

TOPLU KONUT İNŞAAT MALİYETLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

Yusuf DEMİREL

Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Makalenin Geliş Tarihi:

ÖZET: Bu çalışmada, Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKONUT) tarafından yaptırılan konutların maliyetlerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla betonarme taşıyıcı sisteme haiz ve benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin inşaat maliyetleri hesaplanmış ve mevcut verilerden yararlanılarak oluşturulan çok katmanlı, geri beslemeli, danışmanlı öğrenme özelliklerinde yapılandırılan YSA'ya veri olarak girilmiştir. Bu yapıların projelerinden hesaplanan; tip kat alanları, yapı yükseklikleri ve toplam dış cephe alanları, ağ mimarisinde ana değerlendirme kriterleri olarak alınmıştır. Ağa hesaplatılan maliyet tahminleri, Birim Fiyat Yöntemi (BFY) ve Regresyon Analizi ile yapılan maliyet hesaplamaları ile karşılaştırılmış ve uygulanan YSA yönteminin sağladığı performans değerlendirilmiştir. Oluşturulan YSA'dan sağlanan veriler, Regresyon Analizi verilerine göre BFY ile bulunan maliyetlere daha yakın ve uygulanabilir sonuçlar sağlamıştır. Bu alandaki çalışmalarda hibrit yöntemlerin kullanılmasının daha verimli tahminler için avantaj sağlayacağı ve farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yapı Maliyeti, Yapay Sinir Ağı (YSA), Birim Fiyat Yöntemi (BFY), Regresyon Analizi.

Forecasting Construction Costs of Multiple Reinforcement Concrete Residential Buildings With Artificial Neural Networks

ABSTRACT: In this paper, for forecasting costs of multiplet reinforced concrete residential buildings, which have been built by Association of Turkish Residential Building Cooperatives (TÜRKONUT), with Artificial Neural Networks (ANN); cost of construction of this kind of buildings has been calculated and used as data for an ANN. This network has a multi layer and back propagation structure with adviser to learn. Normal flat areas, building elevations and total areas of outer surfaces were assumed as mean criteria of the cost of each apartment. Result cost values which are calculated with ANN, has been checked with the Unit Price and Regression Analysis methods and evaluated the performance of ANN. It is comprehensible that the results of ANN are nearer than the results of Regression Analysis to the real costs of these buildings. Using hybrid methods for solving this kind of problems will be useful than using only one method. Studying with similar methods for calculating different kind of buildings costs, will create positive developments.

Key words: Cost of Buildings, Artificial Neural Networks (ANN), Unit Price, Regression Analysis.

GİRİŞ

Bir binanın, bir yapının yada komplike bir projenin maliyeti büyük değerlerle ifade edilir. Yatırım kaynaklarının kısıtlı ve

teorik olarak insan ihtiyaçlarının da sonsuz olduğu göz önüne alındığında, maliyetlerin çok titiz çalışmalarla belirlenmesi, programlanması ve kontrol edilmesi gerekir (Kanıt, 2003).

Günümüzde yapı sektöründe kaynaklarının kısıtlı olması, beraberinde yapı üretim sürecini de sınırlayarak, kaynaklardan rasyonel bir şekilde yararlanma zorunluluğunu getirmiştir. Bu ise, özellikle yapı üretim sürecinin yapım evresinde, maliyet tahmini ile maliyetin planlanmasına ve denetimine yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmaların önemini artırmıştır. Yapı maliyeti tahmini, bir yapının gerçek maliyetinin belirli koşullar altında kısa dönem tahmini olarak tanımlanabilir (Akınbingöl ve Gültekin, 2005).

Yapay Sinir Ağları (YSA), beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanır. 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 içerir.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

YSA ile "Zemin-yapı dinamik etkileşimi" isimli çalışmalarında Pala vd., 2003; YSA modellerinin, algoritmik olmayan, paralel ve yayılı bilgi işleme yetenekleri ile klasik modellerden farklı olduğunu, farklı olan bu özellikleri sayesinde YSA'nın, karmaşık ve doğrusal olmayan hesapları kolaylıkla ve hızlı bir şekilde yapabileceğini belirtmişlerdir. Algoritmik olmayan ve çok yoğun paralel işlem yapabilen YSA'nın, ayrıca

öğrenebilme kabiliyeti ve paralel dağıtılmış hafıza ile de hesaplamada yeni bakış açılarına sebep olduğunu ifade etmişlerdir.

YSA ile "Eksenel yüklü kolonların burkulma analizi" adlı çalışmalarında Ülker ve Civalek, 2002; mühendislik sistemlerinin analizinin, genel anlamda iki evreyi içerdiğini, bunların; mevcut bir fiziksel sistemin matematik modelinin kurulması ve elde edilen matematik denklemin analitik olarak veya çeşitli yaklaşık sayısal yöntemler kullanılarak çözülmesi olduğunu ifade etmişlerdir. Bilgisayar tekniğindeki yeniliklerin sayısal analiz metotlarında büyük bir gelişmeye neden olduğunu belirten yazarlar, bilgisayar tekniğindeki gelişmelerin farklı analiz tekniklerinin ortaya çıkmasını sağladığını, bunlardan birinin de insan beyninin çalışma biçimini model edinen yapay zeka uygulamaları olduğunu vurgulamışlardır.

Ripley, vd., 1993'nin "Statistical aspects of neural networks, in networks and chaos-statistical and probabilistic aspects" ve Warren, 1994'ün "Neural networks and statistical models" adlı çalışmalarında; YSA'larının son yıllarda hem teorik ve hem de pratik uygulamalar bakımından geliştiği ve kendisine olan ilgiyi daha da arttırdığı vurgulanarak YSA modelleri ile istatistik modellerin benzerliğini (bazılarının ise aynı olduğunu) göstermişlerdir..

Wang, 1999'ün "An adaptive approach to market development forecasting" ve Yasdi, 1999'nin "Prediction of road traffic using a neural network approach" isimli makalelerinde YSA modelleri ile istatistik modellerin benzer olmasının tesadüf olmadığını, bu iki alanın sıkı ilişkili olduğunu göstermişlerdir. YSA ve istatistik metotların karşılaştırılması bu modellerden birinin, uygun olan bir diğerinin geliştirilmesinde önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Bir çok pratik problemlerde, her iki sınıf yöntemlerin kullanılarak hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması daha iyi çözümün bulunması için bir araç olduğunu ifade etmişlerdir.

Zhang, 2003, "Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network

model” adlı makalesinde hibrid (melez) yöntemlerin kullanılmasının (yani, istatistik ve YSA metotlarının birlikte kullanımının) daha çok yararlı olduğunu, bu bakımdan bu iki alanın karşılıklı incelenmesinin ve uygulanmasının önemli konulardan biri olduğunu ve ileri araştırmalar gerektirdiğini ifade etmiştir.

“Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks and case-based reasoning” adlı çalışmalarında Kim vd., 2004; 530 eski maliyet verisinin yardımı ile Çoklu Regresyon Analizi, YSA ve Vaka Tabanlı Sebeplendirme adlı üç yöntemin performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda YSA esaslı yöntem, diğer iki maliyet değerlendirme yöntemine göre daha kusursuz sonuçlar vermiştir.

“An artificial neural network approach to assess project cost and time risks at the front of projects” adlı yüksek lisans tezinde Liu, 1998; projelerin önünde bulunan maliyet ve zamansal risklerin değerlendirilmesi konusunda YSA esaslı bir araştırma yapmış ve sonuçlar, petrol ve gaz endüstrisindeki projelerde eski basit projelerden öğrenme yaparak genel temayı betimleyebilecek bir YSA oluşturmanın mümkün olabileceğini göstermiştir. Liu, YSA esaslı uygulamaların çoklu regresyon yöntemine göre daha üstün sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

“Neural network based cost estimating” adlı yüksek lisans tezinde Siqueira, 1999; ses yalıtımlı prefabrikte çelik binaların maliyet değerlemesi için, bir YSA esaslı maliyet değerlendirme yöntemi sunmuştur. Geliştirilen YSA'nın, projeye ait parametreleri modellemede proje direkt maliyetleri ile birleşik bir yapıda olmasına çalışılmıştır. Kanada'daki 75 çelik yapı projesinin verilerinin kullanıldığı çalışma sonuçları; eğitilen proje parametreleri dahilinde kullanılması halinde, önerilen YSA modelinin Regresyon Yönteminin ötesinde sonuçlar verebileceğini göstermiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, yapı maliyetlerinin Yapay Sinir Ağları ile tahmin edilmesi amacıyla yönelik olarak; Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT)'tan sağlanan betonarme taşıyıcı sisteme haiz ve benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin çizimleri ve metrajlarından istifade edilmiştir. Her projenin inşaat maliyeti, Bayındırlık Bakanlığı 2005 Yılı Birim Fiyat Rayiçleri esas alınarak hesaplanmış; tip kat alanları, yapı yükseklikleri ve toplam dış cephe alanları değerleri ile birlikte, oluşturulan çok katmanlı, geri beslemeli, danışmanlı öğrenme özelliklerinde yapılandırılan Yapay Sinir Ağı'na veri olarak girilmiştir.

Yapılan öğretim ve test etme işlemlerinin ardından başka projelere ait verilerin ağa girilmesi ile bu projelere ait maliyet tahminleri yapılmıştır. Bu tahminler, Birim Fiyat Yöntemi ve Regresyon Analizi yöntemleriyle yapılan maliyet hesaplamaları ile karşılaştırılmış ve uygulanan YSA yönteminin sağladığı performans değerlendirilmiştir.

Metrajların kullanımı ile maliyetlerin hesaplanmasında MS Excel ve Oskas Gold yazımlarından; ağın oluşturulmasında da Neural Power yazılımından yararlanılmıştır. Regresyon analizleri için SPSS programı kullanılmıştır.

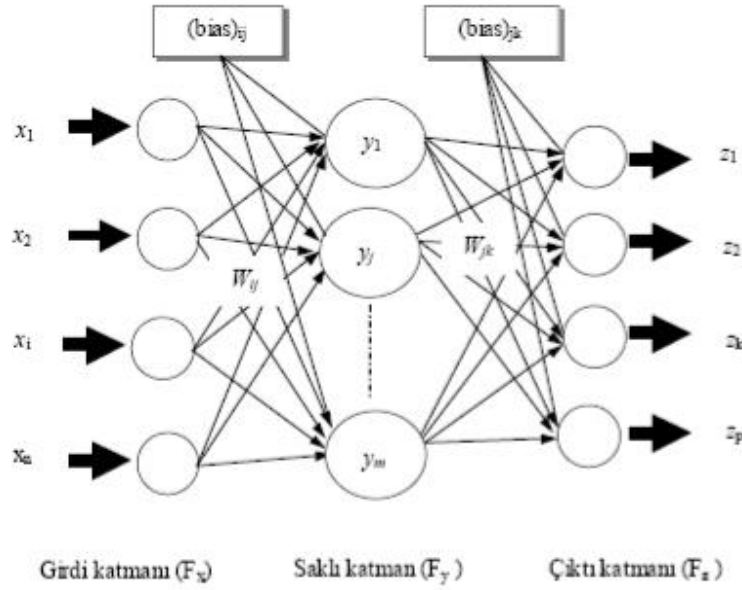
Elde edilen sonuçlara göre, yeni projelerde maliyet tahmini için oluşturulacak Yapay Sinir Ağı'nın ve elde edilecek verilerinin kullanılabilirliği konusu değerlendirilmiş, bu konuda sağlanan sonuçlara göre, maliyet değerlerinin doğruya yakınlığı, diğer yöntemlerle olan performans karşılaştırmaları ve bu yöntemin kullanımı ile sağlanabilecek maliyet ve zaman tasarrufu yorumlanmıştır.

UYGULAMA VE BULGULAR

Basitleştirilmiş bir örneği Şekil 1'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 dış cephe alanları değerleri kullanılmış, çıktılar için de (Z_i) maliyet değerleri girilmiştir (Çizelge 1).



Şekil 1. Tek saklı katmana sahip geri-yayımla ağ mimarisi.

Figure 1.

Çizelge 1. Ağa veri olarak girilen değerler.

Table 1.

Blok adı	Son kat tavan yüksekliği (m)	Tip kat alanı (m ²)	Cephe alanı (m ²)	MALİYET (YTL)
B/B2	2.59	4.63	2.24	8.56
C1/C2	3.30	6.01	3.24	13.81
Yeni D	1.67	3.38	1.30	4.45
Yeni F/F1	1.15	2.19	0.69	4.68
E1	1.12	3.95	0.89	3.88
Yeni F/F	1.12	1.81	0.54	4.17
K6	1.12	5.91	1.10	6.11
K2	1.12	5.03	1.04	5.33
D	1.12	3.17	0.75	3.28
C	3.66	5.46	3.42	17.66

DG	1.12	3.28	0.82	3.46
FG	1.12	1.97	0.60	4.08
C/C1	1.67	5.46	1.57	7.64

C/C1 isimli bloğa ait veriler kontrol amacı ile matristen çıkarılmış ve kalan 13 bloğa ait girdi verileri (tip kat alanı, son kat tavan yüksekliği ve cephe alanı sütunları) yukarıda özellikleri belirtilen yapay sinir ağına girilmiş, % 1 hata payı ile öğrenme yapması doğrultusunda çıkış değerleri de (maliyet sütunu) verilerek danışmanlı öğretim işlemi yapılmıştır. Transfer fonksiyonu olarak Sigmoid Fonksiyonu kullanılmıştır.

Kullanılan YSA konfigürasyonu ile ilgili veriler aşağıda sunulmuştur.

Öğrenme katsayısı	0.7
Momentum katsayısı	0.6
İterasyon sayısı	130.000
Ağ yapısı	3x5x1

Yaklaşık 130000 iterasyonu 1:54 dakika zarfında yapan ağ, öğrenme işlemi tamamlamıştır. Kontrol için ayrılan K6 bloğuna ait veriler sisteme girilerek ağın maliyet tahmini yapması sağlanmıştır. Gerçek maliyet değeri olan (Bayındırlık Bakanlığı 2005 yılı Birim Fiyatlarıyla hesaplanmış olan) 610778 YTL değerine karşılık ağın hesapladığı tahmini maliyet değeri 639048 YTL olmuştur. Başka bir ifade ile ağ, % 95.5762 doğruluk ile maliyet tahmininde bulunmuştur.

Söz konusu YSA yönteminin sonuçlarının test edilmesi amacı ile aynı verilere uygulanan Regresyon Analizine ait SPSS programı çıktıları aşağıdaki gibi olmuştur;

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	VAR00003, VAR00001 ^a , VAR00002	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: VAR00005

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.967 ^a	.935	.911	136129.294

a. Predictors: (Constant), VAR00003, VAR00001, VAR00002

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2E+012	3	7.155E+011	38.609	.000 ^a
	Residual	1E+011	8	1.853E+010		
	Total	2E+012	11			

a. Predictors: (Constant), VAR00003, VAR00001, VAR00002

b. Dependent Variable: VAR00005

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	469095.7	793860.2		.591	.571
	VAR00001	-1056.034	1628.860	-.337	-.648	.535
	VAR00002	-41264.2	100732.4	-.840	-.410	.693
	VAR00003	931.226	1096.495	2.062	.849	.420

a. Dependent Variable: VAR00005

Bu verilerin kullanılması ile Regresyon Denklemi;

$$y = -1056x_1 - 41264x_2 + 931x_3 + 469095$$

şeklinde oluşturulmuş; denklem hesabında kullanılmayan K6 adlı bloğa ait değerler denklemdeki x_i ifadelerinde yerine konulmuş ve gerçek maliyet değeri olan 610778 YTL değerine karşılık bu denklemle hesaplanan tahmini maliyet değeri 407157 YTL olarak bulunmuştur. Buradaki doğruluk ise % 66.662 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak YSA ile Regresyon Analizi'ne göre çok daha az hata ile maliyet tahmini yapılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan davranışlarının modellenmesi fikri üzerine kurulu olan yapay zeka bilimi, bilgisayar programlarına olaylar hakkında bilgi toplama, olaylar arasındaki ilişkileri öğrenebilme ve karar verebilme yeteneği kazandırmıştır. Çözümü aranan problemlerin matematik modeli olmasa dahi, bilgisayar programları tarafından

sezgisel yaklaşımlar kullanılarak bu problemlere çözüm getirilebilmektedir (Baykan, 2007).

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

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

Bu yaklaşımın kullanılması ile çok sayıda ve benzer tipte projelerin esas alındığı toplu konut inşaatı çalışmalarında, 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 maliyet tahmini yapılması mümkün bulunmaktadır.

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.

YSA simülasyon yazılımlarının sayılarının artması, lisans ücretlerinin yüksek miktarlarda olmaması, veri sayısı çok olmayan ve kompleksliği fazla olmayan hallerde kişisel bilgisayarlarla kolaylıkla ve

hızla işlem yapılabilme imkanı bulunması, bu yöntemin kullanılmasında olumlu hususlar olup daha kompleks problemlerin çözümünde, donanımların güçlendirilmesi ve daha spesifik amaçlı yazılımların kullanılmasında gerekebilecektir. Böyle bir noktada, farklı seçenekler için yapılacak maliyet hesapları ile çözüm yolu ve araçlarının maliyet optimizasyonu sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- Akınbingöl, M., Gültekin, A. T., 2005, Bina Üretimi Yapım Evresinde Maliyet Planlama ve Denetimine Yönelik Bir Maliyet Yönetim Modeli Önerisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 20, No 4, s.499-505.
- Baykan, U. N., 2007, Yapay Sinir Ağları Yaklaşımıyla İnşaat Projelerinde Kaynak Gereksiniminin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s.3-4.
- Kanıt, R., 2005, İnşaat Sektöründe İş Almanın Yönetimi, Gazi Kitabevi, Ankara.s.15-27.
- Kim, G. H., An, S. H., Kang, K. I., 2004, Comparison Of Construction Cost Estimating Models Based On Regression Analysis, Neural Networks And Case-Based Reasoning, Building and Environment.
- Liu, X., 1998, An Artificial Neural Network Approach To Assess Project Cost And Time Risks At The Front Of Projects, yüksek lisans tezi, The University of Calgary, Department of Civil Engineering.
- Pala, M., Çağlar, N., Elmas, M., 2003, Yapay Sinir Ağları İle Zemin-Yapı Dinamik Etkileşimi, International XII. Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks – TAINN.
- Ripley, B. D., Barndoff-Nielsen, O. E., Jensen J. L., Kendall, W. S., 1993, Statistical Aspects of Neural Networks, In Networks and Chaos-Statistical and Probabilistic Aspects, eds O.E. Barndoff – Nielsen, J.L. Jensen & W.S. Kendall, s.105-126.
- Siqueira, I., 1999, Neural Network Based Cost Estimating, yüksek lisans tezi, Concordia University, The Department of Building, Civil and Environmental Engineering.
- Ülker M., Civallek, Ö., 2002, Yapay Sinir Ağları İle Eksenel Yüklü Kolonların Burkulma Analizi, Turkish J. Eng. Env. Sci. 26 s.117-125.
- Warren, S. S., 1994, Neural Networks and Statistical Models, Proceedings of the Nineteenth Annual SAS Users Group Int. Conf.
- Wang, S., 1999, An Adaptive Approach to Market Development Forecasting, Neural Comput & Applic, No:8, s.3-8.
- Yasdi, R., 1999, Prediction of Road Traffic using a Neural Network Approach, Neural Comput & Applic, No:8, s.135 – 142.
- Zhang, G. P., 2003, Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model, Neurocomputing, No:50, s.159-175.

