukta ve olabildiğince hızlı yapılabilmesi için yapay sinir ağları önemli bir alternatif yaklaşımdır.

## KAYNAK PLANLAMA

Bir inşaat projesindeki faaliyetlerin büyük bölümü kısıtlı durumdaki farklı kaynaklara ihtiyaç duyar. Kaynakların kısıtlı olduğu bir ortamda, projenin her bir günü için ihtiyaç duyulan kaynak tipi ve miktarı ile her bir kaynağı kullanacak faaliyetlerin belirlenmesi kaynak planlaması süreci içinde gerçekleştirilir. Belirlenen kaynakları kullanacak faaliyetlerin kaynak durumuna göre ilişkilendirilmesi ve öngörülen kaynak miktarını aşmayacak şekilde projenin ilerlemesinin sağlanması işlemi ise kaynak programlaması adını alır (Sarıca, 1994).

Projeyi zamanında ve planlanan bütçe içinde bitirebilmek için gereken kaynakların miktarının belirlenmesi, araştırma aşamasından yapım aşamasına kadar üzerinde düşünülen çok önemli bir konudur. Firma sınırsız miktarda kaynak sağlayabilse bile, onları etkin bir şekilde denetleyemediği zaman, kaynaklardan yeterince yararlanamaz. Üstelik asıl zorluk, herhangi bir planın yapılmasında değil, gerçekte uygulanabilir ve kullanışlı bir planın yapılmasındadır (Baykan, 2007).

Kısıtlı kaynak koşulları altındaki projelerde, kaynak tahsisi sorunlarının çözümü için pek çok farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar, temel olarak matematiksel ve sezgisel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kaynak dengeleme için kullanılan matematiksel modellerin en yaygın hedefleri, proje bitim süresinin minimumda tutulması, toplam proje maliyetinin en aza indirgenmesi ve kaynaklardan maksimum faydanın sağlanması olarak sıralanabilir. Ancak matematiksel modellerin optimal sonuçlar

getirdikleri pek söylenemez. Tam sayılı programlama, dal-sınır tekniği, sayılama gibi matematiksel yaklaşımlar, küçük ölçekli test problemlerinin çözümünde yeterli olmakla birlikte, karmaşık problemlerin çözümünde yetersiz kalmaktadır (Kanıt, 2003). İnşaat projeleri gibi faaliyet sayısı oldukça fazla olan projelerde, sezgisel yaklaşımların uygun çözümler ürettiği bilinmektedir. Bu modeller optimal sonuçları vermeseler de optimala en yakın sonuçların alınmasını sağlamaktadır. Sezgisel bir programlama, rekabet halindeki proje faaliyetlerine kaynakların atanmasında makul ve mantıklı kurallar kullanmaktadır. Sezgisel yaklaşımlara örnek olarak, genetik algoritma ve yapay sinir ağları verilebilir (Baykan, 2007).

## YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

YSA'nın tahmin ve optimizasyon yeteneklerinden, inşaat mühendisliği disiplininin bir çok alanında yararlanılmaktadır. İnşaat projelerinin yönetimi alanında, literatürde iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki proje programlama, kaynak tahsisi ve çizelgeleme konularını optimizasyon problemi olarak ele alan, genellikle Hopfield ve rekabetçi ağ mimarilerinin kullanıldığı yaklaşımlardır. İkinci yaklaşım ise GY algoritması kullanılarak ele alınan; kaynak tahsisi, inşaat hukuku ve sözleşme yönetimi ve maliyetin belirlenmesi konularında, bilinen proje karakteristiklerini ağa öğretmekle bilinmeyen tahmin etme yaklaşımıdır (Baykan, 2007).

Yapay sinir ağlarının her bir elemanı, proses elemanı, düğüm ya da basit sinirler olarak adlandırılır. Bir yapay sinir ağı birbiriyle bağlantılı çok sayıda düğümlerden oluşur. Her bir yapay sinir hücresinin beş temel bileşeni bulunmaktadır.

1. *Girdiler:* Girdiler çevreden aldığı bilgileri sinire getirir. Bu bilgiler dış dünyadan olabileceği gibi başka hücrelerden yada hücrenin kendisinden gelebilir.

2. *Ağırlıklar:* Ağırlıklar hücreye gelen bilginin hücre üzerindeki etkisini gösterirler.

Ağırlıkların değerinin büyük yada küçük olması, onların önemini belirleyen bir unsur değildir. O girişin hücreye güçlü bağlanması durumunda ağırlık değeri büyük, zayıf bağlanması durumunda ise ağırlık değeri küçük olur.

3. *Toplama fonksiyonu*: Hücreye gelen net girdiyi hesaplayarak, çıkan sonucu etkinlik (aktivasyon) fonksiyonuna gönderir. Net girdinin hesaplanması için değişik fonksiyonlar kullanılabilir. En çok, hücreye gelen girdi değerleri kendi ağırlıkları ile çarpılarak bulunan ağırlıklı toplam kullanılır (Eş.1).

$$NET = \sum_i^n u_i w_i \quad (1)$$

Belirli bir problem için en uygun toplama fonksiyonunun belirlenmesi amacıyla kullanılacak herhangi bir yöntem bulunmamaktadır. Bazen Eş. 1'deki işlem yerine minimum, maksimum, çarpım ya da kümülatif toplam algoritmaları da kullanılabilir. Ağda bulunan her hücrenin farklı toplama fonksiyonuna sahip olması mümkün olduğu gibi, ağdaki hücrelerden bir kısmı grup olarak aynı toplama fonksiyonuna sahip olabilir.

4. *Etkinlik (Aktivasyon) Fonksiyonu*: Toplama fonksiyonundan alınan sonuç etkinlik fonksiyonundan geçirilerek çıkışa verilir. Burada da değişik fonksiyonlar kullanılabilenekte, bir problemin çözümü için

kullanılacak etkinlik fonksiyonunun belirlenebilmesi için herhangi bir yöntem bulunmamaktadır.

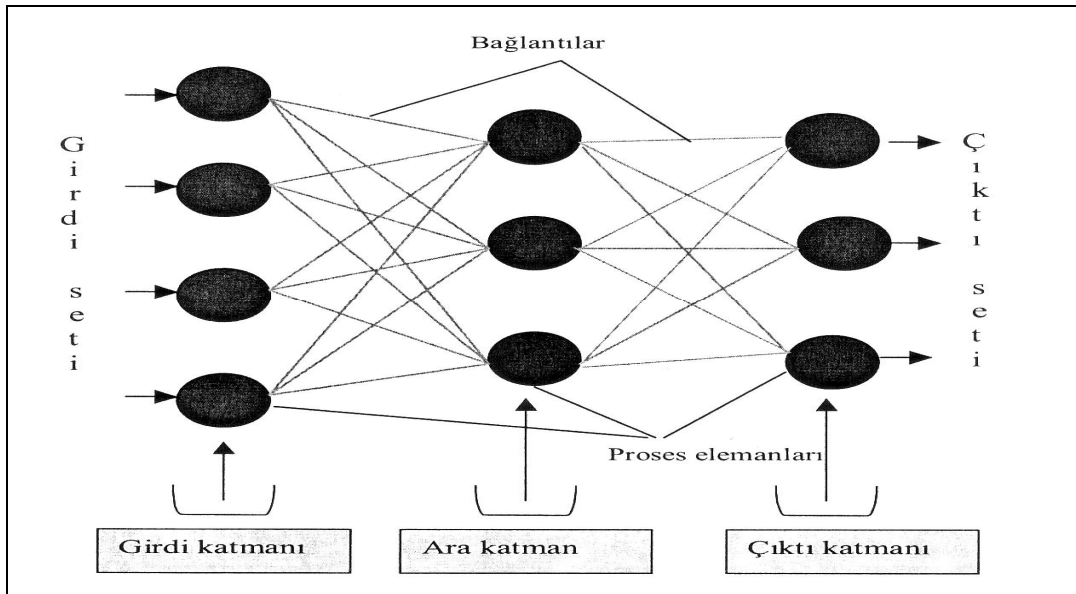
5. *Çıktı*: Etkinlik fonksiyonu tarafından belirlenen değerdir. Bu değer birden fazla hücreye girdi olarak gönderilir. Ancak her bir hücrenin tek bir çıkış değeri vardır.

Yapay sinir ağlarının oluşabilmesi için yapay sinir hücrelerinin katmanlar dahilinde paralel olarak bir araya gelmesi gerekir (Şekil 1).

Bu katmanlar genel olarak şu şekilde tanımlanır:

1. Girdi katmanı: Bilginin işlenmediği, sadece gelen bilgilerin ağa iletiildiği katmandır.
2. Ara (gizli) katman: Girdi katmanından gelen bilgilerin işlendiği ve çıkış katmanına gönderildiği katmandır. Bir ağda birden fazla ara katman olabilir.
3. Çıktı katmanı: Ara katmandan gelen bilgiyi işleyerek dış dünyaya gönderen katmandır.

Yapay sinir ağlarında bilgi, ağın bağlantılarının değerleri ile ölçülmekte ve bağlantılarda saklanmaktadır. Bilgiler ağın üzerinde saklı olup ortaya çıkartılması ve yorumlanması zordur. Yapay sinir ağlarının olayları öğrenebilmesi için, o olay ile ilgili örneklerin belirlenmesi gerekmektedir. Örnekleri kullanarak ilgili olay hakkında genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulurlar. Örnek bulunamıyorsa yapay sinir ağının eğitilmesi mümkün değildir.



Şekil 1. YSA örneği.  
Figure 1.

Örnekler ise gerçekleşmiş olan olaylardır. Elde edilen örneklerin olayı tamamı ile gösterebilmesi çok önemlidir. Ağa olay bütün yönleri ile gösterilemez ve ilgili örnekler sunulmaz ise başarılı sonuçlar elde edilemez. Bu ağın sorunlu olduğundan değil olayın ağa iyi gösterilemediğindendir. O nedenle örneklerin oluşturulması ve toplanması yapay sinir ağı biliminde özel bir öneme sahiptir (Öztemel, 2003).

Yapay sinir ağlarının eğitilmesi demek, mevcut örneklerin tek tek ağa gösterilmesi ve ağın kendi mekanizmalarını çalıştırarak örnekteki olaylar arasındaki ilişkileri belirlemesi demektir. Her ağı eğitmek için elde bulunan örnekler iki ayrı sete bölünürler. Birincisi ağı eğitmek için (eğitim seti) diğeri ise ağın performansını sınamak için (test seti) kullanılır. Her ağ önce eğitim seti ile eğitilir. Ağ bütün örnekler doğru cevaplar vermeye başlayınca eğitim işi tamamlanmış kabul edilir. Daha sonra ağın hiç görmediği test setindeki örnekler ağa gösterilerek ağın verdiği cevaplara bakılır. Eğer ağ hiç görmediği örnekler kabul edilebilir bir doğrulukta cevap veriyor ise o zaman ağın performansı iyi kabul edilir ve ağ kullanıma alınarak gerekirse çevrimiçi kullanılır. Eğer ağın performansı yetersiz olursa o zaman yeniden eğitmek veya yeni örnekler ile eğitmek gibi bir çözüme

gidilir. Bu işlem ağın performansı kabul edilebilir bir düzeye gelinceye kadar devam eder. Ağlar kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak görmediği örnekler hakkında bilgiler üretebilirler (Öztemel, 2003).

Literatürde çalışmamıza en yakın örnek Adeli ve Karim (1997) tarafından yapılan uygulamadır. Adeli ve Karim, inşaat projelerinin programlanması için genel bir matematik formülasyon sunarak bunu otoyol projelerine uygulamışlardır. Burada, tekrarlanan ve tekrarlanmayan faaliyetler, iş süreklilik kararları, çoklu-ekip stratejileri ve değişik iş koşullarının performans üzerindeki etkisi modellenmiştir. Doğrudan proje maliyetini minimize edecek bir optimizasyon formülasyonu sunulmuş, bu nonlineer karakterli optimizasyon problemi Adeli ve Park'a ait nöral dinamik model ile çözülmüştür (Adeli ve Karim, 1997).

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, bir inşaat projesine ait kaynak miktarlarının yapay sinir ağı ile tahmin edilmesi amacıyla yönelik olarak, betonarme taşıyıcı sistemli çok katlı toplu konut projeleri ve metrajlarından yararlanılmıştır. Her projenin analizi, Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri (BFA) esas alınarak yapılmış;

elde edilen veri seti çok katmanlı, geri beslemeli, danışmanlı öğrenme özelliklerinde yapılandırılan YSA'ya veri olarak girilmiştir.

Yapılan öğretim ve test etme işlemlerinin ardından başka projelere ait verilerin ağı girilmesi ile bu projelere ait kaynak tahminleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yeni projelerde kaynak tahmini için oluşturulacak yapay sinir ağının ve elde edilecek verilerinin kullanılabilirliği konusu değerlendirilmiş; sağlanan sonuçlara göre, kaynak değerlerinin doğruya yakınlığı ve bu yöntemin kullanımı ile sağlanabilecek maliyet ve zaman tasarrufu yorumlanmıştır.

## UYGULAMA VE BULGULAR

Basitleştirilmiş bir örneği Şekil 2'de verilen ağ mimarisindeki  $x_1, x_2, \dots, x_n$  girdileri yerine, söz konusu hesaplamalara esas teşkil eden yapıların projelerinden hesaplanan tip kat alanları, yapı yükseklikleri ve toplam daire sayısı değerleri kullanılmış, çıktılar için de (Zi) maliyet değerleri girilmiştir.

Çalışmada kullanılan veri seti Tablo 1. de görülmektedir. 7 adet projeye ait bina yüksekliği, kat sayısı ve toplam daire sayısı ve kat alanı değerlerine karşılık, beton, kalıp, demir ve düz işçi miktarları, birim fiyat analizi yöntemiyle hesaplanarak tabloda yerini almıştır.

Bir yapay sinir ağının performansı daha önce hiç görmediği örneklere ürettiği sonuçların doğruluğu ile belirlenir. Bunun için ağı eğitmek üzere toplanan örneklerden bir kısmı test için ayrılır. Bazı durumlarda ağ eğitim sırasında verilen tüm örneklere doğru cevap üretse dahi test setindeki örneklere doğru cevap veremeyebilir. Performans ölçüsü olarak Eş. 2 kullanılabilir.

$$Performans = \frac{T}{T_t} \times 100 \quad (2)$$

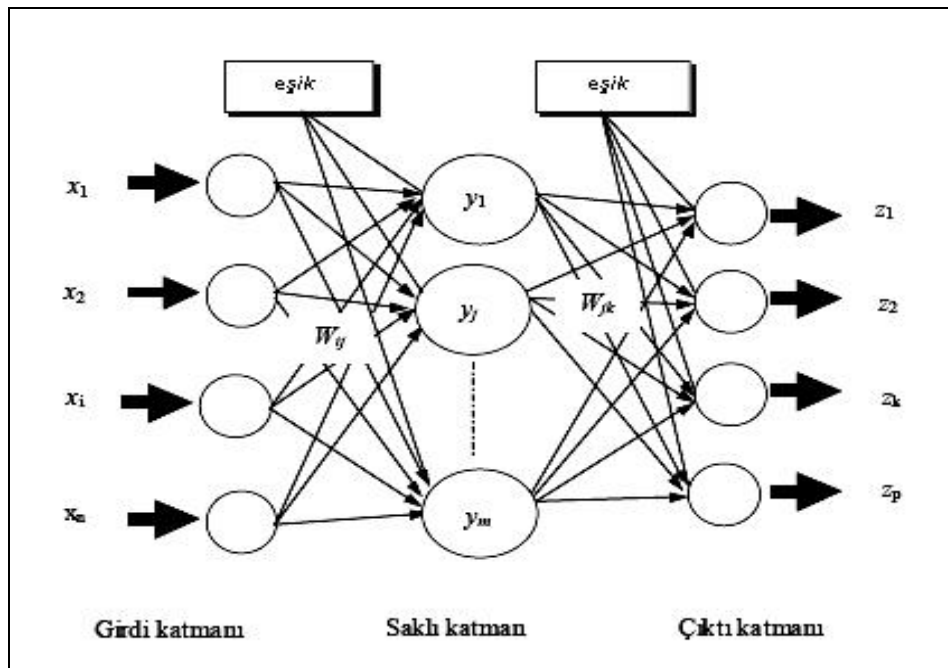
Eş. 2'de  $T$ , test setinde doğru cevaplandırılan örnek sayısı,  $T_t$  ise test setine bulunan toplam örnek sayısı gösterir [1].

3 ve 7 isimli projelere ait veriler kontrol amacı ile girdi setinden çıkarılmış ve kalan 5 projeye ait girdi verileri aşağıda özellikleri belirtilen yapay sinir ağına gösterilmiştir.

Öğrenme katsayısı	0.7,
Momentum katsayısı	0.6,
Ağ yapısı	3x5x1,
Durdurma kriteri	Hata 0,01

değerine ulaştığında.

Ağ, 2 dakika 2 sn. de 168.000 iterasyon ile öğrenme işlemini tamamlamıştır. Test için seçilen iki projeye ait verilerin ağı gösterilmesi sonucunda, Tablo 2'deki değerler elde edilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan ağ mimarisi.

Figure 2.

Tablo 1. Kullanılan veri seti.

Table 1.

Proje No	Bina yüksekliği (m)	Kat sayısı (ad)	Toplam daire sayısı (ad)	Kat alanı (m <sup>2</sup> )	Malzeme			İşçilik
					m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	ton	sa
					Beton	Kalıp	Demir	Düz İşçi
1	33,30	11	44	574,52	2.758,07	2.185,73	350,26	99.738,90
2	33,20	11	44	568,20	2.700,98	2.204,30	349,76	99.658,67
3	42,00	15	30	302,47	2.047,53	302,68	253,25	99.591,89
4	42,00	15	30	298,00	2.033,91	300,92	255,77	99.603,50
5	30,80	11	22	294,44	2.515,55	253,27	284,06	83.033,57
6	36,40	12	48	574,19	2.953,55	465,92	335,91	88.804,18
7	36,60	12	48	579,00	2.967,00	478,84	345,03	88.905,00

Tablo 2. Ağın test edilmesi sonucu elde edilen değerler.

Table 2.

Proje	B.F. Analizi Sonuçları				Ağın Tahmin Sonuçları				Hata %			
	Beton	Kalıp	Demir	Düz İşçi	Beton	Kalıp	Demir	Düz İşçi	Beton	Kalıp	Demir	Düz İşçi
3	2,047.53	302.68	253.25	99,591.89	2,033.50	303.82	255.85	99,620.00	0.6849	0.3770	1.0274	0.0282
7	2,967.00	478.84	345.03	88,905.00	2,953.77	467.06	335.95	88,823.02	0.4460	2.4602	2.6326	0.0922

Tahmin performansı değerlendirildiğinde, veri olarak kullanılan proje sayısı oldukça az olmasına rağmen, ağın daha önce hiç görmediği projeler için kaynak tahminini en fazla % 2 hata ile gerçekleştirdiği görülmektedir. Bir başka deyişle tahminde başarı oranı en az % 98'dir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir YSA'na girdi olacak verilerin miktarının artırılması (örnekleme uzayının genişletilmesinin), sonucun doğruya daha çok yaklaşmasında birincil derecede etkili olacağı tartışılmazdır. Fakat, benzer nitelikteki çok sayıda proje ile ilgili verilerin sağlanıp ön hesaplamaların yapılması, harmonize edilmesi ve ağa gösterilecek normlara getirilmesi, bu yöntemin uygulanmasında en çok vakit ve enerji alan konu niteliğindedir.

Bu aşamanın sağlıklı bir şekilde tamamlanmasının ardından farklı ağ mimarileri geliştirilerek en verimli olanın belirlenmesi ve kullanım kararının verilmesi konusu ise hesaplamacıların bilgi birikimi ve deneyimi ile orantılı bir başarı sağlayacaktır.

YSA yöntemi ile elde edilen sonuçların tek ve mutlak çözüm değil, iyi çözümlerden biri olduğu unutulmadan bu yöntemin diğer tahmin yöntemleri ile birlikte kullanılmasının (hibrit yaklaşımlar), nihai tahminlere ulaşmada daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

Ülkemiz inşaat sektörünün içinde bulunduğu yoğun rekabet ortamı ve belirsiz ekonomik koşullar, gerek yatırımcı gerekse yüklenici açısından planlı hareket etme gerçeğini öne çıkardığından, bu çalışmada ele alınan yapay sinir ağı yaklaşımı etkin bir

planlama aracı olarak kullanılabilir alternatifler arasında yerini almaktadır.

Bu yaklaşımın kullanılması ile kısa süre içinde bütçelendirilmesi gereken projelerde yada yakın tarihli ihalelerde, gerekli ön

verilerin sağlanmış ve işlenmiş olması kaydıyla, çok daha az hesaplama ve işlem süresi ile gerçeğe yakın kaynak tahmini yapılması mümkündür.

## KAYNAKLAR

- Adeli H., Karim A., 2001, Construction Scheduling, Cost Optimization And Management, Spon Pres, London, 7-12.
- Baykan U. N., 2007, İnşaat Projelerinde Kaynak İhtiyacının Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı İle Tahmini", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, 27-86.
- Kanıt, R., "Kaynakların kısıtlı olduğu koşullarda bir inşaat projesinin sezgisel yöntemle planlanması", *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, 6 (3): 585-596 (2003).
- Kutlu, N. T., 2001, Proje planlama teknikleri ve pert tekniğinin inşaat sektöründe uygulanması üzerine bir çalışma, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3 (2): 164-207.
- Öztemel, E., 2003, Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 13-57.
- Sarıcı, Ö., 1994, Yapım yönetiminde kaynak planlama yaklaşımları ve bilgisayar destekli çoklu proje programlama, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 12-37.