

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CAM ELYAF KATKILI CEPHE KAPLAMA ELEMANLARINA YÖNELİK
TEKLİF FİYATI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARININ (YSA)
KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yavuz BAHADIR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CAM ELYAF KATKILI CEPHE KAPLAMA ELEMANLARINA YÖNELİK
TEKLİF FİYATI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARININ (YSA)
KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Yavuz BAHADIR
(501101170)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

Tez Danışmanı: Öğr.Gör.Dr. Feyzi HAZNEDAROĞLU

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101170 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Yavuz BAHADIR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**CAM ELYAF KATKILI CEPHE KAPLAMA ELEMANLARINA YÖNELİK TEKLİF FİYATI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARININ (YSA) KULLANILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Öğr. Gör. Dr. Feyzi HAZNEDAROĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Öğr. Gör. Dr. Murat KURUOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Latif Onur UĞUR
Düzce Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **03 Haziran 2013**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışması sürecinde desteğini, bilgisini ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Sayın Feyzi Haznedaroğlu'na, verdikleri eğitimle yüksek lisans tezimi yapmamda büyük katkı sağlayan Yapı İşletmesi Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve İnş. Yük. Müh. Sayın Burhan Kaplan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda büyük desteklerini gördüğüm, çalışma için gerekli verileri edinmede benimle tüm dökümanları paylaşan, tecrübelerini aktararak çalışmaya yön veren firma genel müdürüme ve çalışma sırasında emeği geçen adını anamadığım herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tezimin başlangıcından bitişine dek geçen sürede sabrına sığındığım, büyük destek ve yardımlarını gördüğüm annem Behice Bahadır'a ve aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Haziran 2013

Yavuz Bahadır
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Sektör Tanıtımı.....	2
1.3 Literatür Araştırması	3
2. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA).....	9
2.1 Yapay Sinir Ağlarının Genel Tanımı	9
2.2 Yapay Sinir Ağlarının Avantajları	10
2.2.1 Doğrusal olmama	10
2.2.2 Öğrenme	10
2.2.3 Genelleştirme	11
2.2.4 Uyarlanabilirlik	11
2.2.5 Hata toleransı	11
2.2.6 Eksik bilgi ile çalışabilme	11
2.2.7 Analiz ve tasarım kolaylığı	11
2.3 Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları	12
2.4 Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi	12
2.5 Yapay Sinir Hücreleri (YSH) ile Biyolojik Sinir Hücrelerinin Benzerlikleri ..	14
2.6 Yapay Sinir Ağları Türleri	17
2.6.1 Tiplerine göre YSA	17
2.6.1.1 İleri beslemeli ağlar.....	17
2.6.1.2 Geri beslemeli ağlar	18
2.6.2 Öğrenme yöntemlerine göre YSA.....	19
2.6.2.1 Öğretmenli (danışmanlı) öğrenme	19
2.6.2.2 Öğretmensiz (danışmansız) öğrenme	20
2.6.2.3 Destekleyici öğrenme.....	20
2.6.2.4 Katman sayılarına göre YSA	21
2.6.2.5 Tek katmanlı algılayıcı (TKA).....	21
2.6.2.6 Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA)	23
2.7 Çok Katmanlı Algılayıcıların Model Yapıları ve Bileşenleri	24
2.7.1 Birleştirme (toplama) fonksiyonu	26
2.7.2 Transfer (aktivasyon) fonksiyonu	26
2.7.3 Veri normalizasyonu (ölçeklendirilmesi).....	28
2.7.4 Ağ performanslarının değerlendirilme kriterleri	29

3. YSA ANALİZİNDE KULLANILACAK VERİLERİN ANALİZİ VE SİSTEM ARAŞTIRMASI	31
3.1 Veri Toplamada İzlenen Yöntem	31
3.1.1 Örnek Firmanın Faaliyet Alanı ve İş Üstlenme Biçimi.....	31
3.1.2 Ürün gamı.....	32
3.1.3 Üretim süreci	35
3.1.4 Teklif süreci.....	36
3.2 YSA Analizinde Girdi Olarak Kullanılabilecek Parametrelerin Araştırılması	38
3.3 YSA Analizinde Kullanılacak Programın Araştırılması	41
4. ÖRNEK FİRMA İÇİN TEKLİF FİYATI TAHMİNİNDE YSA MODELLEMESİNİN KULLANILMASI	43
4.1 YSA Analizinde Kullanılan Girdi ve Çıktı Veri Setinin Belirlenmesi.....	43
4.2 Girdi Ağırlıklarının HesaplanmasındaMS Excel Çözücü Kullanımı	45
4.3 Analiz için Oluşturulan YSA Model Yapıları	48
4.4 YSA Model Performanslarının Değerlendirilmesi	48
4.5 Regresyon Analizi (RA) ile Teklif Fiyatı Tahmini Yapılması	50
4.6 YSAveRA Yöntemleriyle Gerçekleştirilen Teklif Fiyatı Tahminlerinin Karşılaştırılması.....	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR.....	59
EKLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	91

KISALTMALAR

ANN	: Artificial Neural Networks
ÇKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı
HKO	: Hata Kareleri Ortalaması
HKOK	: Hata Kareleri Ortalaması Karekökü
HKT	: Hata Kareleri Toplamı
İBGYYSA	: İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error
OMH	: Ortalama Mutlak Hata
OMYH	: Ortalama Mutlak Yüzde Hata
RA	: Regresyon Analizi
RMSE	: Root Mean Square Error
TKA	: Tek Katmanlı Algılayıcı
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YSH	:Yapay Sinir Hücreleri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresi ilişkisi.	16
Çizelge 2.2	: Bazı birleştirme fonksiyonları.	26
Çizelge 2.3	: Bazı aktivasyon fonksiyonları.	27
Çizelge 2.4	: Normalizasyon işlemi fonksiyonları.	28
Çizelge 3.1	: Kaplama elemanlarının oluşturduğu ürün gamı ve örnek resimleri. ..	33
Çizelge 4.1	: YSA analizinde kullanılan girdi ve çıktı parametreleri.	44
Çizelge 4.2	: YSA modelleme sonuçları.	49
Çizelge 4.3	: Regresyon Analizi denklemi katsayıları.	51
Çizelge 4.4	: YSA ve RA yöntemleriyle hesaplanan tahmini teklif değerleri ve gerçekleşen değerlere göre hata oranları karşılaştırması.	52
Çizelge A.1	: Analiz için kullanılan veri seti.	64
Çizelge A.2	: [0, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.	68
Çizelge A.3	: [-1, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.	72
Çizelge B.1	: MS Excel Çözücü ile hesaplanan girdi karmanı ile gizli katman arasındaki ağırlık değerleri.	76
Çizelge B.2	: Gizli katman çıktıları.	77
Çizelge B.3	: MS Excel Çözücü ile hesaplanan gizli karman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlık değerleri.	80
Çizelge B.4	: Normalize edilmiş değerlere göre ağ çıktıları.	81
Çizelge B.5	: YSA'na göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler. ..	82
Çizelge C.1	: Regresyon istatistikleri.	86
Çizelge C.2	: ANOVA.	86
Çizelge C.3	: Regresyon Analizi sonuçları.	86
Çizelge C.4	: Regresyon Analizi'ne göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.	87

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Biyolojik nöron yapısı.....	15
Şekil 2.2 : YSA işlem elemanı (yapay sinir hücresi) yapısı.....	15
Şekil 2.3 : YSA'nın sınıflandırılması.....	17
Şekil 2.4 : İleri beslemeli ağ yapısı.....	18
Şekil 2.5 : Geri beslemeli ağ yapısı.....	18
Şekil 2.6 : İki girdi ve bir çıktıdan oluşan basit bir tek katmanlı YSA modeli.....	21
Şekil 2.7 : Ağırlıkların ve sınıf ayracı olan doğrunun geometrik gösterimi.....	22
Şekil 2.8 : Tek ara katmanlı ÇKA modeli.....	24
Şekil 3.1 : Tekif hazırlama aşamaları.....	37
Şekil 4.1 : MS Excel Çözücü ana ekranı.....	46
Şekil 4.2 : MS Excel Çözücü kısıtlama ekleme ekranı.....	47
Şekil 4.3 : MS Excel Çözücü seçenekler ekranı.....	47
Şekil 4.4 : YSA ile elde edilen tahmini teklif fiyatı değerlerinin gerçekleşen değerlerle karşılaştırılması.....	50
Şekil 4.5 : Gerçekleşen verilerle analiz verilerinin karşılaştırılması.....	54

SEMBOL LİSTESİ

W_{yeni}	: Yeni ağırlık değeri
W_{eski}	: Eski ağırlık değeri
ΔW	: Ağırlık değerindeki değişim miktarı
\mathcal{C}	: Çıktı parametresi
G_i	: i . girdi parametresi
W_i	: i . girdi ağırlığı
Φ	: Eşik değeri
$\Delta \Phi$: Eşik değerindeki değişim miktarı
x_i	: Normalize edilecek hücre değeri
x_i'	: x_i hücresinin normalize edilmiş değeri
$\min_{(x_i)}$: Normalize edilecek veri kümesindeki minimum değeri
$\max_{(x_i)}$: Normalize edilecek veri kümesindeki maksimum değeri
GT_i	: Gerçekleşen teklif fiyatı
T_i	: Tahmin edilen teklif fiyatı
N	: Veri kümesi büyüklüğü

CAM ELYAF KATKILI CEPHE KAPLAMA ELEMANLARINA YÖNELİK TEKLİF FİYATI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARININ (YSA) KULLANILMASI

ÖZET

İnşaat firmaları açısından teklif aşamasında doğru maliyet analizi, kar zarar analizi yapabilmek için çok önemlidir. Teklif stratejileri konusunda karar verici konumda bulunan kişiler birtakım yöntemlerden yararlanarak verecekleri kararların doğruluk oranını artırabilirler. Bu yöntemlerden biri de yapay zeka teknikleridir.

Yapay zeka teknikleri, günümüzde teknolojinin gelişimine paralel olarak birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Tahmin, sınıflandırma ve ilişki tanımlama kabiliyetleri ile mühendislik problemlerine çözüm üretebilen Yapay Sinir Ağlarında (YSA) önde gelen yapay zeka tekniklerinden biridir. Bu çalışmada da, cam elyaf katkıli cephe kaplama elemanı üreten bir firma için teklif fiyatı tahmininde kullanılan YSA, insan beynini örnek alarak öğrenme süreci geçiren ve bu süreçten elde ettiği deneyimleri kendi içerisinde test edip sonuç üreten bilgisayar tabanlı sistemlerdir.

Doğrusal olmayan problemleri modelleyebilmesi, paralel dağılmış yapısı, öğrenme ve genelleme yapma yeteneği, farklı problemler için uyarlanabilirliği, hata toleransına sahip olması, eksik bilgilerle çalışabilmesi, analiz ve tasarım kolaylığı YSA'nın en önemli avantajlarıdır. Diğer yandan, ağın oluşturulmasında izlenecek bir prosedürün olmaması ve kullanıcı tecrübesine dayalı olması, ağ davranışlarını açıklamanın mümkün olmaması ve "Kara Kutu" niteliğinin yapılması YSA'nın dezavantajları olarak görülmekte ve ağı olan güveni sarsmaktadır.

20. yüzyılın başında başlayan sinir ağları çalışmaları, 1970 yılına gelindiğinde mikroişlemcilerin geliştirilmesiyle beraber hızlanmaya başlamıştır. Birçok mühendislik alanında kullanılmaya başlayan ve YSA'nın temel işlem elemanı olan yapay sinir hücrelerinin insan beyninde yer alan biyolojik sinir hücreleri ile benzerlikleri bulunmaktadır. Yapay sinir hücrelerinde yer alan beş ana elemandan biri olan ağırlıklar sinapslara, birleşme fonksiyonları dendritlere, aktivasyon fonksiyonları somalara, çıktıları da aksonlara karşılık gelmektedir.

Girdiler, dış ortamlardan hücreye gelen bilgilerdir. Bu bilgiler ağın öğrenmesi için ağı gösterilen örneklerden oluşur. Ağırlıklar hücreler arasındaki bağlantıların sayısal değeridir. Bir hücreye gelen bilginin değerini ve hücre üzerindeki etkisini gösterirler. Birleşme fonksiyonları, hücreye gelen net girdinin hesaplanmasını sağlayan fonksiyonlardır. En yaygın kullanılan birleşme fonksiyonu her girdi değerinin kendi ağırlığıyla çarpılarak toplanmasıdır. Aktivasyon fonksiyonu, hücreye gelen net girdinin işlenmesiyle hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirlemesini sağlar. Çıktılar, ara katmanlardan gelen bilgileri işleyerek dış dünyaya sonuç olarak gönderirler.

Yapay Sinir Ağları farklı kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Tiplerine göre ileri beslemeli ve geri beslemeli sinir ağları bulunmaktadır. Öğrenme yöntemlerine göre

değişik stratejilere sahip ağlar ileri sürülmüştür. Bu yöntemler öğretmenli, öğretmensiz ve destekleyici öğrenme olmak üzere üç sınıfta incelenmektedir. Katman sayılarına göre ise yapay sinir ağları Tek Katmanlı ve Çok Katmanlı Algılayıcılar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmada öğretmenli öğrenme algoritmasını kullanan çok katmanlı ve ileri beslemeli yapay sinir ağları yapısı tercih edilmiştir.

İleri beslemeli ağlar bilginin girdi katmanından çıktı katmanına doğru aktığı ve geri beslemenin olmadığı ağ modelidir. Bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklarıyla beraber giriş olarak verilmektedir. YSA girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi eğitim aşamasında öğrenmektedir. Eğitim sırasında sinir ağı, bir sayısal değer ortaya çıkarmaktadır. Öğretmenli öğrenme algoritmasında adeta bir öğretmen tahmini değerle gerçekleşmesi beklenen değeri kıyaslayarak sonucun kabul edilir olup olmadığına karar vermektedir.

Katman sayılarına göre Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları en basit ağ yapısı olmakla birlikte genellikle sınıflandırma problemlerinde kullanılırlar. Çok Katmanlı Algılayıcılar ise daha karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan, girdi katmanı, çıktı katmanı ve bu iki katman arasında bazen bir, bazen de iki ya da daha fazla katmandan oluşan ileri beslemeli bir yapıya sahip YSA çeşididir.

Bu çalışma kapsamında Çok Katmanlı Algılayıcı modeli kullanılmış ve tahmin edilmek istenen teklif fiyatı çıktı olarak belirlenmiştir. Tahmin modeline veri hazırlamak amacıyla, ön çalışma aşamasında, yapılan yüz yüze görüşmeler ve şirkette edinilen tecrübeler neticesinde şirket maliyetini oluşturan öğelerden bir maliyet havuzu oluşturulmuştur. Ayrıca teklif fiyatı üzerinde etkileri olabileceğinden, üretim ve teklif süreci araştırılarak çalışmada sunulmuş ve teklif dosyalarında her ürün için farklı birim fiyatların uygulandığı görülerek firmanın ürün gamı tanıtılmıştır.

YSA uygulamaları birçok yazılım altında gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, geliştirilen YSA modelinde girdi ağırlıklıklarının hesaplanmasında MS Excel Çözücü aracı kullanılmıştır. MS Excel Çözücü, temel olarak ağırlıkları değiştirerek hata oranının hesaplandığı hücrenin, belirlenen hata kriterleri dahilinde en küçük değerine ulaşmayı amaçlayan bir araçtır.

Tahmin modelinde 2011 yılını kapsayan 100 adet farklı işe ait proje verileri kullanılmıştır. Bu projelerden 80 adedi ile ağ eğitilmiş ve 20 adedi ile de test edilmiştir. Oluşturulan maliyet havuzundaki öğelerden kayıtlı verilerine ulaşılan metraj bilgileri, yapı yüksekliği, nakliye gideri ve m² malzeme maliyeti girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Ağ performansı değerlendirme kriterleri olarak Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) ve Hata Kareleri Ortalaması Karekökü (HKOK) kullanılmıştır.

Deneme yanılma metoduyla değişik katman sayıları ve nöron sayıları denenmiş ve elde edilen en iyi sonuçlar tablolar yardımıyla sunulmuştur. Buna göre oluşturulan farklı yapılardaki tek ve çok katmanlı yapay sinir ağlarından en iyi sonucu veren 11 adet nörona sahip tek ara katman ve çıktıdan oluşan, sigmoid aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı model olmuştur. 20 adet test verisine ait en iyi modelde, OMYH değeri %4,10, HKOK değeri 43.728 olarak hesaplanmıştır.

YSA yöntemiyle tahmin edilen teklif fiyatı Regresyon Analizi (RA) yöntemiyle de belirlenmeye çalışılmış ve yöntemlerin performans değerlendirmeleri yapılmıştır. RA yöntemi MS Excel altında eklenti olarak çalıştırılan Veri Çözümleme aracı

yardımıyla uygulanmış ve OMYH değeri %38,87 olarak bulunmuştur. RA hata oranları incelendiğinde 75.000 TL'nin altındaki tekliflerde hesaplanan hata oranlarının (%50,51) 75.000 TL'nin üzerindeki tekliflere göre (%11,57) çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Buradan hareketle şirket stratejisinin yüksek bütçeli işlere odaklanmak olduğu yorumu yapılmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada, YSA ile hesaplanan tahmini teklif değerleri RA kullanılarak yapılan teklif fiyatı tahminleriyle karşılaştırılmış ve YSA yönteminin performansı değerlendirilmiştir. YSA ve RA yöntemleri kullanılarak yapılan tahminlerde belirlenen hata oranları dahilinde başarılı sonuçlara ulaşıldığı, ancak iki yöntem kıyaslandığında YSA modellemesiyle, belirsizliklerin fazla olduğu teklif oluşturma aşamasında daha başarılı sonuçlar elde edildiği anlaşılmaktadır.

USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANN) FOR ESTIMATION OF THE BID PRICE OF GLASS FIBRE REINFORCED CLADDING ELEMENTS

SUMMARY

The accurate cost analysis in bid phase is very important for construction companies to be able to make profit loss analysis. Decision makers about bid strategies can improve the accuracy of their decisions by taking advantage of some methods. Artificial intelligence techniques are one of these methods.

Artificial intelligence techniques are being used today in many areas in parallel with the development of technology. Artificial Neural Networks (ANN), which can generate solutions for engineering problems with their skill of prediction, classification and relation defining, are also one of the leading artificial intelligence techniques. In this study, ANN are used for estimating the bid price for a company that produces glass fiber reinforced cladding element. ANN are computer based systems that undergo learning process to produce outcome by imitating learning process of human brain.

Modeling nonlinear problems, parallel distributed structure, skill of training and generalization, adaptivity for different problems, fault tolerance, working with incomplete information, ease of analysis and design are the most significant advantages of ANN. On the other hand, no procedure for building the network up and depending on user's experience, no way to explain the behavior of the network and describing as "Black Box" are seen as disadvantages of ANN and shaken confidence in network.

Studies on ANN, which started at the beginning of the 20th century, began to accelerate with the development of microprocessors by the year 1970. Artificial Neurons, which have begun using in many engineering areas, is the main processor of ANN and have similarities with biological neural cells. Weights (one of the five main elements of artificial neurons) correspond to synapses, summing functions correspond to dendrites, activation function correspond to somas, outputs correspond to axons.

Inputs are the informations coming from the outer environment. These informations consist of samples that are showed network for training. Weights are numerical values of intercellular junctions. They indicate the value of information coming cell and the effect on cell. Summing functions provide the calculation of net input's value. The most widely used summing function is aggregating each input value by multiplying them with their own weight. Activation functions provide output values against input values by processing the net input values of neurons. Outputs send the informations, which are coming from hidden layers, to outer environment by processing as a result.

Artificial Neural Networks are categorized in terms of different criteria. According to the type, there are feed forward and feed back neural networks. According to learning manner, networks using different strategies are asserted. These manners are supervised learning, unsupervised learning and reinforcement learning. As regards number of the layers, neural networks are divided into two structure such as Single Layer Perceptrons and Multilayer Perceptrons. In this study, feed forward back propagation neural networks that have multilayered and supervised learning manner are preferred.

The information flows from input layer towards output layer in feed forward networks and there is no feedback in these kind of networks. Outputs of neurons in a layer are given as inputs with weights for the next layer. ANN learn the connection between inputs and outputs in training stage. A numeric value is revealed by network during the training. In supervised learning manner, almost there is a teacher and he/she compares the estimated value with expected value and decides whether the result is reasonable.

Single Layer Perceptrons based on number of the layers is the most simple network structure, besides they are usually used in classification problem. Multilayer Perceptrons used in solutions for more complex and nonlinear problems are kind of feed forward ANN that consist of input layer, output layer and hidden layer which has sometimes one, sometimes two or more layer.

Multilayer Perceptron model has been used within the scope of the study and the bid price, which is desired to predict, has been determined as output. A cost pool, which is made by face to face interviews and the experience gained in company works, has been created from the cost items of the company in the preliminary study stage. In addition there may be an impact on the bid price, production and offer process have been investigated and presented in the study and product range of the company has been introduced because of different unit prices application of each product in bid clossiers.

ANN applications can be implemented by many softwares. In this study, MS Excel Solver tool is used for the calculation of the weights in ANN model being developed. MS Excel Tool is basically a tool that aims at achieving the smallest value of the cell, which is calculated the error rate within the specified error criteria, by changing the weights.

Project data, which is covering the year 2011 and belonging 100 different works, has been used in forecasting model. Network has been trained by 80 projects and tested by 20 projects. Quantity survey data, building height, shipping charges and cost of materials per square meter have been used as input parameters that is reached and saved data in the cost pool being occured. Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE) have been used as evaluation criteria of the network performance.

Different layer and neuron quantities have been attempted by trial and error method and the best results being obtained have been represented by tables. Accordingly, the model, which has 11 neurons, one hidden layer and output, sigmoid activation function, is the best result of different structures that has been consisted of single layer and multilayer. MAPE value is calculated as 4,10% and RMSE value is calculated as 43.728 in the best model consisted of 20 test data.

The bid price, which has been predicted by ANN method, has been determined by Regression Analysis method and performance evaluation of methods have been made. RA method has been performed by using Data Analysis tool working as add-on under MS Excel and MAPE value has been computed as 38,87%. When RA error rates are examined, it is seen that calculated error rates (50,51%) for the bid prices under 75.000 TL is much higher than the bid prices over 75.000 TL (11,57%). From this point of view, it has been commented that the company strategy is focusing on high budget works.

As a result of this study, estimated bid prices calculated by ANN has been compared to bid prices calculated by RA and performance of ANN method has been evaluated. It is understood that succesful forecasts have been achieved by using ANN and RA methods within the specified error rates, however when two methods are compared, more successful results are obtained by ANN method in bidding period that has too much uncertainty.

1. GİRİŞ

Her sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de teklif verilecek iş için önceden maliyet analizi yapıp teklif fiyatını doğru bir şekilde belirlemek çok önemlidir. Şirketlerin geleceği açısından her işten karla ayrılmak ancak maliyet analizi yaparak doğru teklif stratejilerinin belirlenmesiyle mümkün olabilir. Bu çalışmanın da temel çıkış noktalarından biri, dış cephe kaplama sektöründe hizmet veren firma için teklif fiyatının belirli hata payları dahilinde tahmin edilmesidir.

Tahmin yapabilmek için zaman serileri analizine dayalı birçok istatistiksel analiz yöntemi bulunmaktadır. Sisteme gösterilen belirli örneklemeleri kullanarak tahmin yapabilme yeteneği kazanabilen Yapay Sinir Ağları da (YSA) son zamanlarda sıkça kullanılmaya başlanan analiz yöntemlerinden biridir. Tanımlanabilen tüm problemlere çözüm üretebilme kabiliyetine sahip olan YSA, doğru algoritmanın tespit edilmesiyle beraber sonuca hızla ulaşabilmeleri sebebiyle bu çalışmada da kullanılan yöntem olmuştur.

Giriş, üç bölüm ve sonuçtan oluşan çalışmanın giriş bölümünde böyle bir çalışmaya neden ihtiyaç duyulduğu ve çalışmanın amacı ile sektörün teklif verme alanındaki ihtiyaçları araştırılmış, bu alanda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde daha çok YSA'nın kuramsal altyapısından bahsedilmeye çalışılmış ve bu kapsamda YSA'nın özellikleri, çalışma prensipleri, öğrenme algoritmaları ve model yapıları üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde ise çalışmanın ön hazırlık aşamalarından bahsedilmiştir. Bu kapsamda YSA analizinde kullanılan verilerin toplanma yöntemleri ile firmadaki teklif ve üretim süreçlerinden söz edilmiştir. Aynı zamanda ağa girdi olarak sokulabilecek parametrelerin araştırılması ile analizde kullanılabilecek programların araştırılması konularına yer verilmiştir.

Çalışmanın yönteminin ayrıntılarıyla anlatıldığı dördüncü bölümde, YSA uygulamasının pratiğe dökülüş aşamaları, kullanılan programlar ve algoritmalar açıklanmış, kurulan ağ modellerinin performansları değerlendirilmiş ve en uygun

sonucun alındığı YSA yapısı tespit edilmiştir. Aynı zamanda Regresyon Analizi yöntemi aynı örnekleme uygulanarak tahminleme yapılmış ve iki yöntemle elde edilen sonuçlar sayısal veriler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Sonuç bölümünde ise cephe kaplama sektöründe teklif fiyatı tahmini amacıyla oluşturulan YSA modeli ile ilgili uygulama sonuçlarına ve değerlendirmelere yer verilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın devamı niteliğinde olabilecek gelecek araştırmalar için de bir takım önerilerde bulunulmuştur.

1.1 Tezin Amacı

Birçok maliyet unsurunun etken olduğu karmaşık teklif sistemlerin tasarlanması için karar verme tekniklerinden olan Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları modellemeleri ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında hızlı sonuç alınabilmesi ve girdi çıktı ilişkilerinin net olarak tanımlanamadığı problemlerde belirli hassasiyetlerde tahmin yapabilmesi sebebiyle proje karakteristiklerine dayalı YSA modellemesi tercih edilmiştir.

Çalışmaya konu olan ve cam elyaf katkılı cephe kaplama sektöründe faaliyet gösteren şirkette, firma organizasyonu ve iş yapma biçimi, cirosuyla kıyaslandığında ampirik ve basit kalmaktadır. Güncel iş hacmi değerlendirildiğinde firma karlılığı takip edilememekte, farklı müşteri ve iş profillerine göre teklif stratejileri kurulamamaktadır. Dolayısıyla verilen tekliflerin karlılığı ancak yıllık bazda (toplam olarak) değerlendirilebilmekte ve her işin ayrıntılı karlılık oranları tam olarak hesaplanamamaktadır. Aynı zamanda firmanın gelecekte yönelmesi gereken iş profillerinin tespiti de mümkün olamamaktadır. Bu sorundan hareketle YSA yöntemi kullanılarak gelişmiş bir tahmin modeli oluşturulmaya ve ileriki ihalelerde kullanılabilecek daha bilimsel bir teklif sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

1.2 Sektör Tanıtımı

Dış cephe sektörü incelendiğinde sektörün alt kollarının alüminyum, ahşap, cam, PVC ve cam elyaf katkılı prekast (ön dökümlü) cephe kaplamaları olduğu görülmektedir. Klasik sıva ve boya esaslı cephelerin tamir ve bakım masraflarının ilerleyen yıllarda artması sebebiyle inşaat firmaları alternatif cephe kaplama yöntemlerine yönelmişlerdir. Isı, ses ve su yalıtımlarını da barındırmaları ve mal

sahiplerinin tek bir şirketle anlaşarak hem cephe hem de yalıtım problemlerine çözüm üretmelerine olanak sağlamaları, klasik yöntemlere göre bir diğer avantajlarıdır.

Dış cephe sektörünün alt sektörü konumunda bulunan cam elyaf katkılı cephe kaplama sektörü yukarıda bahsedilen avantajlara sahip olup, fiyat aralığı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, genel olarak alüminyum, ahşap ve PVC cephe sistemlerinden pahalı, cam cephe sistemlerinden ucuzdur. Şekil verilebilirlikleri alüminyum, ahşap, cam ve PVC'den daha kolay olduğu için eski eser yenileme çalışmalarında sayılan alternatiflere göre tek seçenek konumundadırlar.

Tarihi eser yenileme çalışmaları yanı sıra modern mimari tasarımları hayata geçirirken de kullanılan prekast cephe kaplama elemanları, sıva ile yapılması külfetli ve yüksek işçilik gerektiren cephelerin ekonomik ve hızlı bir biçimde hayata geçirilebilmelerine olanak sağlamaktadır.

İnşaat ana sektörünün birçok alt bileşeninde olduğu gibi, cephe kaplama sektöründe de işin hızlı bir şekilde tamamlanabilmesi amacıyla ihaleye çıkılmadan ana yüklenici tarafından belirlenen firmalardan teklif istenmekte ve bu teklifler arasından seçim yapılmaktadır. Ürünler standart olmadığı için, farklı geometride ve boyutta cephe ihtiyaçları için standart olmayan hammadde, kalıp, işçilik, nakliye ve montaj maliyetleri içermektedir. Bu nedenle hızlı teklif fiyatı ve montaj bekleyen müşterilere, kapsamlı maliyet analizi yapılamadan hizmet verilmektedir. Maliyet analizinin her iş için ayrı ayrı yapılmaması, iş bazlı karlılık analizinin de yapılamamasını beraberinde getirmektedir. Tüm bu sorunlar birlikte düşünüldüğünde sistematik bir analiz ağı oluşturma'nın önemi ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde maliyete dayalı pazarlama stratejileri kullanılmamakla birlikte, karlılık ve firma değerini maksimize etmek önem arz etmektedir. Dolayısıyla teklif verilirken üretim koşullarının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışma içerisinde üretim süreci incelenmiş ve bunun ışığında teklif süreci de ele alınmıştır.

1.3 Literatür Araştırması

YSA birçok önemli mühendislik problemlerin çözümünde kullanılmışlardır. İnşaat mühendisliği alanında YSA; beton basınç dayanımının belirlenmesinde (Lee, 2003), şehirlerarası yük taşımacılığı türünün belirlenmesinde (Tortum, 2003), giriş benzeri

yapılarda oluşacak hasarların miktarı ve yerinin tespiti için global ve yerel titreşim analizi verileri kullanılarak yapılan deneysel çalışmada (Sahin ve Sheno, 2003),kirişsiz döşemeli betonarme bir binada oluşan yatay deplasmanın hesaplanmasında (Özsoy ve Fırat, 2004), tuğla duvardaki ve tesisattaki ısı kaybının belirlenmesinde (Keleşoğlu ve Fırat, 2006), günlük buharlaşmanın hesaplanmasında (Doğan ve diğ, 2007) vekillerin sınıflandırılmasında (Göktepe ve diğ, 2009) kullanılarak başarılı sonuçlara ulaşılmıştır [1-7].

Literatür taraması sonucunda elde edilen, inşaat sektöründe maliyet tahminine yönelik yapılan YSA uygulamalarıyla ilgili çalışmalar ve bulgular aşağıda sunulmuştur.

Elazouni ve diğ. (1997), "Estimating Resource Requirements at Conceptual Design Stage Using Neural Networks" adlı makalelerinde geri yayılım algoritmasına sahip yapay sinir ağları modelini kullanarak, henüz tasarım aşamasında olan farklı silo inşaatlarında, gerekli yapı kaynaklarını tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla inşaat projelerinde gerekli kaynakları dizayn, yapım ve yönetim faktörleri olmak üzere üç sınıfa ayırarak incelemişlerdir. Sigmoid aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı çalışmada 28 adet proje ağı eğitilmesi, 10 adet proje ise test edilmesi aşamalarında kullanılmış ve elde edilen sonuçlar yapılan Regresyon Analizi sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda yapı tahmin problemlerinde yapay sinir ağı yönteminin geleneksel yöntemlere (regresyon modellemeleri, olasılığa dayalı yöntemler vs.) göre daha kullanışlı olduğu belirlenmiştir [8].

Hegazy ve Aayed (1998), "Neural Network Model for Parametric Cost Estimation of Highway Projects" isimli makalelerinde, Kanada'da gerçekleştirilmiş olan 18 adet karayolu projesinden yararlanarak YSA modeli kurmuş ve ağı ağırlıklarının bulunmasında geri yayımlı öğrenme algoritması (NeuroShell2 yazılımı ile), simpleks optimizasyon yöntemi (Microsoft Excel Solver yazılımı ile) ve genetik algoritma (GeneHunter yazılımı ile) yöntemlerini kullanmıştır. Hegazy ve Aayed (1998) çalışmalarının neticesinde tahminlemede %2'nin altında bir hata oranıyla, simpleks optimizasyon yönteminin diğerlerine göre maliyet hesaplamasında daha iyi sonuç verdiğini deneysel olarak ispatlamışlardır [9].

Liu (1998), "An Artificial Neural Network Approach to Assess Project Cost and Time Risks at the Front End of Projects" isimli yüksek lisans tezinde, proje risk

analizinde ve proje maliyeti ile zaman değişkenleri tahmininde YSA tabanlı bilgisayar sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu sistemin geliştirilmesiyle petrol ve gaz endüstrisindeki proje yöneticilerinin verdiği kararların etkinliğinin artacağı öngörülmektedir. Çalışma sonucunda yapay sinir ağlarının tahmin konusunda çoklu regresyon analizine üstünlük sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan tahminin hassaslığıyla girdi veri setinin büyüklüğünün doğru orantılı olduğunu belirtilmiştir [10].

Kim ve diğ (2004), "Comparison of Construction Cost Estimating Models Based on Regression Analysis, Neural Networks, and Case-Based Reasoning" isimli çalışmalarında, Kore'de 1997-2000 yılları arasında yapımı tamamlanan 530 adet konut tipi yapının maliyet verilerini kullanarak Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağları ve Vaka Tabanlı Sebeplendirme yöntemlerinin tahmin performanslarını karşılaştırmışlardır. Üç yöntemden en iyi sonuç veren geri yayılım algoritmasını kullanan YSA yöntemi olmuştur. Çalışmada ayrıca, çalışma veri tabanına yeni olaylar eklendiğinde yapay sinir ağlarının yeniden eğitime tabi tutulması gerektiğinden ve bunun diğer yöntemlerden daha fazla zaman tüketeceğinden söz edilerek, bu durum yapay sinir ağlarının dezavantajı olarak sunulmuştur [11].

Sodikov (2005), "Cost Estimation of Highway Projects in Developing Countries: Artificial Neural Network Approach" adlı çalışmada gelişmekte olan ülkelerden Polonya ve Tayland'da gerçekleştirilmiş olan karayolu projeleri için maliyet tahmini yapmayı amaçlamıştır. Yöntem olarak Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analizi yöntemlerini kullanmış ve tahmin sonuçlarını tablolar yardımıyla karşılaştırmıştır. Buna göre Polonya veri seti için YSA tahmin modeli Regresyon Analizi'nden %12, Tayland için ise %4 daha iyi sonuç vermiştir. Aynı zamanda proje detaylarının belirli ve sabit olmadığı erken tasarım aşamasında YSA'nın uygun çözümler üretebildiğinden bahsedilmiştir [12].

Baykan (2007), "İnşaat Projelerinde Kaynak İhtiyacının Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Tahmini" isimli çalışmada, YSA yöntemini tercih etmiştir. Çalışmada, öğrenme aşamasında 62 adet konut projesi kullanarak, konut tipi yapılar için kaynak tahminine yönelik bir sistem oluşturmaya çalışmış ve erken tasarım aşamasındaki projeler için gereken kaynak tahminini gerçekleştirmiştir. Aynı zamanda çoklu regresyon analiziyle gerçekleştirdiği tahminlerle Yapay Sinir Ağları yöntemini karşılaştırmış ve yapay sinir ağları ile (% 18,08) çoklu regresyon analizine

göre (%40,90) daha performanslı tahminler yapılabildiğini tespit etmiştir. Aynı zamanda iki yöntemi birden fazla çıktı tahmini olan durumlar için, analizde harcanan zamanı göz önüne alarak değerlendirmiş ve çoklu doğrusal regresyon analizinde her bir çıktı parametresinin girdi seti ile ilişkisinin ayrı ayrı belirlenmesi gerektiğinden, YSA analizinin çok daha kısa sürede sonuç verdiğini tespit etmiştir [13].

Uğur (2007), "Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı ile Analizi" adlı çalışmasında benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin inşaat maliyetlerini YSA'yı kullanarak tahmin etmeye çalışmıştır. Maliyet tahmini yaparken yapı yükseklikleri, tip katlardaki daire sayıları, tip kat alanları, kat yükseklikleri, toplam katsayıları, kat yükseklikleri, cephe alanları, cephe boşluğu alanları ve ortalama daire alanları göz önüne alınarak model oluşturulmuş ve çok katmanlı geri beslemeli ağ mimarisi tercih edilmiştir. YSA modellemesi sonucu elde edilen maliyet değerleri hata oranları (%4,79), Regresyon Analizi sonuçlarıyla (%16,58) karşılaştırılmış ve YSA sonuç verilerinin gerçeğe daha yakın ve uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Uğur (2007), çalışmasında inşaat projelerinin erken tasarım aşamasında, projenin ihtiyaç duyacağı maliyet tahmini için YSA yaklaşımının hızlı ve verimli bir yöntem olarak kullanılabileceğinden, ancak bunun kullanılabilmesi için geçmiş proje bilgilerine ihtiyaç duyulduğundan, bilgilerin doğru ve sağlıklı olarak arşivlenmesi sorununun ortaya çıktığından bahsetmiştir [14].

Uğur ve diğ. (2011), "Yığma Konutların Maliyet Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Kullanılması" isimli çalışmalarında tek katlı yığma konut yapıların maliyetlerini, YSA'yı kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla farklı ebatlarda 21 adet proje tasarlanmış ve belirlenen 41 adet maliyet kaleminin maliyetleri Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda tek katlı yığma konutların maliyetlerinin tahmininde, YSA modeli ile %5,87'lik hata oranı dahilinde kabul edilebilir maliyet değerleri elde edilmiştir. Ayrıca YSA yönteminin başarı oranının belirlenmesinde kullanılan örneklemdaki veri sayısının öneminden bahsetmişler ve veri sayısının artmasının hata oranını azaltacağından söz etmişlerdir [15].

Ahiaga-Dagbui ve Smith (2012), "Neural Networks forModellingthe Final TargetCost of WaterProjects" isimli makalelerinde 2007-2011 yılları arasında İskoçya'da tamamlanmış 98 adet su yapısı için Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ve Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları mimarilerini kullanarak maliyet tahmin modelleri

oluşturmuşlardır. Çalışmanın neticesinde YSA'nın doğrusal olmayan ilişkileri tanımlama yetenekleri sayesinde maliyet tahmin modeli oluşturmada etkin olarak kullanılabileceği ispatlanmıştır [16].

"İstanbul Konut Projeleri için Tasarım Öncesinde Proje Maliyetinin Tahmini" adlı çalışmalarında Dursun ve Stoy (2012), tasarım projelerine henüz erişilmemişken toplam maliyet ile metrekare maliyetlerini yüksek oranda hassasiyet ile tahmin etmeyi amaçlamışlardır. 66 adet projeden oluşan bir örnekleme doğrusal regresyon ve YSA yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda ham proje maliyeti için iki yöntemde yakın sonuçlar verdiği, metrekare proje maliyetinin tahmininde ise YSA yönteminin çok daha hassas sonuçlar elde ettiği ortaya konmuştur [17].

2. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Geleceği doğru tahmin edebilmek, karar verici pozisyonunda bulunan insanlar için önem arz etmektedir. Yapılan tahminlerdeki başarı oranı yüksek olursa verilen kararların sağladığı yararlar da artacaktır. Tahminleme alanında kullanılan yöntemler incelendiğinde; Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Regresyon Analizi, ARIMA/SARIMA Modelleri ön plana çıkmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde girişte de bahsedildiği üzere gelecekle ilgili tahmin yapmada etkin olarak kullanılan yöntemlerden, insan beyninin öğrenme özelliğini taklit ederek sonuç üreten Yapay Sinir Ağları genel olarak tanıtılmış, model kurulurken dikkat edilmesi gereken temel ve teorik hususlar anlatılmıştır.

2.1 Yapay Sinir Ağlarının Genel Tanımı

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirebilmek oldukça zor veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir [18].

Haykin (1999)'e göre yapay sinir ağı, deneyimsel bilgiyi depolamak ve yararlanılabilir hale getirmek için doğal eğilimi olan, basit işleme birimlerinden oluşan yoğun paralel dağılımlı işlemcidir. İki bakımdan insan beynine benzer:

1. Bilgi, ağ sayesinde, ağın öğrenme sürecinden geçirildiği bir ortamdan elde edilmektedir.
2. Sinaptik ağırlıklar olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı kuvvetleri, elde edilen bilgiyi depolamak için kullanılmaktadır [19].

Yurtoğlu (2005)'nin benzer yaklaşımına göre ise yapay zeka alanının bir alt dalını oluşturan YSA teknolojisi öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturmaktadır. İnsan

beyninin temel işlem elemanı olan nöronu şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden YSA, bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır. Bu şekilde, insanoğluna özgü deneyerek (yaşayarak) öğrenme yeteneğini bilgisayar ortamına taşıyabildiği düşünülen YSA teknolojisi bir bilgisayar sistemine inanılmaz bir “girdi veriden öğrenme” kapasitesi sağlamaktadır ve bir çok avantajlar sunmaktadır [20].

Özetlenecek olursa, bu ve bunun gibi bir çok tanımı bulunan yapay sinir ağları, insan evrimini örnek alarak öğrenme süreci geçiren ve bu süreçten elde ettiği deneyimleri kendi içerisinde test edip sonuç üreten bilgisayar tabanlı sistemlerdir.

2.2 Yapay Sinir Ağlarının Avantajları

YSA'nın; doğrusal olmayan yapıları modelleyebilmesi, paralel dağılmış yapısı, öğrenme ve genelleme yapma yeteneği, farklı problemler için uyarlanabilirliği, hata toleransına sahip olması, eksik bilgilerle çalışabilmesi, analiz ve tasarım kolaylığı en önemli özelliklerindendir. YSA'nın bu özellikleri işletme, finans, mühendislik tıp vb. birçok farklı alanda tercih edilmelerini sağlamıştır[21]. Aşağıda kısaca YSA'nın avantajlarını oluşturan bu özelliklerden bahsedilmiştir.

2.2.1 Doğrusal olmama

YSA'yı meydana getiren yapay sinir hücreleri (YSH) için tercih edilen aktivasyon fonksiyonu sayesinde YSA'nın doğrusal ya da doğrusal olmayan modellemeyi gerçekleştirmesi sağlanır. Günlük yaşamda karşılaşılan birçok problemin doğrusal olmayan ilişkiler içerdiği düşünüldüğünde YSA'nın bu özelliğinin önemi anlaşılabilir [21].

2.2.2 Öğrenme

İnsan sinir sisteminin çalışmasını taklit eden YSA, eldeki probleme ilişkin verileri kullanarak veri yapısında saklı ilişkileri ortaya çıkarmaya çalışır. Bu işlem, ağıın öğrenmesi olarak adlandırılır. Öğrenme işlemi esasında YSA'yı meydana getiren YSH arasındaki bağlantıların ağırlıklarını belirleme işlemidir [21].

2.2.3 Genelleştirme

YSA'nın, öğrenme işlemi gerçekleşirken kendisine tanıtılan verilerden farklı olarak yeni veriler için de anlamlı sonuçlar üretebilmesine genelleştirme yeteneği denilmektedir. Genelleştirme yeteneği olmayan YSA'nın anlamlı olmayacağı açıktır. Tahmin, örüntü tanıma, sinyal işleme gibi birçok alanda, YSA'nın genelleştirme yeteneğinin sonucu olarak başarı elde edilmektedir [21].

2.2.4 Uyarlanabilirlik

Belirli bir problem için eğitilen YSA, problem değiştiğinde yeni probleme göre uyarlanabilir ve yeniden eğitilebilir [21].

2.2.5 Hata toleransı

YSA, paralel dağılmış YSH'nin birbirleriyle bağlanması sonucu oluşmuş bir bütündür. Daha önce de belirtildiği gibi, YSA'nın öğrenmesi bu bağlantı aralıklarının belirlenmesi işlemidir. Zaman zaman ağın eğitimi için kullanılan veri kümesinde gürültü etkisi (noise effect) olarak adlandırılan istenmeyen yanlışlıklar olabilir. Bu gürültü etkisi ağdaki bütün ağırlıklara dağıtıldığından sonuç üzerindeki etkileri azaltılmış olur. Bu sebeple YSA'nın hata toleransı geleneksel yöntemlere göre daha fazladır [21].

2.2.6 Eksik bilgi ile çalışabilme

YSA kendileri eğitildikten sonra eksik bilgiler ile çalışabilir ve gelen yeni örneklerde eksik bilgi olmasına rağmen sonuç üretebilirler. Eksik bilgiler ile de çalışmaya devam ederler. Halbuki geleneksel sistemler bilgi eksik olunca çalışmazlar. Burada bir noktaya dikkatleri çekmekte fayda vardır. YSA'nın eksik bilgiler ile çalışması performanslarının düşeceği anlamına gelmez. Performansın düşmesi eksik olan bilginin önemine bağlıdır. Hangi bilginin önemli olduğunu ağ kendisi eğitim sırasında öğrenmektedir. Kullanıcıların bu konuda bir fikri yoktur. Ağın performansı düşük olunca, kayıp olan bilginin önemli olduğu kararına varılır. Eğer ağın performansı düşmezse eksik olan bilginin önemli olmadığı anlaşılır [18].

2.2.7 Analiz ve tasarım kolaylığı

YSA'nın temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı ve modeli, bütün YSA yapılarında yaklaşık aynıdır. Dolayısıyla, YSA'nın farklı uygulama alanlarındaki

yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşacaktır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan YSA benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Bu özellik, problemlerin YSA ile çözümünde önemli bir kolaylık getirecektir [13].

2.3 Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları

YSA'nın oluşturulmasında ve kullanılmasında yukarıda özellikleri şeklinde sıralanan avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunların bazıları şöyle listelenebilir:

- YSA'nın oluşturulmasında, model seçilmesinde, ağın topolojisinin belirlenmesinde belli bir kurallar seti yoktur. Kullanıcının tecrübesine dayalı olarak belirlenmektedir.
- Problemlerin YSA ile çözülmesi aşamasında örneklerin tasarlanması için bir kurallar seti yoktur. Problem sahibi kendi tecrübesine göre örnekleri formüle etmektedir. Aynı problem değişik şekillerde gösterilebilmekte ve her gösterimin kendisine göre performansı da değişmektedir. Doğru gösterimi bulmanın yolu yine tecrübeler ile sınırlıdır.
- Ağın davranışlarının açıklanması mümkün değildir. Bu ise ağa olan güveni azaltmaktadır.
- Ağın eğitilmesi uzun zamanlar alabilmektedir.
- YSA, problemlere optimum sonuçları garanti etmez. Üretilen sonuçların optimum olduğunu iddia etmek doğru değildir. İyi sonuçlardan birisidir denilebilir. Geleneksel yöntemler optimum çözümler üretirler[22].

Günümüzde sistemin kullanımı tüm dezavantajlarına rağmen tahmin, optimizasyon ve sınıflandırma gibi birçok alanda hızla artmakta olup geçmişten bugüne kadar gelişim aşamaları aşağıda sunulmaktadır.

2.4 Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

Sinir ağları konusunda ilk çalışmalar, 19. yy'ın sonları ile 20. yy'ın başlarında meydana gelmiştir. İlk çalışma; Hermann von Helmholtz, Ernst Mach ve Ivan Pavlov gibi bilim insanları tarafından geliştirilen disiplinler arası (fizik, psikoloji ve

nöropsikoloji) bir çalışmadır. Bu çalışma; öğrenme, sezme ve şartlanmanın genel teorisini sunmaktadır [23]. Yapay sinir hücresi konusunda ilk çalışmalar 1940'lı yıllarda başlamıştır. 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts, yapay sinir hücresinin aritmetik ya da mantıksal bir fonksiyon için hesaplama yapabildiğini göstermiştir [24]. McCulloch ve Pitts tarafından geliştirilen bu ilk model değişikliğe uğrayarak daha sonraki çalışmalarda genişçe kullanılmıştır [19,23,25]. YSA ile ilgili önemli görülen çalışmalar kronolojik sırada aşağıda gösterilmiştir:

- 1949 - Hebb insan beynindeki öğrenme sürecini bilgisayar tarafından gerçekleştirilebilecek biçimde geliştirdi.
- 1954 - Gabor, gözlenen sinyal ile geçmiş bilgiye dayalı üretilen sinyaller arasındaki hataların kareleri ortalamalarını minimize edecek ağırlıkların belirlenmesinde dik iniş (gradient descent) algoritmasını kullanan öğrenme süzgecini icat etti.
- 1958 - Rosenblatt, McCulloch ve Pitts nöron modeli için bir öğrenme metodu geliştirerek algılayıcı (perceptron) icat etti.
- 1962 - Rosenblatt, çok katmanlı ağların eğitimi için geri-yayılımlı hareket planını önerdi. Ancak bu öneri, türevlenemeyen fonksiyonlar kullanıldığı için başarısız oldu.
- 1967 - Amari, kredi tayin problemlerinin çözümünde çok katmanlı ağlarda ağırlıklar için öğrenme kuralı belirlenmesinde matematiksel bir çözüm elde etti.
- 1969 - Minsky ve Papert yayınladıkları kitapta basit algılayıcı modelinin sınırlarını gösterdi [21,26].

1970'lere varıldığında küçük alanlara sığabilen devrelerin yapılmasıyla birlikte mikroişlemciler geliştirilmeye başlanmış ve günümüzdeki bilgisayar teknolojisinin temelleri atılmıştır [45]. Teknolojideki gelişmeler bilgisayar programları destekli YSA teknolojisinin de gelişimine ivme kazandırarak, pratik olarak insan hayatına faydalı olmaya başlamıştır. Bu nedenle Öztemel (2012) de YSA alanındaki çalışmaları, Hamzaçebi (2011) gibi 1970 öncesi ve sonrası dönemlere ayırmış ve 1970 sonrası yapılan çalışmaları aşağıdaki gibi özetlemiştir:

- 1969-1972 - Doğrusal ilişkilendiricilerin geliştirilmesi.

- 1972 - Korelasyon Matriks belleğinin geliştirilmesi.
- 1974 - Geriye yayılım modelinin (çok katmanlı algılayıcının) ilk çalışmalarının geliştirilmesi.
- Öğretmensiz öğrenimin geliştirilmesi.
 - 1978 - ART modelinin geliştirilmesi.
 - 1982 - Kohonen öğrenmesi ve SOM modelinin geliştirilmesi.
- 1982 - Hopfield ağlarının geliştirilmesi.
- 1982 - Çok katmanlı algılayıcının geliştirilmesi.
- 1984 - Boltzman katsayısının geliştirilmesi.
- 1985 - Çok katmanlı algılayıcıların (genelleştirilmiş Delta öğrenme kuralı ile) geliştirilmesi.
- 1988 - RBF modelinin geliştirilmesi.
- 1988 - PNN modelinin geliştirilmesi.
- 1991 - GRNN modelinin geliştirilmesi.
- 1991-Günümüz - Sayısız çalışma ve uygulamalar geliştirilmiştir [18].

2.5 Yapay Sinir Hücreleri (YSH) ile Biyolojik Sinir Hücrelerinin Benzerlikleri

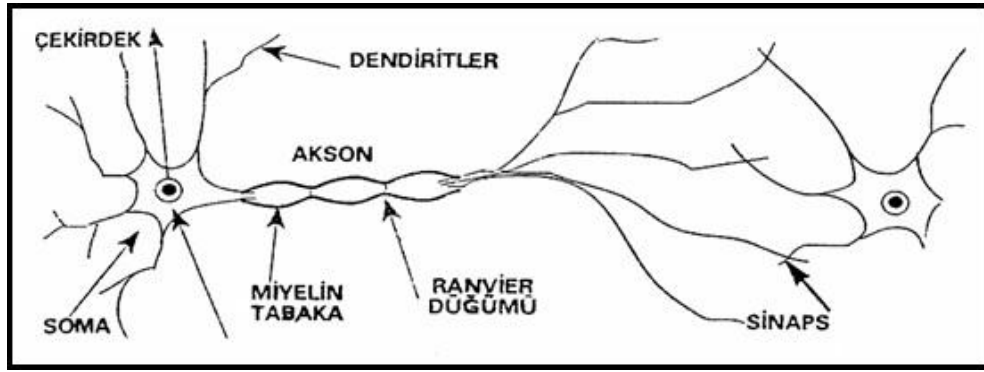
Yukarıda tanım, özellik ve tarihçesine yer verilen yapay sinir ağlarının insan beyniyle benzerlik gösteren yönleri bulunmaktadır. Temelde, biyolojik sinir sistemlerinin model olarak kullanılmasıyla geliştirilen yapay sinir hücrelerinin biyolojik sinir hücreleriyle ortak yönleri bulunmaktadır.

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten merkezi sinir ağının bulunduğu üç katmanlı bir sistem olarak açıklanmaktadır. Alıcı sinirler, organizma içerisinden ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyne bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürmektedirler. Tepki sinirleri ise, beynin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürmektedirler [4].

Sinir hücreleri nöron olarak bilinmektedir. Tipik olarak, bir nöronda üç önemli kısım bulunmaktadır:

1. Nöronun tüm aktivitelerini yönlendiren merkezi bir hücre gövdesi (soma),
2. Diğer nöronlardan gelen mesajları alan ve hücre gövdesine nakleden kısa fibreleler yani dendritler,
3. Hücre gövdesinden mesajları diğer nöronlara veya kaslara ileten uzun tek bir fiber olan aksonlar[27].

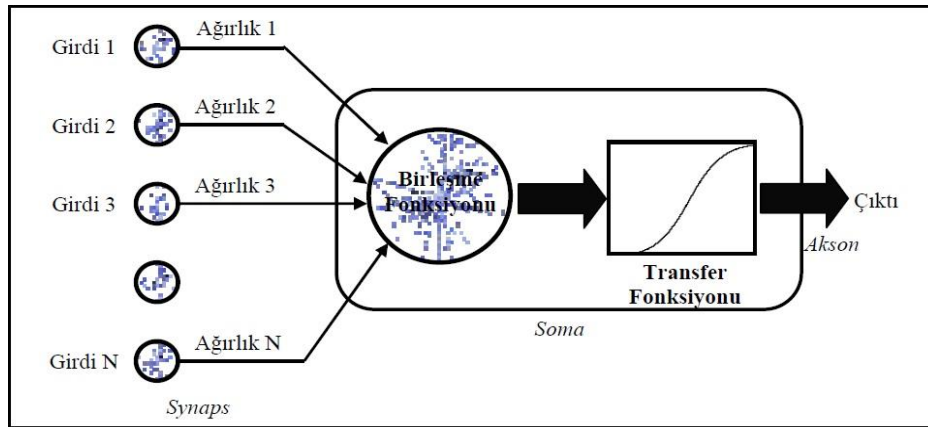
Söz konusu biyolojik sinir hücresi kısımları, Şekil 2.1'deki örnek nöron yapısında gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Biyolojik nöron yapısı.

Sinir hücreleri birbirleri ile ilişki halindedirler. Bu sıkı ilişki, sinirsel işlevintemelinin oluşturan bilgi akışını sağlamaktadır. Hücreler arası bu bilgi geçiş noktalarına sinaps adı verilmektedir. Sinapslar, değişik tip ve özelliklerde olmalarına karşın, hemen hepsi bilginin iletimi işlevinden sorumludur. Kısacası, nöronlar kendiaralarında bağlantılar kurarak, elektrik devrelerine benzer yollarla iletişimsağlayıp, beyin işlevlerinin ortaya çıkmasını sağlayan ana elemanlardır [27].

Şekil 2.2'de ise tipik bir yapay sinir hücresi modeli gösterilmektedir.



Şekil 2.2: YSA işlem elemanı (yapay sinir hücresi) yapısı.

Şekil 2.2'de işlem elemanı yapısı gösterilen YSA ise, birbirinebağlanmış ve hiyerarşik yapıda olan basit işlemelemanlarının (yapay sinir hücreleri) yoğun birparalel dizisi ve verilen girdilere karşı çıktıüretebilen bir Kara Kutu olarak da tanımlanabilir. Her işlem elemanının bilgi toplama ve bunuişleyerek diğer elemanlara gönderme özelliği vardır. İşlem elemanları; girdiler, ağırlıklar, birleşme (toplama) fonksiyonu, transfer (aktivasyon) fonksiyonu ve çıktı olmak üzere beş elemandan oluşmaktadır[28].

Biyolojik nöron hücresinde yer alan alt birimlerin yapay sinir hücresindeki karşılıkları Çizelge 2.1'de verilmiştir. Buna göre, proses (işlem) elemanları nöronlara, ağırlıklar sinapslara, birleşme (toplama) fonksiyonları dendritlere, aktivasyon (transfer) fonksiyonları somalara (hücre gövdelerine), çıktılar da aksonlara karşılık gelmektedir.

Çizelge 2.1: Biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresi ilişkisi.

Biyolojik Sinir Hücresi	Yapay Sinir Hücresi
Nöron	Proses (işlem) elemanı
Sinaps	Ağırlık
Dentrit	Birleşme (toplama) fonksiyonu
Soma (Hücre gövdesi)	Aktivasyon (transfer) fonksiyonu
Akson	Çıktı

Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye giren bilgilerdir. Bunlar ağın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir.

Ağırlıklar, hücreler arasındaki bağlantıların sayısal değeridir. Bir hücreye gelen bilginin değerini ve hücre üzerindeki etkisini gösterirler.

Birleşme (toplama) fonksiyonu, hücreye gelen net girdinin hesaplanmasını sağlayan fonksiyondur. En yaygın kullanım şekli her girdi değerinin kendi ağırlığıyla çarpılarak toplanmasıdır.

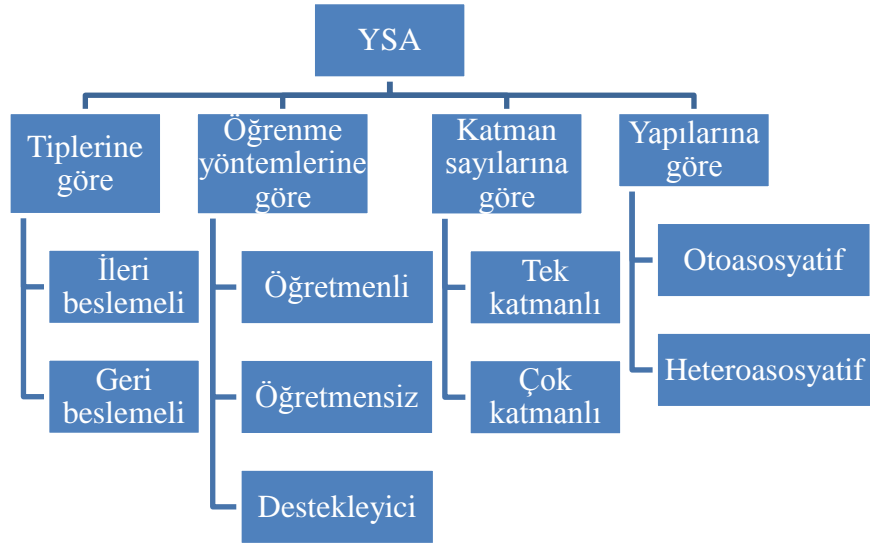
Aktivasyon (transfer) fonksiyonu, hücreye gelen net girdinin işlenmesiyle hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirlemesini sağlar.

Çıktılar, ara katmanlardan gelen bilgileri işleyerek dış dünyaya gönderirler [29].

Bu bölümde yapay sinir hücresi elemanları kısaca tanıtılmış olup ilerde ayrıntılı olarak incelenmişlerdir.

2.6 Yapay Sinir Ağları Türleri

YSA türlerini farklı kriterleri göz önüne alarak sınıflandırmak mümkündür. Genel olarak YSA tiplerine, öğrenme yöntemlerine, katman sayılarına ve yapılarına göre sınıflarına ayrılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntem ile ilişkisi olmaması sebebiyle yapılarına göre YSA incelenmemiştir. Şekil 2.3'te YSA türleri gösterilmektedir.



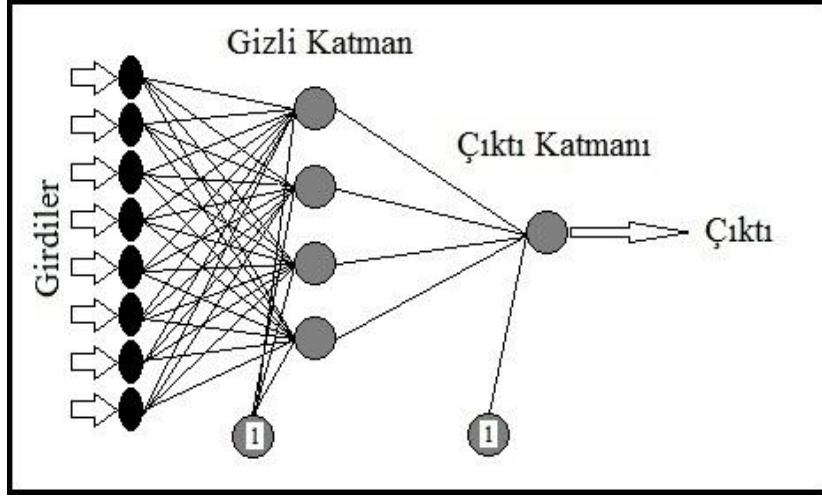
Şekil 2.3: YSA'nın sınıflandırılması.

2.6.1 Tiplerine göre YSA

YSA mimarileri, nöronlar arasındaki bağlantıların yönlerine göre gruplandırılmaktadır. Buna göre ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere iki temel ağ mimarisibulunmaktadır. Bu mimariler aşağıda sunulmaktadır.

2.6.1.1 İleri beslemeli ağlar

Verilerin girdi birimlerinden çıktı birimlerine yani ileri doğru aktığı ağ yapısıdır. Bu ağ yapısında geri besleme yoktur [21]. Şekil 2.4'te ileri beslemeli YSA yapısı gösterilmektedir.

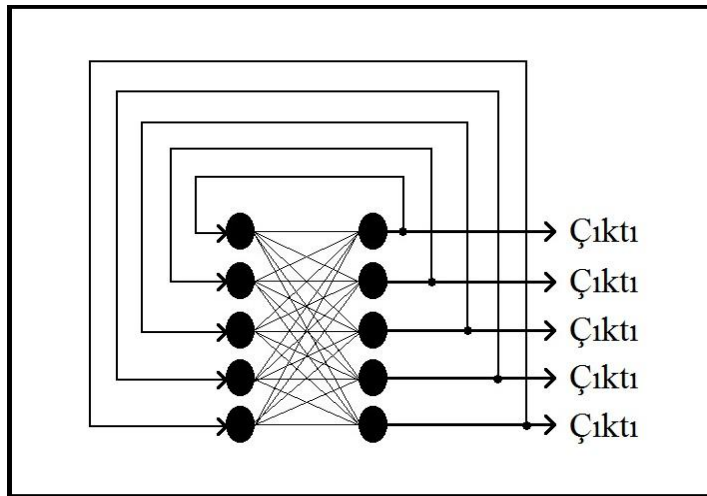


Şekil 2.4: İleri beslemeli ağ yapısı.

İleri beslemeli ağlarda işlemci elemanlar genellikle katmanlara ayrılmışlardır. İşaretler, girdi katmanından çıktı katmanına tek yönlü bağlantılarla iletilmektedir. İleri beslemeli YSA’nda, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenmekte ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilmektedir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletmektedir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenmektedir[30].

2.6.1.2 Geri beslemeli ağlar

Veri akışının sadece ileriye doğru değil geriye doğru da olabileceği ağ yapısıdır. Bu ağ yapısında, ağ çıktısı aynı zamanda girdi olarak da kullanılabilir [21]. Şekil 2.5'tegeri beslemeli YSA yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Geri beslemeli ağ yapısı.

Bu tip ağlarda en az bir hücrenin çıkışı kendisine veya diğer hücrelere giriş olarak verilmekte ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılmaktadır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağları, doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir[31].

2.6.2 Öğrenme yöntemlerine göre YSA

YSA'nın öğrenme aşamasında değişik stratejilere sahip öğrenme yöntemleri kullanılmaktadır. Kullanılan yöntem ağ performansını büyük ölçüde etkilemektedir.

YSA'nın veri yapısındaki ilişkiyi öğrenmesi, probleme ait örnekler yardımı ile ağ ağırlıklarının en uygun değerlerinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Herhangi bir ağırlık (W) için;

$$W_{yeni} = W_{eski} + \Delta W \quad (2.1)$$

denklemini, öğrenmenin matematiksel olarak nasıl gerçekleştiğini ifade etmektedir. Denklem 2.1'deki ΔW değeri belli bir kurala göre hesaplanarak mevcut ağırlık değerlerinin değişim miktarını vermektedir. ΔW 'yi belirlemek için tanımlanmış kurallara öğrenme algoritmaları denir. En iyi ağırlık kümesini bulmaya yardım eden birçok öğrenme algoritması ileri sürülmüştür. Bu algoritmalar kabaca üç sınıfta incelenebilir: Öğretmenli, öğretmensiz ve destekleyici öğrenme algoritması[21]. Kullanıcının tercihinine göre kullanılan bu öğrenme yöntemleri aşağıda sunulmaktadır.

2.6.2.1 Öğretmenli (danışmanlı) öğrenme

Bu tür öğrenme için sinir ağının çıktı katmanındaki nöronların çıktıları (beklenen değerler) sayısal olarak bilinmelidir. Bu yolla yapay sinir ağı, girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi talim ettikçe öğrenmektedir. Talim sırasında sinir ağı, bir sayısal değer ortaya çıkarmaktadır. Çıkması beklenen değerinin ne olduğu bilindiğine göre, sanki bir danışman yada öğretmen, çıktıları olması gerekenle kıyaslayarak, sonucun kabul edilebilir olup olmadığına karar vermektedir. Bu kararda ağın ürettiği değer ile, beklenen değer arasındaki fark ne kadar küçükse, kabul edilebilirlik o kadar artmaktadır. Danışman kendisine göre bir hata sınırı belirleyerek, ağın ürettiği ile, beklenen değer arasındaki fark bu sınırları içindeyse, bu kadarlık bir hatayı kabullenmektedir. Böylece talime son verilmektedir [32].

Elde edilen sonuçların, çıktı değerleri (ölçüm değerleri) ile karşılaştırılması arasındaki farklar, hata olarak gözlenmektedir. Bu hataların kareleri toplamının en küçüklenmesine yönelik biçimde YSA yapısındaki sinirler arası bağlantı (ağırlık) değerleri hesaplanarak küçük hata ile çıktıya yaklaşılmaktadır. Burada girdilerden çıktıya doğru bir ileriye akış ve hataterriminin istenilen sınırlar içinde olmaması durumunda da çıktıdan girdilere doğru bir geri akış (geri besleme) olmaktadır. Ancak bu ileriye gidiş ve gelişlerde girdi değişkenleri aslında değerlerini değiştirmemekte, ama hep, çıktı değişkenleri değerlerini ölçümlere yaklaşacak biçimde değiştirmektedir. Bu ileri ve geri gidiş ve gelişler bağlı hata teriminin istenendeğerden, örneğin seçilecek %5 ya da %10'dan küçük kalması durumunda, YSA işleyişini son vermektedir. Böylelikle YSA bundan sonra gelecek girdi verilerinden çıktıları hesaplayarak öngöründe bulunmakta kullanılabilmektedir. Bu işlemde öğrenme, hataların kareleri toplamının en azlanması ile yapılmaktadır[26].

2.6.2.2 Öğretmensiz (danışmansız) öğrenme

Bu stratejide sistemin öğrenmesine yardımcı olan herhangi bir danışman yoktur. Sisteme yalnızca girdi değerleri gösterilmekte, örneklerdeki parametreler arasındaki ilişkileri sistemin kendi kendisine öğrenmesi beklenmektedir. Yalnız sistemin öğrenmesi bittikten sonra çıktıların ne anlama geldiğini gösteren etiketlendirmenin kullanıcı tarafından yapılması gerekmektedir [18].

Hiç çıkış bilgisi olmayan bu öğrenme stratejisinde arzu edilen çıkışlar ağı hiç verilmediğinden hata dikkate alınmaz. Verilen giriş bilgileri, YSA tarafından işlenerek ayırtmalar yapılır. Ayırtma yapılmasında hedef, mümkün olduğu kadar farklı sınıfların belirlenmesidir. Bu yüzden bağlantı ağırlıkları, yalnızca giriş verilerine bağlı olarak değişir. Ayırtma ölçütleri daha önceden bilinmiyor olabilir. Bu gibi durumlarda ağı kendisınıflandırma kurallarını geliştirmelidir. Ancak bu tür bir öğrenme, sınırlı sayıda YSA modelinde uygulanabilmektedir[26].

2.6.2.3 Destekleyici öğrenme

Bu stratejide de öğrenen sisteme bir öğretmen yardımcı olmaktadır. Fakat öğretmen her girdi seti için olması gereken (üretilmesi gereken) çıktı setini sisteme göstermek yerine, sistemin kendisine gösterilen girdilere karşılık çıktı üretmesini beklemekte ve üretilen çıktının doğru ve yanlış olduğunu gösteren bir sinyal üretmektedir. Sistem,

öğretmenden gelen bu sinyali dikkate alarak öğrenme sürecini sürdürmektedir [18]. Başka bir anlatımla, çıktılar hakkında sayısal bir bilgiye sahip olunamasa da bazen sözel bilgiye sahip olunabilir. Örneğin iyi-kötü, güzel-çirkin, var-yok, doğru-yanlış gibi bir bilgi danışmanın ağı kısmen yönlendirmesini sağlamaktadır [32].

2.6.2.4 Katman sayılarına göre YSA

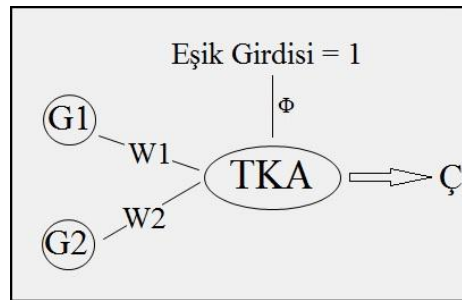
YSA, yapay sinir hücrelerinin oluşturduğu bir yapıdır. Benzer özellikleri gösteren yapay sinir hücrelerinin oluşturduğu öbeğe katman denmektedir. Örneğin girdi sinir hücreleri girdi katmanını, çıktı sinir hücreleri çıktı katmanını oluşturmaktadır. Eğer bir YSA tek katmandan oluşuyor ise tek katmanlı YSA, birden fazla katmandan oluşuyor ise çok katmanlı YSA olarak adlandırılmaktadırlar [18].

Aşağıda katman sayılarına göre sınıflandırılan YSA'nın özellikleri detaylı olarak ele alınmaktadır.

2.6.2.5 Tek katmanlı algılayıcı (TKA)

Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmalarından oluşur. Hücre çıktıları, ağırlıklar üzerinden diğer hücelere ya da kendisine girdi olarak bağlanabilir. Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kuralına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli YSA modelleri geliştirilmiştir [33].

En basit yapay sinir ağı modelinde tek katman ve tek sinir bulunmaktadır. Bu yapay sinir ağlarının birden çok girdi ve tek bir çıktı bulunmaktadır. Çıktı değeri 1 veya 0 olmalıdır. Bu tip modeller genellikle nesneleri iki ayrı sınıfa ayırmak için kullanılmaktadır. Ancak gizli katmanı olmayan sadece girdi ve çıktı katmanı olan ağlar, karmaşık işlevleri hesaplama yeteneğinden yoksundur. Bu nedenle karmaşık hesaplamalar için oluşturulanağlarda en az bir gizli katman bulunmalıdır [34]. Şekil 2.6'daki ağ iki girdi ve bir çıktıdan oluşmaktadır.



Şekil 2.6: İki girdi ve bir çıktıdan oluşan basit bir tek katmanlı YSA modeli.

Ağın çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değerlerinin eşik değeri ile toplanması sonucu bulunmaktadır. Bu girdi değeri bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek ağın çıktısı hesaplanmaktadır. Bu, şu şekilde formülize edilmektedir:

$$\zeta = f\left(\sum_{i=1}^N G_i W_i + \Phi\right) \quad (2.2)$$

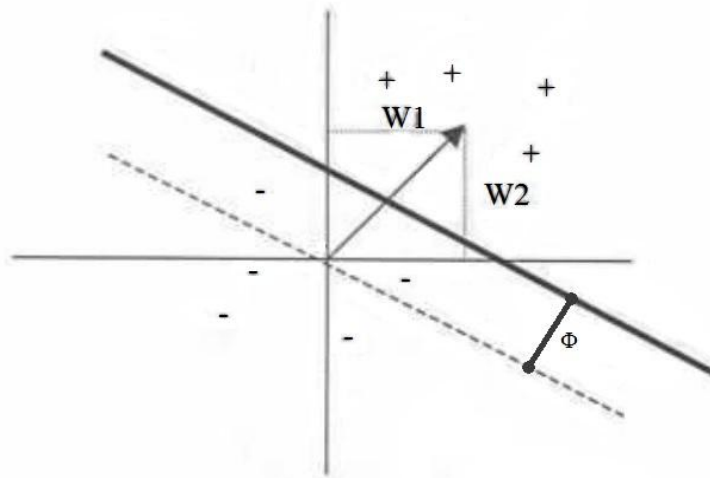
Tek katmanlı algılayıcılarda çıktı fonksiyonu doğrusal fonksiyondur. Yani ağa gösterilen örnekler iki sınıf arasında paylaştırılarak iki sınıfı birbirinden ayıran doğru bulunmaya çalışılır. Onun için eşik değer fonksiyonu kullanılmaktadır. Burada ağın çıktısı 1 veya -1 değerlerini almaktadır. 1 veya -1 sınıfları temsil etmektedir. Eğer ağın çıktısı 1 ise birinci sınıfta -1 ise ikinci sınıfta kabul edilmektedir [18]. Elmas(2010)'da olduğu gibi bazı araştırmacılar sınıfları 1 veya 0 olarak da göstermektedir. Burada iki sınıfı ayıran bir doğrudur.

Sınıf ayracı da denilen bu doğru şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$G_1 W_1 + G_2 W_2 + \Phi = 0 \quad (2.3)$$

Buradan $G_2 = -(W_1/W_2)G_1 - \Phi/W_2$ olur.

Benzer şekilde, $G_1 = -(W_2/W_1)G_2 - \Phi/W_1$ olarak hesaplanır. Bu iki formülden hareketle sınıfın ayracı doğrusu çizilebilir. Bu doğrunun geometrik gösterimi ise Şekil 2.7'de verilmiştir (Öztemel, 2012).



Şekil 2.7: Ağırlıkların ve sınıf ayracı olan doğrunun geometrik gösterimi.

Bu ağırlarda öğrenmeden kasıt ağıın sınıf ayıracı doğrusunun pozisyonunu her iki grubu en iyi şekilde ayıracak biçimde belirlemektir. Bunun için ağırlık değerlerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Yani t zaman biriminde ağırlık değerleri ΔW kadar değiştirilir ise;

$$W_i(t + 1) = W_i(t) + \Delta W_i(t) \quad (2.4)$$

olacaktır. Öğrenme sırasında bu değişim her iterasyonda gerçekleştirilerek sınıf ayırıcının en doğru pozisyonu bulunmaya çalışılır. Ağırlıkların değiştirilmesi doğrunun eğimini değiştirmek anlamına gelmektedir. Bu yeterli olmayabilir. Eşik değerinin de değiştirilmesi gerekir. Bu, doğrunun sınıflar arası kaymasına yardımcı olmaktadır. Böylece aktivasyon fonksiyonunun konumu belirlenmektedir. Bu durum t anında eşik değerinin de;

$$\Phi(t + 1) = \Phi(t) + \Delta\Phi(t) \quad (2.5)$$

şeklinde değiştirilmesi demektir. Öğrenme sırasında ağırlıklarda olduğu gibi eşik değeri de her iterasyonda $\Delta\Phi$ kadar değiştirilmektedir. Tek katmanlı algılayıcılarda önemli görülen iki modelden bahsedilebilir. Bunlardan birisi algılayıcı (perceptron) modeli, diğeri ise Adaline/Madaline ünitesidir [18].

2.6.2.6 Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA)

Yukarıda bahsedilen tek katmanlı algılayıcıların temel özellikleri doğrusal olan problemleri çözebilme kabiliyetleridir. Dolayısıyla daha karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri çözümleyebilmeleri mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda çok katmanlı algılayıcılar ön plana çıkmaktadır.

Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA), girdi katmanı, çıktı katmanı ve bu iki katman arasında bazen bir, bazen de iki ya da daha fazla katmandan oluşan ileri beslemeli bir yapıya sahip YSA çeşididir. Geri yayılım ağırları olarak da adlandırılırlar. Bu isim öğrenme algoritması olarak kullandığı geri yayılım algoritmasından gelmektedir[21].

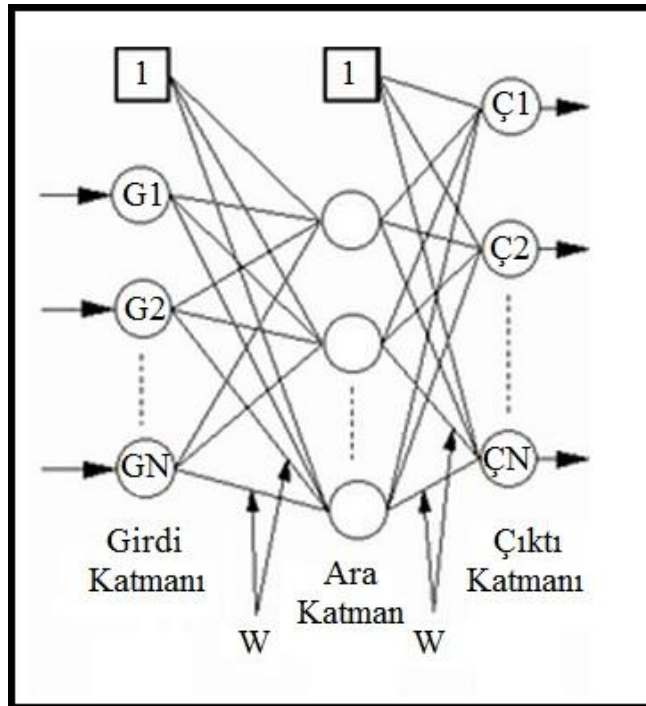
ÇKA bir önceki bölümde anlatılan tek katmanlı algılayıcıların genelleştirilmiş halidir. Bir ÇKA'nın ayırt edici üç önemli özelliği vardır [19]:

- Ağdaki her bir nöron doğrusal olmama özelliği içerir. Doğrusal olmama biçimi genellikle kullanılan sigmoid (lojistik) fonksiyonu ile sağlanır. Lojistik fonksiyonunun kullanımında gerçek sinir hücrelerinden esinlenilmiştir.
- Gizli nöronlardan oluşan bir ya da daha fazla gizli katmana sahiptir. Gizli nöronlar, girdi verisi yapısındaki karmaşık yapıyı öğrenmede ağı başarılı kılarlar.
- Ağ bağlantıları sayesinde çok yüksek derecede bilgi işleme becerisi gösterir. Ağı bilgi işleminde değişiklik olabilmesi, bağlantı sayısında ya da ağırlıklarında değişikliği gerektirir [21].

Yukarıda genel özelliklerinden bahsedilen ve öğretmenli öğrenme metodunu kullanan ÇKA'nın bu çalışmada da kullanılan yöntem olması sebebiyle model yapıları aşağıdaki bölümde sunulmakta ve YSA modeli kurulma aşamalarından söz edilmektedir.

2.7 Çok Katmanlı Algılayıcıların Model Yapıları ve Bileşenleri

Çok katmanlı algılayıcılar giriş ve çıkış tabakaları arasında en az bir ara katmana sahip ileri beslemeli ağlardır. ÇKA ağlarının yapısı Şekil 2.8'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.8: Tek ara katmanlı ÇKA modeli.

Girdi katmanı ilk katmandır ve dışarıdan gelen verilerin (G_1, G_2, \dots, G_N) yapay sinirağına alınmasını sağlar. Bu veriler istatistikte bağımsız değişkenlere karşılık gelir[35]. Girdi katmanı, dış dünyadan gelen girdileri alarak ara katmana göndermektedir. Bu katmanda bilgi işleme olmamaktadır. Gelen her bilgi geldiğı gibi bir sonraki katmana gitmektedir. Birden fazla girdi gelebilmektedir. Her proses elemanının sadece bir tane girdisi ve bir tane çıktısı vardır. Bu çıktı bir sonraki katmanda bulunan bütün proses elemanlarına gönderilmektedir. Yani, girdi katmanındaki her proses elemanı bir sonraki katmanda bulunan proses elemanlarının hepsine bağlıdır[18].

Ara katmanlar (gizli katman) sadece girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında bilgi taşımaktadır. Şekil 2.8'de her ne kadar ara katmandaki sinir hücreleri sadece bir sonraki katmandaki sinir hücrelerine bilgi aktarıyorsa da, katmanlar arası bilgi aktarımı da mümkündür [26]. Gizli katmanda yer alması gereken nöronların sayısının seçimi ve ağıın performansı için büyüklüğünün belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Çünkü gizli katman sayısı ve nöron sayısı arttıkça ağıın karmaşıklığı da artacaktır[36].

Çıktı katmanı, ara katmandan gelen bilgileri işleyip girdi katmanından verilen girdilere karşılık, ağıın ürettiğı çıktıları ($\hat{C}_1, \hat{C}_2, \dots, \hat{C}_N$) belirleyerek dış dünyaya göndermektedir. Bir çıktı katmanında birden fazla proses elemanı olabilir. Her proses elemanı bir önceki katmanda bulunan bütün proses elemanlarına bağlıdır. Her proses elemanının sadece bir tane çıktısı vardır [18]. Çıktı değişkenleri de istatistikte bağımlı değişkenlere karşılık gelmektedir[36].

Biyolojik sinir hücresinin taklidi olan yapay sinir hücreleri, girdiler, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktıdan oluşmaktadır. Tipik bir YSH, Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Şekil 2.2'de görüldüğü üzere bir yapay sinir hücresinin birden fazla girdisi olabilir ancak sadece bir çıktısı vardır. Girdi değerleri bağlantı ağırlıkları ile çarpılarak birleştirme fonksiyonu yardımı ile birleştirilmektedir. Birleştirme fonksiyonu olarak genelde toplama fonksiyonu kullanılmaktadır. Birleştirme fonksiyonunda birleştirilen girdiler YSH'nin net girdisini oluşturmaktadır. Net girdi aktivasyon fonksiyonunda işleme tabi tutulmaktadır. Aktivasyon fonksiyonunun çıktısı YSH'nin net çıktısıdır. Bir yapay sinir hücresi bilgisini bağlantı ağırlıkları aracılığı ile saklamaktadır. Bağlantı ağırlıklarının belirlenmesi işlemi bir ağıın doğru çıktı üretebilmesi için şarttır [18].

Daha önceki kısımda bahsedildiği üzere YSH beş bileşenden oluşmaktadır. ÇKA'nın sonuç üretebilmesi ve problemlere çözüm sağlamaları amacıyla her bileşen önem arz etmekte ve doğru modelleme oluşturabilmek amacıyla birbirleriyle uyumlu çalışabilecek hale getirilmelidirler. Bu nedenle optimum ağı oluşturulması hata oranının da minimum seviyelere çekilebilmesine olanak sağlayacaktır. Bu bölümde ÇKA'nın katman yapılarından bahsedilmiş olup YSH'nin alt bileşenleri aşağıda incelenmiştir.

2.7.1 Birleştirme (toplama) fonksiyonu

Birleştirme (toplama) fonksiyonu, bir işlem elemanından gelen bilgileri birleştirme görevi yapmaktadır. Yani, bir nörona gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur. En çok kullanılan birleştirme fonksiyonu tipleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanı, gelen bilgilerin (girdilerin) ilgili bağlantıların ağırlıkları ile çarpılıp toplanması ile net girdiyi belirleyen toplam fonksiyonudur. En uygun birleşme fonksiyonu deneme yanılma ile bulunmaktadır[37].

Çizelge 2.2: Bazı birleştirme fonksiyonları.

Fonksiyonun Adı	Fonksiyon
Toplam	$Net\ Girdi = \sum_i G_i W_i$
Çarpım	$Net\ Girdi = \prod_i G_i W_i$
Maksimum	$Net\ Girdi = maks(G_i W_i)$
Minimum	$Net\ Girdi = \sum_i sgn(G_i W_i)$
Çoğunluk (Signum)	$Net\ Girdi = \sum_i sgn(G_i W_i)$
Kümülatif Toplam	$Net\ Girdi = Net_{eski} + \sum_i G_i W_i$

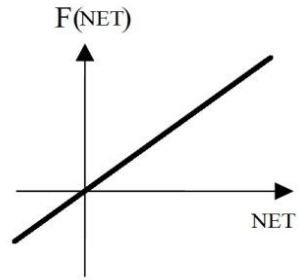
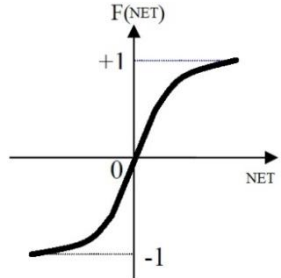
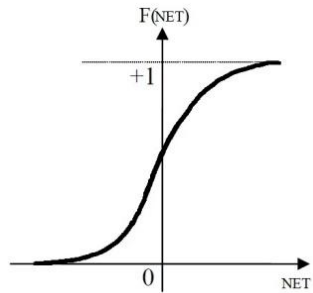
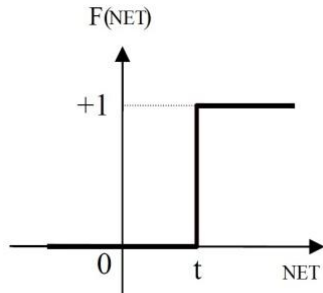
2.7.2 Transfer (aktivasyon) fonksiyonu

Transfer (aktivasyon) fonksiyonu, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirlemektedir. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonu olarak da çıktıyı hesaplamak için değişik formüller kullanılmaktadır. Bazı modeller (çok katmanlı algılayıcılar gibi) bu fonksiyonun

türevinin alınabilir bir fonksiyon olmasını şart koşturmaktadır. Bir problem için en uygun fonksiyonun hangisi olduğu yine tasarımcının denemeleri sonucunda belirlenebilir ve uygun fonksiyonu gösteren bir formül bulunabilmiş değildir [18].

Literatürde, transfer fonksiyonu sıkıştırma veya eşik fonksiyonu olarak da adlandırılmaktadır. Bunun sebebi, çıktı sinyallerini $[0, 1]$ veya $[-1, 1]$ aralığında sınırlandırmasıdır [38]. Ele alınan olayın ile ağ yapısına göre farklı transfer fonksiyonları kullanılmaktadır. Uygulamada sıklıkla kullanılan aktivasyon fonksiyonları Çizelge 2.3'te sunulmuştur[18,26,39].

Çizelge 2.3: Bazı aktivasyon fonksiyonları.

Fonksiyon Türü	Fonksiyon	Fonksiyonun Grafiği
Lineer (Doğrusal) Fonksiyon	$F(NE T) = NE T$	
Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu	$F(NE T) = \frac{e^{NE T} + e^{-NE T}}{e^{NE T} - e^{-NE T}}$	
Sigmoid Fonksiyonu	$F(NE T) = \frac{1}{1 + e^{-NE T}}$	
Eşik (Basamak) Fonksiyonu	$F(NE T) = \begin{cases} 1, & NE T > t \\ 0, & NE T \leq t \end{cases}$	

Yukarıdaki çizelgede yer alan transfer fonksiyonlarının genel özellikleri şöyledir:

- Lineer (doğrusal) aktivasyon fonksiyonunda gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıktısı olarak kabul edilmektedir.
- Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonunda hücre çıktısı gelen NET girdi değerinin tanjant fonksiyonundan geçirilmesi ile hesaplanır. $[-1, 1]$ aralığında çıktı değeri üretir.
- Sigmoid aktivasyon fonksiyonu geri yayılım tekniği ile eğitilen ağlarda iyi sonuçlar verir. $[0, 1]$ aralığında çıktı değeri üretir.
- Eşik (basamak) aktivasyon fonksiyonu genellikle tek katmanlı ağlarda kullanılır. Hücre çıktı değeri $[0, 1]$ aralığında değişir.

2.7.3 Veri normalizasyonu (ölçeklendirilmesi)

Verilerin normalizasyonu için seçilen yöntem YSA performansını doğrudan etkileyecektir. Çünkü normalizasyon, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını kümülatif toplamalarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlenmiş kümülatif toplamaların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar[40]. Ölçeklendirme, verinin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı sınımlar içeren problemlerin YSA modellerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuzluk kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabilir [41].

Söz konusu nedenlerden dolayı aktivasyon fonksiyonlarının ürettikleri çıktı değerleri göz önüne alınarak girdi verilerine normalizasyon işlemi uygulanmalıdır. Kullanılan aktivasyon fonksiyonlarına göre uygulanması gereken normalizasyon işlemi fonksiyonları Çizelge 2.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4: Normalizasyon işlemi fonksiyonları.

Aktivasyon Fonksiyonu	Normalizasyon	Fonksiyon
Hiperbolik Tanjant	$[-1, 1]$	$x_i' = \frac{2(x_i - \min_{(x_i)})}{(\max_{(x_i)} - \min_{(x_i)})} - 1$
Sigmoid	$[0, 1]$	$x_i' = \frac{x_i - \min_{(x_i)}}{\max_{(x_i)} - \min_{(x_i)}}$

Burada;

x_i : normalize edilecek hücreyi,

x_i' : x_i hücresinin normalize edilmiş halini,

$\min_{(x_i)}$: normalize edilecek veri kümesindeki minimum değeri,

$\max_{(x_i)}$: normalize edilecek veri kümesindeki maksimum değeri temsil eder.

2.7.4 Ağ performanslarının değerlendirilme kriterleri

Eğitimi tamamlanan ağın test aşamasına geçilmektedir. Test aşamasında ağa öğrenme sırasında görmediği test verileri sunulmakta ve ağ bu verilerle performans testine tabi tutulmaktadır. Ağ performansları değerlendirilirken en iyi sonucu veren YSA mimarisinin belirlenmesinde bir takım performans ölçütleri kullanılmaktadır. Aşağıda literatürde sıklıkla kullanılan performans kriterleri gösterilmiştir[26,29]:

$$\text{Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH)} = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N \left| \frac{GT_i - T_i}{GT_i} \right| (100) \quad (2.6)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (OMH)} = \sum_{i=1}^N \left| \frac{GT_i - T_i}{N} \right| \quad (2.7)$$

$$\text{Hata Kareleri Ortalaması (HKO)} = \sum_{i=1}^N \frac{(GT_i - T_i)^2}{N} \quad (2.8)$$

$$\text{Hata Kareleri Ortalaması Karekökü (HKOK)} = \sqrt{HKO} \quad (2.9)$$

$$\text{Hata Kareleri Toplamı (HKT)} = \sum_{i=1}^N (GT_i - T_i)^2 \quad (2.10)$$

Burada;

GT_i : Gerçekleşen teklif fiyatını,

T_i : Tahmin edilen teklif fiyatını,

N : Veri kümesinin büyüklüğünü temsil eder.

3. YSA ANALİZİNDE KULLANILACAK VERİLERİN ANALİZİ VE SİSTEM ARAŞTIRMASI

Çalışmanın bu bölümü içerisinde YSA analizine geçmeden önce yapılan ön araştırma ve çalışmalardan bahsedilmiştir. Bu kapsamda ağı girilecek verilerin toplanma metodlarından, firmanın ürün yelpazesinden ve cephe elemanlarının üretim sürecinden bahsedilmiş ve müşteri için teklif dosyası hazırlama aşamaları sunulmuştur. Ayrıca YSA analizinin yapılacağı programın seçimi ve programa girilecek verilerin araştırılması aşamalarından bahsedilmiştir.

3.1 Veri Toplamada İzlenen Yöntem

YSA analizinde kullanılacak girdi parametrelerinin doğru belirlenmesi ağ başarısı açısından önemlidir. Bu nedenle girdi verileri çıktı ile yüksek ilişkiye sahip parametrelerden oluşmalı ve çıktının tanımlanmasında kullanılabilmelidir.

Girdi parametreleri seçimi firmada teklif dosyalarını hazırlayanlar ve firma genel müdürüyle görüşmeler neticesinde belirlenmiştir. Örnek firmada geçirilen çalışma süresi boyunca edinilen tecrübelerden faydalanılarak maliyet ögeleri belirlenmeye çalışılmış ve belirlenen ögeler genel müdürle tartışılarak bir maliyet havuzu oluşturulmuş, ayrıca firma genel yapısı incelenmiştir.

3.1.1 Örnek Firmanın Faaliyet Alanı ve İş Üstlenme Biçimi

Dış cephe kaplama sektöründe faaliyet gösteren firmada, sipariş alındıktan sonra montaj ve nakliye dahil hizmet verilmektedir. Teklifleri teklif sorumlusu oluşturmakta ve onay, teklif incelendikten sonra firma genel müdürü tarafından verilmektedir. Organizasyon yapısına bakıldığında kurumsal bir yapılanma olmadığı ve karar alıcı konumundaki genel müdürün stratejik ve ekonomik kararları verdiği görülmüştür. Tek kişiye bağlı kalınan bu yapılanma, şirkette hızlı karar alınmasını kolaylaştırırken, şirket stratejisini oluşturan, karar verici konumundaki genel müdürün görevden ayrılması durumunda kazanılan şirket tecrübesinin yok olmasına sebebiyet verecektir.

Bu nedenle tüm şirket verilerinin bir veritabanına aktarılarak sürekli güncellenmesi ve şirkette kurumsal bir yapılanmaya gidilerek bu verileri takip ve analiz eden bir çalışan bulundurulması önem arz etmektedir. Aşağıdaki bölümde veritabanı oluşturulması amacıyla şirketin ürün gamı, üretim ve teklif süreçleri incelenerek tahmin sisteminde kullanılabilecek verilerin tespit edilmesi sağlanmıştır.

3.1.2 Ürün gamı

Prekast cephe çözümleri sayesinde her türlü mimari uygulama gerçekleştirilebilmekte, teknolojiyle birlikte hızla çeşitlenen ve klasik yöntemlerle yapılması çok zahmetli olan veya mümkün olmayan tasarımlar hayata geçirilebilmektedir. Teklif dosyaları incelendiğinde, projelere özgü olarak tasarlanıp üretilmiş cephe elemanlarının geometrik şekil ve desenlerine göre bazı gruplara ayrıldığı ve her ürün grubunun satış fiyatının, üretim süreçleri göz önüne alınarak belirlendiği görülmektedir.

Ürün gamını oluşturan ve satış fiyatları birbirinden farklı olan ürün grupları aşağıdaki listede gösterildiği üzere yediye ayrılmaktadır:



- Saçak silmesi,
- Harpuşa,
- Kat silmesi,
- Söveler,
- Kolon kaplamaları,
- Düz kaplamalar ve
- Süsler.

Bu gruplara ait örnek şantiye resimleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: Kaplama elemanlarının oluşturduğu ürün gamı ve örnek resimleri.

Kaplama Elemanı	Örnek Resim
Saçak silmesi	
Harpuşta	
Kat silmesi	
Söveler (kapı ve pencere sövesi)	
Kolon kaplamaları	

Çizelge 3.1 (devam): Kaplama elemanlarının oluşturduğu ürün gamı ve örnek resimleri.

Kaplama Elemanı	Örnek Resim
Düz kaplamalar	
Süsler	

Saçak silmeleri, bina saçak parapetlerini kaplamak için kullanılan yatay kaplama elemanlarıdır. Saçak parapeti boyutlarına göre yükseklikleri değişmekte olup genellikle 50 cm ile 150 cm arasında değişen yüksekliklerde imal edilmektedirler.

Harpuşta, bina parapetleri ve bahçe duvarlarının üstünü kaplamak için kullanılan yatay kaplama elemanlarıdır. Aynı zamanda kaplama üst bitiş detayı oldukları için yapılan cephe kaplamasının yapı içine üstten yağmur suyu almasını engellemek için kullanılırlar. Genişlikleri kaplanacak duvar genişliklerine göre belirlenmekle birlikte, genellikle 30 cm ile 50 cm arasında değişmektedir.

Kat silmeleri, kat aralarında kullanılan, saçak silmeleri ile benzerlik gösteren ancak yükseklikleri daha az olan yatay kaplama elemanlarıdır. Yükseklikleri genellikle 30 cm ile 75 cm arasında değişmektedir.

Söveler, kapı ve pencere boşluklarının ebatlarına göre imal edilen kaplama elemanlarıdır. Söve genişlikleri tasarıma göre değişmekle birlikte, genellikle 10 cm ile 30 cm arasında üretilmektedirler.

Kolon kaplamaları, açıkta duran sütunları kaplayan, mimari tasarıma göre oval veya düz olabilen, motifli ve düşey kaplamalardır. Aynı zamanda kolonkaideleri ile kolon başlıkları da bu gruba dahil edilmiştir.

Düz kaplamalar sınıfında, üzerinde desen veya motif barındırmayan, yapımı diğer kaplama tiplerine göre daha kolay olan, ebat olarak 1 m² ile 15 m² arasında değişen boyutlarda imal edilebilen kaplama elemanları bulunmaktadır. Projelerin büyük çoğunluğunu düz kaplamalar oluştururken, kolay imalat ve montajları sebebiyle de birim fiyatları daha düşüktür.

Yukarıda bahsedilen gruplarda yer almayan; payandalar, korkuluklar, baca şapkaları, denizlikler ve kilit taşları gibi boyut ve şekilleri standart olmayan, yoğun işçilik gerektiren cephe elemanları, süsler grubunu oluşturmaktadır. Fiyatlandırmaları genellikle adet bazında verilmekte olup çalışma kapsamında açılımları yapılarak metraj bilgileri kullanılmıştır.

Ürün gamı yukarıda bahsedilen ürünlerden oluşan firmada, sağladığı hizmetlerin bütününe oluşturan işlemlerin tanımlanması ve teklif fiyatı üzerinde etkisi olabilecek değişkenlerin belirlenmesi amacıyla üretim süreci de irdelenmiştir.

3.1.3 Üretim süreci

Tasarımı tamamlanan bir işte yukarıda bahsedilen ürün çeşitlerinin tamamı kullanılabildiği gibi sadece biri de yer alabilmektedir. Mimari detayları belirlenen projenin üretim detayları netleştirilmekte, kaplama elemanının şekline bağlı olarak üretimin daha hızlı ve kolay yapılması amacıyla dökümün yapılacağı kalıp türüne karar verilmektedir. Kalıplar da yapıldıkları malzeme türlerine göre ikiye ayrılmaktadır:

- Ahşap kalıplar ve
- Polyester kalıplar.

Ahşap kalıplar polyester kalıplardan daha dayanıklı olmalarına karşın karmaşık desenlere sahip kaplamalarda kullanılamamaktadırlar. Polyester kalıplar ise ahşap kalıplar kadar dayanıklı olmadıkları için döküm sayısı fazla olan kaplama elemanlarının dökümünde tercih edilmeleri halinde, kalıp bakım ve onarım masrafinin yüksek olması kaçınılmazdır. Bahsedilen sebeplerden ötürü düz kaplamalarda, döküm sayısı fazla olan ve ahşap kalıp yapımına elverişli olan cephe elemanlarında ahşap kalıp kullanılırken; süsler, işlemeli kolonlar, detayı fazla olan söveler gibi desenli kaplamalarda polyester kalıp tercih edilmektedir.

Kalıp seçimi fiyatlandırma yapılırken göz önüne alınan bir unsurdur. Bir kalıptan yapılan döküm sayısı arttıkça o cephe elemanın satış fiyatı da o kadar makul seviyelere gerilemektedir.

Üretim sürecinde firma maliyetini etkileyen bir diğer etkende prekast elemanın yerine monte edilmesinde kullanılan konstrüksiyonun seçimidir. Elemanların boyut ve ağırlıkları ile cepheye yerleştirilme şekillerine göre belirlenen konstrüksiyonlar, kalıba dökülmüş cam elyaf katkılı çimento malzemesinin içine yerleştirilmektedir. Kalıba dökülen çimento harcına donatı yerleştirilmez. Zira kullanılan elyaf malzemesi donatı görevi görürken, kazandırdığı esnekliksayesinde dış etkilere karşı dayanımı artırır.

Harca yerleştirilen konstrüksiyonların görevi, kaplamaların ağırlıklarının uygun montaj teknikleriyle binaya aktarılmasını sağlamaktır. Her cephe elemanının ayrı konstrüksiyonu vardır. Bu sayede deprem esnasında her eleman tekil olarak hareket edebilmekte ve elemanlar arası yük aktarımı önlenerek güvenlik riskleri bertaraf edilmektedir.

Dökümleri ve konstrüksiyonlarının yapımı tamamlanan elemanlar, prizlerini almaları için bir gün süreyle fabrikada uygun ortam ve sıcaklıkta bekletilmektedir. Bu süre içerisinde yeterli dayanıma ulaşmakta ve bir sonraki gün kalıptan çıkarılan elemanlar vinçler yardımıyla firmanın kendi nakliye araçlarına yüklenmektedir. Bahsedilen tüm üretim süreci fabrikada gerçekleştirilmekte ve cephe elemanlarının taşıma araçlarıyla şantiye sahasına indirilmesiyle birlikte üretim süreci sonlanmaktadır.

Çalışmada teklif fiyatı tahmini yapılmakla beraber, teklif fiyatı üzerinde etkisi olan üretim süreci incelenmiştir. Bir sonraki bölümde üretim süreci anlatılan firmanın teklif fiyatını belirlerken izlediği strateji ve aşamalardan bahsedilmiştir.

3.1.4 Teklif süreci

Giriş bölümünde de vurgulandığı üzere örnek firmada maliyetin; dolayısıyla şirket karlılığının izlenebildiği bir sistem mevcut değildir. Teklif stratejisi kurulurken de standardizasyon olmadığı için geçmiş tecrübelerle dayanılmakta ve alınmak istenen iş için kar hedefi net olarak hesaplanamamaktadır. Potansiyel işlerin belirlenip teklifin oluşturulmasına kadar geçen aşamalar Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1: Teklif hazırlama aşamaları.

Birinci aşamayı teklif verilecek işin tespiti oluşturmaktadır. Müşteriler genelde piyasa araştırmasıyla bulunmakla birlikte, müşteri tarafından firmatespit edilerek de teklif istenebilmektedir. Teklif verilecek işin tespitinin ardından mimari proje detaylarının belirleneceği ikinci aşamaya geçilir. Bu aşamada müşterinin mimari projesi varsa onun üzerinde çalışılmakta, proje yoksa müşteri isteklerine göre mimari proje hazırlanmaktadır. Hazırlanan projeye onay alındıktan sonra poz numaraları verilerek proje metrajları çıkarılmakta, kullanılacak kalıp çeşidi ve sayısı belirlenerek işin bitirilebileceği tarih tespit edilmektedir.

Üçüncü aşamada metrajları belirlenmiş olan projenin malzeme gereksinimi kabaca hesaplanıp işin kesinleşmesi durumunda fabrika stok durumunun yeterli olup olmayacağı öngörülmeyle çalışılmaktadır.

Dördüncü aşamada ise proje hazırlıkları tamamlanan iş için müşteri araştırması yapılmaktadır. Müşteri araştırması kapsamında aşağıdaki hususlar göz önüne alınarak müşteri profili anlaşılmaya çalışılmaktadır:

- Müşterinin şirketle daha önce yaptığı bir sözleşme var mı?
- Varsa sözleşme şartlarını yerine getirmiş mi?
- Yoksa piyasadaki saygınlığı ve taşeron ilişkileri nasıl?

Beşinci aşamada araştırması yapılarak onay verilmiş müşteriler için daha önceki aşamalardan elde edilen veriler derlenerek poz numaralarıyla belirlenmiş ürün grupları için birim fiyatlar hesaplanmaktadır. Bu kapsamda daha önce verilen tekliflerden benzer pozların birim satış fiyatları göz önüne alınmakta ve işin lokasyonu, zorluk derecesi, müşteri analizi, malzeme ve işçilik fiyatlarındaki değişimler ile oluşabilecek proje bazlı ek masraflar düşünülüp tecrübeye dayalı olarak birim fiyatlar güncellenmektedir.

Son aşamada, teklif sorumlusu tarafından güncellenen ürün fiyatları, teklif aşamasında karar verici olan firma genel müdürünün onayına sunulmakta ve onaylanan teklifler müşteriye iletilmektedir.

3.2 YSA Analizinde Girdi Olarak Kullanılabilecek Parametrelerin Araştırılması

YSA analizinde doğru sonuçlara ulaşmak için çıktıyı tanımlamada kullanılan girdi verilerinin doğru seçilmesi önem arz etmektedir. Çıktı tahmini olayı d 'ye bağlı $d=ax+by+cz$ gibi bir fonksiyon oluşturmak olarak ele alınırsa, d çıktı, x , y ve z verileri girdiler, a , b ve c katsayıları da YSA analizinden elde edilecek ağırlık değerleri olacaktır. Dolayısıyla her d 'yi tanımlayacak x , y ve z 'ler kendine özgü, a , b ve c katsayıları da tanımlanan x , y ve z 'lere özgü değerler olacaktır. Bu tanımlamalar ne kadar doğru yapılırsa elde edilecek tahmin sonuçları da o kadar hassas olacaktır.

Teklif fiyatının tahmini için önceki bölümde bahsedilen şekilde fiyat üzerinde etkisi olduğu düşünülen maliyet öğeleri tespit edilmiş ve aşağıda sunulmuştur:

- Sıva malzemesi maliyeti,
- Yalıtım malzemesi maliyeti,
- Kalıp maliyeti,
- Kaplama konstrüksiyonu maliyeti,
- Ek konstrüksiyon maliyeti,
- İşçilik (döküm ve montaj) maliyeti,
- İşçi konaklama maliyeti,
- Nakliye maliyeti,

- Statik hesap maliyeti,
- İskele ve vinç maliyeti,
- Döküm ve montaj aletleri maliyeti,
- Rölöve maliyeti,
- Genel giderler.

Yukarıdaki maliyet öğelerinden sıva malzemesi maliyeti, kaplamada kullanılan tüm malzemelerin 1 m²'de kullanılan miktarları ile bu miktarların birim fiyatları çarpılarak belirlenmekte ve aylık olarak güncellenmektedir. Beyaz çimento, silis kumu ve elyafağırlıklı olarak hazırlanan karışımındaki hammaddelerin fiyatlarına muhasebe kayıtlarından ulaşılmış ve girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

Yalıtım uygulaması bazı projelerde cephe firması tarafından yapılırken bazı projelerde ise başka firmalarca yapılmaktadır. Teklif dosyalarına bakıldığında bazı dosyalarda ayrı bir kalem olarak yalıtımın eklendiği bazılarında ise kaplama birim fiyatlarının içerisinde bulunduğu görülmüş ve bu projelerdeyalıtım bedeli ayrımı proje bazlı olarak yapılamadığından yalıtım malzemesi maliyeti girdi olarak kullanılamamıştır.

Kaplama elemanı imalatında ürün gamında bahsedildiği üzere ahşap ve polyester olmak üzere iki tip kalıp kullanılmaktadır. Bir kalıp hasarlı olmaması ve proje detayına uygun olması durumunda birçok farklı projede kullanılmaktadır. Bu nedenden ötürü hangi kalıbın hangi projede kullanıldığının tespiti imkansız olmakla birlikte girdi olarak kalıp maliyeti kullanılamamıştır.

Kaplama konstrüksiyonları, mimari proje tamamlandıktan sonra imalat projeleri hazırlanırken belirlenmekte ve kesitleri detaylandırılmaktadır. Ancak teklif aşamasında bu detaylar henüz bilinmediği için konstrüksiyon metrajı belli olmamakta ve bu yüzden girdi olarak kullanılamamaktadır. Aynı şekilde şantiyede projeden kaynaklanan taşıyıcı konstrüksiyon ihtiyacı doğabilmekte fakat yine bu konstrüksiyonların da önceden tahmini mümkün olmadığı için girdi olarak kullanılması mümkün olmamaktadır.

İşçilik her işte olduğu gibi dış cephe sektöründe de önemli maliyet öğelerinden birini oluşturmaktadır. İşçiliğin hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılmakla birlikte, aynı anda bir çok şantiyede yer değiştirmek suretiyle çalışan işçilerin ağırlıkta olduğu

firmalarda adam-saat verileri daha sağlıklı maliyet analiziyapılmasına olanak sağlamaktadır. Bunun için adam-saat verilerinin kaydedilmesi amacıyla puantör çalıştırılması şarttır. Ancak örnek firmada bu verilere ulaşılamamış ve önemli bir girdi parametresi olarak düşünülen işçilik maliyeti teklif fiyatı çıktısının tahmininde ağı girdi olarak sunulamamıştır.

İşçi konaklama giderleri bazı işlerde firmaca karşılanırken bazı işlerde ise sözleşmeleri gereği işçilerce ödenmektedir. Bu durum da geçmiş projeler için tespit edilememiş ve girdi olarak işçi masraflarının elenmesine neden olmuştur.

Nakliye maliyeti alınan işin lokasyonu ile fabrika lokasyonu arasındaki mesafe göz önünde bulundurularak hesaplanmakta ve kilometre birim fiyatı belirlenen transfer ücreti ile çarpılmak suretiyle hesaplanmaktadır. Bu veri her proje için önceden belirlenebildiği için ağı girdi parametresi olarak sunulmuştur.

Statik hesap maliyeti her projede yer alan bir maliyet türü değildir. Genellikle müşteriler tarafından ayrıca bir hesap raporu istenmemekle birlikte projelerin çok az bir kısmında statik hesap, statik hesap ofislerine yaptırılarak firmaya gider olarak yansımaktadır. Teklif aşamasında müşterinin statik hesap raporu isteyip istemeyeceği bilinmediği için bu gider genellikle örnek firma karından düşülmektedir. Bu nedenle girdi olarak kullanılamamıştır.

İskele ve vinç maliyetlerini de kalıp maliyetinde olduğu gibi proje bazlı olarak belirlemek mümkün olamamıştır. İskele gereksinimi genellikle müşteri tarafından karşılanırken vinç alımı toptan yapılmakta ve şantiyeler arası vinç değişimi yüksek oranda gerçekleşmektedir. Bu nedenle iskele ve vinç maliyeti girdi parametrelerinden elenmiştir.

Dökümde ve montajda kullanılan aletler sözleşme gereği bazı durumlarda işçiden istenmektedir. Bu durum da tespit edilememiş ve döküm ve montaj aleti maliyeti girdi setinden elenmiştir.

Rölöve işlemi firma tarafından veya firmaca işin verildiği başka bir taşeron firma tarafından yapılmaktadır. Rölövenin kim tarafından alınacağı, alınan işin başlanacağı tarihte, firma iş yoğunluğuna göre belirlenmekte ve teklif tarihinde bilinmemektedir. Bu nedenle rölöve maliyeti önceden hesaplanamamakta ve girdi olarak kullanılamamaktadır.

Genel giderlerin belirlenmesi ve hesaplanması mümkün olmakla beraber fabrika ve ofis kiralari, çalışan maaşları, kırtasiye giderleri gibi her ay düzenli ödenen giderlerden oluşmaktadır. Ancak bu bilgilere ulaşamadığı için genel giderler girdi olarak kullanılamamıştır.

Maliyet öğelerinin dışında yapı yükseliği bir diğer girdi parametresi olarak ağı sunulmuştur. Yapı yükseliğinin artması projede kullanılan kaplama elemanlarının tekrar sayısını ve aynı kalıptan çıkacak eleman sayısını artırmaktadır. Bunun maliyetler üzerinde düşürücü etkisi olduğu görülmüş ve girdi olarak kullanılması gerektiği düşünülmüştür.

3.3 YSA Analizinde Kullanılacak Programın Araştırılması

YSA yöntemini uygulamaya dökmek için tasarlanan birçok yazılım kütüphanesi, simülasyon, yazılım ve eklentiler mevcuttur. Aşağıda bunlardan bazıları sunulmuştur:

- Joone : Açılımı Java Object Oriented NeuralEngine olan kütüphane Java ortamında yapaysinir ağlarının kullanılması için geliştirilmiştir. Ayrıca görsel olarak yapaysinir ağının oluşturulması ve eğitilmesini sağlayan bir araca sahiptir.
- Neural Network Toolbox for MATLAB:MATLAB için yapay sinir ağı aracıdır.
- Annie : Açık kaynak kodlu bir kütüphane olup C++ dili için geliştirilmiştir.
- FANN : ANSI C ile gerçekleştirilmiş bir yapay sinir ağı kütüphanesidir. Benzerlerinin çoğundan daha hızlı çalışmaktadır.
- Genesis : Karmaşık sinir ağı simülasyon ortamıdır.
- Stuttgart Neural Network Simulator : C'de yazılmış ve X tabanlı grafik arayüzü olan yapay sinir ağı uygulama simülasyon ortamıdır.
- NeuroXL : MS Excel için yapay sinir ağı eklentisidir. Tahminleme, sınıflandırma ve özellikle finansal tahminleme için geliştirilmiştir.
- NeuroSolutions : Bir çok sinir ağı ve öğrenme algoritmasını destekleyen ticari bir yazılımdır.

- NeuralWorks Professional II/PLUS :Kapsamlı sinir ağı geliştirme ortamı sunantıcarı bir yazılımdır[42].

Çözöme ulaştırılmak istenen problemin yapısına uygun YSA modelini oluşturmaya yarayan program sayısı yukarıda göröldüğü üzere oldukça fazladır. Bunların en önemlilerinden biri MATLAB altında çalışan Neural Network Toolbox paket programıdır. YSA modeli önce Neural Netwok Toolbox yazılımı altında kurulmuş ancak doğru yazılım kodlaması gerçekleştirilemeyerek istenen başarı oranı sağlanamamıştır. Bu nedenle YSA uygulaması MS Excel kullanılarak yeniden kodlanmış ve ağı ağırlıklarının hesaplanması için MS Excel altında eklenti olarak çalışan MS Excel Çözücü (Solver) aracı kullanılmıştır.

4. ÖRNEK FİRMA İÇİN TEKLİF FİYATI TAHMİNİNDE YSA MODELLEMESİNİN KULLANILMASI

Çalışmada, dış cephe sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın teklif verirken kullanacağı fiyatların YSA yöntemi kullanılarak tahmin edilmesi amacıyla, değişik tip ve ebattaki projelerden yararlanılmıştır. Projeler herhangi bir eleme kistası göz özüne alınarak seçilmemiş ve seçilen işlerin inşaat alanında geniş bir yelpaze oluşturmaya özen gösterilmiştir. Özellikle gerekli verilerine ulaşılabilen işler ele alınmakta olup, bu kapsamda; alçak ve yüksek katlı konutlar, okul, hastane ve belediye hizmet binaları, oteller, restorasyon gerektiren tarihi yapılar, iş merkezleri ile spor yapılarından oluşan farklı mimarilerdeki projeler kullanılmıştır. Projelerin, YSA modelinde girdi olarak kullanılması düşünülen verileri göz önünde bulundurularak metrajları hesaplanmış ve teklif fiyatı çıktı değeri olarak belirlenmiştir.

4.1 YSA Analizinde Kullanılan Girdi ve Çıktı Veri Setinin Belirlenmesi

Veri seti oluşturulurken elde edilen çok sayıdaki proje dosyası incelenmiş ve dönemselsel ekonomik dalgalanmaların en aza indirgenebilmesi amacıyla sadece 2011 yılı içerisinde teklif verilen 100 adet iş seçilmiştir. 100 işin %80'i (80 iş) YSA eğitim aşamasında kullanılmış ve %20'siyle de (20 iş) oluşturulan ağ test edilmiştir. Standart teklif prosedürünün uygulanmadığı teklifler, sistemi yanıltmamaları amacıyla çalışmaya dahil edilmemiştir.

Önceki bölümde tanımlanan maliyet öğelerinin her ne kadar neler olduğu bilinse de örnek şirkette bu kalemlerin kaydı tutulmadığı veya bilgilerine erişilemeyen bazı öğeler elenmek durumunda kalmıştır. Elde edilebilen kaydedilmiş veriler derlendiğinde, metraj bilgileri (m^2 ve % olarak), yapı yüksekliği (m), m^2 malzeme maliyeti (TL) ve nakliye (TL) YSA modellemesinde girdi vektörleri olarak kullanılarak teklif bedeli (TL) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çizelge 4.1'de girdi vektörleri ile çıktı vektörü gösterilmektedir.

Çizelge 4.1: YSA analizinde kullanılan girdi ve çıktı parametreleri.

Parametreler	Projeler				
	Proje 1	Proje 2	Proje 3	...	Proje 100
G1	Saçak Silmesi (%)				
G2	Harpuşta (%)				
G3	Kat Silmesi (%)				
G4	Söveler (%)				
G5	Kolon Kaplamaları (%)				
G6	Düz Kaplamalar (%)				
G7	Süsler (%)				
G8	Yapı Yüksekliği (m)				
G9	M ² Malzeme Maliyeti (TL)				
G10	Nakliye (TL)				
G11	Toplam Metraj (m ²)				
Ç	Teklif Fiyatı (TL)				

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere metraj bilgisi yüzde olarak ve değişik tip kaplamalar için ayrı ayrı girdiler şeklinde girilmiştir. Bunun nedeni verilen tekliflerdeki her poz numarası için farklı birim satış fiyatlarının kullanılmasıdır. Aynı zamanda her proje kendi içerisinde farklı tasarımlarından kaynaklanan bir karakteristikbarındırmakta ve karakteristiğine göre imalatlarının zorluk derecesi değişmektedir. Bu durumda proje zorluk katsayısını girdi olarak girmek yerine toplam metraj ve kaplama tipleri yüzdeleri tanımlanarak, ağıdan proje karakteristiğini kendisinin öğrenmesi beklenmiştir.

Girdi ve çıktı verileri belirlendikten sonra veriler MS Excel'e aktarılmış ve gerçekleştirilen YSA analizi adımları bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

4.2 Girdi Ağırlıklarının Hesaplanmasında MS Excel Çözücü Kullanımı

Çözücü, benzetim çözümleme araçları da denilen bir komut takımının bir parçasıdır. Çözücü ile, bir çalışma sayfasında, hedef hücre adı verilen bir hücredeki formülün en uygun değeri bulunabilir. Çözücü, hedef hücredeki formülle doğrudan veya dolaylı olarak ilişkisi bulunan bir hücre grubuyla birlikte çalışır. Çözücü, ayarlanabilir hücreler adı verilen, kullanıcının belirttiği değişen hücrelerdeki değerleri ayarlayarak hedef hücre formülünü kullanarak sonucu verir. Çözücü'nün model içinde kullanılabileceği değerleri sınırlamak için kısıtlamalar uygulanabilir ve bu kısıtlamalar, hedef hücre formülünü etkileyen başka hücrelere başvuruda bulunabilir [46].

MS Excel Çözücü aracı, Austin'deki Texas Üniversitesi'nden Leon Lasdon'ın ve Cleveland State Üniversitesi'nden Allan Waren'ın geliştirdiği Generalized Reduced Gradient (GRG2) doğrusal olmayan en iyi hale getirme kodunu kullanır.

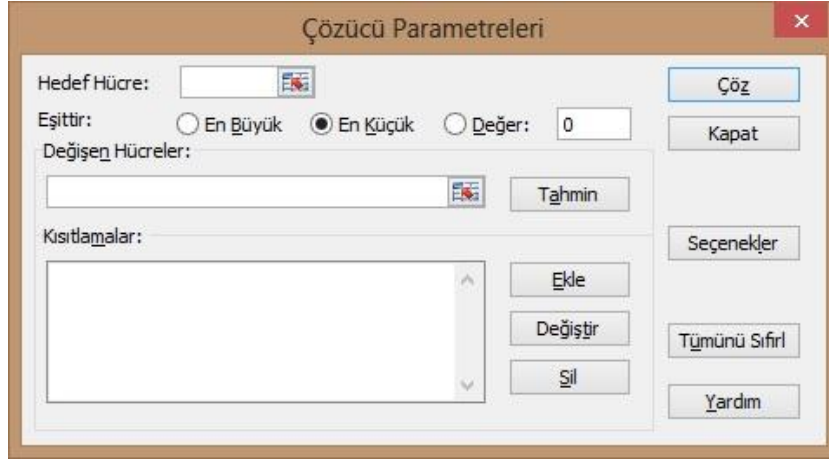
Doğrusal ve tamsayı problemleri, Frontline Systems, Inc.'tan John Watson ve Daniel Fylstra tarafından uygulanan değişkenlerdeki sınırlarla simplex yöntemini ve branch-and-bound yöntemini kullanır [46].

MS Excel Çözücü aracı tek başına YSA uygulamalarını gerçekleştirebilen bir araç değildir. YSA uygulaması, belirlenen kriterler göz önüne alınarak gerekli kodlamalarla MS Excel'de oluşturulmakta ve MS Excel Çözücü sadece girdi ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Girdi ağırlıklarının hesaplanmasından önce MS Excel çalışma sayfasına ham veri kümesi aktarılır. Bölüm 2'de bahsedilen formülasyona göre aynı Excel sayfası altında modele sunulacak verilere normalizasyon işlemi uygulanır. Bu işlem sonrasında MS Excel Çözücü'den hesaplanması istenen girdi ağırlıkları hücreleri belirlenerek boş bırakılır. Örneğin; ara katmanda 5 adet nöron olması istenen 11 adet girdi vektörü bulunan bir model için 12x5'lik bir matris boş bırakılır. Satırdaki hücre sayısının 12 olmasının nedeni Şekil 2.8'de değeri bir olarak gösterilen yanılma paylarına dair nöronun ağırlık hesaplamasının yapılmasını sağlamaktır. Ağırlık matrisi belirlendikten sonra Bölüm 2'de verilen birleştirme ve aktivasyon fonksiyonları formülleri ile hücre net girdisi ve çıktısı hesaplanır. Hesaplanan YSA modellemesi çıktıları normalize edilmiş olduğu için, normalizasyon işlemi fonksiyonu çıktı

değerlerine tersine uygulanarak oluşturulan tahmin modelinin teklif bedeli çıktıları belirlenmiş olur.

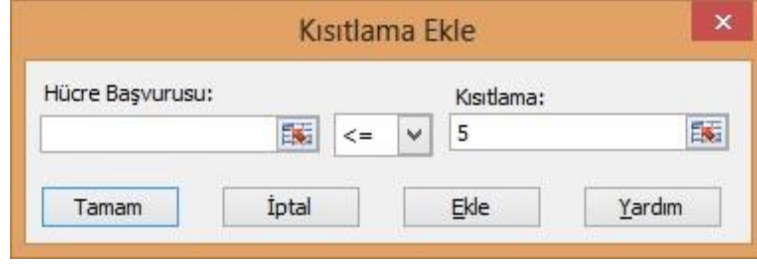
MS Excel'de yukarıdaki şekilde YSA tahmin modeli oluşturulduktan sonra MS Excel Çözücü çalıştırılarak tahmin çıktılarının üretilmesi sağlanır. Şekil 4.1'de MS Excel Çözücü programının ana ekranı ve parametre girişlerinin nasıl yapılacağı gösterilmiştir.



Şekil 4.1: MS Excel Çözücü ana ekranı.

MS Excel Çözücü ana ekranındaki "Hedef Hücre" bölümünde, 80 adet projeden oluşan eğitim kümesinin hata oranlarının ortalamasının hesaplandığı hücre seçilerek minimum hata oranına ulaşılmasını sağlamak için "En Küçük" kutucuğu işaretlenir. Bu işlem eğitim aşamasının kapsamının tanımlanması anlamına gelmektedir. "Değişen Hücreler" bölümünde YSA modelinin ağırlıklarının hesaplanacağı ve boş bırakılan ağırlık matrisi seçilmektedir. Çözücü ile işleme başlamadan önce ağırlıklarının yer aldığı tüm hücrelere [0, 1] aralığında değerler verilmesi programın sonuca daha hızlı ulaşması için tavsiye edilmektedir [9]. Programın kendisinden kaynaklanan bir kısıtlama nedeniyle, maksimum değişen hücre sayısı 200 olarak belirlenmiştir. Bu da girdi parametresi sayısının fazla olduğu problemlerde ara katman sayısının istenildiği kadar artırılamamasına neden olmaktadır.

"Kısıtlamalar" bölümünde ise eğitim setinin hata oranlarının hesaplandığı 80 hücreden oluşan sütun seçilerek yapılan tahminlerin performans değerleri olan hata oranlarının hassaslık değerleri belirlenir. Şekil 4.2'de kısıtlama ekleme ekranı gösterilmiş ve tahminleme hata oranı olarak maksimum %5 seçilmiştir.



Şekil 4.2: MS Excel Çözücü kısıtlama ekleme ekranı.

MS Excel Çözücü ana ekranında yer alan "Seçenekler" bölümünden iterasyonun son bulacağı kriterler girilerek, analizin durması istenen durumlar belirlenir. Şekil 4.3'te belirlenen iterasyon durdurma seçenekleri gösterilmiş ve çözüm için Çözücü'de yer alan önceden tanımlanmış değerler kullanılmıştır.



Şekil 4.3: MS Excel Çözücü seçenekler ekranı.

Zaman sınırı, çözüm işleminin son bulacağı süreyi; yineleme, gerçekleştirilecek maksimum iterasyon sayısını ifade eder. Duyarlılık değeri bulunmak istenen hücrelerin (bu problem için ağırlıkların) ondalık olarak hangi hassasiyetle hesaplanacağını gösterir. Tolerans, "Hedef Hücre" bölümünde seçilen hücre değerinin, belirlenen en uygun tamsayı değerinden yüzde ne kadar farklı olabileceğini belirtir. Belirlenecek daha yüksek tolerans değeri sonuca daha çabuk ulaşılmasını sağlar. Yakınsama, "Hedef Hücre" değerindeki değişimin, son beş iterasyonda belirlenen yakınsama değerinden daha düşük olması durumunda

iterasyonun sonlandırılmasını sağlar. Bu kriterlerden biri sağlandığında çözücünün çalışmasına son verilmekte ve iterasyon durdurulmaktadır.

Tüm Çözücü parametreleri belirlendikten sonra "Çöz" butonu tıklanır ve belirlenen durdurma kriterleri ile kurulan modelin yapısına göre değişen sürelerde sonuca ulaşılır. Model yapısı karmaşıktıkça sonuca ulaşma süresi de artmaktadır.

4.3 Analiz için Oluşturulan YSA Model Yapıları

YSA modellemesinde daha önce bahsedilen ÇKA'ların bileşen yapılarına karar verilmiştir. Mimari olarak MS Excel' de İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağı (İBGYYSA) yapısı oluşturulmuştur.

Birleşme fonksiyonu olarak literatürde en çok kullanılan fonksiyon olan toplam fonksiyonu kullanılmıştır.

YSA modellerinin öğrenme aşamalarında, problemin doğrusal olmaması nedeniyle,yine literatürde en çok tercih edilen ve en iyi sonuçların alındığı sigmoid ve hiperbolik tanjant (tanh) fonksiyonları aktivasyon fonksiyonu olarak tercih edilmiştir. Veri normalizasyonu işlemleri seçilen aktivasyon fonksiyonuna göre sigmoid fonksiyonu için $[0, 1]$, hiperbolik tanjant fonksiyonu için $[-1, 1]$ aralıklarında yapılarak aşırı salınımlardan doğacak modelleme hatalarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Oluşturulan YSA modelleri, öğrenme işleminin ardından Bölüm 2'de bahsedilen ağ performansı değerlendirme kriterlerinden OMYH ve HKOK yöntemleri kullanılarak test edilmiş ve sonuçları tablolar yardımıyla incelenmiştir.

4.4 YSA Model Performanslarının Değerlendirilmesi

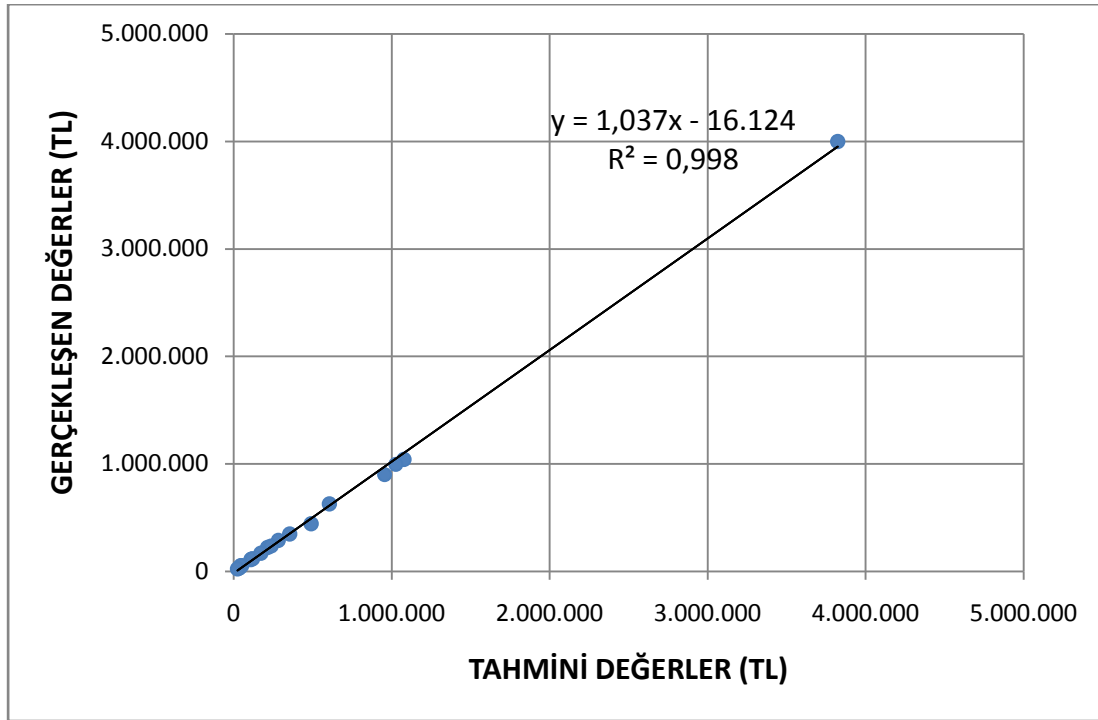
Farklı ağ yapıları ve aktivasyon fonksiyonları kullanılarak 38 farklı YSA modeli oluşturulmuş, en iyi 10 ağ yapısı ile 20 adet test verisi için ortalama alınarak elde edilen performans değerleri Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Aktivasyon fonksiyonu olarak Bölüm 2'de yer alan aktivasyon fonksiyonlarından sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonları kullanılarak oluşturulan ağlardan genel olarak sigmoid fonksiyonunun daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Aşırı eğitim kaynaklı ezberleme probleminin olup olmadığı, OMYH değerlerinin eğitim ve test için ayrı ayrı hesaplanıp karşılaştırılması suretiyle kontrol edilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde eğitim ve test yüzde hata değerleri arasında çok büyük farklar olmadığı dolayısıyla YSA'nın eğitim aşamasında ezberleme yapmadığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.2: YSA modelleme sonuçları.

Model No	Ağ Yapısı	Aktivasyon Fonksiyonu	Ağ Performansı			
			OMYH (Eğitim)	OMYH (Test)	HKOK	r
1	8-1	sigmoid	2,45	7,59	51.325	0,99886
2	8-5-1	sigmoid	4,68	5,48	48.561	0,99942
3	9-1	sigmoid	3,81	4,67	49.774	0,99961
4	9-5-1	sigmoid	3,36	5,75	66.650	0,99823
5	10-1	sigmoid	3,03	8,56	71.417	0,99682
6	10-5-1	sigmoid	2,55	6,34	58.498	0,99829
<u>7</u>	<u>11-1</u>	<u>sigmoid</u>	<u>3,18</u>	<u>4,10</u>	<u>43.728</u>	<u>0,99937</u>
8	11-5-1	sigmoid	3,95	5,08	50.429	0,99952
9	9-1	tanh	4,23	5,82	50.884	0,99976
10	9-5-1	tanh	4,64	5,63	54.192	0,99907

Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere 7 nolu model ile en iyi ağ performans elde edilmiş ve ortalama %4,10 gibi istenilen düzeyde bir yanılma payıyla teklif fiyatı tahminlemesi gerçekleştirilmiştir. 7 nolu YSA modeli incelendiğinde, oluşturulan ağ yapısında 11 nörona sahip bir ara katman bulunmaktadır. Sigmoid aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı modelde HKOK=43.728 olarak hesaplanmıştır. 20 adet projeden oluşan test verilerinde, tahmin değerleri ile gerçekleşen değerler arasında korelasyon analizi yapıldığında %99,94 oranında yüksek bağımlılığa sahip bir ilişki tespit edilmiştir. Bu da yapılan tahminin kuvvetli biçimde doğruya yakınsadığını göstermektedir. Şekil 4.4'te gerçekleşen değerlerle tahmin değerleri X-Y dağılım grafiğinde gösterilmiştir.



Şekil 4.4: 7 nolu YSA modeli ile elde edilen tahmini teklif fiyatı değerlerinin gerçekleşen değerlerle karşılaştırılması.

Şekil 4.4'e göre test kümesi 20 adet veriden oluşan tahmin sisteminde, gerçek veriler ile tahmin verileri arasında yüksek doğrulukta bir ilişki olduğu $R^2=0,998$ değerinden anlaşılmakta ve tahminlemede başarıya ulaşıldığı görülmektedir. Gerçekleşen değerler ile tahmini değerler arasındaki ilişkiyi gösteren denklem ise $y=1,037x-16.124$ olarak bulunmuştur.

Yukarıda YSA yöntemiyle tahmin edilen teklif fiyatı Regresyon Analizi (RA) yöntemiyle de belirlenmeye çalışılmış ve tahmin sonuçları aşağıda sunularak iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.5 Regresyon Analizi (RA) ile Teklif Fiyatı Tahmini Yapılması

Çalışmanın bu bölümünde bir diğer alternatif tahmin yöntemi olan Regresyon Analizi üzerinde durulmuş ve YSA yöntemi ile performans karşılaştırılması yapılmıştır.

RA, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şeklini belirleyerek tahmin etmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir[43]. İyi bir regresyon analizi için öncelikle sağlam bir model oluşturulmalıdır. Yani, tahmin edilmeye çalışılan bağımlı değişkene etki edebilecek faktörler iyi belirlenmelidir [44].

RA yöntemi YSA'da olduğu gibi MS Excel altında eklenti olarak çalıştırılan Veri Çözümleme aracı yardımıyla uygulanmıştır. Söz konusu analizde tahmin edilmek istenen teklif fiyatı verileri (Ç) bağımlı değişken, girdi verileri ise bağımsız değişken olarak atanmıştır. Gerçekleştirilen RA neticesinde elde edilen girdi katsayıları Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3: Regresyon Analizi denklemi katsayıları.

Parametreler	Katsayılar
Sabit	6.414.271,65
Saçak Silmesi (G1)	-70.313,30
Harpuşta (G2)	-67.580,20
Kat Silmesi (G3)	-70.265,44
Söveler (G4)	-69.769,73
Kolon Kaplamaları (G5)	-71.426,48
Düz Kaplamalar (G6)	-70.101,19
Süsler (G7)	-69.671,93
Yapı Yüksekliği (G8)	117,93
M ² Malzeme Maliyeti (G9)	16.111,18

Hesaplanan katsayılar neticesinde regresyon denklemi, Denklem 3.7'de gösterilen şekilde oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned} \text{Ç} = & 6.414.271,65 - 70.313,30 \times G1 - 67.580,20 \times G2 - 70.265,44 \times G3 - \\ & 69.769,73 \times G4 - 71.426,48 \times G5 - 70.101,19 \times G6 - 69.671,93 \times G7 + \\ & 117,93 \times G8 + 16.111,18 \times G9 + 1,17 \times G10 + 167,77 \times G11 \end{aligned} \quad (4.1)$$

RA sonucunda R²=0,995 olarak hesaplanarak yapılan çalışmada kabul edilebilir sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir.

4.6 YSA ve RA Yöntemleriyle Gerçekleştirilen Teklif Fiyatı Tahminlerinin Karşılaştırılması

YSA yönteminde kullanılan, 20 adet projeden oluşan test kümesi için regresyon denklemi yardımıyla tahmini teklif fiyatları hesaplanmış ve gerçekleşen değerlerle karşılaştırılmıştır. RA performansı YSA yönteminde olduğu gibi OMYH değerleri kullanılarak ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.4'te karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.4: YSA ve RA yöntemleriyle hesaplanan tahmini teklif değerleri ve gerçekleşen değerlere göre hata oranları karşılaştırması.

Veri No (Test)	Gerçekleşen Değerler (TL)	Tahmini Değerler (TL)		Fark (TL)		OMYH (%)	
		YSA	RA	YSA	RA	YSA	RA
1	441.888	490.348	471.972	-48.460	-30.084	10,97	6,81
2	119.800	115.525	133.932	4.275	-14.132	3,57	11,80
3	1.040.201	1.078.083	992.956	-37.882	47.245	3,64	4,54
4	108.315	107.041	131.848	1.274	-23.533	1,18	21,73
5	221.344	215.636	232.390	5.708	-11.046	2,58	4,99
6	288.351	280.856	266.881	7.495	21.470	2,60	7,45
7	626.400	606.929	632.290	19.471	-5.890	3,11	0,94
8*	3.998.575	3.824.125	3.899.641	174.450	98.934	4,36	2,47
9	238.669	237.788	243.083	881	-4.414	0,37	1,85
10*	902.611	953.875	819.770	-51.264	82.841	5,68	9,18
11*	119.700	119.801	152.250	-101	-32.550	0,08	27,19
12	34.213	36.141	94.349	-1.928	-60.136	5,63	175,7
13	32.781	34.099	79.199	-1.318	-46.418	4,02	141,60
14	51.680	50.889	110.994	791	-59.314	1,53	114,77
15	347.283	355.523	302.767	-8.240	44.516	2,37	12,82

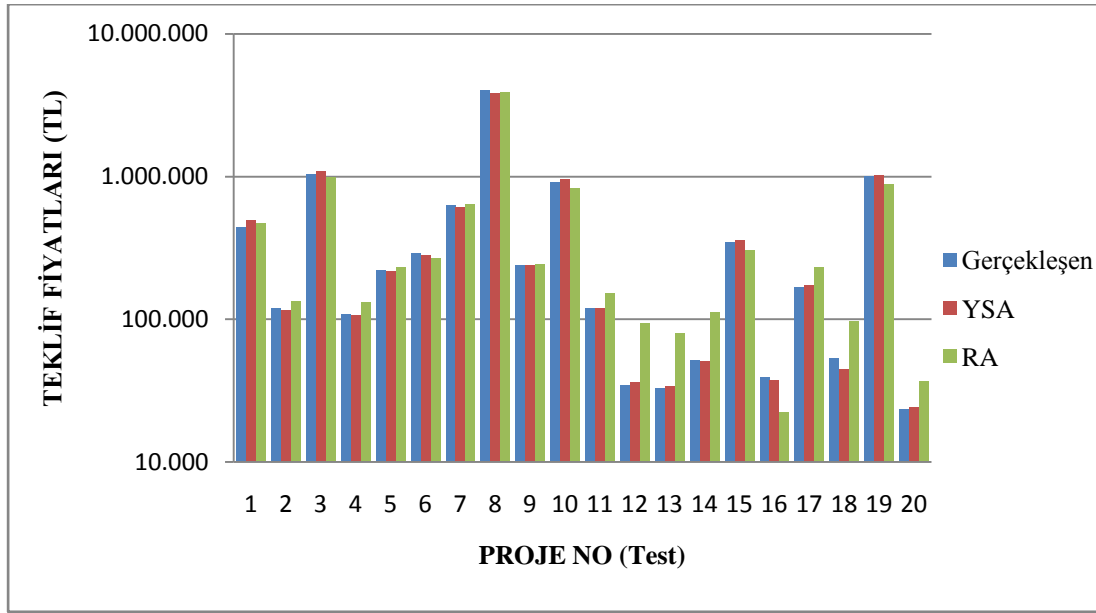
Çizelge 4.4 (devam): YSA ve RA yöntemleriyle hesaplanan tahmini teklif değerleri ve gerçekleşen değerlere göre hata oranları karşılaştırması.

Veri No (Test)	Gerçekleşen Değerler (TL)	Tahmini Değerler (TL)		Fark (TL)		OMYH (%)	
		YSA	RA	YSA	RA	YSA	RA
16	39.002	37.506	22.174	1.496	16.828	3,84	43,15
17	168.002	173.226	231.575	-5.224	-63.573	3,11	37,84
18	53.365	44.617	96.472	8.748	-43.107	16,39	80,78
19*	998.063	1.025.058	876.313	-	121.750	2,70	12,20
20	23.243	24.226	37.102	26.995	-13.859	4,23	59,63
*: Teklif verilip alınan işleri göstermektedir.				<u>Ortalama</u>		<u>4,10</u>	<u>38,87</u>

Gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen % hata oranları Çizelge 4.4'teki gibidir. 20 adet projenin yüzdesel hata ortalaması YSA için %4,10 bulunurken, RA için %38,87'ye karşılık gelmektedir.

RA yüzdesel hata oranları incelendiğinde 12., 13., 14., 16., 18. ve 20. projelerdeki hata oranlarının %40'ı aştığı görülmektedir. Bu tekliflerin ortak özellikleri 75.000 TL'nin altında olmalarıdır. Bu yönüyle bütün teklifler incelenmiş ve gerçekleşme bedelleri 75.000 TL'nin altındaki 28 adet teklifte RA tahminleme hata oranı ortalaması %50,51 olarak hesaplanmıştır. 75.000 TL üstü 72 adet teklifte ise bu oran %11,57'dir. 20 adet test verisi içerisinde teklif verilip alınan işler 8., 10., 11. ve 19. işler olmak üzere 75.000 TL üzeri dört iştir. Bu noktadan hareketle düşük tekliflerde standart teklif sürecinden uzaklaşıldığı ve bu grubu oluşturan tekliflerin farklı kriterlerle değerlendirildiği sonucuna varılmaktadır. Diğer bir ifadeyle firma stratejisi olarak düşük bütçeli işlerin alınmasından uzak durulduğu söylenebilir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında YSA modellemesi kullanılarak %4,10 hata oranıyla tahmin gerçekleştirilirken, RA kullanılarak yapılan tahminde hata oranı %38,88 olarak gerçekleşmiştir. İki yöntemle yapılan tahminler sonucunda bulunan değerler ile gerçekleşen değerler karşılaştırılmış ve Şekil 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.5: Gerçekleşen verilerle analiz verilerinin karşılaştırılması.

Daha önce sayısal sonuçları verilen, Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analizi yöntemleri kullanılarak yapılan tahminlerde belirli hata oranları dahilinde başarılı sonuçlara ulaşıldığı Şekil 4.5'te nitel olarak görülmektedir. Ancak iki yöntem kıyaslandığında YSA modellemesiyle, belirsizliklerin fazla olduğu teklif oluşturma aşamasında daha başarılı sonuçlara ulaşıldığı anlaşılmaktadır ($4,10 < 38,87$).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnşaat projelerinde, ön tasarım aşamasında teklif bedeli tahmini ve yapılan tahminin hassaslığı, şirket karlılıkları ile doğrudan ilgilidir. Bu çalışmadaki örnek firma prekast dış cephe kaplama sektöründe faaliyet göstermekte ve maliyet analizine dayalı bir teklif stratejisi olmadığı için teklif bedellerinin belirli bir hassasiyetle önceden tahmin edilememesi problemiyle karşılaşmaktadır. Bu sorundan hareketle temel olarak Yapay Sinir Ağları incelenmiş ve çalışma metodu olarak kullanılarak gelecekte verilecek tekliflerde, düşük hata oranları dahilinde teklif fiyatı tahminlemesinin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu amaçla 2011 yılına ait 100 adet farklı tipteki proje verisi kullanılmış ve bu projelerden 80'i ile ağın eğitimi tamamlanarak 20'si ile de ağ performansı test edilmiştir. İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları mimarisi ile oluşturulan ağa metraj bilgileri (m^2 ve % olarak), yapı yüksekliği (m), m^2 malzeme maliyeti (TL) ve nakliye (TL) girdi vektörleri olarak atanarak teklif bedeli (TL) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Aynı analiz Regresyon Analizi yöntemiyle de yapılmış ve iki yöntemin performansları değerlendirilmiştir.

Çalışma neticesinde elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur:

- Doğrusal olmayan problemlere çözüm üretebilen YSA yönteminin, belirsizliklerin fazla olduğu ön tasarım aşamasında maliyet veya teklif bedelini tahmin etmede başarılı sonuçlara ulaşabildiği görülmüştür.
- YSA analizine alternatif tahmin yöntemlerinden biri de Regresyon Analizi yöntemidir. Çalışmada performans değerlendirme ölçütü olarak OMYH kriteri kullanılmış ve YSA modellemesi ile (%4,10), RA yöntemine göre (%38,87) çok daha iyi tahmin sonuçlarına ulaşılmıştır.
- Ağda kullanılacak aktivasyon fonksiyonu deneme yanılma yoluyla belirlenmektedir. Bu çalışmada, sigmoid aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı modellerde hiperbolik tanjant fonksiyonunun kullanıldığı

modellere göre, tahmin değerlerinin gerçekleşen değerlere daha başarılı yakınsama sağladığı görülmüştür.

- Öğrenme aşamasında ağı fazla eğitilmesi, öğrenme yerine ağı ezberleme yapmasına neden olur. Çalışmada yüzdesel hata değerleri eğitim ve test için ayrı ayrı hesaplanmış ve değerler arasında fazla fark olmadığı, dolayısıyla ezberleme probleminin meydana gelmediği anlaşılmıştır.
- Ele alınan problemin karmaşıklığına göre YSA modellemesinde ara katman sayısı artırılarak çözüme ulaşılabilir. Bu çalışmada tek ara katmanlı YSA modellerinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.
- YSA modellemesinde kullanılan her yöntem için sonuç almak mümkün olmakla birlikte ağ topolojisinin oluşturulması, sonuçların değerlendirilmesi ve sistemin iyileştirilmesi noktasında insan faktörünün ön plana çıktığı ve sonuca ulaşmakta kullanıcı deneyimlerinin önemli rol oynadığı görülmüştür.
- RA sonuçlarına göre 100 adet projeden 75.000 TL'nin altındaki tekliflerde %50,51; 75.000 TL'nin üstündeki tekliflerde ise %11,57 tahminleme hata oranına ulaşılmıştır. Buradan hareketle firma stratejisinin büyük işlere yönelmek olduğu sonucuna varılmıştır.
- YSA ve RA yöntemlerine veri hazırlama süreci aynı olmakla birlikte, YSA analizinde doğruya yakınsama aşamasında çok fazla deneme yanılma yapmak gerektiğinden analiz süresinin uzunluğu dezavantaj olarak görülmüştür.
- Yapılan analiz çalışmasının, analiz süreci uzun sürmesine rağmen, kısa süre içinde teklif verilmesi gereken gelecek projelerde, teklif sorumlusunun çok daha az işlem ve zamanda teklif hazırlamasına olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

Yukarıda bulgularına yer verilen çalışma neticesinde, örnek firmaya ve gelecek çalışmalara yönelik öneriler aşağıda sunulmuştur:

- YSA analizi deneme yanılma metoduna dayanmaktadır. En iyi sonuca ulaşmak mümkün olmamakla birlikte, optimuma en yakın çözüme ulaşabilmek için bu çalışmada kullanılmayan farklı ağ mimarileri, birleşme ve aktivasyon fonksiyonları ile katman sayıları denenebilir.

- YSA analizinde kullanılan veri setinin büyüklüğü yapılan tahminlerdeki yanılma payını doğrudan etkilemektedir. Çalışılan veri sayısı ne kadar fazla olursa ulaşılan sonuçlar da o kadar güvenilir olacaktır. Bu nedenle geçmiş proje verilerinden oluşan eğitim kümesi büyüklüğü artırılarak daha geniş ölçekte veri seti oluşturulup tahminleme hata oranı daha da aşağı seviyelere çekilebilir.
- Gelecek çalışmalarda girdi parametresi olarak kullanılabilecek farklı veriler de araştırılarak ağı girilebilir. Ayrıca girdi parametrelerinin bazıları sabit tutulup bir tanesi değiştirilerek tahmin sonuçlarındaki değişimler incelenebilir ve elenen girdi parametresinin çıktı üzerindeki etkisi ve önemi ile ilgili değerlendirme yapılabilir.
- Şirket olarak her işten karla ayrılmak için maliyet takibi ve analizi yapılmalıdır. Bunun için sistematik bir analiz ağı oluşturulmalıdır.
- Geçmiş teklif ve tamamlanan proje verileri, yapılacak analizde kullanılmak üzere, bir veri tabanı oluşturularak arşivlenmelidir. Arşivleme işlemi iş bazlı yapılarak gelecek çalışmalarda girdi olarak kullanılabilecek işçilik verileri, maliyetler içinde ağırlığı fazla olduğundan kayıt altına alınmalıdır.
- Firma genel müdürüyle yapılan yüz yüze görüşmelerde o anki şirket iş yüküne göre teklif fiyatlarında değişiklikler olduğu anlaşılmıştır. Ancak geçmişe yönelik şirket iş yükü verileri bilinmemektedir. İlerleyen dönemlerde imalatın yapıldığı fabrikada kapasite kullanım oranı takip edilerek kaydedilmeli ve maliyet analiz sisteminde girdi olarak kullanılmalıdır.
- Örnek şirketin cirosu göz önüne alındığında kurumsal bir yapılanmaya geçmenin kaçınılmaz olduğu anlaşılmaktadır. Bütün kararların genel müdür tarafından alındığı, proje verilerinin kayıtlarının tutulduğu bir veri tabanı bulunmayan şirketlerde, tek kişinin tecrübesine dayalı teklif stratejileri günümüzde gelecek vaat etmemektedir. Deneyimin aktarılması güç ve maliyeti yüksek bir iştir. Kişilere bağlı yapılanmada, kişinin işten ayrılması neticesinde edinilen tecrübe de yok olacaktır. Bu nedenle veri tabanı oluşturularak sürekli kontrol ve veri tabanının yönetilmesini sağlamak gerekli görülmektedir.

- Ürün gamını oluşturan her ürünün birim satış fiyatına etki eden hammadde fiyatları aylık olarak kontrol edilerek güncellenmektedir. Ay içerisindeki fiyat değişimleri birim satış fiyatlarına yansıtılmamaktadır. Bu nedenle maliyet ögeleri içerisinde yer alan tüm giderler anlık olarak takip edilerek oluşturulan maliyet sisteminden sorumlu kişi tarafından anında güncellenmelidir.
- Bu çalışma teklif fiyatını tahmin etmek üzere kurulmuştur. Proje maliyetleriyle ilgili bir sonuç üretmemektedir. İlerleyen çalışmalarda maliyet ögelerinin tam tespitiyle birlikte maliyet tahmin sistemi de geliştirilerek şirket karlılığının doğru bir şekilde tahmin edilmesi sağlanabilir.
- Aynı zamanda girdi parametreleriyle çıktı parametresi olan teklif bedeli arasında Granger Nedensellik Testi uygulanarak, parametreler arası ilişkiler ve bu ilişkilerin tek yönlü mü karşılıklı mı olduğu hakkında bilgi edinilebilir. Test sonucunda örnek firmanın gelecekte hangi iş profillerine yönelmesinin, hatta hangi kaplama tiplerinin yer aldığı projelerin şirket karlılığı ve firma değerinin maksimizasyonu açısından daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak yapılan çalışma, YSA modellemesinin dış cephe kaplama sektöründe faaliyet gösteren bir firmada ve inşaat sektörünün teklifle iş alınan tüm alt sektörlerinde, teklif fiyatı tahmininde başarılı bir araç olduğunu ve rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Lee, S. C.** (2003). Prediction of Concrete Strength Using Artificial Neural Networks, *Engineering Structures*, 25, 849-857.
- [2] **Tortum, A.** (2003). *Yapay Sinir Ağları ve Birleştirilmiş Sinirsel Bulanık Sistemler ile Şehirlerarası Yük Taşınması Tür Seçiminin Modellenmesi*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- [3] **Sahin, M. ve Sheno, R. A.** (2003). Quantification and Localisation of Damage in Beam-Like Structures by Using Artificial Neural Networks with Experimental Validation, *Engineering Structures*, 25, 1597-1610.
- [4] **Özsoy, İ. ve Fırat, M.** (2004). Kirişsiz Döşemeli Betonarme Bir Binada Oluşan Yatay Deplasmanın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6:1, 51-63.
- [5] **Keleşoğlu, Ö. ve Fırat, A.** (2006). Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18:1, 133-141.
- [6] **Doğan, E., Işık, S., Sandalcı, M.** (2007). Günlük Buharlaştırmanın Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tahmin Edilmesi, *İMO Teknik Dergi*, 4119-4131.
- [7] **Göktepe, F., Arman, H., Doğan, E., Sandalcı, M.** (2009). *Yapay Sinir Ağları ile Adapazarı Killerinin Sınıflandırılmasında İstatistiksel Analiz*, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13-15 Mayıs.
- [8] **Elazouni, A. M., Nosair, I. A., Mohieldin, Y. A., Mohamed, A. G.** (1997). Estimating Resource Requirements at Conceptual Design Stage Using Neural Networks, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 11:4, 217-223.
- [9] **Hegazy, T. ve Ayed, A.** (1998). Neural Network Model for Parametric Cost Estimation of Highway Projects, *Journal of Construction Engineering and Management*, 124, 210-218.
- [10] **Liu, X.** (1998). *An Artificial Neural Network Approach to Assess Project Cost and Time Risks at the Front End of Projects*, Yüksek Lisans Tezi, The University of Calgary, Department of Civil Engineering, Alberta.
- [11] **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*, 39, 1235-1242.
- [12] **Sodikov, J.** (2005). Cost Estimation of Highway Projects in Developing Countries: Artificial Neural Network Approach, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1036-1047.

- [13] **Baykan, U. N.** (2007). *İnşaat Projelerinde Kaynak İhtiyacının Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Tahmini*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] **Uğur, L. O.** (2007). *Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı ile Analizi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [15] **Uğur, L. O., Baykan, U. N., Korkmaz, S.** (2011). *Yığma Konutların Maliyet Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Kullanılması*, 6. İnşaat Yönetimi Kongresi, Bursa, 25-27 Kasım.
- [16] **Ahiaga-Dagbui, D. D ve Smith, S. D** (2012). Neural Networks for Modelling the Final Target Cost of Water Projects, *Association of Researchers in Construction Management*, Edinburgh, 307-316.
- [17] **Dursun, O. ve Stoy, C.** (2012). *İstanbul Konut Projeleri için Tasarım Öncesinde Proje Maliyetinin Tahmini*, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir, 13-16 Eylül.
- [18] **Öztemel, E.** (2012). *Yapay Sinir Ağları*, 3. Basım, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 25-61.
- [19] **Haykin, S.** (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Macmillian College, New York.
- [20] **Yurtoğlu, H.** (2005). *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği*, Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [21] **Hamzaçebi, C.** (2011). *Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı*, Ekin Yayınevi, Bursa, 14-45.
- [22] **Elbistanlı, G.** (2007). *HVAC Sisteminin MLP Tipi Yapay Sinir Ağları (YSA) Kullanarak Denetlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- [23] **Hagan, M. T., Demuth, H. B., Beale, M.** (1996). *Neural Network Design*, PWS, Boston.
- [24] **McCulloh, W. S. ve Pitts, W.** (1943). A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity, *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5:4, 115-133.
- [25] **Mehrotra, K., Mohan, C. K., Ranka, S.** (1997). *Elements of Artificial Neural Networks*, MIT Press.
- [26] **Şen, Z.** (2004). *Yapay Sinir Ağları İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 12-100.
- [27] **Bayrak, B. K.** (2008). Sinir Hücrelerinde Eğitim ve Bunun Öğrenme Sürecine Etkisi, *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 101-113.
- [28] **Toktaş, İ. ve Aktürk, N.** (2007). Yapay Sinir Ağları Tabanlı Silindirik Düz Dişli Çark Tasarımı, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13:3, 387-395.

- [29] **Doğan, G.** (2010). *Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Türkiye'deki Özel Bir Sigorta Şirketinde Portföy Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [30] **Rojas, R.** (1996). *Neural Networks-A Systematic Introduction*, Springer-Verlag, Berlin.
- [31] **Ataseven, B.** (2013). Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi, *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 10:39, 101-115.
- [32] **Sevim, C.** (2012). *Öncü Göstergeler Yaklaşımına Göre Finansal Krizler ve Türkiye Örneği*, BDDK Kitapları, Ankara. 236-239.
- [33] **Budak, H. ve Erpolat, S.** (2012).Kredi Riski Tahmininde Yapay Sinir Ağları ve Lojistik Regresyon Analizi Karşılaştırılması, *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 3:9, 23-30.
- [34] **Elmas, Ç.** (2010).*Yapay Zeka Uygulamaları*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [35] **Küçükocaoğlu, G., Benli, Y. K., Küçüksözen, C.** (1997). Finansal Bilgi Manipülasyonunun Tespitinde Yapay Sinir Ağı Modelinin Kullanımı, *İMKB Dergisi*, 9:36, 1-30.
- [36] **Benli, Y. K.** (2002). Finansal Başarısızlığın Tahmininde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve İMKB'de Uygulama, *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 4:4, 17-30.
- [37] **Mete, T.** (2008). *Kesikli Bir Biyoreaktörde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [38] **Zhang, G.,Patuwo, B. E., Hu, M. Y.** (1998). Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art, *International Journal of Forecasting*, 14, 35-62.
- [39] **Özdemir, R.** (2010). *Elektrodepolama Yöntemi ile Elde Edilen ZnFe İnce Filmlerinin Elektriksel Öz direnç Özelliklerinin Sezgisel Yöntemler Yardımıyla İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.
- [40] **Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M.** (2003). *Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları - I: Yapay Sinir Ağları*, Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık Tic. Ltd. Şti., Kayseri.
- [41] **Haznedaroğlu, F. ve Taş, O.** (2010). İMKB Endeks Tahmin Sistemi Geliştirmede Finansal Parametrelerin Seçimi, *İTÜ Dergisi/D: Mühendislik*,9:6, 149-156.
- [42] **Uğur, A. ve Kınacı, A. C.** (2006). *Yapay Zeka Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması*, XI. Türkiye'de İnternet Konferansı, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara 21-23 Aralık.
- [43] **Gujarati, D. N.** (1999).*Temel Ekonometri*, (Şenesen, Ü., Şenesen, G. G., Çeviri) Literatür Yayınları, İstanbul.
- [44] **Aktürk, Z. ve Acemoğlu, H.** (2011). *Sağlık Çalışanları için Araştırma ve Pratik İstatistik*, Anadolu Matbaası, İstanbul, 253-254.

- [45] **LaMorte, C. ve Lilly, J.** (t.y.). Computers: History and Development, *Jones Telecommunications and Multimedia Encyclopedia*. Alındığı tarih: 21.03.2013, adres: http://www.dia.eui.upm.es/asignatu/sis_opl/comp_hd/comp_hd.htm
- [46] **Url-1** <<http://www.office.microsoft.com/tr-tr/excel-help/HP005198368.aspx>>, Alındığı tarih: 04.03.2013.

EKLER

EK A: Analiz için kullanılan veri seti ve normalizasyon işlemleri sonuçları

EK B: En iyi tahmin sonucuna ulaşılan YSA modeli verileri

EK C: Ayrıntılı Regresyon Analizi verileri

EK A**Çizelge A.1:** Analiz için kullanılan veri seti.

Parametre No	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	Ç1
Parametre Adı	Saçak Silmesi (%)	Harpuşta (%)	Kat Silmesi (%)	Söveler (%)	Kolon Kaplamaları (%)	Düz Kaplamalar (%)	Süsler (%)	Yapı Yüksekliği (m)	m2 malzeme maliyeti (TL)	Nakliye (TL)	Toplam Metraj (m ²)	Gerçekleşen Teklif Fiyatı (TL)
EĞİTİM SETİ												
Proje 1	42,55	18,73	26,42	0,00	12,30	0,00	0,00	18,30	35,84	4.320	3577,0	536.767
Proje 2	6,38	5,32	5,98	7,53	1,13	71,45	2,21	15,00	35,84	1.032	1174,7	199.670
Proje 3	1,62	2,55	6,12	1,56	0,00	77,10	11,05	21,80	35,84	256	352,8	65.473
Proje 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	37,50	35,84	3.132	5786,0	983.620
Proje 5	9,03	11,57	23,26	0,00	2,84	42,21	11,09	11,20	35,84	768	1163,2	209.483
Proje 6	9,61	6,57	12,75	0,00	12,26	57,48	1,33	31,40	35,84	9.036	525,4	134.086
Proje 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	25,40	35,84	288	542,0	92.140
Proje 8	7,03	3,82	14,19	26,77	0,00	48,19	0,00	15,00	35,84	128	149,4	32.223
Proje 9	14,27	5,69	5,46	36,35	5,46	32,76	0,00	9,00	35,84	156	128,2	31.812
Proje 10	8,29	1,45	23,25	25,86	11,00	28,28	1,89	25,00	35,90	256	318,3	82.197
Proje 11	16,50	7,36	4,67	8,54	0,00	52,38	10,55	18,50	35,90	504	509,2	81.435
Proje 12	8,83	5,01	16,84	6,62	0,00	62,71	0,00	21,40	35,90	602	609,2	113.343
Proje 13	10,94	5,43	16,28	0,00	0,00	63,73	3,62	25,00	35,90	1.058	2238,5	368.716
Proje 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	29,90	35,90	350	432,0	71.280
Proje 15	7,14	3,57	20,01	13,09	17,28	38,91	0,00	14,10	35,90	10.434	1400,6	211.239
Proje 16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,40	13,60	6,70	35,90	5.680	312,5	42.780
Proje 17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	6,80	35,90	704	301,0	54.180
Proje 18	0,00	0,00	12,87	17,55	0,00	69,57	0,00	28,40	36,23	1.140	1874,3	318.138
Proje 19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	18,60	36,23	646	1653,0	272.745
Proje 20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	72,00	36,23	17.544	17182,0	2.920.940

Çizelge A.1 (devam): Analiz için kullanılan veri seti.

Proje 21	14,30	6,38	9,67	36,13	0,00	33,51	0,00	19,30	36,23	416	713,2	130.764
Proje 22	6,29	2,82	23,71	17,48	17,43	29,18	3,09	34,00	36,23	1.080	1730,4	233.070
Proje 23	17,45	5,23	13,74	14,82	0,00	45,64	3,13	31,60	36,23	480	768,0	132.632
Proje 24	0,00	7,80	23,53	33,81	7,09	2,13	25,66	7,60	36,23	52	141,1	34.557
Proje 25	6,09	3,17	19,20	19,81	9,13	34,70	7,91	19,00	36,23	216	246,4	53.115
Proje 26	19,98	5,95	12,30	8,68	0,57	44,31	8,20	18,00	36,27	20.394	873,3	199.592
Proje 27	19,01	6,52	26,55	11,54	7,06	29,32	0,00	7,00	36,27	184	368,3	65.350
Proje 28	4,04	1,21	6,50	37,11	8,46	40,38	2,31	30,60	36,27	18.480	520,1	103.090
Proje 29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	29,80	36,27	8.374	7897,0	1.263.520
Proje 30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	107,00	36,27	1.922	3027,0	438.915
Proje 31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	21,70	36,27	728	1358,0	237.650
Proje 32	13,85	6,08	7,09	27,03	16,89	25,68	3,38	11,50	36,27	148	148,0	43.907
Proje 33	10,50	2,58	13,04	20,99	10,09	41,18	1,61	13,60	36,27	252	247,7	62.266
Proje 34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	16,00	36,27	73.660	5800,0	957.000
Proje 35	12,15	2,34	13,15	0,16	3,67	67,68	0,85	13,00	36,27	4.560	941,2	156.697
Proje 36	1,59	0,35	7,15	31,81	0,00	59,10	0,00	43,00	36,27	11.752	11300,0	1.751.500
Proje 37	14,84	4,01	31,17	41,96	0,00	8,02	0,00	17,50	36,96	204	249,3	44.133
Proje 38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	69,50	36,96	7.144	7556,0	1.208.960
Proje 39	12,94	3,57	20,03	14,71	0,00	48,76	0,00	21,00	36,96	468	863,5	175.230
Proje 40	45,07	12,08	16,98	9,36	4,75	9,36	2,39	9,50	36,96	7.530	459,3	87.234
Proje 41	12,68	2,64	51,16	22,46	11,06	0,00	0,00	33,00	37,35	7.650	2469,1	400.590
Proje 42	11,61	2,96	11,86	62,28	0,00	0,00	11,30	21,50	37,35	672	716,9	157.612
Proje 43	22,42	3,57	25,58	22,62	0,00	19,98	5,82	26,00	37,35	630	850,9	138.883
Proje 44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	13,20	37,35	12.978	834,0	154.290
Proje 45	16,67	3,14	26,01	12,91	7,15	29,46	4,66	16,20	37,35	256	356,4	90.161
Proje 46	10,70	3,94	6,48	25,07	0,00	50,70	3,10	13,50	37,35	104	177,5	42.160
Proje 47	9,23	3,02	17,40	0,00	0,00	60,30	10,05	21,50	37,35	144	159,2	30.520
Proje 48	13,74	3,13	5,00	1,37	1,17	70,46	5,13	20,00	37,35	10.842	3853,9	616.588
Proje 49	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	88,92	10,55	24,50	37,66	90.860	5827,5	1.130.536

Çizelge A.1 (devam): Analiz için kullanılan veri seti.

Proje 50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,26	20,74	12,50	37,66	23.880	1432,0	346.970
Proje 51	12,77	5,11	31,03	23,29	0,00	27,80	0,00	19,20	37,66	136	133,1	38.588
Proje 52	37,81	0,00	3,97	38,71	15,32	0,00	4,19	10,50	37,66	896	724,7	223.959
Proje 53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	171,00	37,66	8.510	18445,0	3.095.525
Proje 54	8,72	3,35	4,04	10,26	15,16	44,35	14,12	11,20	37,66	420	453,2	120.495
Proje 55	0,00	0,00	0,00	4,74	0,00	95,26	0,00	17,00	37,66	19.472	781,0	328.020
Proje 56	6,44	44,09	0,00	3,70	1,31	41,88	2,59	17,50	37,66	50.610	3434,0	772.681
Proje 57	0,00	0,00	0,00	8,27	0,00	89,52	2,21	25,00	37,66	192	272,0	45.460
Proje 58	22,53	6,72	16,41	31,53	0,00	22,81	0,00	10,70	37,66	354	249,9	78.078
Proje 59	43,42	0,00	33,05	0,00	5,16	17,05	1,32	12,50	37,66	23.072	1513,0	289.646
Proje 60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	9,50	37,66	612	826,0	137.690
Proje 61	13,02	4,37	0,00	16,86	0,00	62,80	2,95	10,00	37,66	184	393,3	74.941
Proje 62	14,42	0,00	6,99	11,04	14,05	52,28	1,21	12,40	37,66	2.968	2718,0	524.588
Proje 63	0,00	0,00	6,62	15,97	11,84	65,57	0,00	25,00	37,66	936	1799,7	345.032
Proje 64	7,80	1,73	16,46	22,44	0,00	51,56	0,00	18,50	38,13	198	230,8	48.947
Proje 65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	49,50	38,13	3.968	6200,0	1.023.000
Proje 66	7,98	1,77	14,41	23,06	0,00	52,77	0,00	19,00	38,13	198	225,5	48.947
Proje 67	15,07	7,17	26,92	24,14	0,00	26,70	0,00	16,00	38,13	188	136,7	33.875
Proje 68	13,71	2,32	16,11	6,96	0,00	57,36	3,54	22,00	38,13	6.426	2015,2	450.474
Proje 69	33,13	7,58	5,87	15,09	9,24	29,09	0,00	13,20	38,13	1.950	1471,4	261.232
Proje 70	11,19	1,73	0,00	0,00	43,03	44,05	0,00	20,00	38,13	3.952	3799,9	495.725
Proje 71	23,22	6,03	0,00	20,95	18,66	31,14	0,00	11,90	38,97	530	414,3	71.506
Proje 72	3,22	1,70	11,29	0,00	0,00	83,79	0,00	38,00	38,97	2.236	4287,0	725.239
Proje 73	52,12	8,75	0,00	13,68	25,45	0,00	0,00	10,20	38,97	1.624	1308,5	209.884
Proje 74	21,51	0,00	21,04	0,00	0,00	57,45	0,00	36,60	38,97	336	651,0	134.993
Proje 75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	20,00	38,97	19.104	1109,0	218.441
Proje 76	6,68	3,66	17,46	27,26	15,41	13,36	16,16	26,00	38,97	640	928,0	250.565
Proje 77	3,73	4,49	0,00	0,00	0,00	91,78	0,00	106,50	38,97	4.600	9917,0	1.802.170
Proje 78	2,80	3,40	58,36	9,97	0,00	21,38	4,09	12,00	38,97	864	1113,1	228.914

Çizelge A.1 (devam): Analiz için kullanılan veri seti.

Proje 79	13,73	0,00	36,22	47,56	0,00	0,00	2,50	13,30	38,97	836	1081,8	183.277
Proje 80	35,65	12,30	0,00	0,00	0,00	52,05	0,00	14,50	38,97	156	280,5	61.145
TEST SETİ												
Proje 81	5,22	2,19	27,80	1,78	3,19	59,83	0,00	39,50	38,97	1.404	2607,6	441.888
Proje 82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	8,00	38,97	420	599,0	119.800
Proje 83	0,00	5,30	3,27	0,00	8,62	82,81	0,00	18,50	38,97	3.534	5682,0	1.040.201
Proje 84	7,51	0,00	22,68	37,23	0,00	30,04	2,53	15,90	38,97	432	532,6	108.315
Proje 85	0,00	0,00	14,20	22,04	0,00	57,46	6,30	26,00	39,61	792	1063,4	221.344
Proje 86	12,65	7,56	7,52	14,66	5,85	47,86	3,90	18,00	39,61	8.952	1180,5	288.351
Proje 87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	20,20	39,61	3.220	3480,0	626.400
Proje 88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	122,00	39,61	8.244	22849,0	3.998.575
Proje 89	0,00	0,00	0,00	8,93	0,00	91,07	0,00	12,50	39,61	4.848	1136,5	238.669
Proje 90	5,35	1,28	18,89	30,12	2,46	40,22	1,67	49,40	39,61	2.392	4544,5	902.611
Proje 91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	31,80	39,61	420	630,0	119.700
Proje 92	5,88	2,05	5,88	7,16	3,32	35,29	40,41	6,50	39,61	180	195,5	34.213
Proje 93	10,99	6,04	9,34	21,98	0,00	49,45	2,20	16,40	39,61	70	91,0	32.781
Proje 94	0,00	0,00	10,65	7,84	0,00	61,64	19,87	9,00	40,42	234	267,7	51.680
Proje 95	2,61	2,18	4,66	31,87	0,00	58,69	0,00	22,80	40,42	8.708	1310,2	347.283
Proje 96	9,29	0,00	18,96	9,67	44,24	11,90	5,95	17,30	40,42	136	134,5	39.002
Proje 97	11,16	6,54	0,00	30,02	0,00	52,29	0,00	16,50	40,42	1.134	887,4	168.002
Proje 98	5,28	3,18	16,84	34,90	16,07	23,73	0,00	22,70	40,42	174	261,3	53.365
Proje 99	2,12	1,66	6,30	14,60	0,00	75,31	0,00	32,20	40,42	2.548	4808,0	998.063
Proje 100	25,28	9,55	28,09	0,00	37,08	0,00	0,00	15,00	40,42	64	89,0	23.243

Çizelge A.2: [0, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Parametre No	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	Bias
Parametre Adı	Saçak Silmesi (%)	Harpuşta (%)	Kat Silmesi (%)	Söveler (%)	Kolon Kaplamaları (%)	Düz Kaplamalar (%)	Süsler (%)	Yapı Yüksekliği (m)	m2 malzeme maliyeti (TL)	Nakliye (TL)	Toplam Metraj (m ²)	
Proje 1	0,816	0,425	0,453	0,000	0,278	0,000	0,000	0,072	0,000	0,047	0,153	1
Proje 2	0,122	0,121	0,102	0,121	0,026	0,714	0,055	0,052	0,000	0,011	0,048	1
Proje 3	0,031	0,058	0,105	0,025	0,000	0,771	0,274	0,093	0,000	0,002	0,012	1
Proje 4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,188	0,000	0,034	0,250	1
Proje 5	0,173	0,262	0,399	0,000	0,064	0,422	0,274	0,029	0,000	0,008	0,047	1
Proje 6	0,184	0,149	0,219	0,000	0,277	0,575	0,033	0,151	0,000	0,099	0,019	1
Proje 7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,115	0,000	0,003	0,020	1
Proje 8	0,135	0,087	0,243	0,430	0,000	0,482	0,000	0,052	0,000	0,001	0,003	1
Proje 9	0,274	0,129	0,094	0,584	0,123	0,328	0,000	0,015	0,000	0,001	0,002	1
Proje 10	0,159	0,033	0,398	0,415	0,249	0,283	0,047	0,112	0,013	0,002	0,010	1
Proje 11	0,317	0,167	0,080	0,137	0,000	0,524	0,261	0,073	0,013	0,005	0,018	1
Proje 12	0,169	0,114	0,289	0,106	0,000	0,627	0,000	0,091	0,013	0,006	0,023	1
Proje 13	0,210	0,123	0,279	0,000	0,000	0,637	0,090	0,112	0,013	0,011	0,094	1
Proje 14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,142	0,013	0,003	0,015	1
Proje 15	0,137	0,081	0,343	0,210	0,391	0,389	0,000	0,046	0,013	0,114	0,058	1
Proje 16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,864	0,337	0,001	0,013	0,062	0,010	1
Proje 17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,002	0,013	0,007	0,009	1
Proje 18	0,000	0,000	0,221	0,282	0,000	0,696	0,000	0,133	0,085	0,012	0,078	1
Proje 19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,074	0,085	0,007	0,069	1
Proje 20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,398	0,085	0,193	0,751	1
Proje 21	0,274	0,145	0,166	0,580	0,000	0,335	0,000	0,078	0,085	0,004	0,027	1
Proje 22	0,121	0,064	0,406	0,281	0,394	0,292	0,077	0,167	0,085	0,011	0,072	1
Proje 23	0,335	0,119	0,235	0,238	0,000	0,456	0,077	0,153	0,085	0,005	0,030	1

Çizelge A.2 (devam): [0, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Proje 24	0,000	0,177	0,403	0,543	0,160	0,021	0,635	0,007	0,085	0,000	0,002	1
Proje 25	0,117	0,072	0,329	0,318	0,206	0,347	0,196	0,076	0,085	0,002	0,007	1
Proje 26	0,383	0,135	0,211	0,139	0,013	0,443	0,203	0,070	0,094	0,224	0,034	1
Proje 27	0,365	0,148	0,455	0,185	0,160	0,293	0,000	0,003	0,094	0,001	0,012	1
Proje 28	0,077	0,027	0,111	0,596	0,191	0,404	0,057	0,147	0,094	0,203	0,019	1
Proje 29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,142	0,094	0,092	0,343	1
Proje 30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,611	0,094	0,021	0,129	1
Proje 31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,092	0,094	0,007	0,056	1
Proje 32	0,266	0,138	0,122	0,434	0,382	0,257	0,084	0,030	0,094	0,001	0,003	1
Proje 33	0,201	0,059	0,223	0,337	0,228	0,412	0,040	0,043	0,094	0,002	0,007	1
Proje 34	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,058	0,094	0,811	0,251	1
Proje 35	0,233	0,053	0,225	0,003	0,083	0,677	0,021	0,040	0,094	0,050	0,037	1
Proje 36	0,031	0,008	0,123	0,511	0,000	0,591	0,000	0,222	0,094	0,129	0,493	1
Proje 37	0,285	0,091	0,534	0,674	0,000	0,080	0,000	0,067	0,245	0,002	0,007	1
Proje 38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,383	0,245	0,078	0,328	1
Proje 39	0,248	0,081	0,343	0,236	0,000	0,488	0,000	0,088	0,245	0,005	0,034	1
Proje 40	0,865	0,274	0,291	0,150	0,107	0,094	0,059	0,018	0,245	0,082	0,016	1
Proje 41	0,243	0,060	0,877	0,361	0,250	0,000	0,000	0,161	0,330	0,084	0,105	1
Proje 42	0,223	0,067	0,203	1,000	0,000	0,000	0,280	0,091	0,330	0,007	0,028	1
Proje 43	0,430	0,081	0,438	0,363	0,000	0,200	0,144	0,119	0,330	0,006	0,033	1
Proje 44	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,041	0,330	0,142	0,033	1
Proje 45	0,320	0,071	0,446	0,207	0,162	0,295	0,115	0,059	0,330	0,002	0,012	1
Proje 46	0,205	0,089	0,111	0,403	0,000	0,507	0,077	0,043	0,330	0,001	0,004	1
Proje 47	0,177	0,068	0,298	0,000	0,000	0,603	0,249	0,091	0,330	0,001	0,003	1
Proje 48	0,264	0,071	0,086	0,022	0,027	0,705	0,127	0,082	0,330	0,119	0,165	1
Proje 49	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,889	0,261	0,109	0,397	1,000	0,252	1
Proje 50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,793	0,513	0,036	0,397	0,262	0,059	1
Proje 51	0,245	0,116	0,532	0,374	0,000	0,278	0,000	0,077	0,397	0,001	0,002	1
Proje 52	0,725	0,000	0,068	0,621	0,346	0,000	0,104	0,024	0,397	0,009	0,028	1

Çizelge A.2 (devam): [0, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Proje 53	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,397	0,093	0,807	1
Proje 54	0,167	0,076	0,069	0,165	0,343	0,444	0,349	0,029	0,397	0,004	0,016	1
Proje 55	0,000	0,000	0,000	0,076	0,000	0,953	0,000	0,064	0,397	0,214	0,030	1
Proje 56	0,123	1,000	0,000	0,059	0,030	0,419	0,064	0,067	0,397	0,557	0,147	1
Proje 57	0,000	0,000	0,000	0,133	0,000	0,895	0,055	0,112	0,397	0,002	0,008	1
Proje 58	0,432	0,152	0,281	0,506	0,000	0,228	0,000	0,026	0,397	0,003	0,007	1
Proje 59	0,833	0,000	0,566	0,000	0,117	0,171	0,033	0,036	0,397	0,254	0,063	1
Proje 60	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,018	0,397	0,006	0,032	1
Proje 61	0,250	0,099	0,000	0,271	0,000	0,628	0,073	0,021	0,397	0,001	0,013	1
Proje 62	0,277	0,000	0,120	0,177	0,318	0,523	0,030	0,036	0,397	0,032	0,116	1
Proje 63	0,000	0,000	0,113	0,256	0,268	0,656	0,000	0,112	0,397	0,010	0,075	1
Proje 64	0,150	0,039	0,282	0,360	0,000	0,516	0,000	0,073	0,500	0,002	0,006	1
Proje 65	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,261	0,500	0,043	0,268	1
Proje 66	0,153	0,040	0,247	0,370	0,000	0,528	0,000	0,076	0,500	0,002	0,006	1
Proje 67	0,289	0,163	0,461	0,388	0,000	0,267	0,000	0,058	0,500	0,001	0,002	1
Proje 68	0,263	0,053	0,276	0,112	0,000	0,574	0,088	0,094	0,500	0,070	0,085	1
Proje 69	0,636	0,172	0,101	0,242	0,209	0,291	0,000	0,041	0,500	0,021	0,061	1
Proje 70	0,215	0,039	0,000	0,000	0,973	0,441	0,000	0,082	0,500	0,043	0,163	1
Proje 71	0,446	0,137	0,000	0,336	0,422	0,311	0,000	0,033	0,683	0,005	0,014	1
Proje 72	0,062	0,039	0,193	0,000	0,000	0,838	0,000	0,191	0,683	0,024	0,184	1
Proje 73	1,000	0,198	0,000	0,220	0,575	0,000	0,000	0,022	0,683	0,017	0,054	1
Proje 74	0,413	0,000	0,361	0,000	0,000	0,575	0,000	0,183	0,683	0,003	0,025	1
Proje 75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,082	0,683	0,210	0,045	1
Proje 76	0,128	0,083	0,299	0,438	0,348	0,134	0,400	0,119	0,683	0,006	0,037	1
Proje 77	0,072	0,102	0,000	0,000	0,000	0,918	0,000	0,608	0,683	0,050	0,432	1
Proje 78	0,054	0,077	1,000	0,160	0,000	0,214	0,101	0,033	0,683	0,009	0,045	1
Proje 79	0,263	0,000	0,621	0,764	0,000	0,000	0,062	0,041	0,683	0,009	0,044	1
Proje 80	0,684	0,279	0,000	0,000	0,000	0,520	0,000	0,049	0,683	0,001	0,008	1
Proje 81	0,100	0,050	0,476	0,029	0,072	0,598	0,000	0,201	0,683	0,015	0,111	1

Çizelge A.2 (devam): [0, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Proje 82	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,009	0,683	0,004	0,022	1
Proje 83	0,000	0,120	0,056	0,000	0,195	0,828	0,000	0,073	0,683	0,038	0,246	1
Proje 84	0,144	0,000	0,389	0,598	0,000	0,300	0,063	0,057	0,683	0,004	0,019	1
Proje 85	0,000	0,000	0,243	0,354	0,000	0,575	0,156	0,119	0,823	0,008	0,043	1
Proje 86	0,243	0,172	0,129	0,235	0,132	0,479	0,096	0,070	0,823	0,098	0,048	1
Proje 87	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,083	0,823	0,035	0,149	1
Proje 88	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,702	0,823	0,090	1,000	1
Proje 89	0,000	0,000	0,000	0,143	0,000	0,911	0,000	0,036	0,823	0,053	0,046	1
Proje 90	0,103	0,029	0,324	0,484	0,056	0,402	0,041	0,261	0,823	0,026	0,196	1
Proje 91	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,154	0,823	0,004	0,024	1
Proje 92	0,113	0,046	0,101	0,115	0,075	0,353	1,000	0,000	0,823	0,001	0,005	1
Proje 93	0,211	0,137	0,160	0,353	0,000	0,495	0,054	0,060	0,823	0,000	0,000	1
Proje 94	0,000	0,000	0,182	0,126	0,000	0,616	0,492	0,015	1,000	0,002	0,008	1
Proje 95	0,050	0,049	0,080	0,512	0,000	0,587	0,000	0,099	1,000	0,095	0,054	1
Proje 96	0,178	0,000	0,325	0,155	1,000	0,119	0,147	0,066	1,000	0,001	0,002	1
Proje 97	0,214	0,148	0,000	0,482	0,000	0,523	0,000	0,061	1,000	0,012	0,035	1
Proje 98	0,101	0,072	0,289	0,560	0,363	0,237	0,000	0,098	1,000	0,001	0,008	1
Proje 99	0,041	0,038	0,108	0,234	0,000	0,753	0,000	0,156	1,000	0,027	0,207	1
Proje 100	0,485	0,217	0,481	0,000	0,838	0,000	0,000	0,052	1,000	0,000	0,000	1

Çizelge A.3: [-1, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Parametre No	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	Bias
Parametre Adı	Saçak Silmesi (%)	Harpuşta (%)	Kat Silmesi (%)	Söveler (%)	Kolon Kaplamaları (%)	Düz Kaplamalar (%)	Süsler (%)	Yapı Yüksekliği (m)	m2 malzeme maliyeti (TL)	Nakliye (TL)	Toplam Metraj (m ²)	
Proje 1	0,633	-0,150	-0,095	-1,000	-0,444	-1,000	-1,000	-0,857	-1,000	-0,906	-0,693	1
Proje 2	-0,755	-0,759	-0,795	-0,758	-0,949	0,429	-0,890	-0,897	-1,000	-0,978	-0,905	1
Proje 3	-0,938	-0,884	-0,790	-0,950	-1,000	0,542	-0,453	-0,814	-1,000	-0,996	-0,977	1
Proje 4	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,623	-1,000	-0,932	-0,499	1
Proje 5	-0,654	-0,475	-0,203	-1,000	-0,872	-0,156	-0,451	-0,943	-1,000	-0,984	-0,906	1
Proje 6	-0,631	-0,702	-0,563	-1,000	-0,446	0,150	-0,934	-0,697	-1,000	-0,802	-0,962	1
Proje 7	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,770	-1,000	-0,995	-0,960	1
Proje 8	-0,730	-0,827	-0,514	-0,140	-1,000	-0,036	-1,000	-0,897	-1,000	-0,998	-0,995	1
Proje 9	-0,452	-0,742	-0,813	0,167	-0,753	-0,345	-1,000	-0,970	-1,000	-0,998	-0,997	1
Proje 10	-0,682	-0,934	-0,203	-0,170	-0,503	-0,434	-0,907	-0,775	-0,974	-0,996	-0,980	1
Proje 11	-0,367	-0,666	-0,840	-0,726	-1,000	0,048	-0,478	-0,854	-0,974	-0,990	-0,963	1
Proje 12	-0,661	-0,773	-0,423	-0,788	-1,000	0,254	-1,000	-0,819	-0,974	-0,988	-0,954	1
Proje 13	-0,580	-0,754	-0,442	-1,000	-1,000	0,275	-0,821	-0,775	-0,974	-0,978	-0,811	1
Proje 14	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,716	-0,974	-0,993	-0,970	1
Proje 15	-0,726	-0,838	-0,314	-0,580	-0,219	-0,222	-1,000	-0,908	-0,974	-0,771	-0,885	1
Proje 16	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	0,728	-0,327	-0,998	-0,974	-0,876	-0,980	1
Proje 17	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,996	-0,974	-0,986	-0,981	1
Proje 18	-1,000	-1,000	-0,559	-0,436	-1,000	0,391	-1,000	-0,734	-0,830	-0,976	-0,843	1
Proje 19	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,853	-0,830	-0,987	-0,863	1
Proje 20	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,204	-0,830	-0,615	0,502	1
Proje 21	-0,451	-0,711	-0,668	0,160	-1,000	-0,330	-1,000	-0,844	-0,830	-0,992	-0,945	1
Proje 22	-0,759	-0,872	-0,188	-0,439	-0,212	-0,416	-0,847	-0,666	-0,830	-0,977	-0,856	1

Çizelge A.3 (devam): [-1, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Proje 23	-0,330	-0,763	-0,529	-0,524	-1,000	-0,087	-0,845	-0,695	-0,830	-0,991	-0,940	1
Proje 24	-1,000	-0,646	-0,194	0,086	-0,680	-0,957	0,270	-0,987	-0,830	-1,000	-0,995	1
Proje 25	-0,766	-0,856	-0,342	-0,364	-0,587	-0,306	-0,608	-0,848	-0,830	-0,996	-0,986	1
Proje 26	-0,233	-0,730	-0,579	-0,721	-0,974	-0,114	-0,594	-0,860	-0,812	-0,552	-0,931	1
Proje 27	-0,271	-0,704	-0,090	-0,629	-0,681	-0,414	-1,000	-0,994	-0,812	-0,997	-0,975	1
Proje 28	-0,845	-0,945	-0,777	0,192	-0,618	-0,192	-0,886	-0,707	-0,812	-0,594	-0,962	1
Proje 29	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,717	-0,812	-0,817	-0,314	1
Proje 30	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	0,222	-0,812	-0,959	-0,742	1
Proje 31	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,815	-0,812	-0,985	-0,888	1
Proje 32	-0,468	-0,724	-0,757	-0,132	-0,236	-0,486	-0,833	-0,939	-0,812	-0,998	-0,995	1
Proje 33	-0,597	-0,883	-0,553	-0,326	-0,544	-0,176	-0,920	-0,914	-0,812	-0,996	-0,986	1
Proje 34	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,884	-0,812	0,621	-0,498	1
Proje 35	-0,534	-0,894	-0,549	-0,995	-0,834	0,354	-0,958	-0,921	-0,812	-0,901	-0,925	1
Proje 36	-0,939	-0,984	-0,755	0,021	-1,000	0,182	-1,000	-0,556	-0,812	-0,742	-0,015	1
Proje 37	-0,430	-0,818	0,068	0,347	-1,000	-0,840	-1,000	-0,866	-0,511	-0,997	-0,986	1
Proje 38	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,234	-0,511	-0,844	-0,344	1
Proje 39	-0,504	-0,838	-0,313	-0,528	-1,000	-0,025	-1,000	-0,824	-0,511	-0,991	-0,932	1
Proje 40	0,729	-0,452	-0,418	-0,699	-0,785	-0,813	-0,881	-0,964	-0,511	-0,835	-0,967	1
Proje 41	-0,514	-0,880	0,753	-0,279	-0,500	-1,000	-1,000	-0,678	-0,341	-0,833	-0,791	1
Proje 42	-0,555	-0,866	-0,594	1,000	-1,000	-1,000	-0,441	-0,818	-0,341	-0,986	-0,945	1
Proje 43	-0,140	-0,838	-0,123	-0,274	-1,000	-0,600	-0,712	-0,763	-0,341	-0,987	-0,933	1
Proje 44	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,919	-0,341	-0,715	-0,935	1
Proje 45	-0,360	-0,857	-0,109	-0,586	-0,677	-0,411	-0,769	-0,882	-0,341	-0,996	-0,977	1
Proje 46	-0,589	-0,821	-0,778	-0,195	-1,000	0,014	-0,847	-0,915	-0,341	-0,999	-0,992	1
Proje 47	-0,646	-0,863	-0,404	-1,000	-1,000	0,206	-0,503	-0,818	-0,341	-0,998	-0,994	1
Proje 48	-0,473	-0,858	-0,829	-0,956	-0,947	0,409	-0,746	-0,836	-0,341	-0,762	-0,669	1
Proje 49	-1,000	-0,976	-1,000	-1,000	-1,000	0,778	-0,478	-0,781	-0,205	1,000	-0,496	1
Proje 50	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	0,585	0,027	-0,927	-0,205	-0,475	-0,882	1
Proje 51	-0,510	-0,768	0,063	-0,252	-1,000	-0,444	-1,000	-0,846	-0,205	-0,998	-0,996	1

Çizelge A.3 (devam): [-1, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Proje 52	0,451	-1,000	-0,864	0,243	-0,308	-1,000	-0,792	-0,951	-0,205	-0,981	-0,944	1
Proje 53	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	1,000	-0,205	-0,814	0,613	1
Proje 54	-0,666	-0,848	-0,862	-0,671	-0,315	-0,113	-0,301	-0,943	-0,205	-0,992	-0,968	1
Proje 55	-1,000	-1,000	-1,000	-0,848	-1,000	0,905	-1,000	-0,872	-0,205	-0,572	-0,939	1
Proje 56	-0,753	1,000	-1,000	-0,881	-0,941	-0,162	-0,872	-0,866	-0,205	0,114	-0,706	1
Proje 57	-1,000	-1,000	-1,000	-0,734	-1,000	0,790	-0,891	-0,775	-0,205	-0,997	-0,984	1
Proje 58	-0,136	-0,695	-0,438	0,013	-1,000	-0,544	-1,000	-0,949	-0,205	-0,993	-0,986	1
Proje 59	0,666	-1,000	0,133	-1,000	-0,767	-0,659	-0,935	-0,927	-0,205	-0,493	-0,875	1
Proje 60	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,964	-0,205	-0,988	-0,935	1
Proje 61	-0,500	-0,802	-1,000	-0,459	-1,000	0,256	-0,854	-0,957	-0,205	-0,997	-0,973	1
Proje 62	-0,447	-1,000	-0,760	-0,646	-0,365	0,046	-0,940	-0,928	-0,205	-0,936	-0,769	1
Proje 63	-1,000	-1,000	-0,773	-0,487	-0,465	0,311	-1,000	-0,775	-0,205	-0,981	-0,850	1
Proje 64	-0,701	-0,921	-0,436	-0,279	-1,000	0,031	-1,000	-0,854	0,000	-0,997	-0,988	1
Proje 65	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,477	0,000	-0,914	-0,463	1
Proje 66	-0,694	-0,920	-0,506	-0,260	-1,000	0,055	-1,000	-0,848	0,000	-0,997	-0,988	1
Proje 67	-0,422	-0,675	-0,077	-0,225	-1,000	-0,466	-1,000	-0,884	0,000	-0,997	-0,996	1
Proje 68	-0,474	-0,895	-0,448	-0,777	-1,000	0,147	-0,825	-0,812	0,000	-0,860	-0,831	1
Proje 69	0,271	-0,656	-0,799	-0,516	-0,582	-0,418	-1,000	-0,919	0,000	-0,958	-0,879	1
Proje 70	-0,571	-0,922	-1,000	-1,000	0,945	-0,119	-1,000	-0,836	0,000	-0,914	-0,674	1
Proje 71	-0,109	-0,726	-1,000	-0,327	-0,156	-0,377	-1,000	-0,934	0,367	-0,989	-0,971	1
Proje 72	-0,876	-0,923	-0,613	-1,000	-1,000	0,676	-1,000	-0,617	0,367	-0,952	-0,631	1
Proje 73	1,000	-0,603	-1,000	-0,561	0,151	-1,000	-1,000	-0,955	0,367	-0,965	-0,893	1
Proje 74	-0,175	-1,000	-0,279	-1,000	-1,000	0,149	-1,000	-0,634	0,367	-0,994	-0,951	1
Proje 75	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,836	0,367	-0,580	-0,910	1
Proje 76	-0,744	-0,834	-0,402	-0,125	-0,303	-0,733	-0,200	-0,763	0,367	-0,987	-0,926	1
Proje 77	-0,857	-0,796	-1,000	-1,000	-1,000	0,836	-1,000	0,216	0,367	-0,900	-0,136	1
Proje 78	-0,892	-0,846	1,000	-0,680	-1,000	-0,572	-0,798	-0,933	0,367	-0,982	-0,910	1
Proje 79	-0,473	-1,000	0,241	0,527	-1,000	-1,000	-0,876	-0,917	0,367	-0,983	-0,913	1

Çizelge A.3 (devam): [-1, 1] normalizasyonuna göre normalize edilmiş veri seti.

Proje 80	0,368	-0,442	-1,000	-1,000	-1,000	0,041	-1,000	-0,903	0,367	-0,998	-0,983	1
Proje 81	-0,800	-0,901	-0,047	-0,943	-0,856	0,197	-1,000	-0,599	0,367	-0,970	-0,779	1
Proje 82	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,982	0,367	-0,992	-0,955	1
Proje 83	-1,000	-0,760	-0,888	-1,000	-0,610	0,656	-1,000	-0,854	0,367	-0,923	-0,509	1
Proje 84	-0,712	-1,000	-0,223	0,196	-1,000	-0,399	-0,875	-0,886	0,367	-0,992	-0,961	1
Proje 85	-1,000	-1,000	-0,513	-0,292	-1,000	0,149	-0,688	-0,763	0,646	-0,984	-0,914	1
Proje 86	-0,514	-0,657	-0,742	-0,529	-0,736	-0,043	-0,807	-0,860	0,646	-0,804	-0,904	1
Proje 87	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,833	0,646	-0,930	-0,702	1
Proje 88	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	0,404	0,646	-0,820	1,000	1
Proje 89	-1,000	-1,000	-1,000	-0,713	-1,000	0,821	-1,000	-0,927	0,646	-0,894	-0,908	1
Proje 90	-0,795	-0,942	-0,353	-0,033	-0,889	-0,196	-0,917	-0,478	0,646	-0,948	-0,608	1
Proje 91	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	-1,000	-0,692	0,646	-0,992	-0,952	1
Proje 92	-0,774	-0,907	-0,798	-0,770	-0,850	-0,294	1,000	-1,000	0,646	-0,997	-0,991	1
Proje 93	-0,578	-0,726	-0,680	-0,294	-1,000	-0,011	-0,891	-0,880	0,646	-1,000	-1,000	1
Proje 94	-1,000	-1,000	-0,635	-0,748	-1,000	0,233	-0,016	-0,970	1,000	-0,996	-0,984	1
Proje 95	-0,900	-0,901	-0,840	0,023	-1,000	0,174	-1,000	-0,802	1,000	-0,809	-0,893	1
Proje 96	-0,643	-1,000	-0,350	-0,690	1,000	-0,762	-0,706	-0,869	1,000	-0,998	-0,996	1
Proje 97	-0,572	-0,704	-1,000	-0,036	-1,000	0,046	-1,000	-0,878	1,000	-0,976	-0,930	1
Proje 98	-0,797	-0,856	-0,423	0,121	-0,273	-0,525	-1,000	-0,803	1,000	-0,997	-0,985	1
Proje 99	-0,919	-0,925	-0,784	-0,531	-1,000	0,506	-1,000	-0,688	1,000	-0,945	-0,585	1
Proje 100	-0,030	-0,567	-0,037	-1,000	0,676	-1,000	-1,000	-0,897	1,000	-1,000	-1,000	1

EK B**Çizelge B.1:** MS Excel Çözücü ile hesaplanan girdi katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlık değerleri.

Parametre No	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	Bias
Parametre Adı	Saçak Silmesi (%)	Harpuşta (%)	Kat Silmesi (%)	Söveler (%)	Kolon Kaplamaları (%)	Düz Kaplamalar (%)	Süsler (%)	Yapı Yüksekliği (m)	m2 malzeme maliyeti (TL)	Nakliye (TL)	Toplam Metraj (m ²)	
Nöron 1	-12,730	23,452	-11,898	3,658	1,233	-11,052	-9,355	-7,003	2,758	-12,014	13,103	4,085
Nöron 2	-10,929	6,926	-17,498	-0,535	5,763	-11,727	-11,073	18,557	8,156	11,761	-2,734	11,073
Nöron 3	-8,232	5,623	-4,912	13,011	-14,293	-41,156	27,630	30,060	44,197	-11,270	-13,806	24,411
Nöron 4	-13,278	12,288	-13,023	18,633	-3,799	-11,759	-14,270	-5,525	-5,162	25,527	-2,112	19,031
Nöron 5	7,185	-3,616	7,278	-5,544	-3,011	2,942	-2,547	0,186	1,391	-6,799	1,172	12,859
Nöron 6	2,152	-5,198	1,282	-0,347	-0,773	1,641	1,570	1,517	0,176	-3,342	1,012	-3,264
Nöron 7	-1,801	5,668	-3,273	-4,744	21,358	-6,574	-3,224	-1,274	1,571	2,459	0,611	8,305
Nöron 8	-9,034	4,242	12,134	-16,677	-17,636	-1,551	-20,035	-9,123	-12,869	10,648	7,656	5,260
Nöron 9	3,761	-6,258	1,157	0,460	-0,395	0,821	2,178	-0,911	-0,313	22,604	40,851	0,670
Nöron 10	-2,503	-7,917	10,136	-10,825	-4,985	-5,421	5,191	7,291	0,954	-4,839	8,095	10,943
Nöron 11	3,419	-4,168	2,845	-1,406	2,838	-1,720	-1,324	3,449	4,176	-0,564	-1,497	2,617

Çizelge B.2: Gizli katman çıktıları.

Nöron No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Bias
Proje 1	0,390	0,560	1,000	0,999	1,000	0,038	1,000	0,785	1,000	1,000	0,997	1
Proje 2	0,025	0,697	0,088	1,000	1,000	0,099	0,971	0,776	0,967	0,998	0,821	1
Proje 3	0,000	0,257	0,939	0,993	1,000	0,178	0,887	0,209	0,903	1,000	0,796	1
Proje 4	0,004	0,928	0,000	0,999	1,000	0,232	0,849	0,986	1,000	1,000	0,760	1
Proje 5	0,028	0,043	1,000	0,996	1,000	0,069	0,997	0,927	0,958	1,000	0,914	1
Proje 6	0,003	0,991	0,294	1,000	1,000	0,065	1,000	0,564	0,982	1,000	0,969	1
Proje 7	0,001	0,811	0,000	0,999	1,000	0,192	0,832	0,945	0,905	0,999	0,779	1
Proje 8	0,070	0,736	1,000	1,000	1,000	0,084	0,923	0,269	0,831	0,996	0,896	1
Proje 9	0,747	0,985	1,000	1,000	1,000	0,049	0,997	0,000	0,828	0,831	0,909	1
Proje 10	0,013	0,897	1,000	1,000	1,000	0,099	1,000	0,007	0,909	1,000	0,985	1
Proje 11	0,007	0,434	1,000	1,000	1,000	0,118	0,969	0,007	0,941	0,999	0,888	1
Proje 12	0,003	0,342	0,675	1,000	1,000	0,121	0,953	0,985	0,923	1,000	0,934	1
Proje 13	0,001	0,161	0,686	0,991	1,000	0,158	0,961	0,984	0,997	1,000	0,937	1
Proje 14	0,000	0,890	0,000	0,998	1,000	0,198	0,830	0,916	0,886	0,999	0,805	1
Proje 15	0,022	0,979	0,956	1,000	1,000	0,050	1,000	0,198	0,998	0,999	0,981	1
Proje 16	0,000	0,124	0,112	0,996	1,000	0,181	0,848	0,094	0,980	1,000	0,667	1
Proje 17	0,001	0,388	0,000	0,999	1,000	0,163	0,855	0,975	0,884	0,996	0,719	1
Proje 18	0,007	0,880	0,993	1,000	1,000	0,157	0,847	0,640	0,993	1,000	0,912	1
Proje 19	0,002	0,785	0,000	0,998	1,000	0,190	0,862	0,927	0,987	0,999	0,802	1
Proje 20	0,120	1,000	0,000	1,000	1,000	0,291	0,908	0,999	1,000	1,000	0,801	1
Proje 21	0,606	0,983	1,000	1,000	1,000	0,062	0,961	0,002	0,934	0,972	0,932	1
Proje 22	0,034	0,991	1,000	1,000	1,000	0,090	1,000	0,002	0,990	1,000	0,992	1
Proje 23	0,004	0,783	1,000	1,000	1,000	0,141	0,961	0,055	0,963	1,000	0,972	1
Proje 24	0,416	0,356	1,000	1,000	1,000	0,051	0,999	0,000	0,843	1,000	0,902	1
Proje 25	0,016	0,806	1,000	1,000	1,000	0,097	0,999	0,001	0,885	1,000	0,972	1
Proje 26	0,000	0,784	1,000	1,000	1,000	0,078	0,987	0,171	1,000	1,000	0,962	1
Proje 27	0,011	0,159	1,000	1,000	1,000	0,088	1,000	0,652	0,917	1,000	0,990	1

Çizelge B.2 (devam): Gizli katman çıktıları.

Proje 28	0,042	1,000	1,000	1,000	1,000	0,042	0,999	0,000	0,999	0,937	0,941	1
Proje 29	0,013	0,947	0,000	1,000	1,000	0,206	0,894	0,992	1,000	1,000	0,771	1
Proje 30	0,000	1,000	0,977	0,975	1,000	0,350	0,774	0,134	0,999	1,000	0,961	1
Proje 31	0,001	0,853	0,000	0,998	1,000	0,192	0,860	0,897	0,979	0,999	0,821	1
Proje 32	0,730	0,998	1,000	1,000	1,000	0,044	1,000	0,000	0,812	0,960	0,976	1
Proje 33	0,041	0,943	1,000	1,000	1,000	0,089	1,000	0,002	0,888	0,997	0,974	1
Proje 34	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	0,018	0,981	1,000	1,000	0,984	0,658	1
Proje 35	0,000	0,318	0,077	0,996	1,000	0,152	0,993	0,916	0,990	1,000	0,965	1
Proje 36	0,798	0,998	1,000	1,000	1,000	0,134	0,888	0,266	1,000	1,000	0,839	1
Proje 37	0,130	0,765	1,000	1,000	1,000	0,083	0,959	0,004	0,913	1,000	0,993	1
Proje 38	0,004	1,000	0,541	0,994	1,000	0,283	0,883	0,601	1,000	1,000	0,937	1
Proje 39	0,005	0,660	1,000	1,000	1,000	0,142	0,960	0,308	0,966	1,000	0,985	1
Proje 40	0,006	0,615	1,000	1,000	1,000	0,074	1,000	0,003	0,995	0,999	0,998	1
Proje 41	0,002	0,753	1,000	1,000	1,000	0,107	1,000	0,380	1,000	1,000	1,000	1
Proje 42	0,881	0,998	1,000	1,000	1,000	0,070	0,918	0,000	0,970	0,976	0,972	1
Proje 43	0,002	0,501	1,000	1,000	1,000	0,180	0,969	0,001	0,986	1,000	0,997	1
Proje 44	0,000	0,988	0,047	1,000	1,000	0,125	0,929	0,703	0,997	0,997	0,908	1
Proje 45	0,002	0,535	1,000	0,998	1,000	0,147	0,999	0,003	0,945	1,000	0,997	1
Proje 46	0,125	0,981	1,000	1,000	1,000	0,099	0,955	0,000	0,859	0,992	0,962	1
Proje 47	0,000	0,260	1,000	0,692	1,000	0,217	0,954	0,033	0,905	1,000	0,984	1
Proje 48	0,002	0,943	1,000	0,998	1,000	0,158	0,985	0,062	1,000	1,000	0,970	1
Proje 49	0,000	1,000	0,768	1,000	1,000	0,013	0,992	0,994	1,000	0,997	0,857	1
Proje 50	0,000	0,950	1,000	0,999	1,000	0,136	0,937	0,000	1,000	1,000	0,893	1
Proje 51	0,022	0,753	1,000	1,000	1,000	0,105	0,976	0,078	0,857	1,000	0,996	1
Proje 52	0,045	0,998	1,000	1,000	1,000	0,138	1,000	0,000	0,994	0,933	0,999	1
Proje 53	0,032	1,000	1,000	0,591	1,000	0,615	0,859	0,034	1,000	1,000	0,991	1
Proje 54	0,040	0,994	1,000	0,998	1,000	0,105	1,000	0,000	0,928	0,999	0,987	1
Proje 55	0,000	0,999	0,945	1,000	1,000	0,096	0,941	0,338	0,999	0,993	0,930	1
Proje 56	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,998	1,000	0,344	0,360	1

Çizelge B.2 (devam): Gizli katman çıktıları.

Proje 57	0,004	0,995	1,000	0,999	1,000	0,181	0,891	0,004	0,848	0,998	0,945	1
Proje 58	0,292	0,964	1,000	1,000	1,000	0,078	0,985	0,000	0,909	0,995	0,993	1
Proje 59	0,000	0,052	1,000	0,854	1,000	0,238	0,999	0,345	1,000	1,000	1,000	1
Proje 60	0,004	0,948	0,701	0,995	1,000	0,180	0,914	0,221	0,943	0,998	0,929	1
Proje 61	0,091	0,987	1,000	1,000	1,000	0,111	0,967	0,000	0,902	0,985	0,961	1
Proje 62	0,020	0,994	1,000	1,000	1,000	0,144	1,000	0,000	0,999	0,999	0,995	1
Proje 63	0,112	1,000	1,000	1,000	1,000	0,114	1,000	0,000	0,988	0,998	0,984	1
Proje 64	0,024	0,981	1,000	1,000	1,000	0,134	0,950	0,002	0,878	0,999	0,991	1
Proje 65	0,012	1,000	1,000	0,978	1,000	0,267	0,921	0,069	1,000	1,000	0,970	1
Proje 66	0,031	0,989	1,000	1,000	1,000	0,132	0,949	0,001	0,874	0,999	0,990	1
Proje 67	0,139	0,942	1,000	1,000	1,000	0,082	0,987	0,008	0,829	1,000	0,996	1
Proje 68	0,001	0,917	1,000	0,994	1,000	0,183	0,972	0,019	0,999	1,000	0,994	1
Proje 69	0,168	0,998	1,000	1,000	1,000	0,092	1,000	0,000	0,994	0,993	0,998	1
Proje 70	0,736	1,000	1,000	0,996	1,000	0,057	1,000	0,000	1,000	0,994	0,999	1
Proje 71	0,847	1,000	1,000	1,000	1,000	0,058	1,000	0,000	0,900	0,908	0,999	1
Proje 72	0,009	0,998	1,000	0,876	1,000	0,233	0,963	0,049	1,000	1,000	0,993	1
Proje 73	0,436	1,000	1,000	0,999	1,000	0,075	1,000	0,000	0,996	0,942	1,000	1
Proje 74	0,000	0,921	1,000	0,082	1,000	0,364	0,970	0,005	0,978	1,000	0,999	1
Proje 75	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,116	0,962	0,037	1,000	0,998	0,979	1
Proje 76	0,292	1,000	1,000	1,000	1,000	0,092	1,000	0,000	0,966	1,000	0,998	1
Proje 77	0,130	1,000	1,000	0,883	1,000	0,305	0,968	0,001	1,000	1,000	0,994	1
Proje 78	0,001	0,018	1,000	0,844	1,000	0,164	0,981	0,972	0,978	1,000	0,999	1
Proje 79	0,085	0,929	1,000	1,000	1,000	0,133	0,955	0,000	0,990	1,000	0,999	1
Proje 80	0,100	0,997	1,000	0,970	1,000	0,101	0,998	0,000	0,884	0,995	0,997	1
Proje 81	0,002	0,989	1,000	0,699	1,000	0,215	0,995	0,125	0,998	1,000	0,999	1
Proje 82	0,007	0,994	1,000	0,977	1,000	0,185	0,944	0,007	0,907	0,998	0,977	1
Proje 83	0,811	1,000	1,000	0,997	1,000	0,095	1,000	0,004	1,000	1,000	0,984	1
Proje 84	0,083	0,992	1,000	1,000	1,000	0,135	0,942	0,000	0,950	1,000	0,997	1
Proje 85	0,032	0,999	1,000	1,000	1,000	0,175	0,939	0,000	0,970	1,000	0,995	1

Çizelge B.2 (devam): Gizli katman çıktıları.

Proje 86	0,389	1,000	1,000	1,000	1,000	0,060	1,000	0,000	0,994	0,998	0,997	1
Proje 87	0,023	1,000	1,000	0,958	1,000	0,211	0,957	0,002	1,000	1,000	0,988	1
Proje 88	0,917	1,000	1,000	0,339	1,000	0,574	0,951	0,009	1,000	1,000	0,995	1
Proje 89	0,030	1,000	1,000	1,000	1,000	0,148	0,954	0,000	0,986	0,996	0,987	1
Proje 90	0,334	1,000	1,000	1,000	1,000	0,166	0,989	0,000	1,000	1,000	0,999	1
Proje 91	0,004	1,000	1,000	0,903	1,000	0,225	0,945	0,000	0,896	1,000	0,992	1
Proje 92	0,000	0,568	1,000	0,018	1,000	0,281	0,992	0,000	0,967	1,000	0,990	1
Proje 93	0,469	1,000	1,000	1,000	1,000	0,090	0,987	0,000	0,764	0,997	0,996	1
Proje 94	0,002	0,973	1,000	0,383	1,000	0,251	0,954	0,000	0,928	1,000	0,996	1
Proje 95	0,660	1,000	1,000	1,000	1,000	0,078	0,975	0,000	0,995	0,985	0,996	1
Proje 96	0,348	1,000	1,000	0,926	1,000	0,070	1,000	0,000	0,824	1,000	1,000	1
Proje 97	0,970	1,000	1,000	1,000	1,000	0,068	0,990	0,000	0,926	0,943	0,996	1
Proje 98	0,956	1,000	1,000	1,000	1,000	0,057	1,000	0,000	0,765	0,996	1,000	1
Proje 99	0,438	1,000	1,000	0,999	1,000	0,175	0,973	0,000	1,000	1,000	0,997	1
Proje 100	0,666	1,000	1,000	0,588	1,000	0,042	1,000	0,000	0,733	1,000	1,000	1

Çizelge B.3: MS Excel Çözücü ile hesaplanan gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlık değerleri.

Parametre No	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	Bias
Parametre Adı	Saçak Silmesi (%)	Harpuşta (%)	Kat Silmesi (%)	Söveler (%)	Kolon Kaplamaları (%)	Düz Kaplamalar (%)	Süsler (%)	Yapı Yüksekliği (m)	m2 malzeme maliyeti (TL)	Nakliye (TL)	Toplam Metraj (m ²)	
Nöron 1	2,068	2,481	2,401	4,313	-2,987	15,997	17,646	2,602	15,807	11,820	-9,343	-46,490

Çizelge B.4: Normalize edilmiş değerlere göre ağ çıktıları.

Proje No	YSA Çıktısı	Proje No	YSA Çıktısı	Proje No	YSA Çıktısı	Proje No	YSA Çıktısı	Proje No	YSA Çıktısı	Proje No	YSA Çıktısı
Proje 1	0,122	Proje 18	0,078	Proje 35	0,032	Proje 52	0,050	Proje 69	0,063	Proje 86	0,065
Proje 2	0,047	Proje 19	0,066	Proje 36	0,413	Proje 53	0,812	Proje 70	0,119	Proje 87	0,147
Proje 3	0,010	Proje 20	0,729	Proje 37	0,005	Proje 54	0,026	Proje 71	0,013	Proje 88	0,956
Proje 4	0,254	Proje 21	0,027	Proje 38	0,298	Proje 55	0,073	Proje 72	0,167	Proje 89	0,054
Proje 5	0,044	Proje 22	0,050	Proje 39	0,038	Proje 56	0,189	Proje 73	0,047	Proje 90	0,234
Proje 6	0,028	Proje 23	0,029	Proje 40	0,015	Proje 57	0,005	Proje 74	0,028	Proje 91	0,024
Proje 7	0,016	Proje 24	0,003	Proje 41	0,095	Proje 58	0,014	Proje 75	0,052	Proje 92	0,003
Proje 8	0,003	Proje 25	0,008	Proje 42	0,034	Proje 59	0,067	Proje 76	0,057	Proje 93	0,003
Proje 9	0,003	Proje 26	0,044	Proje 43	0,031	Proje 60	0,029	Proje 77	0,448	Proje 94	0,007
Proje 10	0,014	Proje 27	0,011	Proje 44	0,035	Proje 61	0,013	Proje 78	0,049	Proje 95	0,084
Proje 11	0,014	Proje 28	0,021	Proje 45	0,018	Proje 62	0,120	Proje 79	0,040	Proje 96	0,004
Proje 12	0,024	Proje 29	0,328	Proje 46	0,005	Proje 63	0,085	Proje 80	0,010	Proje 97	0,038
Proje 13	0,092	Proje 30	0,099	Proje 47	0,002	Proje 64	0,007	Proje 81	0,118	Proje 98	0,005
Proje 14	0,011	Proje 31	0,054	Proje 48	0,142	Proje 65	0,252	Proje 82	0,023	Proje 99	0,252
Proje 15	0,047	Proje 32	0,005	Proje 49	0,279	Proje 66	0,007	Proje 83	0,265	Proje 100	0,000
Proje 16	0,004	Proje 33	0,011	Proje 50	0,081	Proje 67	0,003	Proje 84	0,021		
Proje 17	0,007	Proje 34	0,235	Proje 51	0,003	Proje 68	0,113	Proje 85	0,048		

Çizelge B.5: YSA'na göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje No	Tahmini Değer (TL)	Gerçekleşen Değer (TL)	Farklar
Proje 1	509.929	536.767	26.838
Proje 2	209.654	199.670	-9.984
Proje 3	62.199	65.473	3.274
Proje 4	1.032.800	983.620	-49.180
Proje 5	199.010	209.483	10.473
Proje 6	134.061	134.086	25
Proje 7	87.533	92.140	4.607
Proje 8	33.834	32.223	-1.611
Proje 9	33.403	31.812	-1.591
Proje 10	78.087	82.197	4.110
Proje 11	77.363	81.435	4.072
Proje 12	119.010	113.343	-5.667
Proje 13	387.152	368.716	-18.436
Proje 14	67.716	71.280	3.564
Proje 15	211.258	211.239	-19
Proje 16	40.641	42.780	2.139
Proje 17	51.481	54.180	2.699
Proje 18	334.045	318.138	-15.907
Proje 19	286.382	272.745	-13.637
Proje 20	2.920.758	2.920.940	182
Proje 21	130.927	130.764	-163
Proje 22	221.417	233.070	11.653
Proje 23	139.264	132.632	-6.632
Proje 24	34.544	34.557	13
Proje 25	55.771	53.115	-2.656
Proje 26	199.596	199.592	-4
Proje 27	65.342	65.350	8

Çizelge B.5 (devam): YSA'na göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje 28	108.245	103.090	-5.155
Proje 29	1.326.696	1.263.520	-63.176
Proje 30	416.969	438.915	21.946
Proje 31	237.852	237.650	-202
Proje 32	41.712	43.907	2.195
Proje 33	65.379	62.266	-3.113
Proje 34	957.014	957.000	-14
Proje 35	148.862	156.697	7.835
Proje 36	1.663.925	1.751.500	87.575
Proje 37	41.926	44.133	2.207
Proje 38	1.208.960	1.208.960	0
Proje 39	175.245	175.230	-15
Proje 40	82.872	87.234	4.362
Proje 41	400.577	400.590	13
Proje 42	157.604	157.612	8
Proje 43	145.827	138.883	-6.944
Proje 44	162.005	154.290	-7.715
Proje 45	94.669	90.161	-4.508
Proje 46	42.668	42.160	-508
Proje 47	32.046	30.520	-1.526
Proje 48	585.759	616.588	30.829
Proje 49	1.130.891	1.130.536	-355
Proje 50	346.971	346.970	-1
Proje 51	36.659	38.588	1.929
Proje 52	223.959	223.959	0
Proje 53	3.250.301	3.095.525	-154.776
Proje 54	126.520	120.495	-6.025
Proje 55	311.619	328.020	16.401
Proje 56	772.681	772.681	0

Çizelge B.5 (devam): YSA'na göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje 57	43.187	45.460	2.273
Proje 58	78.079	78.078	-1
Proje 59	289.661	289.646	-15
Proje 60	137.687	137.690	3
Proje 61	73.614	74.941	1.327
Proje 62	498.359	524.588	26.229
Proje 63	362.284	345.032	-17.252
Proje 64	51.394	48.947	-2.447
Proje 65	1.023.128	1.023.000	-128
Proje 66	49.481	48.947	-534
Proje 67	35.569	33.875	-1.694
Proje 68	472.840	450.474	-22.366
Proje 69	274.160	261.232	-12.928
Proje 70	495.889	495.725	-164
Proje 71	75.081	71.506	-3.575
Proje 72	688.977	725.239	36.262
Proje 73	209.872	209.884	12
Proje 74	134.987	134.993	6
Proje 75	229.300	218.441	-10.859
Proje 76	250.379	250.565	186
Proje 77	1.802.209	1.802.170	-39
Proje 78	217.468	228.914	11.446
Proje 79	183.361	183.277	-84
Proje 80	64.202	61.145	-3.057
Proje 81	490.348	441.888	-48.460
Proje 82	115.525	119.800	4.275
Proje 83	1.078.083	1.040.201	-37.882
Proje 84	107.041	108.315	1.274

Çizelge B.5 (devam): YSA'na göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje 85	215.636	221.344	5.708
Proje 86	280.856	288.351	7.495
Proje 87	606.929	626.400	19.471
Proje 88	3.824.125	3.998.575	174.450
Proje 89	237.788	238.669	881
Proje 90	953.875	902.611	-51.264
Proje 91	119.801	119.700	-101
Proje 92	36.141	34.213	-1.928
Proje 93	34.099	32.781	-1.318
Proje 94	50.889	51.680	791
Proje 95	355.523	347.283	-8.240
Proje 96	37.506	39.002	1.496
Proje 97	173.226	168.002	-5.224
Proje 98	44.617	53.365	8.748
Proje 99	1.025.058	998.063	-26.995
Proje 100	24.226	23.243	-983

EK C**Çizelge C.1:** Regresyon istatistikleri.

Çoklu R	0,99737
R Kare	0,99474
Ayarlı R Kare	0,99408
Standart Hata	49232
Gözlem	100

Çizelge C.2: ANOVA.

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	11	40.350.476.922.600	3.668.225.174.782	1513,43109	3,17123E-95
Fark	88	213.292.708.361	2.423.780.777		
Toplam	99	40.563.769.630.961			

Çizelge C.3: Regresyon Analizi sonuçları.

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
Kesişim	6.414.271,65	5.490.554,05	1,16824	0,24587
X Değişkeni 1	-70.313,30	54.625,75	-1,28718	0,20141
X Değişkeni 2	-67.580,20	54.536,51	-1,23917	0,21858
X Değişkeni 3	-70.265,44	54.683,07	-1,28496	0,20218
X Değişkeni 4	-69.769,73	54.794,54	-1,27330	0,20627
X Değişkeni 5	-71.426,48	54.733,66	-1,30498	0,19530
X Değişkeni 6	-70.101,19	54.734,82	-1,28074	0,20365
X Değişkeni 7	-69.671,93	54.731,51	-1,27298	0,20638
X Değişkeni 8	117,93	359,59	0,32795	0,74373
X Değişkeni 9	16.111,18	3.523,68	4,57226	0,00002
X Değişkeni 10	1,17	0,43	2,73979	0,00744
X Değişkeni 11	167,77	2,41	69,49034	0,00000

Çizelge C.4: Regresyon Analizi'ne göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje No	Tahmini Değer (TL)	Gerçekleşen Değer (TL)	Farklar
Proje 1	536.767	536.767	0
Proje 2	194.649	199.670	5.021
Proje 3	53.980	65.473	11.493
Proje 4	960.358	983.620	23.262
Proje 5	203.378	209.483	6.105
Proje 6	80.733	134.086	53.353
Proje 7	75.839	92.140	16.301
Proje 8	23.231	32.223	8.992
Proje 9	19.571	31.812	12.241
Proje 10	32.063	82.197	50.134
Proje 11	92.399	81.435	-10.964
Proje 12	98.149	113.343	15.194
Proje 13	372.515	368.716	-3.799
Proje 14	58.954	71.280	12.326
Proje 15	217.012	211.239	-5.773
Proje 16	48.237	42.780	-5.457
Proje 17	34.666	54.180	19.514
Proje 18	310.691	318.138	7.447
Proje 19	268.127	272.745	4.618
Proje 20	2.899.423	2.920.940	21.517
Proje 21	133.711	130.764	-2.947
Proje 22	269.341	233.070	-36.271
Proje 23	134.484	132.632	-1.852
Proje 24	41.104	34.557	-6.547
Proje 25	33.087	53.115	20.028
Proje 26	175.362	199.592	24.230
Proje 27	53.838	65.350	11.512
Proje 28	104.174	103.090	-1.084

Çizelge C.4 (devam): Regresyon Analizi'ne göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje 29	1.326.660	1.263.520	-63.140
Proje 30	511.199	438.915	-72.284
Proje 31	219.742	237.650	17.908
Proje 32	14.112	43.907	29.795
Proje 33	28.380	62.266	33.886
Proje 34	1.049.522	957.000	-92.522
Proje 35	149.983	156.697	6.714
Proje 36	1.912.997	1.751.500	-161.497
Proje 37	59.500	44.133	-15.367
Proje 38	1.283.812	1.208.960	-74.852
Proje 39	155.344	175.230	19.886
Proje 40	102.552	87.234	-15.318
Proje 41	421.326	400.590	-20.736
Proje 42	158.037	157.612	-425
Proje 43	162.504	138.883	-23.621
Proje 44	162.546	154.290	-8.256
Proje 45	64.817	90.161	25.344
Proje 46	53.644	42.160	-11.484
Proje 47	42.416	30.520	-11.896
Proje 48	672.740	616.588	-56.152
Proje 49	1.103.492	1.130.536	27.044
Proje 50	289.426	346.970	57.544
Proje 51	48.446	38.588	-9.858
Proje 52	120.424	223.959	103.535
Proje 53	3.135.469	3.095.525	-39.944
Proje 54	84.059	120.495	36.436
Proje 55	168.256	328.020	159.764
Proje 56	758.603	772.681	14.078
Proje 57	63.393	45.460	-17.933

Çizelge C.4 (devam): Regresyon Analizi'ne göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje 58	74.426	78.078	3.652
Proje 59	272.264	289.646	17.382
Proje 60	151.310	137.690	-13.620
Proje 61	93.394	74.941	-18.453
Proje 62	453.166	524.588	71.422
Proje 63	305.393	345.032	39.639
Proje 64	67.055	48.947	-18.108
Proje 65	1.069.100	1.023.000	-46.100
Proje 66	66.830	48.947	-17.883
Proje 67	61.968	33.875	-28.093
Proje 68	370.785	450.474	79.689
Proje 69	273.040	261.232	-11.808
Proje 70	607.900	495.725	-112.175
Proje 71	96.038	71.506	-24.532
Proje 72	760.071	725.239	-34.832
Proje 73	236.440	209.884	-26.556
Proje 74	137.912	134.993	-2.919
Proje 75	242.743	218.441	-24.302
Proje 76	192.012	250.565	58.553
Proje 77	1.724.204	1.802.170	77.966
Proje 78	224.612	228.914	4.302
Proje 79	224.016	183.277	-40.739
Proje 80	104.401	61.145	-43.256
Proje 81	471.972	441.888	-30.084
Proje 82	133.932	119.800	-14.132
Proje 83	992.956	1.040.201	47.245
Proje 84	131.848	108.315	-23.533
Proje 85	232.390	221.344	-11.046
Proje 86	266.881	288.351	21.470

Çizelge C.4 (devam): Regresyon Analizi'ne göre tahmini teklif fiyatı değerleri ve gerçekleşen değerler.

Proje 87	632.290	626.400	-5.890
Proje 88	3.899.641	3.998.575	98.934
Proje 89	243.083	238.669	-4.414
Proje 90	819.770	902.611	82.841
Proje 91	152.250	119.700	-32.550
Proje 92	94.349	34.213	-60.136
Proje 93	79.199	32.781	-46.418
Proje 94	110.994	51.680	-59.314
Proje 95	302.767	347.283	44.516
Proje 96	22.174	39.002	16.828
Proje 97	231.575	168.002	-63.573
Proje 98	96.472	53.365	-43.107
Proje 99	876.313	998.063	121.750
Proje 100	37.102	23.243	-13.859

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad	: Yavuz Bahadır
Doğum Tarihi ve Yeri	: 06.05.1987-Trabzon
Adres	: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Ayazağa Kampüsü, Maslak-İstanbul.
E-Posta	: yavuzbahadir@otlook.com
Lisans	: İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2010.
Mesleki Deneyim	: Sektörde öncü bir prekast firmasında proje sorumluluğu, Şubat 2011-Eylül 2012. Konut inşaatı şantiye şefliği, Eylül 2012-Ocak 2013.

Yayın Listesi: Bahadır, Y. ve Haznedaroğlu, F.(2012).Konut Finansmanı Sistemleri ve Türkiye Uygulamasının Geliştirilmesi, *E-Journal of New World Science Academy (NWSA)-Engineering Sciences*, 7:2, 404-414.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Bahadır, Y. ve Haznedaroğlu, F. (2012). *Cam Elyaf Katkılı Cephe Kaplama Elemanlarına Yönelik Teklif Fiyatı Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Kullanılması*, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir, 13-16 Eylül.