

**İNŞAAT PROJELERİNDE KAYNAK İHTİYACININ
YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMI İLE
TAHMİNİ**

Umut Naci BAYKAN

**DOKTORA TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2007
ANKARA**

Umut Naci BAYKAN tarafından hazırlanan İNŞAAT PROJELERİNDE KAYNAK İHTİYACININ YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMI İLE TAHMİNİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Recep KANIT
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Süleyman PAMPAL

Üye : Prof. Dr. Metin ARSLAN

Üye : Prof. Dr. Ergin ATIMTAY

Üye : Prof. Dr. Recep KANIT

Üye : Doç. Dr. Atila DORUM

Tarih :18/01/2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Umut Naci BAYKAN

İNŞAAT PROJELERİNDE KAYNAK İHTİYACININ YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMI İLE TAHMİNİ

(Doktora Tezi)

Umut Naci BAYKAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2007

ÖZET

Bu çalışmada, inşaat sektörünün de temel sorunlarından biri olan kaynak ihtiyacının tahmini üzerinde durulmuştur. Kaynak tahmini için yapay zeka çalışmalarının en ilgi çekici teknolojilerden biri olan yapay sinir ağları yaklaşımı kullanılmıştır. Yapay sinir ağları, olayların arasındaki ilişkileri saptayabilmek için örnekleri kullanır; öğrenilen ilişkiler daha sonra karşılaşılabilecek problemlerin çözümü için yorum yapma ve karar verme aracı olarak kullanılır.

Bu çerçevede, farklı proje özelliklerine sahip konut inşaatları örneklenerek, proje parametreleri yapay sinir ağına öğretilmiş ve elde edilen sonuçlara göre ağı öğrenme performansı test edilmiştir. Yine bu sonuçlar, aynı parametrelerin regresyon analizinde kullanılması ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Sonuçta, yapay sinir ağı tahmin performansının regresyon analizine oranla daha yüksek olduğu ve ağı öğrenmesi sırasında kullanılacak örnek sayısının artırılması ile performansı daha yüksek tahminler yapılabileceği görülmüştür. Bu yaklaşımın, konut tipi binaların kaynak ihtiyacının tahmininde hızlı, verimli ve güvenilir bir yöntem olarak başarı

ile kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Bilim Kodu : 714.3.035
Anahtar Kelimeler : Yapay sinir ağları, kaynak planlaması, kaynak tahmini
Sayfa Adedi : 117
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Recep KANIT

ESTIMATING RESOURCE REQUIREMENTS OF CONSTRUCTION PROJECTS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPROACH

(Ph.D. Thesis)

Umut Naci BAYKAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2007

ABSTRACT

In this study, resource requirement, which is one the basic problems in construction sector, is focused on. For resource requirement neural networks approach, one of the most interesting technologies of the artificial intelligence is used. Neural networks use samples to determine the relationships between events, then gained relationships are used as a means of interpretation and decision making process for the solution of problems that will be faced.

In this context, project parameters are taught to neural networks and the learning performance of the network is tested according to acquired results by illustrating the housing construction that have different project traits. Again these results are compared with the results which are obtained by using same parameters in regression analyse.

As a result, it is seen that, estimation performance of neural networks is higher than regression analyse and also it is seen that estimations with high performance can be done by increasing the number of the sample during learning. It is stated that, this approach can be used successfully as a fast, productive and reliable method in resource

estimation of housing construction.

Science Code : 714.3.035
Key Words : Artificial neural networks, resource planning,
resource estimating
Page Number : 117
Adviser : Prof. Dr. Recep KANIT

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bana çalışma azmi vererek, tüm çalıőmalarıma yön veren, kıymetli hocam Prof. Dr. Recep KANIT'a sonsuz Őükranlarımı sunarken; bu çalışmanın gerçekteőmesine verdikleri katkılar için Prof. Dr. Süleyman PAMPAL, Prof. Dr. Metin ARSLAN, Prof Dr. Ergin ATIMTAY ve Doç. Dr. Atila DORUM'a; destekleriyle beni hiç yalnız bırakmayan çok değerli arkadaşlarım Latif Onur UğUR, Mürsel ERDAL ve Selçuk BAKKALOğLU'na teőekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. İNŞAAT PROJELERİNİN PLANLANMASI	4
2.1. Planlama	5
2.2. Proje Planlama	6
2.3. Proje Programlama	7
2.4. İnşaat Yönetimi Açısından Planlama Problemi	8
2.4.1. Kaynak planlama ve programlama	9
2.4.2. Kaynak planlama ve programlama aşamaları.....	11
2.4.3. Kaynak dengeleme işleminin uygulama ilkeleri	17
2.4.4. Kaynak dengeleme yaklaşımları	20
2.4.5. Kaynak sınırlamaları	22
2.4.6. Kaynak tahmini	24
3. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	27
3.1. Biyolojik Sinir Sistemi	27

Sayfa

3.2. Yapay Sinir Hücresi.....	28
3.3. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	31
3.4. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri	32
3.4.1. Doğrusal olmama.....	32
3.4.2. Hata toleransı	33
3.4.3. Öğrenme.....	33
3.4.4. Genelleme	33
3.4.5. Uyarlanabilirlik.....	33
3.4.6. Donanım ve hız.....	34
3.4.7. Analiz ve tasarım kolaylığı	34
3.4.8. Diğer karakteristikler	34
3.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme.....	38
3.6. Kullanım Alanları	40
3.7. Klasik Yöntemlerle Olan Benzerlikler	41
3.8. Yapay Sinir Ağlarının Mimarisi	42
3.9. Geri Yayılım Algoritması ve Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) Modeli	45
3.9.1. ÇKA öğrenme algoritması.....	45
3.9.2. ÇKA ağının çalışma yöntemi.....	50
3.9.3. Ağın performansının belirlenmesi	53
3.9.4. Girdi ve çıktıların ölçeklendirilmesi.....	54

Sayfa

4. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE YSA'NIN KULLANIMI	55
4.1. Optimizasyon Problemlerinde YSA Kullanımı	55
4.1.1. Proje programlama ve yönetimi	55
4.1.2. Kaynak tahsisi ve çizelgeleme	56
4.2. Tahmin Problemleri	58
4.2.1. İnşaat maliyet tahmini	58
4.2.2. İnşaat hukuku, ihale ve sözleşme yönetimi.....	60
4.2.3. Proje programlama ve kaynak tahsisi	62
4.3. Diğer Uygulamalar.....	63
5. YSA YAKLAŞIMI İLE KAYNAK İHTİYACININ TAHMİNİ	65
5.1. Amaç ve Problemin Tanımı	65
5.2. Verilerin Toplanması	66
5.3. Analiz	67
5.3.1. Kullanılan paket program	67
5.3.2. YSA yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar	73
5.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi.....	82
5.5. Analizde Kullanılan Modellerin Karşılaştırılması	86
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	93
EK-1 Analiz için kullanılan veri seti.....	94
EK-2 Ölçeklendirilmiş örnek seti.....	97
EK-3 ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları	100

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ 116

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresi arasındaki ilişki	31
Çizelge 3.2. İstatistik ve YSA terimleri arasındaki ilişki	42
Çizelge 5.1. Analizde kullanılan parametreler	66
Çizelge 5.2. Öğrenme parametreleri	75
Çizelge 5.3. Ağın test edilmesi sonucunda elde edilen veriler	77
Çizelge 5.4. ÇDR analizi ile bulunan regresyon katsayıları	84
Çizelge 5.5. Regresyon analizi sonuçları	85
Çizelge 5.6. Model karşılaştırması	86

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kaynak atamalarının yapılması	12
Şekil 2.2. Kaynak grafiği	13
Şekil 2.3. Kaynak yetersizliği durumu	14
Şekil 2.4. Kaynakların yetersizliği durumunda bollukların kullanılması	16
Şekil 2.5. Malzeme tipindeki kaynaklara ait ihtiyaç programı	16
Şekil 2.6. Zaman sınırlı kaynak dengeleme	20
Şekil 2.7. Kaynak sınırlı dengeleme	21
Şekil 2.8. Kullanım imkanlarına göre kaynaklar	23
Şekil 2.9. Proje maliyetinin belirlenmesi	25
Şekil 3.1. Sinir sisteminde bilgi akışı	27
Şekil 3.2. Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri	27
Şekil 3.3. Yapay sinir hücresi	29
Şekil 3.4. Etkinlik fonksiyonu örnekleri	30
Şekil 3.5. Yapay sinir ağı örneği	32
Şekil 3.6. İleri beslemeli üç katmanlı YSA	43
Şekil 3.7. Geri beslemeli YSA	44
Şekil 3.8. Öğrenme stratejisine göre YSA	44
Şekil 3.9. Çok katmanlı algılayıcı modeli	45
Şekil 3.10. ÇKA çalışma yöntemi	50
Şekil 3.11. Hata uzayında öğrenmenin gösterilmesi	51
Şekil 3.12. Öğrenme sırasında oluşan yerel çözümler	52
Şekil 4.1. YSA ve uzman sistem yaklaşımlarının birlikte kullanımı	56
Şekil 4.2. Nöral dinamik model yaklaşımı	57
Şekil 4.3. CPM bilgilerinin ağa sunulması	58

Şekil	Sayfa
Şekil 4.4. Olay tabanlı muhakeme tekniği	59
Şekil 4.5. Proje bütçe performansının belirlenmesi	60
Şekil 4.6. İhaleye girme kararı modeli	61
Şekil 4.7. İnşaat projelerinde alt yüklenici seçimi	62
Şekil 4.8. Proje programı performansının belirlenmesi.....	63
Şekil 4.9. Kaynak İhtiyacının belirlenmesi-silo inşaatı örneği	64
Şekil 5.1. Program açılış ekranı.....	67
Şekil 5.2. Program veri editörü modülü	68
Şekil 5.3. Ağ mimarisinin ve kullanılacak algoritmanın seçilmesi	69
Şekil 5.4. Öğrenme yapılandırma ayarları	69
Şekil 5.5. Ağ yapısı/bağlantı ağırlıkları	70
Şekil 5.6. Ağ yapısı/ağırlık istatistikleri	70
Şekil 5.7. Öğrenme işlemi	71
Şekil 5.8. Ağın hata grafiğinin izlenmesi.....	71
Şekil 5.9. Öğrenme işleminin tamamlanması	72
Şekil 5.10. Uygulamalar modülü.....	72
Şekil 5.11. Ağa sunulan girdi ve çıktı parametreleri	74
Şekil 5.12. Öğrenme seti giriş verilerinin programa girilmesi.....	75
Şekil 5.13. Öğrenme seti çıkış verilerinin programa girilmesi.....	76
Şekil 5.14. Öğrenme parametrelerinin ayarlanması	76
Şekil 5.15. QP öğrenme algoritması ile öğrenme	79
Şekil 5.16. IBP algoritması ile öğrenme	80
Şekil 5.17. BBP algoritması ile öğrenme	80
Şekil 5.18. GA ile öğrenme.....	81
Şekil 5.19. Kullanılan öğrenme algoritmalarına göre ağ performansı.....	81

Şekil	Sayfa
Şekil 5.20. Kullanılan parametrelerin önem değerleri.....	82
Şekil 5.21. Test ortalama hataları.....	87

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
ζ_k^i	k. işlem elemanının çıktısı
ζ_j^a	j. ara katman elemanının çıktısı
E_m	Çıktı katmanındaki m. işlem elemanının hatası
NET_j^a	Ara katman elemanına gelen net girdi
TH	Tüm çıktı elemanlarının toplam hatası
Y	Bağımlı değişken (regresyon)
ΔA^a	Ağırlık değerindeki değişim miktarı
Λ	Öğrenme katsayısı
A	Momentum katsayısı
B	Kısmi regresyon katsayısı
β_j	j. elemana bağlanan eşik değer
δ_m	m. çıktı elemanının hatası
x_i	Bağımsız değişken (regresyon)

Kısaltmalar	Açıklama
BBP	Yığın geriye yayılım
ÇDR	Çoklu doğrusal regresyon
GA	Genetik algoritma
GY	Geriye yayılım
IBP	Artımlı geriye yayılım
QP	Hızlı geriye yayılım
YSA	Yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

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

İnşaat sektörünün içinde bulunduğu rekabet ortamı yanında, müşterilerin bilinç düzeyi ve beklentilerinin oldukça artmış olması, henüz erken tasarım aşamasında bulunan bir işin maliyet, süre ve kalite açısından dengeli bir analizinin yapılmasını gerektirmektedir. Bu analiz için kimi zaman daha önce edinilmiş tecrübeler kullanılırken, kimi zaman da projenin benzersiz özelliklerinden dolayı uzun süren değerlendirmeler yapılabilir. Her iki durumda da ortaya konulan çaba, proje hedefine ulaşmak için kaynak kullanan faaliyetleri planlama, organize etme, yürütme ve denetleme çabasıdır.

Son yıllarda, projelerin kaynak kullanımı, maliyet ve süre açısından analiz edilebilmesi için çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Özellikle bilgisayar teknolojisinin, yapılacak uygulamalara sınırsız biçimde destek verebilme yeteneği, proje yönetimi bakımından, problemlerin zorluğunu bir ölçüde azaltabilmektedir. Ancak yine de karar verici olarak insan faktörü ön plana çıkmakta, bu da deneyim sorununu gündeme getirmektedir. Deneyim, aktarılmasının çok güç olması yanında, proje yönetimi ile ilgili uygulamaları etkileyen faktörler arasında maliyeti en yüksek olanıdır. Çağımızda bilgisayar yeteneklerinden faydalanma düşüncesinin arkasında da deneyimin maliyeti

bulunmaktadır.

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

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

İnşaat sektörünün kullandığı kaynakların fazlalığı, bu kaynakları elde etme gücü, karar verme için deneyim faktörünün oynadığı önemli rol ve sektördeki yoğun rekabet göz önüne alınarak; değerlendirmelerin nitelikli, yeterli doğrulukta ve olabildiğince hızlı yapılabilmesi için yapay sinir ağları yaklaşımının kullanılması fikri, bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Bu fikirden hareketle, öncelikle inşaat projelerinin planlanması, planlama ve programlama kavramları üzerinde durularak, bu kavramların proje yönetimi açısından taşıdığı anlam ile kaynak planlama ve kaynak programlama işlemlerinin mantığı irdelenmiştir. Daha sonra, yapay sinir ağları yaklaşımı hakkında temel bilgilere yer verilmiş; bu yaklaşımın çalışma prensipleri, kullanım alanları, kullanışlı ve kullanışsız yönleri ortaya konulmuştur. İnşaat mühendisliğinde yapay sinir ağı yaklaşımının kullanılmasıyla ilgili bölümde, inşaat projelerinin yönetimi ile ilgili literatür incelenerek, özellikle optimizasyon ve tahmin problemlerinde bu yaklaşımın ne ölçüde kullanım alanı bulunduğu gösterilmiştir. Çalışmanın daha sonraki bölümlerinde ise, konut tipi bina inşaatlarında kaynak ihtiyacının tahmini için yapay sinir ağı

yaklaşımının kullanılması amacını taşıyan bir model sunularak; bu modelden elde edilen sonuçlar, modelin tahmin performansı ve çoklu doğrusal regresyon analizi ile karşılaştırmalara yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde de, sunulan tahmin modellerinin kullanılabilirliği ve ileriye dönük uygulamaların neler olabileceği tartışılmıştır.

2. İNŞAAT PROJELERİNİN PLANLANMASI

Günümüzde kaynakların, sürenin ve bütçenin sınırsız olarak kullanılabilirdiği bir ortam öngörmek mümkün değildir. Kaynakların kıt, zamanın çok değerli olduğu bu koşullarda, kaynakların en akılcı biçimde kullanımını sağlayacak bir yönetim anlayışı ve programlama tekniğinin gerekliliği açıktır. Zamanın ve paranın en iyi şekilde değerlendirilmesi ve kısıtlı olan malzeme, işgücü, makine-ekipman gibi kaynakların en uygun biçimde kullanılmasını sağlamak amacıyla, bir projenin başlangıcından bitimine kadar olan sürecin planlanması ve programlanması gerekmektedir. Planlama ve programlama süreçleri proje yönetiminin temelini oluşturmaktadır.

Proje yönetimi için, “eldeki imkanlar dahilinde projenin amaçlanan hedeflere en iyi yoldan ve en etkili biçimde ulaşmasını sağlamak üzere, sürecin planlanması ve denetimi [1]”, “projenin hedeflerine ulaşabilmesi için proje faaliyetlerinin planlanması, programlanması (çizelgelenmesi) ve kontrol edilmesi [2]”, “ulaşılmak istenen belli bir sonucu elde etmek için kullanılan maddi ve beşeri kaynakların ortak faaliyetlerini planlama, örgütleme, yürütme ve denetleme çalışmaları [3]” gibi tanımlar verilebilir. Proje yönetiminin temel hedefi, bir projenin planlanan sürede, en az maliyetle ve istenilen kalite düzeyinde tamamlanmasıdır. Proje yönetimi bilgilerin, tecrübelerin, araç ve tekniklerin, ihtiyaçlar ve projeden beklentilerin karşılanmasına yönelik uygulamasıdır [4]. Tüm bu tanımlar içinde zaman, maliyet ve kaynakların bütünleştiği görülmektedir.

İnşaat sektörü uygulamalarında her geçen gün daha karmaşık ve büyük boyutlu projeler gündeme gelmektedir. İşletmeler arasında giderek artan rekabet, bu karmaşık projelerin sadece performansları açısından değil, süre ve maliyet açısından da değerlendirilmelerini zorunlu kılmaktadır. İşletmelerin sadece hizmet üretmeleri yetersiz kalmakta, bu hizmetleri rakiplerden daha kısa sürede ve daha uygun maliyetlerle üretmeleri önemli bir faktör olmaktadır [3]. Dolayısıyla, bir firmanın piyasada rekabet edebilmesinin temel

koşullarından birisinin, tüm yapım sürecini kontrol edebilme yeteneği olduğu söylenebilir.

2.1. Planlama

Planlama, hedefe ulaşma yollarını belirleme ve bunun için neler yapılacağına karar vermedir. Organizasyon, yöneltme, koordinasyon ve denetleme gibi fonksiyonların önünde yer alır ve yönetimin vazgeçilmez bir unsurudur.

Planlama,

- *Bir seçim ve tercih sürecidir.* Bu seçim ve tercihi en uygun şekilde gerçekleştirmek için gerekli bilgilerin araştırma yoluyla toplanması gerekir.
- *Bir karar sürecidir.* Planlama sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile ortaya çıkan alternatifler arasından en uygunu seçilir. Planlama geleceğe dönüktür. Belirli bir zamanı gerekli kılan planlama geleceğin kestirilmesi çabasını gerektirdiğinden, bu tahminin isabetli olması büyük önem taşır.
- *Kapsamlı ve devamlı bir faaliyettir.* Planlama tüm yönetim basamaklarını ve yöneticileri kapsar. Üst yönetim stratejik planı yaparken, orta ve alt yönetim kademeleri taktik ve operasyonel planlarla ilgilenirler. Ayrıca planlama devamlı olarak yapılan ve sona ermeyen bir faaliyettir. Ancak bazı durumlarda değişiklikler yapmak gerekebilir.
- *Önem sırasına konulan işlerin süresel ve finansal uzantıları göz önüne alınarak işi zamana yayma eylemidir.* Yapılacak olan işin zamana yayılması ile oluşan iş programı kontrol edilir; programdan sapmalar tespit edilirse, sapma nedeni ile birlikte raporlanıp, karar vericiye sunulur [5].

Planlama eyleminde en büyük güçlük, gelecekteki olayların, plan hazırlandığı sırada isabetli bir biçimde tahmin edilmesi ve öngörülmesidir. Planlamada başarı, büyük ölçüde isabetli bir tahmine bağlıdır. Gelecekte bir takım “belirsizlik” ve “risk faktörleri” ile karşı karşıya gelinmesi, tahminlemeyi güçleştiren en önemli nedenlerden biridir. Belirsizliğe neden olan faktörler arasında insan unsuru, işletme büyüklüğü, örgütlenme sorunları, kurumun hukuki yapısı, politik etkenler, Devletin iktisadi politikasındaki değişiklik ve kararlarda süreklilik derecesi, işletmenin ileriye görme ve ona göre önlem alma olanağı, teknolojik ve sosyal etkenler sayılabilir.

2.2. Proje Planlama

Proje planlama, yapım metotlarını belirleme ve yapılacak olan işi sıraya koyma işi, yapılacak olan işin zamana yayılması ile oluşan iş programını kontrol ederek, karar vericiye sunan bir karar destek mekanizmasıdır. Proje planlama, programlama için gerekli olan tüm verilerin toplanmasıyla başlar. Proje planlaması boyunca, projeye ilgili olan maliyet, kalite ve zaman gibi risk faktörleri değerlendirilmeli, gerekli olan organizasyonel yapı ve alt birimlerle iletişim stratejisi kurulmalıdır.

Planlama, tasarım ve üretim safhası arasındaki bağlantıyı sağlar. Proje hedefleri açısından doğru ve uygulanabilir kararların alınması, projelerin planlanmasıyla mümkün olur. Planlama sırasında, proje hedeflerine ulaşabilmek için neler yapılması gerektiği, bunlara ilişkin iş akışının ortaya konulması ve faaliyetler arasındaki ilişkilerin tanımlanması ile ilgili kararlar verilir.

Proje yöneticisi, proje planlaması boyunca projeye ilgili olan güvenlik, maliyet, kalite ve zaman gibi risk faktörlerini değerlendirmelidir. Risk analizi ve yönetimi başarılı bir proje yöneticisi olmak için önemli bir kriterdir. Ayrıca proje yöneticisi, malzeme alımını ve sözleşme stratejilerini de planlama aşaması boyunca takip etmelidir.

2.3. Proje Programlama

Proje programlama, kaynak ihtiyacının ve tahmin edilen süre içinde projenin gidişatının programlanmasıdır. Proje programlamada ilk aşama, her bir faaliyet için gerekli süreyi belirlemektir. Ayrıca bu aşamada, her faaliyetin başlama ve bitiş zamanını gösteren bir zaman diyagramı hazırlanır. Proje programı, proje açısından önem arz eden kritik faaliyetleri göstererek, faaliyetlerin serbestlik süresi ve gecikme miktarı hakkında bir fikir vermelidir. Program iş sahibi, tasarımcı ve yüklenici için önemli bir araçtır.

Programlama, malzeme alımı, insan gücü ve ekipman uyumluluğunu da dikkate alarak uygun planlamayla başlar. Yapım projelerinde birçok programlama yöntemi kullanılmaktadır. Tüm yöntemlerde, işin en son kontrolünü içeren program yapılırken, tamamlanan faaliyetler veya bireysel kısımlar tanımlanır. Bir sonraki aşama ise bu işlerin hangi sıraya göre yapılacağına belirlenmesidir. Bu iş aşağıdaki sorulara cevap bulmayı gerektirir.

- Bu faaliyetin başlayabilmesi için hangilerinin tamamlanması gerekir?
- Bu faaliyet biter bitmez hangileri başlayabilir?
- Hangi faaliyetler bu faaliyetle aynı zamanda gerçekleşebilir?

Bu sorulara bağlı cevaplarla birlikte faaliyetler arasındaki karşılıklı etkileşim kullanılarak proje programı yapılabilir. Her bir faaliyetin süresi maliyet hesaplarında kullanılan değerlerden alınabilir. Her bir faaliyetin başlangıç ve bitiş süreleri bilinebilir ve bütün projenin programıyla sözleşmenin gerçek bitiş süresi kıyaslanabilir.

Uygulama tahmin başarısı, bir önceki seviyede toplanan bilgilere dayanır. Proje yöneticisinin maliyet ve zaman yaklaşımında duyarlılık göstermesi,

tahminlerin gerekleŒme oranında büyük sapmalar olmasını engeller.

2.4. İnŒaat Yönetimi Açısından Planlama Problemi

İnŒaat yönetimi, bir inŒaat iŒletmesinin ele aldığı projenin amaçlarını gerekleŒtirebilmek için bir araya getirdiği maddi ve beŒeri kaynakların faaliyetlerini planlama, örgütleme, yürütme, dzenleŒtirme ve denetleme fonksiyonları topluluğudur [1]. Hedeflenen proje amaçlarına ulaŒabilmek için yerine getirilmesi gereken fonksiyonların tamamı, eldeki kısıtlı kaynakların optimum biçimde kullanımını sağlamaya yöneliktir.

Kaynak kullanımını konusunda literatürde geçen üç temel problem vardır.

Bunlar:

1. Srenin sınırlı, kaynağın serbest olması halinde kaynakların en iyi Œekilde kullanılması (unlimited resource leveling problem),
2. Süre ve giderin serbest olarak alınıp, en az giderli yatırım süresinin bulunması (time cost trade-off problem),
3. Kaynakların kısıtlı olması hali ya da mevcut kaynak kısıtları altında, sürenin en az uzamasıyla iŒin tamamlanmasıdır (resource-constrained scheduling problem) [6].

Planlama aŒaması, inŒaat projelerinin yönetiminde en fazla zaman harcanan aŒamadır. İŒin yapım yönteminin, gerekli insan gücünün, malzeme, makine-ekipman ve taŒeronların belirlenmesi iŒlemlerinin bu konuda deneyimli müteahhit ve/veya proje yöneticisi ve planlama ekibi tarafından yapılması gerekir. Planlama aŒamasının gerektirdiği iŒler tamamlandığında, hem iŒ hakkında geniŒ bilgi edinilmiŒ, hem de bu bilgiler faaliyete baŒlanmadan sağlanmış olur. Ayrıca proje ayrıntıları ve olası sorunlar hakkında, baŒka

hiçbir şekilde sağlanamayacak ön bilgiler elde edilir [7].

İnşaat projelerinin planlamasının üç temel bileşeni bulunur. Bunlar, süre planlaması, maliyet planlaması ve kaynak planlamasıdır.

Süre planlaması: Faaliyetlere atanan kaynaklarla bu faaliyetlerin ne kadar sürede tamamlanabileceğinin bulunması,

Maliyet planlaması: Projenin ihtiyaç duyduğu toplam parasal miktarın belirlenmesi ile projenin ilerlemesi sırasında hangi faaliyet için ne miktarda parasal kaynak kullanılacağıının belirlenmesi,

Kaynak planlaması: Projenin gerçekleştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan malzeme, makine-ekipman ve işgücü kaynaklarının ve miktarlarının tahmin edilmesidir.

Yukarıda sayılan üç temel bileşenin her birini gerçeğe yakın sonuçlarla belirlemek için kullanılacak en iyi yöntem, geçmiş projelerden elde edilen verilerin kullanılmasıdır.

2.4.1. Kaynak planlama ve programlama

Bir inşaat projesindeki faaliyetlerin büyük bölümü kısıtlı durumdaki farklı kaynaklara ihtiyaç duyar. Kaynakların kısıtlı olduğu bir ortamda, projenin her bir günü için ihtiyaç duyulan kaynak tipi ve miktarı ile her bir kaynağı kullanacak faaliyetlerin belirlenmesi *kaynak planlaması* süreci içinde gerçekleştirilir. Belirlenen kaynakları kullanacak faaliyetlerin kaynak durumuna göre ilişkilendirilmesi ve öngörülen kaynak miktarını aşmayacak şekilde projenin ilerlemesinin sağlanması işlemi ise *kaynak programlaması* adını alır [8].

Her gün için ihtiyaç duyulan kaynakların miktarlarını saptayarak, faaliyetleri

programlayan, böylelikle faaliyetlerin kaynak kapasitelerini aşmadan yürütülmesini sağlayan işlem *kaynak programlamasıdır*. Proje plan ve programı uygulamaya koyulduğunda, kaynakların istenen yerde, istendiği zaman, istenen miktarda bulundurulabilmesi için yapılması zorunludur. Bir kaynak programı, hangi kaynağın, hangi faaliyette, ne ölçüde ve hangi tarihler arasında kullanılacağını tanımlar. Faaliyetlerin ve dolayısıyla projenin yürütülmesi ve zamanında bitirilmesi için, kaynakların istenilen zamanda kendilerinden beklenen işleri tümüyle tamamlamaları gerekmektedir.

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

Proje yöneticilerinin işçilik, makine-ekipman, malzeme ve parasal kaynakların kullanımına ait bir plan oluşturmasına ilişkin fonksiyon, iki önemli bölümde ele alınabilir. Bunlar Kaynak Atama (*Resource Allocation*) ve Kaynak Dengeleme (*Resource Leveling*) dir. Kaynak atama prosedürünün hedefi, proje süresi minimumda tutulurken, kaynak kullanımları hiçbir zaman kapasiteyi aşmayacak şekilde faaliyetlerin programlanmasıdır. Kaynak dengelemenin hedefi ise, proje süresi belirli bir limiti aşmayacak ve kaynaklara duyulan talepteki sapma, bir periyottan diğerine minimum düzeyde tutulacak şekilde faaliyetlerin düzenlenmesidir [8].

Programlamadaki kaynak atama probleminin incelendiği konu başlıklarının çoğunluğu "Sabit Sınırlı Kaynak Programlama"ya (*Fixed Limits Resource Scheduling*) dahil edilebilir. Sabit sınırlı kaynak programlamasında, kaynak kapasitesinin miktarına ilişkin kesin ve aşılamayan sınırlar vardır. Programlamanın hedefi, projenin bitim tarihine uymak, bu mümkün değilse

kaynak sınırlamalarına karşın proje süresini minimumda tutmaktır. Böyle bir hedef için proje faaliyetlerinin nasıl sıralanacağına ilişkin pek çok yöntem geliştirilmiştir. Diğer taraftan, projenin bitim tarihinin uzaması genelde istenmeyen bir durumdur. Böyle bir durumda sınırlı olan süredir ve programlama sonrasındaki dengeleme işlemi (*Time-Constrained Resource Leveling*) bu sınır göz önüne alınarak yapılır. Kaynak programlamasına gereken önem verilmediğinde, çoğu projelerde kaynak yönetimindeki yanlışlıklardan doğan gecikmeler oluşur. Genellikle birbirinden bağımsız ve tek kaynak havuzundan beslenen projelerde karşılaşılan bu durum, sadece projelerin değil, firmaların başarısı için de anahtar rol oynar. İyi bir kaynak programlaması, işgücü ve ekipmanın üretkenliklerini arttırırken, maliyetlerini minimum seviyeye indirir. Kaynakların rasyonel biçimde kullanılmasının sağlanabilmesi ancak, iyi bir kaynak programıyla mümkün olabilir [8].

2.4.2. Kaynak planlama ve programlama aşamaları

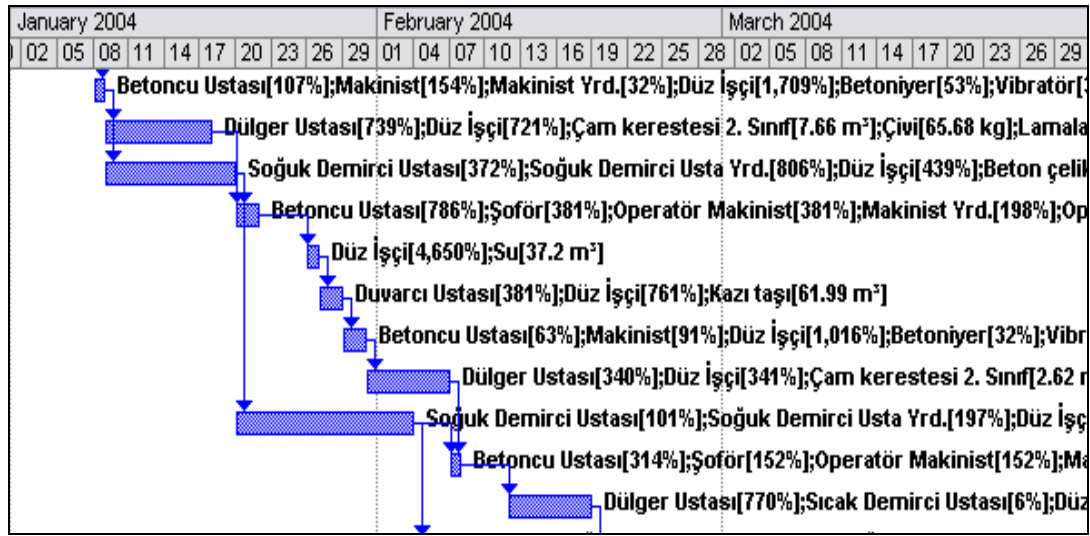
Kaynak planlama ve programlamasının aşamaları,

- Kaynak atamalarının yapılması,
- Toplam kaynak miktarının belirlenmesi,
- Kaynak kapasitesinin saptanması,
- Kaynak dengeleme,
- Kaynak ihtiyaçlarının raporlanması ve kaynak programının bir grafik haline getirilmesi şeklinde sıralanabilir.

Kaynak atamalarının yapılması aşamasında, plandaki her faaliyetin süresi boyunca ihtiyaç duyacağı kaynaklar belirlenmektedir (Şekil 2.1). Bunun en kolay yolu, bir proje yönetim yazılımı kullanarak, her faaliyet için belirlenmiş kaynak ihtiyaçlarına dair verilerin girilmesidir. Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta da, “süre”nin bazı durumlar dışında, kaynak miktarının doğrudan bir fonksiyonu olduğudur. Bazı projelerde kaynak kullanımı faaliyet

süresi boyunca sabit kalırken, bazılarında değişiklikler gösterebilmektedir. Her faaliyet için ayrı kaynak profilleri oluşturulabilir ancak, böyle bir analizi yapacak yazılım paketinin gelişmiş bir sistem içermesi gerekmektedir. Kaynakların atanması işlemi, faaliyetlerin tek tek ele alınmasıyla sürdürülür.

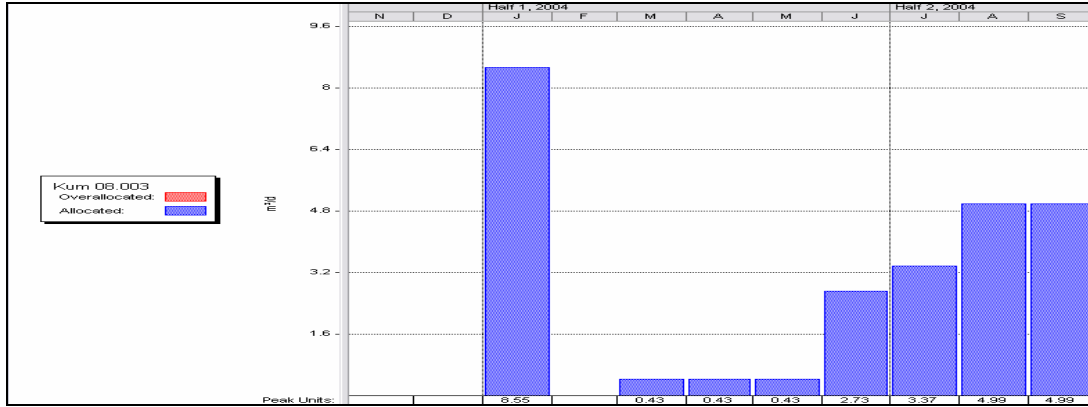
Kaynak analizi bu seviyede durdurulsa da, proje için bir kaynak programı elde edilir; ancak bir sonraki adımda ortaya çıkacak aşırı yüklemelerin farkına varılamaz.



Şekil 2.1. Kaynak atamalarının yapılması

Toplam kaynak miktarının belirlenmesi işleminde, faaliyetin tamamlanması için gerekli olan her kategoriden kaynağın miktarı ve faaliyetin gerçekleştiği zaman dilimi kullanılarak, belirli bir zamandaki toplam kaynak ihtiyacı belirlenir.

Böylelikle, projenin toplam işgücü grafiği ya da her bir kaynağa ait grafik elde edilebilir (Şekil 2.2). Bu, elle yapılması zor bir işlemdir ancak, bir paket yazılım bu işlemi çok çabuk ve doğru bir şekilde yapabilmektedir.



Şekil 2.2. Kaynak grafiği

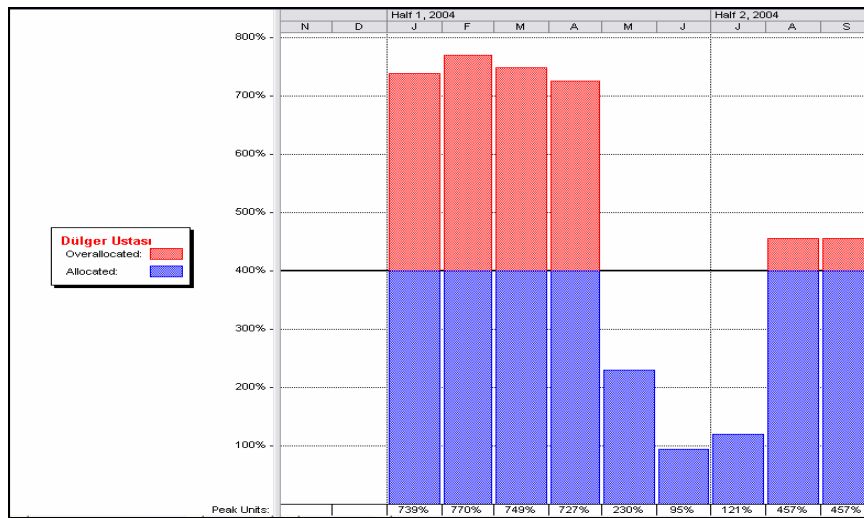
Kaynak kapasitesinin saptanmasında, işgücü, malzeme ve ekipman için söz konusu olabilecek sınırlamalara dikkat edilmelidir. İşgücü için söz konusu olabilecek sınırlamalar aşağıda sıralanmıştır:

- Organizasyon ve bütçe sınırlamaları: Proje ya da projeler tek kaynak havuzundan yararlanıyorlarsa, ihtiyaç duyulan kaynakların paylaşılması söz konusu olacağından, bazı kapasite sınırlamaları ortaya çıkabilmektedir.
- İşgücü yoğunluğu: Bazı faaliyetlerin verimliliği ve güvenli şekilde gerçekleştirilmesi için, o alanda çalışacak işçi sayısına bir kısıtlama getirilmesi gerekebilir. Bu sınır aşıldığında, çalışılan alanda ve işin denetlenmesinde ortaya çıkan problemler nedeniyle üretkenlik düşebilir.
- Fiziksel zorunluluklar: Fiziksel koşullar dolayısıyla sınırlı sayıda işgücüne ihtiyaç duyan faaliyetler söz konusu olabilir.
- Uzmanlık gerektiren işler: Kısa süreler için özel bir konuda vasıflı işçi ihtiyacı karşısında şantiyeye ulaştırılacak işçi sayısında sınırlamalar olabilir.
- Projenin coğrafi konumu: İşgücünün getirilmesi ve şantiyede istihdamının sağlanabilmesi konularında karşılaşılabilecek sınırlamalar olabilir.

Malzeme ve ekipman kapasitesi için söz konusu olabilecek sınırlamalar ise şu şekilde sıralanabilir:

- Malzemenin dağıtım programı, stok miktarı ve proje ya da faaliyet öncelikleri gibi faktörler, malzemeye bağlı sınırlamalara neden olabilir.
- Ulaşım imkanları kısıtlı bir yerde gerçekleştirilecek projeler için malzeme sağlanması, taşıma ve depolama açısından problemler yaratabilir.
- Bazı durumlarda şantiyedeki depolamaya kısıtlama gelebilir.
- Ekipman kapasitesi, ekipmanların projeler ya da faaliyetler arasında paylaşılması durumunda sınırlamalar olabilir.
- İnşaat sahasının fiziksel açıdan getirebileceği kısıtlamalar olabilir.

Bu faktörler göz önüne alınarak hazırlanacak kaynak ihtiyacı grafiğinde, kaynak kapasitesi ile karşılaştırmalı olarak kaynak yetersizlikleri (*shortfall*) görülebileceğinden, kaynak ihtiyaçlarının kapasite çizgisine getirilmesi gerekir (Şekil 2.3).



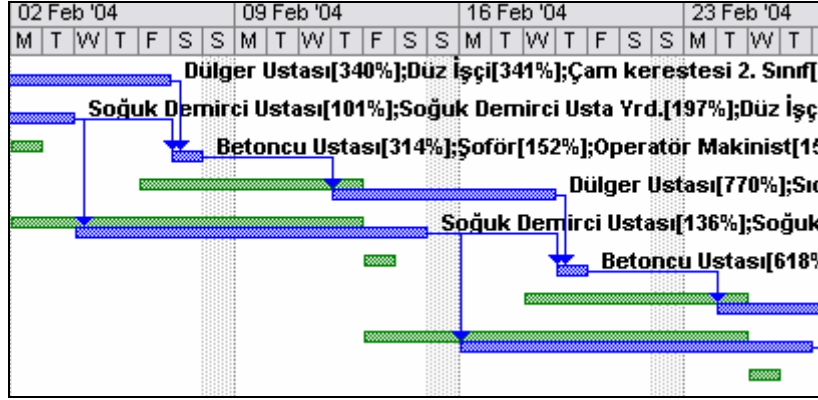
Şekil 2.3. Kaynak yetersizliği durumu

Kaynak dengeleme işleminde, başlangıçtaki toplam kaynak ihtiyacının belirlenmesinde, her faaliyetin en erken başlama tarihinde (*early start date*) başladığı varsayılan “erken başlangıç” programı kullanılır. Bu nedenle, bu başlangıç grafiği bir “erken başlangıç grafiği” olarak adlandırılabilir. Kaynak yetersizlikleri, ihtiyaçların kapasiteyle karşılaştırılması sonucunda belirlendikten sonra, bu sorunun çözümlenmesi için bazı faaliyetlerin başlangıç tarihinin geciktirilmesi gerekebilir. Bu işlem, “kritik olmayan faaliyetlerin süreleri dâhilinde ve bolluklar ölçüsünde hareket etmeleri” olarak da düşünülebilir (Şekil 2.4).

Bilgisayarın insan beynine özgü muhakeme yeteneğinden yoksun olması nedeniyle, faaliyetler ihtiyaç duyduklarından fazla ötelenebileceğinden, yazılım tarafından yapılan kaynak dengeli program optimum bir çözüm getiremeyebilir. Bu nedenle, dengelenmiş bir programda kaynakların kapasitelerinin altında kullanıldığı faaliyetlere rastlanabilmektedir. Bu sebeple, yapılması gereken işler ve kaynak kapasitelerindeki sınırlamalar arasında denge sağlanabilmesi için, proje modeli ile bir etkileşime girilmesi çok önemlidir. Bu etkileşim için,

- Kaynak ihtiyaçlarının azaltılması için sürenin uzatılması,
- Kaynak aşırı yüklemelerine sebep olan faaliyetlerin parçalara ayrılması,
- Proje ya da kaynak takvimlerinde fazla mesai, vardiya, tatil ve hafta sonlarında da çalışma gibi eklemeler ve değişiklikler yapılarak, kaynak kapasitesinin arttırılması,
- Geçici olarak ek işçilerin çalıştırılması, bazı işlerin alt yüklenicilere devredilmesi, başka projelerden işgücü transferi yapılması gibi, geçici kapasite artırımlarına gidilmesi,

- Aşırı kullanılan bir kaynağın yerine kapasitesinin altında kullanılan bir kaynağın atanması gibi örnekler verilebilir [8].



Şekil 2.4. Kaynakların yetersizliği durumunda bollukların kullanılması

Proje modeliyle girilecek bu etkileşimler sırasında, yazılım, yapılan değişikliklerin etkilerini de göstererek, kaynak dengeli programı yeniden hesaplamakta ve bunların sonucunda güvenilir bir kaynak dengeli program elde edilmektedir [8].

Kaynak ihtiyaç programının hazırlanması ile elde edilen sonuçlar, kaynaklara ne zaman ne kadar ihtiyaç olduğunu gösterecek bir grafik ya da liste şeklinde olabilir. Böylelikle, kaynakların programlandığı şekilde tedarik edilmesi konusunda çıkabilecek uyumsuzluklar önlenmiş olur. Bu aşama için Şekil 2.5'deki örnekler verilebilir.

Resource Name	Work	Details	26 Apr '04											
			W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	
+ İnce sıva veya derz kumu	42.28 m ³	Work (m ³)												
		Overalloc.												
+ Portland Çimentosu	265.95 tn	Work (tn)	0.09	0.09	0.09	0.09			0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
		Overalloc.												
+ Söndürülmüş kalker kireci	3,443.74 kg	Work (kg)												
		Overalloc.												
+ Yatay delikli duvar tuğlası 8,5 cm	5,599.96 ad	Work (ad)	80	80	80	80			80	80	80	80	80	80
		Overalloc.												
+ Yatay delikli duvar tuğlası 13,5 cm	21,546.36 ad	Work (ad)	307.81	307.81	307.81	307.81			307.81	307.81	307.81	307.81	307.81	307.81
		Overalloc.												
+ Düşey delikli duvar tuğlası	13,192.58 ad	Work (ad)	188.47	188.47	188.47	188.47			188.47	188.47	188.47	188.47	188.47	188.47
		Overalloc.												

Şekil 2.5. Malzeme tipindeki kaynaklara ait ihtiyaç programı

Çoğu durumda, programı etkileyecek ekipman ve işgücü yetersizliklerine rastlanabilmektedir. Tek bir havuzdan kaynak sağlandığı durumlarda, kapasiteyi aşacak şekilde çakışmaların meydana gelmesi yanında, kritik faaliyetler için yeterli miktarda işgücü bulunmasına rağmen, kritik olmayan faaliyetleri belirlenen sürelerde bitirebilmek için yeterli işgücünün sağlanamadığı durumlar söz konusu olabilir. *Kaynak dengeleme* işlemi bu problemi çözümlenmede kullanılmaktadır. Kaynakların verimli kullanımını sağlayacak bir planlama, oldukça karmaşık bir işlemdir. Amaç sadece projelerde hedeflenen tarihlere ulaşılabilecek şekilde kaynakları atamak değil, aynı zamanda da her projenin ihtiyaç duyduğu mühendislik ve üretim işleri için en etkin yaklaşımın seçilmesidir.

Yapım işlerinde özellikle işgücü ve ekipmanlardaki kısıtlamalarla sık sık karşılaşmaktadır. Ek kaynaklara ihtiyaç duyulduğu zamanlarda, ekipmanlar kiralanabilir, işçilerin çalışmasına yeni düzenlemeler getirilebilir ya da ek işçiler çalıştırılabilir. Tüm bu alternatifler projenin maliyetine ek yükler getirmektedir. Bu nedenle planlama uzmanının hedeflerinden biri de, bu ek maliyetlerin minimum düzeyde tutulmasıdır.

Çoğu projede işgücü temel bir kaynak olduğundan, kaynak atamaları öncelikle işgücüne yönelik olarak incelenebilir. Maksimum verimliliğe ulaşmak için, bir organizasyon aşağıdaki amaçları güder [8] :

- İşgücü talebinde oluşan iniş çıkışların azaltılması,
- Çalışanların sayısının enazlanması,
- Boş geçecek vakitlerden kaçınılması,
- Kaynak ihtiyaçlarının zaman periyoduna dengeli bir şekilde dağıtılması.

2.4.3. Kaynak dengeleme işleminin uygulama ilkeleri

Proje küçük ya da büyük olsun, işgücü programlanırken, projenin öngörülen

sürede tamamlanabilmesi için sıralamada en fazla öncelik taşıyan faaliyetler kritik yörünge üzerinde olanlardır. Kritik faaliyetlerin programında oynamalar yapılması ise en son başvurulacak işlemdir. Bu nedenle dengelemede izlenecek sıra şöyle olmalıdır:

- En az bolluğa sahip faaliyet,
- Eldeki diğer kritik olmayan faaliyetler.

Küçük işlerde el ile dengeleme yolu seçilebilmektedir. Ancak proje büyükse, aynı prosedürü uygulayacak bilgisayar yazılımları mevcuttur. Kaynak dengeleme işlemine geçmeden önce, sırasıyla hedeflerin belirlenmesi, şebeke diyagramının hazırlanması, proje programı da hazırlandıktan sonra kritik olan ve olmayan faaliyetlerin tanımlanması gerekmektedir. Bu işlemleri izleyen adımlar şunlardır:

- Tüm faaliyetlerin en erken başlama tarihleriyle bir çubuk diyagrama işlenmesi,
- Kaynak kapasitesi elveriyorsa, tüm faaliyetlerin en erken başlama tarihlerine göre programlanması,
- İhtiyaç duyulan kaynaklardan mevcut olamayacaklar varsa, faaliyetlerin bollukları ölçüsünde başlangıçlarının ötelenmesi,
- Gerektiğinde programa ait düzenlemelerin aşağıdaki sıraya göre yapılması,
 - Kritik olmayan faaliyetler,
 - Kritik listede de sayılabilecek faaliyetler,
 - Kritik faaliyetler.
- Faaliyetlerden birinin en geç bitiş tarihinde bile bitemeyecek kadar çok

ötelenmiş olması durumunda, kaynak kapasitesinin dengelenmesi için iki seçenek mevcuttur:

—Faaliyet için kaynak limitinin arttırılması,

—Faaliyetlerin başlangıç tarihlerinin, kaynakların izin verdiği ölçüde programlanması.

- Kaynak limiti arttırılmadığından faaliyetin başlaması geciktirilecekse, bunun tüm faaliyetler üzerindeki etkisinin incelenmesi,
- Şebeke programı yeniden hesaplandıktan sonra, programlanan faaliyetlerin başlama ve bitiş tarihlerinin sabit tutulmaya çalışılması,
- İşlemin tüm faaliyetler programlanana kadar tekrar edilmesi.

Çakışmaların olması durumunda;

- Sabit (fixed) faaliyetler, ASAP (as soon as possible) ve ALAP (as late as possible) niteliğindeki faaliyetlerden daha önceliklidir.
- Başlangıcı, diğer faaliyetlerin başlangıcını geciktirmeyecek bir tarihe ertelenebilen faaliyetlerden, bu başlangıç tarihi (*late total start date*) daha erken olan faaliyet geç olana göre önceliklidir.
- Süre kaynak miktarına bağlı olarak değişebilen ve kaynakların mevcudiyetine kesintili olarak yürütülebilen (*effort-driven split assignment*) faaliyetler, diğer faaliyetlere göre en düşük önceliğe sahiptirler.
- Uzun süreli faaliyetler kısa süreli faaliyetlere göre daha önceliklidir.

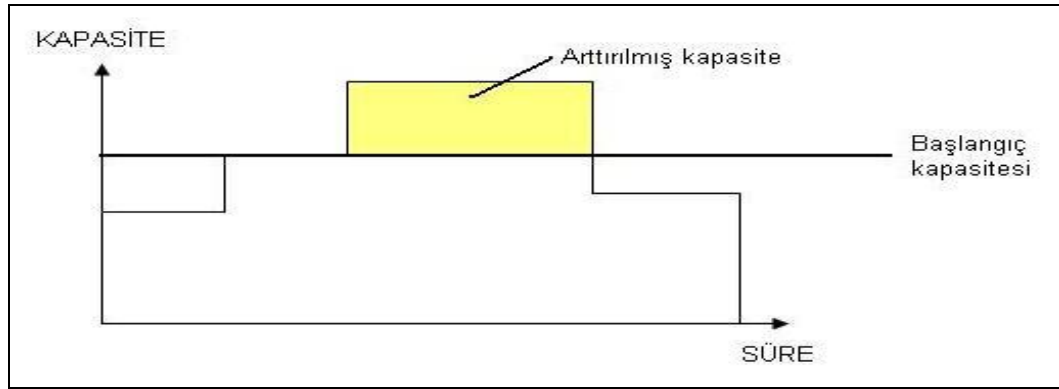
Sonuç olarak kaynak dengeleme işleminin amacı, kaynak ihtiyaçlarının faaliyetlere göre değişen seviye farklarını enazlayacak biçimde faaliyetlere

atanması, ya da sınırlı miktarda verilen kaynaklarla proje süresinin enazda tutulabilmesi olarak özetlenebilir [8].

2.4.4. Kaynak dengeleme yaklaşımları

Temel kaynak dengeleme yaklaşımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kaynak sınırlı dengeleme
- Zaman sınırlı dengeleme

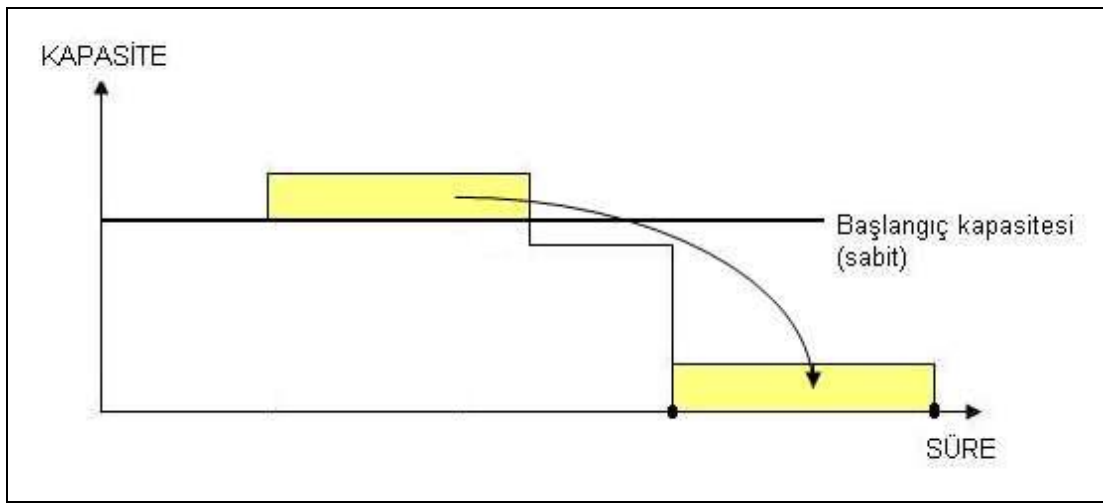


Şekil 2.6. Zaman sınırlı kaynak dengeleme

Zaman sınırlı bir proje, önceden belirlenerek sözleşmede ifade edilmiş bir bitirme zamanına sahip olan projedir. Eğer gerekirse, projenin belirlenen zamanda tamamlanmasını garantilemek için yeni kaynaklar eklenebilir. Zaman kritik faktör olmasına rağmen, kaynak kullanımını gereken düzeyi aşmamalıdır. Eğer kaynak yetersizlikleri mevcutsa, ya proje programının ötelenmesi ya da kaynak kapasitesinin artırılması gerekmektedir. Eğer proje tamamlanma tarihinde herhangi bir gecikmeye tahammül yoksa, sürenin değiştirilmeyip kaynak kapasitesinin artırılmasının gerektiği (Şekil 2.6) *Zaman Sınırlı Kaynak Dengeleme (Time-Limited Resource Leveling)* söz konusudur.

Kaynak sınırlı dengeleme, kaynak kapasitesinin faaliyetlerin kaynak

ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kaldığı durumlarda ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.7). Bu tür sınırlamaları çözümlmek için, rekabet durumundaki faaliyetlerden hangisinin kaynağı daha önce elde edeceğinin belirlenmesinde, çeşitli sıralama kuralları (öncelik kuralları ya da sezgisel (*heuristic*) programlama) kullanılmaktadır. Ancak, bilgisayar kullanılarak oluşturulan bir program bile, modelin ihtiyaçları, veri giriş biçimleri ve faaliyetler arasındaki etkileşimler yüzünden kullanışsız hale gelebilmektedir.



Şekil 2.7. Kaynak sınırlı dengeleme

Kısıtlı kaynak koşulları altındaki projelerde, kaynak tahsisi sorunlarının çözümü için pek çok farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar, temel olarak matematiksel ve sezgisel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kaynak dengeleme için kullanılan matematiksel modellerin en yaygın hedefleri, proje bitim süresinin minimumda tutulması, toplam proje maliyetinin en aza indirgenmesi ve kaynaklardan maksimum faydanın sağlanması olarak sıralanabilir. Ancak matematiksel modellerin optimal sonuçlar getirdikleri pek söylenemez. Tam sayılı programlama, dal-sınır tekniği, sayılama gibi matematiksel yaklaşımlar, küçük ölçekli test problemlerinin çözümünde yeterli olmakla birlikte, karmaşık problemlerin çözümünde yetersiz kalmaktadır [9]. İnşaat projeleri gibi faaliyet sayısı oldukça fazla olan projelerde, sezgisel yaklaşımların uygun çözümler ürettiği bilinmektedir. Bu

modeller optimal sonuçları vermeseler de optimala en yakın sonuçların alınmasını sağlamaktadır. Sezgisel bir programlama, rekabet halindeki proje faaliyetlerine kaynakların atanmasında makul ve mantıklı kurallar kullanmaktadır. Sezgisel yaklaşımlara örnek olarak, genetik algoritma ve yapay sinir ağları verilebilir.

Kaynak sınırlı olan bir proje, var olan kaynakların seviyesinin hiçbir şekilde aşılamayacağını varsayan projedir. Eğer kaynaklar yeterli değilse, projenin ertelenmesi olasılığı kabul edilebilir. Kaynak sınırlı programlamadaki etkinlik ölçüsü proje süresidir, daha kısa süre daha iyidir. Her kaynağın miktarının proje süresince sabit olmasının gerektiği düşünülebilir, ancak, kaynaklara olan ihtiyaç proje ömrüncü değişken olabilmektedir. Kaynak dengeleme yöntemi, kaynak kullanımının değişkenliğini, kapasite seviyesiyle karşılaştırmalı olarak azaltmaya çalışır [8].

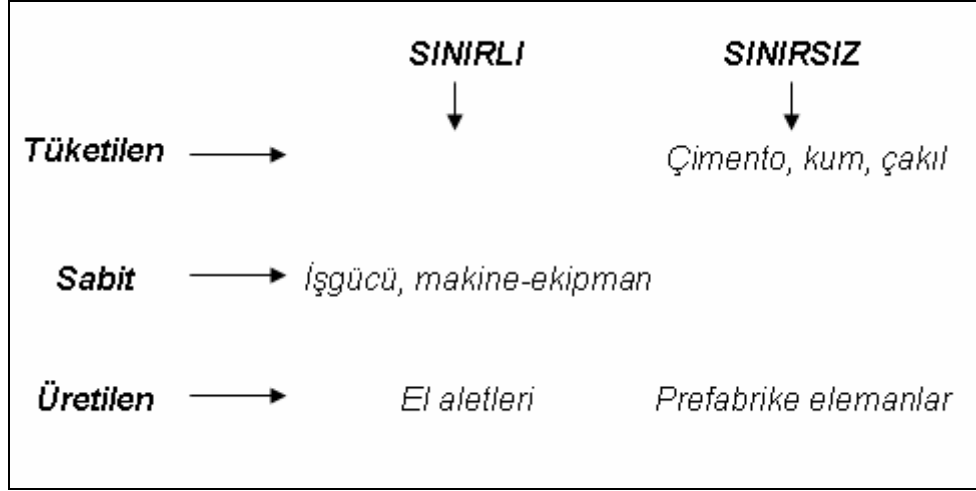
2.4.5. Kaynak sınırlamaları

Bir proje programı yapılırken, karşılaşılabilecek kaynak sınırlamalarının başlangıçta öngörülmesi, çözümü zor bir problem olsa da, geçmiş uygulamalardan elde edilen veriler ışığında, olası sınırlamanın hangi kaynaklarda yaşanacağını kestirmek mümkündür. Ancak bunu yapabilmek için, inşaat projelerinde kullanım imkanı açısından kaynakların nasıl dağıldığının bilinmesi gerekir. Proje süreci içerisinde sınırsız durumdaki kaynaklara kum, çakıl ve çimento; miktarı sınırlı olan kaynaklara ise makine-ekipman ve işgücü örnek gösterilebilir (Şekil 2.8). Gerçekleştirilecek bir analizde, miktarları sınırlı olan kaynaklar özellikle önemlidir.

Kaynak tiplerine göre projede yaşanacak sınırlamalara örnekler ise aşağıda sıralanmıştır:

- İşgücü: En baskın proje kaynaklarından biridir. İnsan kaynakları projeye kattıkları yeteneklerine göre sıralanırlar (ör. programcı, inşaat mühendisi,

laboratuar teknisyeni, kalıp ustası vb.). Bazı nadir durumlarda bu yetenekler, üretkenliğin azalmasına neden olsa bile, birbiriyle değiştirilebilirler. İnsan kaynaklarında ne kadar farklı türde yeteneği bulunan insan olursa, kaynakları zamanlamak o kadar zor olacaktır.



Şekil 2.8. Kullanım imkanlarına göre kaynaklar

- **Malzemeler:** Malzeme yetersizliği nedeniyle pek çok proje gecikme tehdidi ile karşı karşıya kalabilir. Stokların yetmeyeceği ve çok önemli olacağı durumlarda, malzemeler proje ağına eklenmeli ve planlara dahil edilmelidir. Örneğin, şantiyeye yollanması gereken bir kule vincinin yerine ulaşması için sadece üç günlük bir süre olduğu düşünüldüğünde, herhangi bir teslimat gecikmesi bir yıllık gecikmenin yaratacağı maliyete karşılık gelebilir. Malzemelerin çok önemli olduğu başka bir durum ise, aşırı sıcak havalarda gece beton dökümü olabilir. Gün ağardığında beton dökülemeyecek olması, malzeme naklinin oldukça hassas bir zamanlamayla yapılması zorunluluğunu getirecektir.

- **Makine-Ekipman:** Makine-ekipmanlar genellikle büyüklük, miktar ve türe göre sınıflandırılırlar. Bazı durumlarda zamanlamayı geliştirmek için değiştirilebilirler, ancak bu pek sık rastlanan bir şey değildir. Genellikle en baştan bir çeşit sınırlama olarak kabul edilirler. Eğer bir proje altı aylığına bir

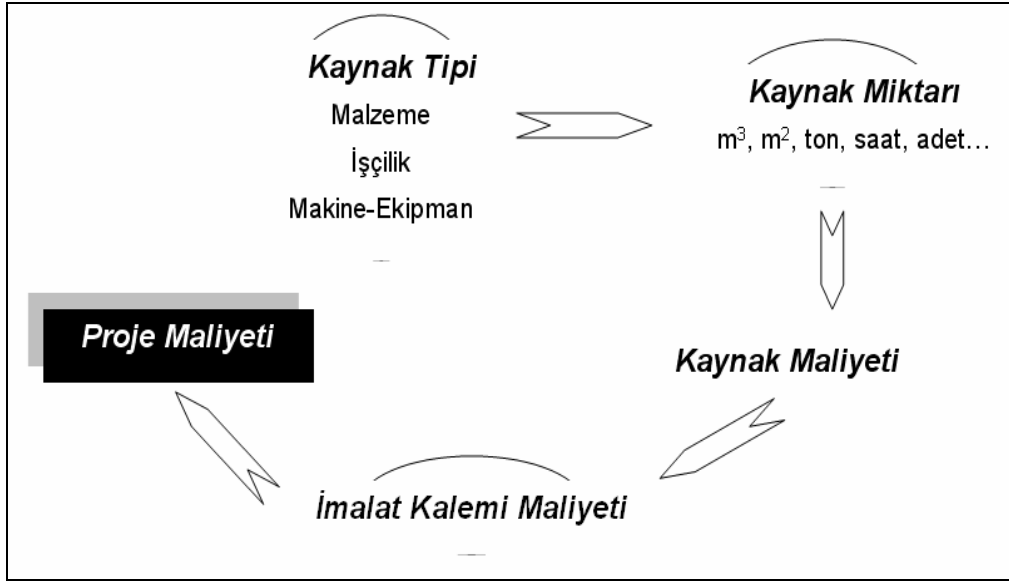
sondaj makinesine ihtiyaç duyuyorsa ve firmanın elinde bu makinelerden dört tane varsa, genellikle kaynakların projenin ertelenmesine neden olmayacağı varsayılır. Fakat bu makine altı aylığına kullanılırken diğer makineler de başka bir projede kullanılabilir. Çoklu proje ortamlarında tüm projeler için tek bir kaynak havuzu kullanımı ihtiyatlı bir tutum olabilir. Bu yaklaşım tüm projelerde bir kaynak erişilebilirliği araştırması yapılmasını sağlar ve gelecekte kullanılmak üzere elde fazladan araç-gereç bulunmasını sağlar. Proje başlamadan önce belirlenebilen araç-gereç sıkıntıları, maliyetin artmasına ve gecikme yaşanmasına izin vermeden sorunların çözülmesini sağlar.

- Para: İşlek anapara, inşaat sektörü gibi bir kaç nadir sektörde, sınırlı olduğu için kaynak muamelesi görür. Eğer likidite mevcutsa, proje yöneticisi pek çok faaliyet üzerinde paralel çalışabilir. Hakedişlerin aylık ödendiği durumlarda, eğer işlek anapara azsa, malzemeler ve iş gücü buna uyum sağlamak için azaltılır.

2.4.6. Kaynak tahmini

Eldeki veriye ve hazırlık için öngörülen zamana bağlı olarak, tahminin başarısı değişebilmektedir. Tahminle uğraşan proje sorumlusu tahmini etkileyen pek çok değişkeni göz önünde bulundurmak zorundadır. Bunlardan bazıları miktar, üretkenlik, beklenmeyen durumlar, sabit maliyetler ve kar olarak sayılabilir.

Proje kapsamındaki her bir faaliyetin maliyeti, o faaliyeti gerçekleştirebilmek için ihtiyaç duyulan kaynakların maliyetleri toplamından elde edilir (Şekil 2.9). Bu belirlemeden hareketle, yukarıda sayılan herhangi bir aşamada, proje maliyetinin gerçeğe yakın şekilde belirlenebilmesi için, öncelikle proje süreci boyunca ihtiyaç duyulan kaynak tipleri ve miktarının bilinmesi, ya da doğruya yakın ölçüde tahmin edilebilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.9. Proje maliyetinin belirlenmesi

Tahmin, proje süreci boyunca her aşamada yapılabilir. Bu aşamalar aşağıda açıklanmıştır:

- **Planlama aşaması:** Bu aşamada tahmin daha çok bütçelemeye dönük olarak yapılmaktadır. Proje ile ilgili elde çok az bilgi bulunur ve genellikle geçmiş kayıtlardan yararlanır. Bu aşamada tahminin gerçekleştirilmesi için çok az bir süre yeterli olur.
- **Taslak aşaması:** Proje, planlama aşamasından taslak aşamasına geçtiğinde, tasarımcı tarafından projenin genel özellikleri ile ilgili tahminler gerçekleştirilir. Bunlar, taslak aşamasının sonunda işverene değişik maliyet değerlerine sahip alternatif projeler sunabilmek üzere yapılan değerlendirmelerdir.
- **Tasarım geliştirme aşaması:** Bu aşamada tahminlerin hazırlanması, taslak aşaması ile benzerlik göstermekle birlikte, projenin özelliklerinin biraz daha fazla tanımlanmış olması nedeniyle, doğruya daha yakın ancak daha fazla süreye ihtiyaç duyan sonuçlar alınır. Proje kalemlerinin bir çoğunun miktarı

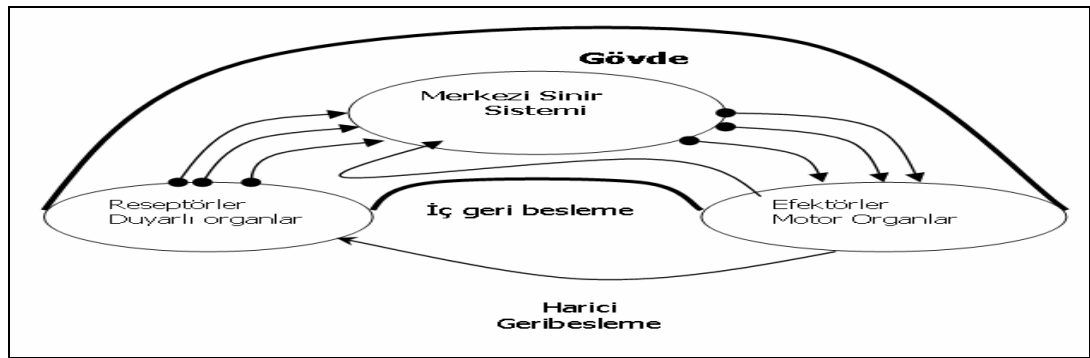
ve birim maliyetleri bu aşamada belirgindir. Proje kaynaklarının maliyeti ve tedarik yöntemleri geçmiş projelerle karşılaştırılabilir. Yine bu aşamada yapılan tahminin, alternatif bütçe ve tasarım yolları bulunması için bir araç olduğu unutulmamalıdır.

- İhale ve sözleşme aşaması: Bu aşamada, gerek işveren gerekse projenin ihalesine katılacak istekli her bir firmanın yapacağı tahmin söz konusudur. İşveren açısından sözleşme bedelinin gerçeğe yakın sonuçlarla önceden bilinmesi, istekliler açısından ise, projeden kaynaklanan doğrudan ve dolaylı maliyetlerin doğru biçimde tahmin edilmesi önemlidir.
- Yapım aşaması: Bu aşamada yüklenici tarafından risklerin ve sonuçta elde edilecek gelirin belirlenebilmesi için yapım programına bağlı olarak, projenin her bir faaliyeti için tahmin gerçekleştirilir. Faaliyetleri yürütecek alt yükleniciler ile yapılacak pazarlıklarda kullanılmak üzere ihtiyaç duyulan gerçekçi tahmin, diğer aşamadakilerden daha önemli ve daha detaylıdır.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

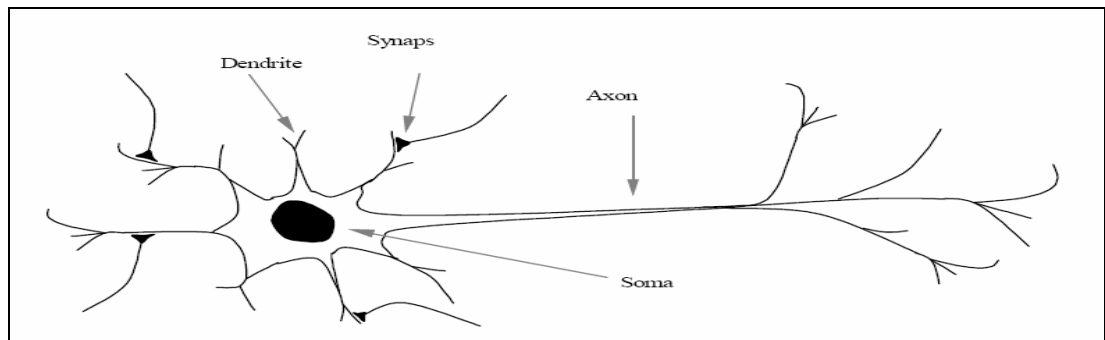
3.1. Biyolojik Sinir Sistemi

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beynin bulunduğu 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanır. Alıcı sinirler (receptor) organizma içerisinde ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyne bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürür. Tepki sinirleri (effector) ise, beynin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürür.



Şekil 3.1. Sinir sisteminde bilgi akışı [10]

İnsan beyni nöron olarak adlandırılan yaklaşık 10^{11} hesap elemanından oluşmaktadır. Biyolojik sinir ağını oluşturan nöronlar soma, akson ve dendrit olmak üzere üç bölgeye ayrılır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri [11]

Soma olarak adlandırılan hücre gövdesi, hücreyi denetler ve hücre etkinliklerinin tümünü yönetmekle sorumludur. Soma gelen sinyalleri işleme olarak hücrenin kendi elektrik sinyalini oluşturur. Hücre gövdesinden dendrit ve akson olarak adlandırılan iki uzantı çıkar.

Dendritler hücre gövdesinden dışarı uzanan ağaç dalları biçimindedir. Bilgiyi aksonlar boyunca diğer nöronlardan alarak hücre gövdesine taşırlar. Aksonlar ise gövdedeki bilgiyi diğer nöronların dendritlerine taşımakla görevlidirler. Aksonun son bölümündeki dalların sonunda sinaptik terminaller olarak adlandırılan uçlar ve bu uçlarla diğer hücrelerin dendritleri arasında sinaptik aralıklar bulunmaktadır. Bu aralıklar sinaps ya da kavşak olarak da adlandırılır. Sinapslar, hücrenin kendi sinyalini komşu hücreye tanıttığı bağlantı noktasıdır. Elektriksel ve kimyasal özellikte iki tip sinaps olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla iki hücrenin bilgi alışverişi sinapslarda gerçekleşen elektriksel ya da kimyasal etkileşimle mümkün olur.

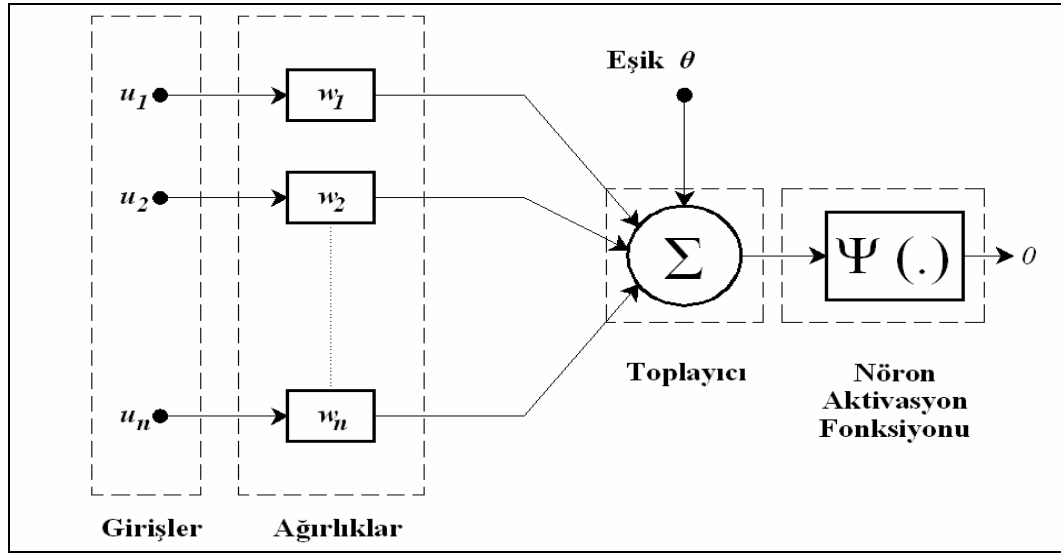
İnsan beyni yaklaşık 10 milyar sinir hücresinden ve 60 trilyon sinaps bağlantısından oluşmaktadır. Bu kadar karmaşık yapıya rağmen, bir sinir hücresinin tepki hızı, günümüz bilgisayarlarına göre oldukça yavaş kalmaktadır. Ancak beynin bilgisayar sistemlerine göre asıl üstünlüğü idrak etme yeteneğinde saklıdır. Ayrıca eksik bilgi ile görme, konuşma, şekil tanıma gibi konularda insan beyni bilgisayarlara karşı ezici üstünlüğe sahiptir.

Beynin bu üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve aradaki farklılığın insan beynindeki sinirlerin bilgiyi paralel işlemelerinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Bu bulgudan hareketle, beynin yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Böylelikle beynin bu yeteneğini gerçekleyen yöntemler ortaya çıkarılmıştır.

3.2. Yapay Sinir Hücresi

Yapay sinir ağlarının her bir elemanı, proses elemanı, düğüm ya da basit

sinirler olarak adlandırılır. Bir yapay sinir ağı birbiriyle bağlantılı çok sayıda düğümden oluşur. Her bir yapay sinir hücresinin beş temel bileşeni bulunmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yapay sinir hücresi [10]

1. *Girdiler*: Girdiler (u_1, u_2, \dots, u_n) çevreden aldığı bilgileri sinire getirir. Bu bilgiler dış dünya dan olabileceği gibi başka hücrelerden ya da hücrenin kendisinden gelebilir.

2. *Ağırlıklar*: Ağırlıklar (w_1, w_2, \dots, w_n) hücreye gelen bilginin hücre üzerindeki etkisini gösterirler. Ağırlıkların değerinin büyük ya da küçük olması, onların önemini belirleyen bir unsur değildir. O girişin hücreye güçlü bağlanması durumunda ağırlık değeri büyük, zayıf bağlanması durumunda ise ağırlık değeri küçük olur.

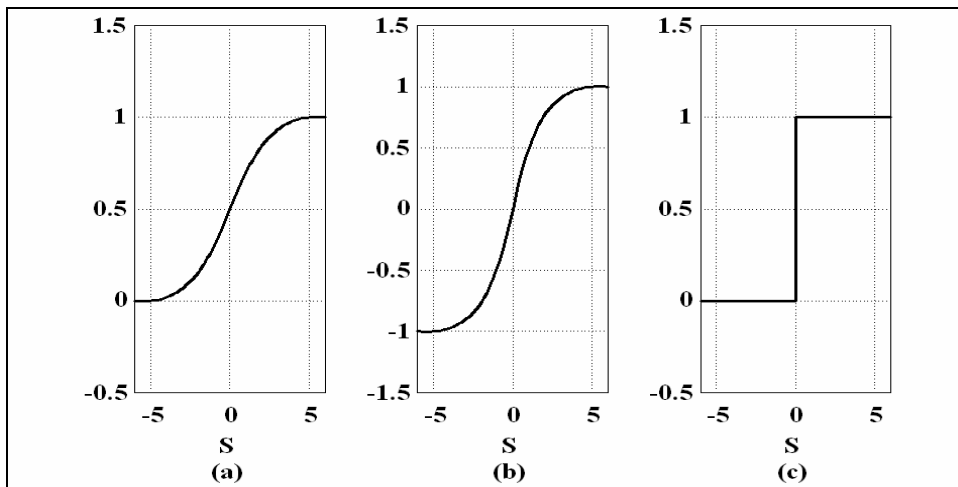
3. *Toplama fonksiyonu*: Hücreye gelen net girdiyi hesaplayarak, çıkan sonucu etkinlik (aktivasyon) fonksiyonuna gönderir. Net girdinin hesaplanması için değişik fonksiyonlar kullanılabilir. En çok, hücreye gelen girdi değerleri kendi ağırlıkları ile çarpılarak bulunan ağırlıklı toplam kullanılır (Eş. 3.1).

$$\text{NET} = \sum_i^n u_i w_i \quad (3.1)$$

Belirli bir problem için en uygun toplama fonksiyonunun belirlenmesi amacıyla kullanılacak herhangi bir yöntem bulunmamaktadır. Bazen Eş. 3.1'deki basit işlem yerine minimum, maksimum, çarpım ya da kümülatif toplam algoritmaları da kullanılabilir. Ağda bulunan her hücrenin farklı toplama fonksiyonuna sahip olması mümkün olduğu gibi, ağdaki hücrelerden bir kısmı grup olarak aynı toplama fonksiyonuna sahip olabilir.

4. Etkinlik (Aktivasyon) Fonksiyonu: Toplama fonksiyonundan alınan sonuç etkinlik fonksiyonundan geçirilerek çıkışa verilir. Burada da değişik fonksiyonlar kullanılabilenmekte (Şekil 3.4), bir problemin çözümü için kullanılacak etkinlik fonksiyonunun belirlenebilmesi için herhangi bir yöntem bulunmamaktadır.

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



Şekil 3.4. Etkinlik fonksiyonu örnekleri [10]

a) Sigmoid

b) Hiperbolik tanjant

c) Sert geçişli

Yapay sinir hücrelerinin tasarımı biyolojik sinir hücrelerinden etkilendiğinden aralarında birtakım benzerlikler bulunmaktadır. Bunlar Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir hücresi arasındaki ilişki

Biyolojik Sinir Hücresi	Yapay Sinir Hücresi
Sinir sistemi	Hesaplama sistemi
Sinir	Düğüm, İşlem elemanı, Sinir
Sinaps	Bağlantı ağırlıkları
Dendrit	Toplama fonksiyonu
Hücre gövdesi	Etkinlik fonksiyonu
Akson	Sinir çıkışı

3.3. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

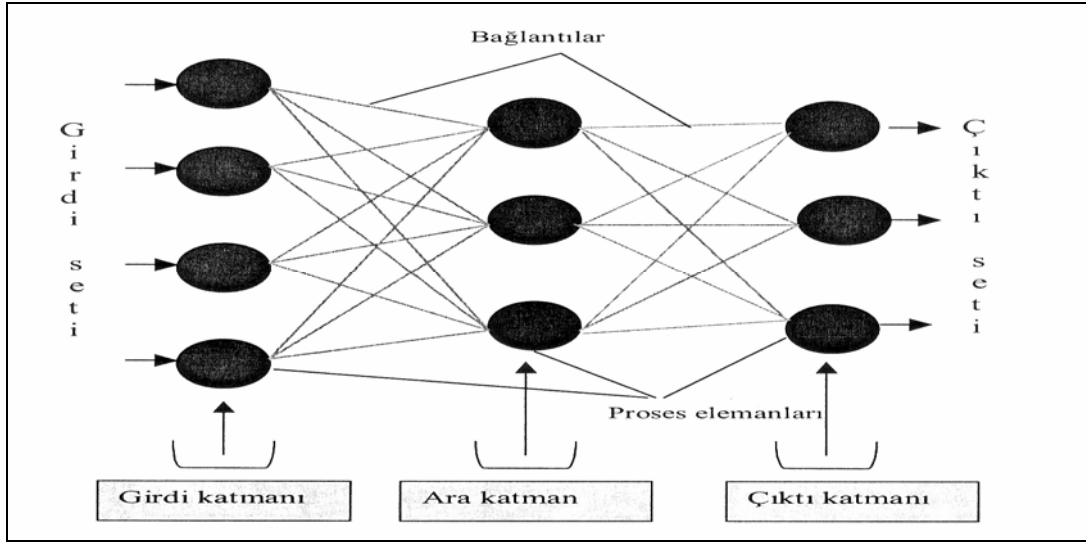
Yapay sinir ağlarının oluşabilmesi için yapay sinir hücrelerinin katmanlar dahilinde paralel olarak bir araya gelmesi gerekir. Birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 3.5'de gösterilen bu katmanlar genel olarak şu şekilde tanımlanır:

Girdi katmanı: Bilginin işlenmediği, sadece gelen bilgilerin ağa iletiildiği katmandır.

Ara (Gizli) katman: Girdi katmanından gelen bilgilerin işlendiği ve çıkış katmanına gönderildiği katmandır. Bir ağda birden fazla ara katman olabilir.

Çıktı katmanı: Ara katmandan gelen bilgiyi işleyerek dış dünyaya gönderen katmandır.

Yapay sinir ağlarının genel çalışma prensibi bir girdi setini (örnekleri) alarak, onları çıktı setine çevirmek olarak açıklanabilir [11]. Ancak, girdi vektörünün çıktı vektörüne nasıl dönüştürüldüğü konusunda ağdan bilgi alınamaz. Dolayısıyla, bir yapay sinir ağının nasıl sonuç elde ettiğini açıklama gücü yoktur.



Şekil 3.5. Yapay sinir ağı örneği [11]

3.4. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Bir sinir ağının en temel bileşeninin beyin yapısından esinlenerek geliştirilmesine karşın bazı özellikleri beyinle aynı değildir. Bazı özelliklerinin ise beyinde biyolojik karşılığı yoktur. Bununla birlikte, sinir ağları biyolojik beyinle büyük benzerlikler gösterir ve bu nedenle terimlerin büyük kısmı sinirbilim'den (neuroscience) alınmıştır [12].

Yapay sinir ağı sahip olduğu özelliklerden dolayı, alışlagelmiş bilgi işleme yöntemlerinden farklılık göstermektedir. Hatta sahip olduğu bazı özellikler bakımından bir çok yönetime göre daha sağlıklı sonuçlar vermektedir [13]. Bu özelliklerinden bazıları doğrusal olmama (paralellik), hata toleransı, öğrenme, genelleme, uyarlanabilirlik, donanım ve hız, analiz ve tasarım kolaylığı olarak tanımlanabilir.

3.4.1. Doğrusal olmama

Yapay sinir ağının temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen ağ da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile ağ, doğrusal

olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

3.4.2. Hata toleransı

Ağ, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir ağın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağın doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

3.4.3. Öğrenme

YSA'nın (Yapay Sinir Ağları) arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA'nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemde aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

3.4.4. Genelleme

YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

3.4.5. Uyarlanabilirlik

YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani,

belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir, değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

3.4.6. Donanım ve hız

YSA, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini artırır ve gerçek zamanlı uygulamalarda arzu edilir.

3.4.7. 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'ları benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Bu özellik, problemlerin YSA ile çözümünde önemli bir kolaylık getirecektir.

3.4.8. Diğer karakteristikler

Yapay sinir ağlarının bütün modelleri için geçerli olan genel karakteristik özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir [11]:

Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirirler: Yapay sinir ağlarının temel işlevi bilgisayarların öğrenmesini sağlamaktır. Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermeye çalışırlar.

Çalışma stilleri bilinen programlama yöntemlerine benzememektedir: Geleneksel programlama ve yapay zeka yöntemlerinin uygulandığı bilgi işleme yöntemlerinden tamamen farklı bir bilgi işleme yöntemi vardır.

Bilginin saklanması: Yapay sinir ağlarında bilgi ağın bağlantılarının değerleri ile ölçülmekte ve bağlantılarda saklanmaktadır. Diğer programlarda olduğu gibi veriler bir veri tabanında veya programın içinde gömülü değildir. Bilgiler ağın üzerinde saklı olup ortaya çıkartılması ve yorumlanması zordur.

Yapay sinir ağları örnekleri kullanarak öğrenirler: Yapay sinir ağlarının olayları öğrenebilmesi için, o olay ile ilgili örneklerin belirlenmesi gerekmektedir. Örnekleri kullanarak ilgili olay hakkında genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulurlar (adaptif öğrenme). Örnek bulunamıyorsa yapay sinir ağının eğitilmesi mümkün değildir. Örnekler ise gerçekleşmiş olan olaylardır. Mesela bir doktor hastasına bazı sorular sorar ve aldığı cevaplara göre teşhis ederek ilaç yazar. Sorulan sorular ve verilen cevaplar ile konulan teşhis bir örnek olarak nitelendirilir. Bir doktorun belirli bir zaman içinde hastaları ile yaptığı görüşmeler ve koyduğu teşhisler not edilerek örnek olarak alınırsa yapay sinir ağı benzer hastalıklara benzer teşhisi koyabilir. Elde edilen örneklerin olayı tamamı ile gösterebilmesi çok önemlidir. Ağa olay bütün yönleri ile gösterilemez ve ilgili örnekler sunulmaz ise başarılı sonuçlar elde edilemez. Bu ağın sorunlu olduğundan değil olayın ağa iyi gösterilemediğindedir. O nedenle örneklerin oluşturulması ve toplanması yapay sinir ağı biliminde özel bir öneme sahiptir.

Yapay sinir ağlarının güvenle çalıştırılabilmesi için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekmektedir: Yapay sinir ağlarının eğitilmesi demek, mevcut örneklerin tek tek ağa gösterilmesi ve ağın kendi mekanizmalarını çalıştırarak örnekteki olaylar arasındaki ilişkileri belirlemesi demektir. Her ağı eğitmek için elde bulunan örnekler iki ayrı sete bölünürler. Birincisi ağı eğitmek için (eğitim seti) diğeri ise ağın performansını sınamak için (test seti) kullanılır. Her ağ önce eğitim seti ile eğitilir. Ağ bütün örneklerle doğru cevaplar vermeye başlayınca eğitim işi tamamlanmış kabul edilir. Daha sonra ağın hiç görmediği test setindeki örnekler ağa gösterilerek ağın verdiği cevaplara bakılır. Eğer ağ hiç görmediği örneklere kabul edilebilir bir doğrulukta cevap veriyor ise o zaman ağın performansı iyi kabul edilir ve ağ

kullanıma alınarak gerekirse çevrimiçi (*on-line*) kullanılır. Eğer ağın performansı yetersiz olursa o zaman yeniden eğitmek veya yeni örnekler ile eğitmek gibi bir çözüme gidilir. Bu işlem ağın performansı kabul edilebilir bir düzeye gelinceye kadar devam eder.

Görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilirler: Ağlar kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak görmediği örnekler hakkında bilgiler üretebilirler.

Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler: Ağlar daha çok algılamaya yönelik bilgileri işlemede kullanılırlar. Bu konuda başarılı oldukları yapılan uygulamalarda görülmektedir. Bilgiye dayalı çözümlerde uzman sistemler kullanılmaktadır. Bazı durumlarda yapay sinir ağı ve uzman sistemleri birleştirmek daha başarılı sistemler oluşturmaya neden olmaktadır.

Şekil (örüntü) ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler: Genel olarak ağların çoğunun amacı, kendisine örnekler halinde verilen örüntülerin kendisi veya diğerleri ile ilişkilendirilmesidir. Diğer bir amaç ise sınıflandırma yapmaktır. Verilen örneklerin kümelenendirilmesi ve belirli sınıflara ayrıştırılarak daha sonra gelen bir örneğin hangi sınıfa gireceğine karar vermesi hedeflenmektedir.

Örüntü tamamlama gerçekleştirebilirler: Bazı durumlarda ağa eksik bilgileri içeren bir örüntü veya bir şekil verilir. Ağın bu eksik bilgileri bulması istenir. Örneğin, yırtık bir resmin kime ait olduğunu belirlemesi ve tam resmi vermesi gibi bir sorumluluk ağdan istenebilmektedir. Bu tür olaylarda yapay sinir ağlarının çok etkin çözümler ürettiği bilinmektedir.

Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır: Yapay sinir ağlarının örnekler ile kendisine gösterilen yeni durumlara adapte olması ve sürekli yeni olayları öğrenebilmesi mümkündür.

Eksik bilgi ile çalışabilmektedirler: Yapay sinir ağıları 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 dikka çekmekte fayda vardır. Yapay sinir ağılarının eksik bilgiler ile çalışması performanslarının düşeceği anlamına gelmez. Performansın düşmesi eksik olan bilginin önemine bağlıdır. Hangi bilginin önemli olduğunu ağ eğitim sırasında öğrenmektedir. Kullanıcıların bu konuda bir fikri yoktur. Ağın performansı düşük olunca, kayıp olan bilginin önemli olduğu kararına varılır. Eğer ağın performansı düşmez ise eksik olan bilginin önemli olmadığı anlaşılır.

Hata toleransına sahiptirler: Yapay sinir ağılarının eksik bilgilerle çalışabilme yetenekleri hatalara karşı toleranslı olmalarını sağlamaktadır. Ağın bazı hücrelerinin bozulması ve çalışamaz duruma düşmesi halinde ağ çalışmaya devam eder. Ağın bozuk olan hücrelerinin sorumluluklarının önemine göre ağın performansında düşmeler görülebilir. Hangi hücrelerin sorumluluklarının önemli olduğuna da yine ağ eğitim esnasında kendisi karar verir. Bunu kullanıcı bilmemektedir. Ağın bilgisinin yorumlanamamasının sebebi de budur.

Belirsiz, tam olmayan bilgileri işleyebilmektedirler: Yapay sinir ağılarının belirsiz bilgileri işleyebilme yetenekleri vardır. Olayları öğrendikten sonra belirsizlikler altında ağlar öğrendikleri olaylar ile ilgili ilişkileri kurarak kararlar verebilirler.

Dereceli bozulma (Graceful degradation) gösterirler: Yapay sinir ağılarının hatalara karşı toleranslı olmaları bozulmalarının da dereceli olmasına neden olmaktadır. Bir ağ zaman içerisinde yavaş yavaş ve düzenli bir şekilde bozulur. Bu eksik olan bilgiden veya hücrelerin bozulmasından kaynaklanır. Ağlar, herhangi bir problem ortaya çıktığında hemen anında bozulmazlar.

Dağıtık belleğe sahiptirler: Yapay sinir ağlarında bilgi ağa yayılmış durumdadır. Hücrelerin birbirleri ile bağlantılarının değerleri ağın bilgisini gösterir. Tek bir bağlantının bir anlamı yoktur. Daha önce belirtildiği gibi ağın bilgilerinin açıklanamamasının sebeplerinden birisi de budur. Ağın tamamı öğrendiği olayın bütünü karakterize etmektedir. O nedenle bilgiler ağa dağıtılmış durumdadır. Bu ise dağıtık bir belleğin doğmasına neden olmaktadır.

Sadece nümerik bilgiler ile çalışabilmektedirler: Yapay sinir ağları sadece nümerik bilgiler ile çalışırlar. Sembolik ifadeler ile gösterilen bilgilerin nümerik gösterime çevrilmeleri gerekmektedir. Bunun nasıl yapıldığı daha sonra açıklanacaktır. Sembolik bilgilerin nümerik değerler ile ifade edilmesinde bilgilerin yorumlanmasını ve kararların (üretilen çözümlerin) açıklanmasını zorlaştırmaktadır.

Yapay sinir ağlarının çok kullanışlı yönleri olduğu gibi, kullanılması sırasında sistemin içerisinde ne olduğunun bilinmemesi, kararlılık analizleri yapılamaması, uyarılma zorluğu, donanım bağımlı olunması, uygun ağ yapısının deneme yanılma yolu ile belirlenmesi, ağ parametrelerinin belirlenmesinde belirli bir kural olmayışı ve sadece nümerik bilgilerle çalışabilme gibi bazı önemli olumsuzluklar da barındırmaktadır.

3.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Öğrenme, ağın başlangıçta rasgele olarak atanan ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemidir. Ağ gördüğü her örnek için bu ağırlık değerlerini değiştirir. Bu işlem ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması, bir başka deyişle, örneklerin temsil ettiği olayla ilgili genelleme yapabilecek duruma gelmesi ile son bulur. Ağırlık değerlerinin değiştirilmesi işlemi, kullanılan öğrenme stratejisine göre değişen ve öğrenme kuralı olarak adlandırılan belli bazı kurallara göre yürütülür [10-13].

Yapay sinir ağlarının kullandığı öğrenme stratejileri, eğitici (supervised), eğitici (unsupervised) ve takviyeli öğrenme (reinforcement training) olarak başlıca üç ana grupta toplanabilir. *Eğitici öğrenmede*, her bir örnekleme zamanında giriş uygulandığında sistemin arzu edilen cevabı (y), eğitici tarafından sağlanır. Arzu edilen çıkış (y) ile sinir ağı çıkışı o arasındaki fark hata ölçüsüdür ve ağ parametrelerini güncellemekte kullanılır. Ağırlıkların güncellenmesi süresince eğitici ödüllendirme-cezalendirme şemasını ağa uygulayarak hatayı azaltır. Bu öğrenme modelinde giriş ve çıkış örnekleri kümesi eğitim kümesi olarak adlandırılır. Eğitici öğrenme, ağın çıktı için istenilen veri değerleri verebilmesi için girdi-çıkı ilişkisini elde edebilmesini sağlayacak bir mekanizma içermektedir. Burada eğitici, ağ sonuçlarının geçerliliğini kontrol eden bir gözlemci olabilir. *Eğitici öğrenmede*, eğitici öğrenmedeki gibi arzu edilen (y) çıkışları bilinmemektedir. Bu yüzden kesin bir hata bilgisini ağın davranışını değiştirmekte kullanmak mümkün değildir. Cevabın doğruluğu veya yanlışlığı hakkında bilgi sahibi olunmadığı için öğrenme, girişlerin verdiği cevaplar gözlenerek başarıya ulaşılır. *Takviyeli öğrenmede*, ağın davranışının uygun olup olmadığını belirten bir öz yetenek bilgisine ihtiyaç duyulur. Bu bilgiye göre ağırlıklar ayarlanır. Gerçek zamanda öğrenme yöntemi olup deneme-yanılma esasına göre sinir ağı eğitilmektedir. Eğitici öğrenmenin temeli ise dış müdahale olmaksızın, girdilerin ağ tarafından analiz edilmesi ve bu analiz sonucunda bağlantıların oluşturulmasıdır. Eğitici öğrenme, girdiler için bazı karakter belirleme uygulamalarında kullanılır. Kendi kendine öğrenme kavramı parlak bir gelişme potansiyeli taşısa da günümüzde tam olarak çalışmamaktadır. *Takviyeli öğrenme* yöntemi öğretici öğrenme yöntemine benzemekle birlikte, ağa hedef çıktılar yerine, ağın çıktılarının ne ölçüde doğru olduğunu belirten bir skor veya derece bildirilir.

1950'li yıllardan günümüze kadar pek çok öğrenme kuralı geliştirilmiş olup bunlardan önemli olanlarına ait örnekler aşağıda verilmiştir [12]:

Hebb kuralı: Eğer bir sinir başka bir sinirden giriş alırsa ve her ikisi de yüksek

aktif ise (matematiksel olarak aynı işaretli), sınırlar arasındaki boyut kuvvetlendirilir.

Hopfield Kuralı: Eğer istenilen çıkış ve girişin her ikisi de aktif veya her ikisi de durgun ise, bağlantı boyutlarını öğrenme oranı kadar artırılır, aksi halde öğrenme oranı kadar azaltılır.

Kohonen Kuralı: Biyolojik sistemlerdeki öğrenmeden esinlenilmiştir. Sınırlar öğrenmek için durum veya ölçülerini güncelleyerek yarışır. En büyük çıkış ile işlenen sinir kazananı ilan eder ve komşularına bağlantı boyutlarını güncellemeleri için izin verir.

Delta (Windrow-Hoff veya en Küçük Ortalamalar Karesi) Kuralı: Sinirin gerçek çıkışı ile istenilen çıkış değeri arasındaki farkı azaltmak için giriş bağlantı güçlerini sürekli olarak geliştirme fikrine dayanır. Bu kural ağ hatasının karesini enazlamak için bağlantı boyutlarını değiştirir. Hata bir önceki katmana geri çoğaltılır.

3.6. Kullanım Alanları

Yapay sinir ağları genel olarak, doğrusal olmayan, gürültülü ve hata olasılığı yüksek verilere sahip olunması ve problemin çözümü için herhangi bir matematik modelin olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının başlıca uygulama alanları sınıflandırma, tahmin ve modelleme olarak ele alınabilir [12]. Günlük hayatta, finansal konulardan mühendisliğe ve tıp bilimine kadar birçok uygulamadan bahsetmek mümkündür. Bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir [11]:

- Veri madenciliği,
- Optik karakter tanıma ve çek okuma,
- Bankalardan kredi isteyen müracaatları değerlendirme,
- Ürünün pazardaki performansının tahmin etme,

- Kredi kartı hilelerini saptama,
- Zeki araçlar ve robotlar için optimum rota belirleme,
- Güvenlik sistemlerinde konuşma ve parmak izi tanıma,
- Robot hareket mekanizmalarının kontrol edilmesi,
- Mekanik parçaların ömürlerinin ve kırılmalarının tahmin edilmesi,
- Kalite kontrolü,
- İş çizelgeleme ve iş sıralaması,
- İletişim kanallarındaki geçersiz ekoların filtrelenmesi,
- İletişim kanallarındaki trafik yoğunluğunu kontrol etme ve anahtarlama,
- Radar ve sonar sinyalleri sınıflandırma,
- Üretim planlama ve çizelgeleme,
- Kan hücreleri reaksiyonları ve kan analizlerini sınıflandırma,
- Kanserin saptanması ve kalp krizlerinin tedavisi,
- Beyin modellenmesi çalışmaları.

3.7. Klasik Yöntemlerle Olan Benzerlikler

Memmedov ve Eryılmaz yaptıkları çalışmada [14] , yapay sinir ağlarının belirli sınıf istatistik modeller ile bağlantısını araştırarak, YSA'nın farklı istatistik işlemlerin yerine getirilmesinde etkili rol oynadığını ortaya koymuş; aynı çalışmada, birçok problemin çözümünde her iki sınıf yöntem birlikte kullanılarak, hesaplama sonuçlarının karşılaştırılmasının daha iyi çözümün bulunması için bir araç olduğu belirtilmiştir.

Şen'e göre, her YSA matematikte genel olarak bir fonksiyona karşı gelebileceğinden, girdi değişkenlerine hiçbir şeyden etkilenmediklerini belirtmek için bağımsız değişkenler, çıktılar ise mutlaka girdilere dayandıklarından bağımsız değişkenler ve son olarak da bağların her birine bu iki değişkeni birbirine bağlayan matematik ifadenin ağırlıkları (sabitleri, parametreleri) olarak bakılabilir [13]. Bu yaklaşımla, bazı istatistik terimleri ile YSA terimleri arasındaki ilişki Çizelge 3.2'deki gibi açıklanabilir.

Geçmişte sınıflandırma, kontrol, öngörme, v.b. modellemeleri çok değişik yöntemlerle yapılmıştır. Bunlar arasında matris ve vektör hesaplamaları, regresyon ve korelasyon kavramları, stokastik süreçler ve zaman serisi çözümlenmeleri, çoklu regresyon yaklaşımları ve diğerleri gelmektedir. YSA bunların her birisine kısmen de olsa benzer yönler içermektedir [13].

Çizelge 3.2. İstatistik ve YSA terimleri arasındaki ilişki [14]

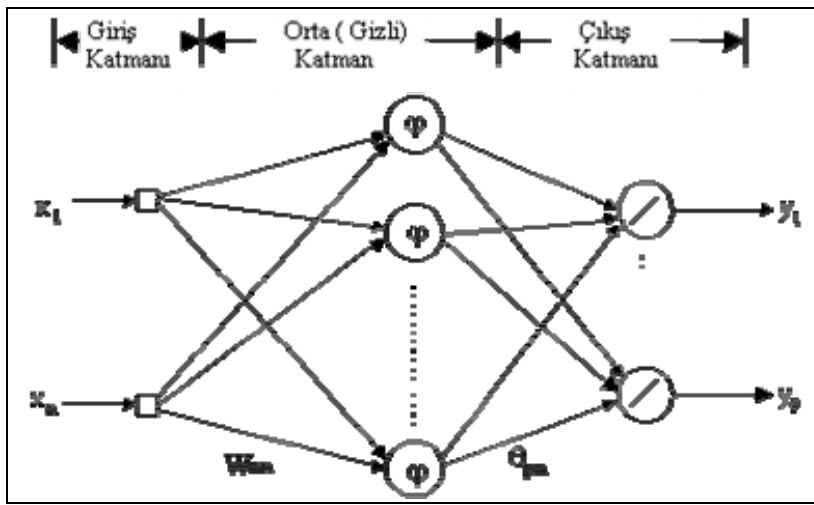
İstatistik terimleri	YSA terimleri
Bağımsız değişken	Giriş
Bağımlı değişken	Hedef
Artık (kalan)	Hata
Tahmin	Öğrenme (eğitim)
Tahmin ölçütü	Hata fonksiyonu
Gözlem	Numune (örnek, eğitim çifti)
Tahminler ana kütle katsayısı	Ağırlıklar
Dönüşüm	Fonksiyonel link
Regresyon	Kontrollü (supervised) öğrenme
Veri indirme	Kontrolsüz (unsupervised) öğrenme

3.8. Yapay Sinir Ağlarının Mimarisi

Yapay sinir ağları, sinir ya da düğüm adı verilen çok sayıdaki işlem elemanının bir araya gelmesinden oluşur. YSA mimarileri, sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ içindeki işaretlerin akış yönlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Buna göre yapay sinir ağları için ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback/recurrent) ağlar olmak üzere iki temel ağ mimarisi vardır [12].

İleri beslemeli YSA'da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış

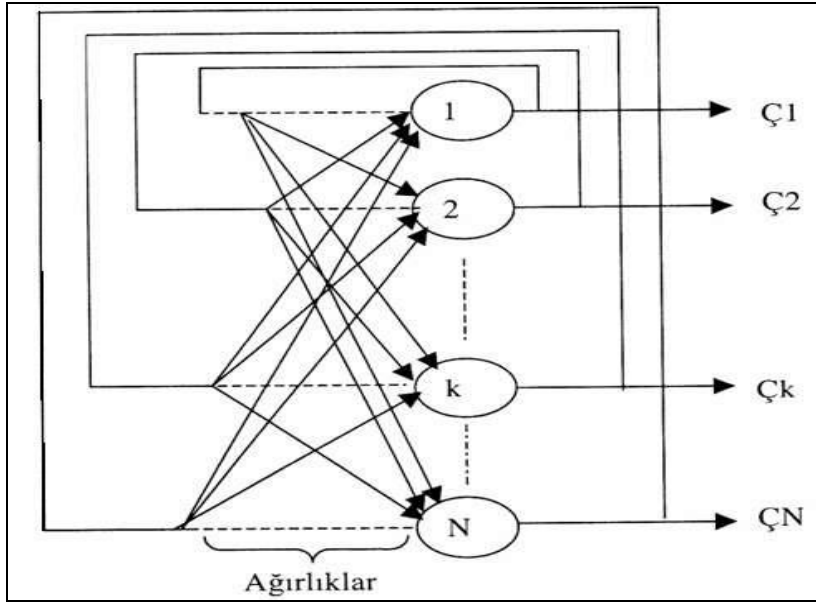
katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA'nın, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. En çok bilinen geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip YSA'ların eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir. Şekil 3.6'da giriş, orta ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmanlı ileri beslemeli YSA yapısı verilmiştir.



Şekil 3.6. İleri beslemeli üç katmanlı YSA

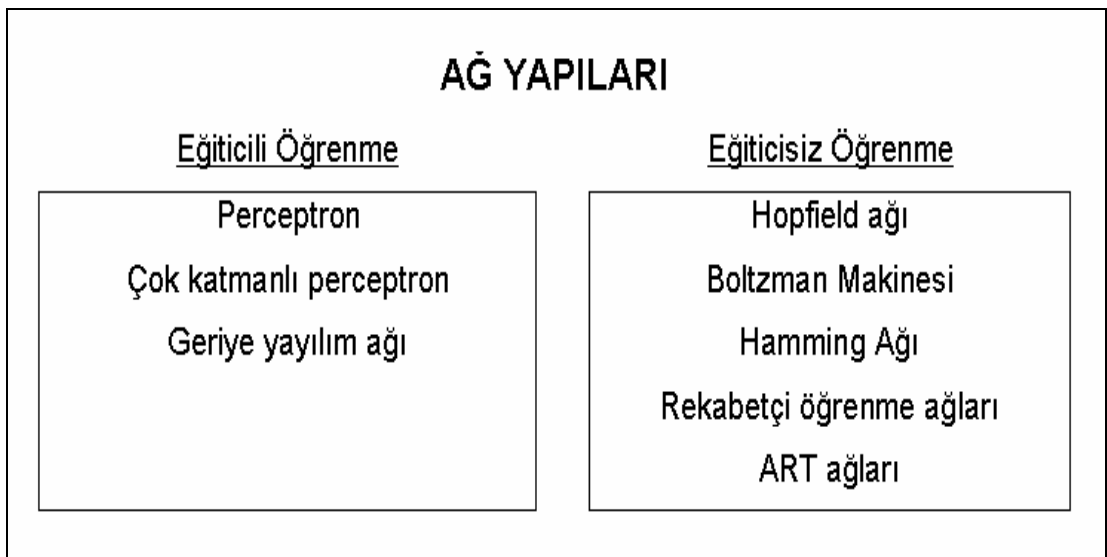
Şekil 3.7'de çıkışlarından giriş katmanına geri beslemeli bir YSA yapısı görülmektedir. *Geri beslemeli* YSA'da, en az bir hücrenin çıkışı kendisine ya da diğer hücrelere giriş olarak verilir ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli YSA, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli YSA yapıları elde edilebilir.

Farklı öğrenme stratejileri ve bunların ağın yapısı üzerindeki etkileri YSA'da çeşitliliği sağlamaktadır.



Şekil 3.7. Geri beslemeli YSA [11]

Öğrenme stratejilerine göre YSA sınıflara ayrıldığında, danışmanlı öğrenme prensibini kullanan ağ yapılarına perceptron, çok katmanlı perceptron ve geriye yayılım ağı, danışmansız öğrenme stratejisini kullanan ağ yapılarına ise Hopfield ağı, Boltzman makinesi, Hamming ağı, rekabetçi öğrenme ağları ve ART (Adaptif Rezonans Teorisi) ağları örnek gösterilebilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Öğrenme stratejisine göre YSA

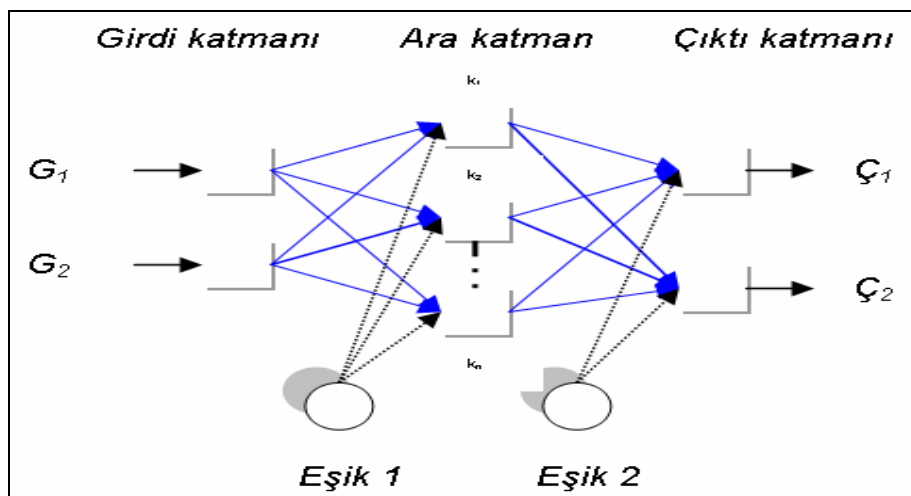
3.9. Geri Yayılım Algoritması ve Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) Modeli

Bu çalışma içerisinde yapılan analizlerde ağ mimarisi olarak çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) modeli kullanıldığından, bu kısımda söz konusu ağ modeli, kullandığı öğrenme algoritması ve çalışma yöntemine yer verilmiştir.

3.9.1. ÇKA öğrenme algoritması

Çok katmanlı algılayıcı ağları eğitici öğrenme stratejisini esas alır. ÇKA ağının öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı Delta öğrenme kuralının geliştirilmiş halidir [11]. Geliştirilmiş Delta Algoritması (Geriye yayılım algoritması (GY) / backpropagation (BP) olarak da anılır), öğrenme algoritmaları içinde en yaygın biçimde kullanılanıdır. Bu algoritmada hata ağıdaki ağırlıkların bir fonksiyonudur. Hataların kareleri ortalaması dereceli azaltma yöntemi kullanılarak enazlanmaya çalışılır.

Geriye yayılım algoritması iki safhadan oluşmaktadır. *İleriye doğru hesaplamada* ağın çıktısı hesaplanırken, *geriye doğru hesaplamada* ağın ağırlıkları değiştirilir. Bu iki safhada ağın gerçekleştirdiği hesap adımları aşağıda özetlenmiştir [11].



Şekil 3.9. Çok katmanlı algılayıcı modeli

İleriye doğru hesaplama

- Eğitim setindeki bir örnek girdi katmanından ağı gösterilir. Gelen girdiler herhangi bir değişiklik olmadan ara katmana gönderilir. Bu durumda girdi katmanındaki k. işlem elemanının çıktısı (Şekil 3.9),

$$\zeta_k^i = G_k \quad (3.2)$$

olarak gösterilir.

- Ara katmandaki işlem elemanları, girdi katmanındaki elemanların her birinden gelen bilgileri ağırlıkların etkisi ile alır. Ara katman elemanına gelen net girdi,

$$NET_j^a = \sum_{k=1}^n A_{kj} \zeta_k^i \quad (3.3)$$

ile bulunur.

- Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonunun kullanılması halinde j. ara katman elemanının çıktısı,

$$\zeta_j^a = \frac{1}{1 + e^{-(NET_j^a + \beta_j^a)}} \quad (3.4)$$

olur. β_j ara katmandaki j. elemana bağlanan eşik değeri elemanın ağırlığıdır. Bu işlem için daha önce belirtilen aktivasyon fonksiyonlarından birini kullanmak da mümkündür.

Yukarıda sıralanan hesap adımları ara katman ve çıkış katmanının tüm elemanları için gerçekleştirilerek çıktı katmanından çıkan değerler bulunmuş ve böylelikle ileriye doğru hesaplama tamamlanmış olur.

Geriye doğru hesaplama

- Ağın ileriye doğru hesaplaması sonucunda elde edilen çıktılar, ağın beklenen çıktıları ile karşılaştırılarak, bu değerler arasındaki fark bulunur. Bu fark hata olarak değerlendirilir. Ağın bundan sonraki amacı bu hatanın düşürülmesi olduğundan, geriye doğru hesaplamada bu hata değeri ağın bağlantı ağırlıklarına dağıtılır. Çıktı katmanındaki m. işlem elemanında hata Eş. 3.5'deki gibi hesaplanır.

$$E_m = B_m - C_m \quad (3.5)$$

- Tüm çıktı katmanı elemanlarının hatası toplanır. Bazı hata değerlerinin negatif olmasından dolayı, toplamın sıfır olmasını engellemek üzere hata değerlerinin karesi alınarak, sonucun karekökü bulunur.

$$TH = \frac{1}{2} \sum_m E_m^2 \quad (3.6)$$

Çıktı katmanı ile ara katman arasındaki bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesi:

- Ara katmanda bulunan j. işlem elemanını çıktı katmanındaki m. işlem elemanına bağlayan ağırlık değerindeki değişim miktarı ΔA^a ile gösterildiğinde, t. iterasyondaki ağırlık değişimi,

$$\Delta A_{jm}^a(t) = \lambda \delta_m C_j^a + \alpha \Delta A_{jm}^a(t-1) \quad (3.7)$$

olarak bulunur. Eşitlikteki λ öğrenme katsayısını, α momentum katsayısını göstermektedir. m . çıktı elemanının hatasını ifade eden δ_m şu şekilde hesaplanır:

$$\delta_m = f'(NET).E_m \quad (3.8)$$

- Eş. 3.8'deki $f'(NET)$ kullanılan aktivasyon fonksiyonunun türevidir. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılması halinde, m . çıktı elemanının hatası,

$$\delta_m = \zeta_m (1 - \zeta_m).E_m \quad (3.9)$$

- Ağırlıkların değişim miktarı hesaplandığına göre, t . iterasyonda yeni bağlantı değerleri,

$$A_{jm}^a(t) = A_{jm}^a(t-1) + \Delta A_{jm}^a(t) \quad (3.10)$$

olacaktır.

- Aynı biçimde eşik değer elemanının ağırlıklarını da değiştirmek gerekeceğinden, yine değişim miktarını Eş. 3.11'i kullanarak hesaplamak gerekir. β_ζ çıktı katmanında bulunan işlem elemanlarının eşik değer ağırlıklarını gösterir. Eşik değer elemanı değeri sabit ve 1'dir.

$$\Delta \beta_m^\zeta(t) = \lambda \delta_m + \alpha \Delta \beta_m^\zeta(t-1) \quad (3.11)$$

Eşik değer elemanının t . iterasyondaki ağırlığı ise,

$$\beta_m^c(t) = \beta_m^c(t-1) + \Delta\beta_m^c(t) \quad (3.12)$$

olarak bulunur.

Ara katman ile girdi katmanı arasındaki bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesi:

- Ara katman ile girdi katmanı arasındaki ağırlıkların değişimi ΔA^i ,

$$\Delta A_{kj}^i(t) = \lambda \delta_j^a \zeta_k^i + \alpha \Delta A_{kj}^i(t-1) \quad (3.13)$$

şeklinde hesaplanır. Eş. 3.13'deki δ^a ise,

$$\delta_j^a = f'(NET) \sum_m \delta_m A_{jm}^a \quad (3.14)$$

ile hesaplanır. Yine, aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanıldığında, hata değeri Eş. 3.15'de gösterildiği gibi bulunur.

$$\delta_j^a = \zeta_j^a (1 - \zeta_j^a) \sum_m \delta_m A_{jm}^a \quad (3.15)$$

- Ağırlıkların yeni değeri,

$$A_{kj}^i(t) = A_{kj}^i(t-1) + \Delta A_{kj}^i(t) \quad (3.16)$$

olacaktır.

- Benzer şekilde, eşik değer elemanının da ağırlık değerinin değiştirilmesi gerekir. Ara katman eşik değer ağırlığı β^a ile gösterilirse,

$$\Delta\beta_j^a(t) = \lambda\delta_j^a + \alpha\Delta\beta_j^a(t-1) \quad (3.17)$$

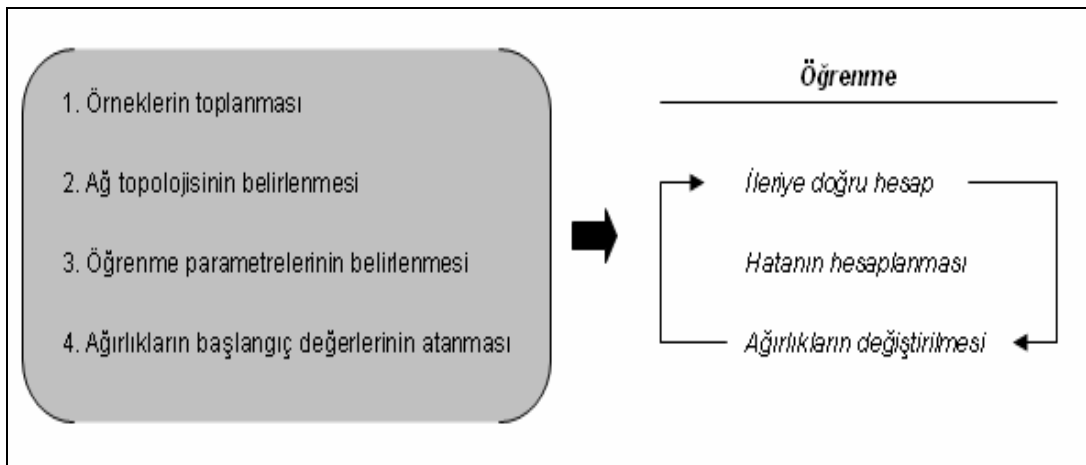
olarak değişim miktarı hesap edilir. Ağırlıkların t. iterasyondaki yeni değeri ise Eş. 3.18'deki gibi bulunur.

$$\beta_j^a(t) = \beta_j^a(t-1) + \Delta\beta_j^a(t) \quad (3.18)$$

Her iterasyonda ağa yeni örnekler gösterilerek, yukarıda özetlenen ileri ve geri hesaplama adımları gerçekleştirilir ve ağın tüm ağırlıkları değiştirilir.

3.9.2. ÇKA ağının çalışma yöntemi

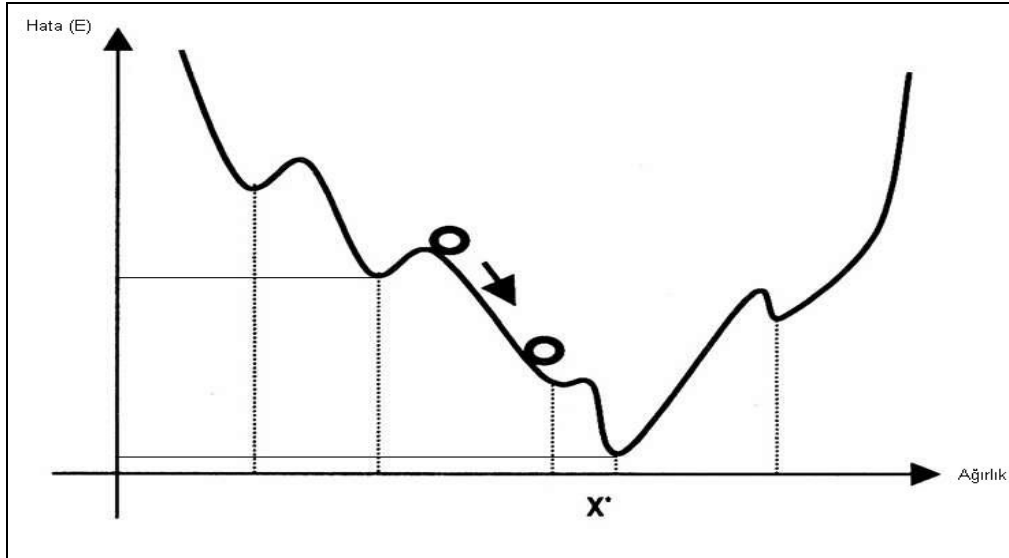
ÇKA ağlarının çalışması için sırasıyla örneklerin toplanması, ağ topolojisinin belirlenmesi, öğrenme parametrelerinin belirlenmesi, ağın başlangıç değerlerinin atanması ve öğrenme aşamalarının gerçekleştirilmesi gerekir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. ÇKA çalışma yöntemi

- *Örneklerin toplanması*: Ağın öğrenmesi istenilen olay için bu olayın daha önce gerçekleşmiş bulunan örnekleri toplanır.

- *Ağ topolojisinin belirlenmesi:* Ağın kaç katmandan oluşacağı ve bu katmanlarda yer alacak işlem elemanı sayısı belirlenir.
- *Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi:* Öğrenme ve momentum katsayısı, işlem elemanlarına ait toplama ve aktivasyon fonksiyonları belirlenir.
- *Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması:* Ağırlıklar girişler ve ara katmanlar için (-0.1, 0.1) arasında rasgele belirlenir. Öğrenme başlangıcında küçük adımlar atılması gerektiğinden, bu aralık küçük tutulmaktadır.
- *Öğrenme:* Örnek vektörü girişe uygulanır. Girişe uygulanan vektör için çıktı değerleri ve ağın ürettiği hata değeri saptanır. Geriye doğru hesap adımları gerçekleştirilerek hata ağın bağlantı ağırlıklarına yayılır. Öğrenme sürecinde çok sayıda iterasyon gerektirir ve ağ çok yavaş öğrenir. Ancak ağ, seçilen başlangıç değerlerine de bağlı olarak yerel minimuma az düşer.

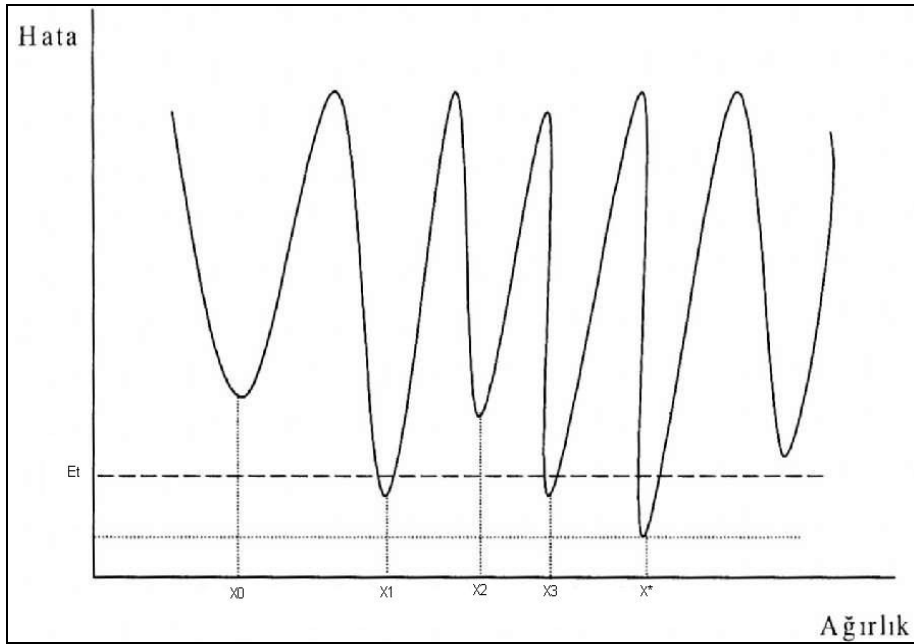


Şekil 3.11. Hata uzayında öğrenmenin gösterilmesi

Şekil 3.11'de verilen hata uzayında, ağın ele alınan problem için en az hata anlamına gelen X^* değerine ulaşması beklenmektedir. Ancak en az hatayı

veren ağırlık vektörüne ulaşmak her zaman mümkün olamadığı gibi çoğu kez hata grafiği Şekil 3.12'de gösterildiği gibi karmaşık olacaktır. Burada, ağırlık ulaştığı ve kabul edilebilir durumdaki en düşük hata X^* ile gösterilmiştir. Problemin X_0 , X_1 , X_2 ve X_3 olası çözümleri “yerel çözümler” olarak ifade edilir. X_0 ve X_2 kabul edilebilir hatanın (E_t) üzerinde değerler aldıklarından bu çözümler kabul edilemez. Ancak E_t değerinin altında bulunan X_1 ve X_3 çözümleri kabul edilebilir seviyededir.

ÇKA ağırlarının yukarıda bahsedilen yerel çözümlere takılmaması için, bir önceki iterasyondaki değişimin belirli bir oranda yeni değişim miktarına eklenmesi gerekir. Bu oran momentum katsayısı olarak adlandırılır. Öğrenme katsayısı ise ağırlıkların değişim miktarını belirler.



Şekil 3.12. Öğrenme sırasında oluşan yerel çözümler

Öğrenme sürecinde, ağırlık ağırlıklarının ne zaman değiştirileceğine problemin yapısına ve kullanılan öğrenme algoritmasına göre karar verilir. Ağırlıkların değiştirilmesi için genellikle üç yöntem uygulanmaktadır:

1. Her bir örnek ağı gösterildikten sonra hata hesaplanarak ağı dağıtılır (pattern based).
2. Belirli sayıda örnek gösterildikten sonra oluşan hatalar toplanarak ağı dağıtılır (batch based).
3. Bütün örnekler ağı gösterildikten sonra oluşan hatalar toplanarak ağı dağıtılır (epoch based).

Ağın eğitilmesi sürecinde "öğrenmenin" ne kadar süreceğini, bir başka deyişle, kaç iterasyonda tamamlanacağını kestirmek oldukça güçtür. Problemin yapısına göre öğrenme süresi ve iterasyon sayısı değişmektedir. Öğrenmenin tamamlanıp tamamlanmadığını belirlemek için ağın hatasını gösteren grafikler incelenerek, hatanın belirli bir seviyenin altına düşmediği nokta belirlenebilir. Bu nokta ağın daha fazla öğrenemeyeceğini gösterir. Öğrenmenin tamamlanması için bir başka yol ise, ağın belirli bir iterasyon sonunda durdurulmasıdır.

3.9.3. Ağın performansının belirlenmesi

Bir yapay sinir ağının performansı daha önce hiç görmediği örneklere ürettiği sonuçların doğruluğu ile belirlenir. Bunun için ağı eğitmek üzere toplanan örneklerden bir kısmı test için ayrılır. Bazı durumlarda ağı eğitim sırasında verilen tüm örneklere doğru cevap üretse dahi test setindeki örneklere doğru cevap veremeyebilir. Performans ölçüsü olarak Eş. 3.19 kullanılabilir.

$$Performans = \frac{T}{T_t} \times 100 \quad (3.19)$$

Eş. 3.19'da T , test setinde doğru cevaplandırılan örnek sayısını, T_t ise test setine bulunan toplam örnek sayısını gösterir.

3.9.4. Girdi ve çıktıların leklendirilmesi

Ele alınan problemin özelliklerini en iyi yansıtan örnekler belirlenirken, bunlardan bazılarının farklı ölçek kullanan ortamlardan seçildiği durumlarda, tüm örneklerin aynı ölçekte toplanması gerekir. Verinin normalize edilmesi olarak bilinen bu işlem için araştırmacı değişik yöntemler kullanabilir. Diğer taraftan ağ ölçeklendirilmiş (normalize edilmiş) girdileri kullanacağından, dış dünyaya ileteceği çıktılar da aynı ölçek üzerinde yer alacaktır. AĞın ıktılarının dış dünya da anlaşılabilir olmasını sağlamak amacıyla girdi setine uygulanan ölçeklendirme işlemi tersine çevrilerek, çıktılara uygulanır.

4. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE YSA'NIN KULLANIMI

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

Bu bölümde, YSA'nın inşaat mühendisliği dallarında gerçekleştirilen uygulamalarına ve kullanılan yaklaşımlara yer verilecektir.

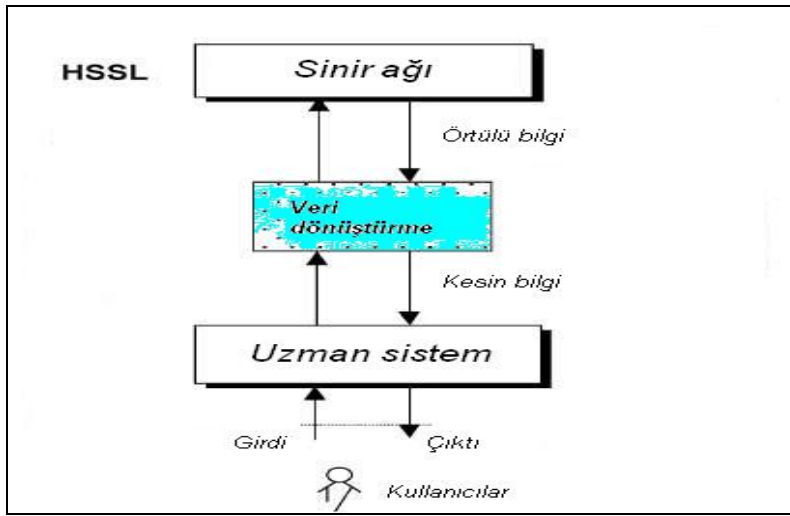
4.1. Optimizasyon Problemlerinde YSA Kullanımı

4.1.1. Proje programlama ve yönetimi

Adeli ve Karim (1997), inşaat projelerinin programlanması için genel bir matematik formülasyon sunarak bunu otoyol projelerine uygulamışlardır. Burada, tekrarlanan ve tekrarlanmayan faaliyetler, iş süreklilik kararları, çoklu-ekip stratejileri ve değişik iş koşullarının performans üzerindeki etkisi modellenmiştir. Doğrudan proje maliyetini minimize edecek bir optimizasyon formülasyonu sunularak, bu nonlineer karakterli optimizasyon problemi Adeli ve Park'a ait nöral dinamik model ile çözülmüştür [15].

Karim ve Adeli (1999), inşaat projelerinin programlanması, maliyet optimizasyonu için Adeli ve Karim'in (1997) modeline dayalı nesne yönelimli bir bilgi modeli ortaya koyarak, bunu CONSCOM adı verilen bir prototip yazılım ile gerçekleştirmişlerdir [15].

Yeh (1995) tarafından, şantiye yerleşimi problemi üzerinde durularak, çözüm için Hopfield ağı ve tavlama benzetimi karakteristiklerine sahip bir YSA mimarisi ortaya konulmuştur. Yine aynı problemin çözümü için Zhang ve diğerleri (2002) tarafından, uzman sistem ve sinir ağı yaklaşımlarının bir kombinasyonu (Şekil 4.1) ele alınmıştır [15].



Şekil 4.1. YSA ve uzman sistem yaklaşımlarının birlikte kullanımı

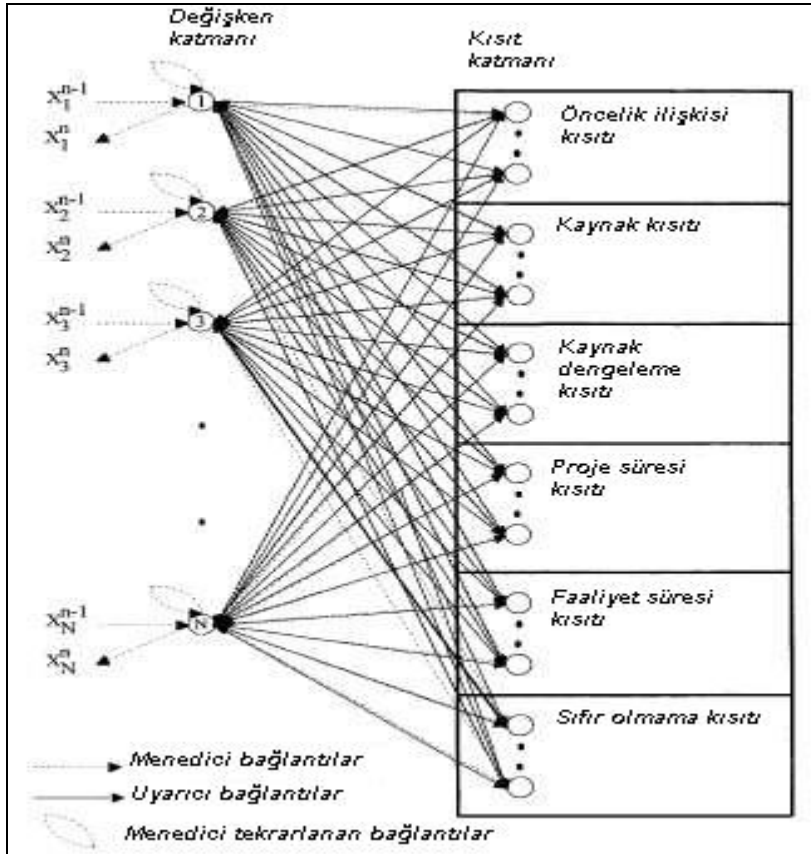
4.1.2. Kaynak tahsisi ve çizelgeleme

Mohammad ve diğerleri (1995) köprü rehabilitasyon ve yenileme projeleri arasında kullanılabilir yıllık bütçenin optimal tahsisini, Hopfield ağı kullanarak bir optimizasyon problemi olarak ele almışlardır [15].

Savin ve diğerleri (1996, 1998) inşaat kaynaklarının dengelemesi için artımlı Lagrange çarpan optimizasyon algoritması ile ayırık-zaman Hopfield ağı kullanımını tartışmışlardır [15].

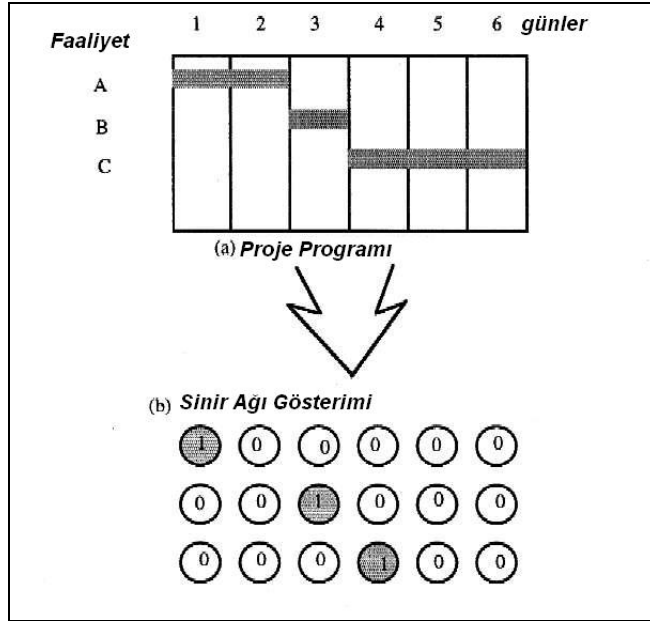
Senouci ve Adeli (2001), genellikle önem verilmeyen önceki tecrübeler, çoklu-ekip stratejileri ve zaman-maliyet dengesi gibi proje yönetimi kavramlarını göz önünde tutan bir matematik model (Şekil 4.2) sunmuştur [15].

Önceki kaynak planlama formülasyonlarının geleneksel olarak proje süresini enazlama üzerinde durduğunu belirten Adeli ve Park (1996), ortaya koydukları modelde, kaynak dengeleme ve kaynak kısıtlı çizelgeleme işlemini aynı anda gerçekleştirerek, toplam proje maliyetini enazlama kavramını ele almıştır [15].



Şekil 4.2. Nöral dinamik model yaklaşımı

Kartam ve Tongthong, CPM tekniği ile üretilen ve kaynakların kullanılabilirliğini dikkate almayan proje seriminin verimli olmadığı fikrinden hareket ederek; basit CPM proje serimi bilgileri ile kaynak dengeleme yapabilen bir YSA tasarımı ortaya koymuştur [16]. Bu tasarımda rekabetçi öğrenme stratejisi esas olup, kaynak dengeleme problemi bir enerji fonksiyonu olarak formüle edilmiş ve YSA'nın bu fonksiyonu enazlaması gözlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. CPM bilgilerinin ağa sunulması

4.2. Tahmin Problemleri

4.2.1. İnşaat maliyet tahmini

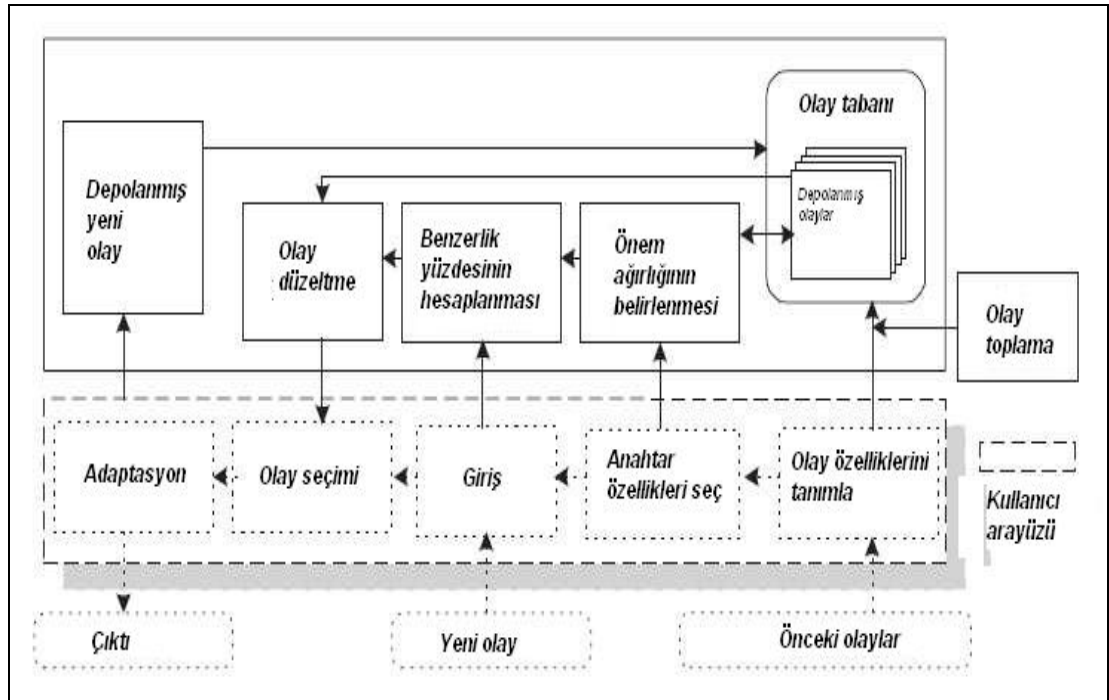
Williams (1994), inşaat maliyet indekslerindeki aylık ve altı aylık değişimleri tahmin etmek için GY algoritmasını denemiş, ancak yapı malzemeleri, ekipmanları ve işgücü maliyetinin kesin matematik formülü ya da kuralı olmayan bir çok farklı faktörden etkilenmesi nedeniyle, bu problemin GY algoritması ile çözülemeyecek kadar karmaşık bir problem olduğuna karar vermiştir [15].

Adeli ve Wu (1998), otoyol inşaatı maliyetlerinin çok gürültülü olduğunu ve bu gürültünün yönetici kararları, rasgele pazar değişimleri ve hava durumu gibi tahmin edilemeyen birçok faktörden ileri geldiğini göstermiştir [15].

Günaydın ve Doğan [17], inşaat tasarımının erken aşamalarında, proje yöneticileri ve tasarımcılar tarafından bir maliyet tahmin aracı kullanılması ihtiyacına işaret ederek; 4 ila 8 katlı 30 adet konuta ait verilerin öğretildiği bir

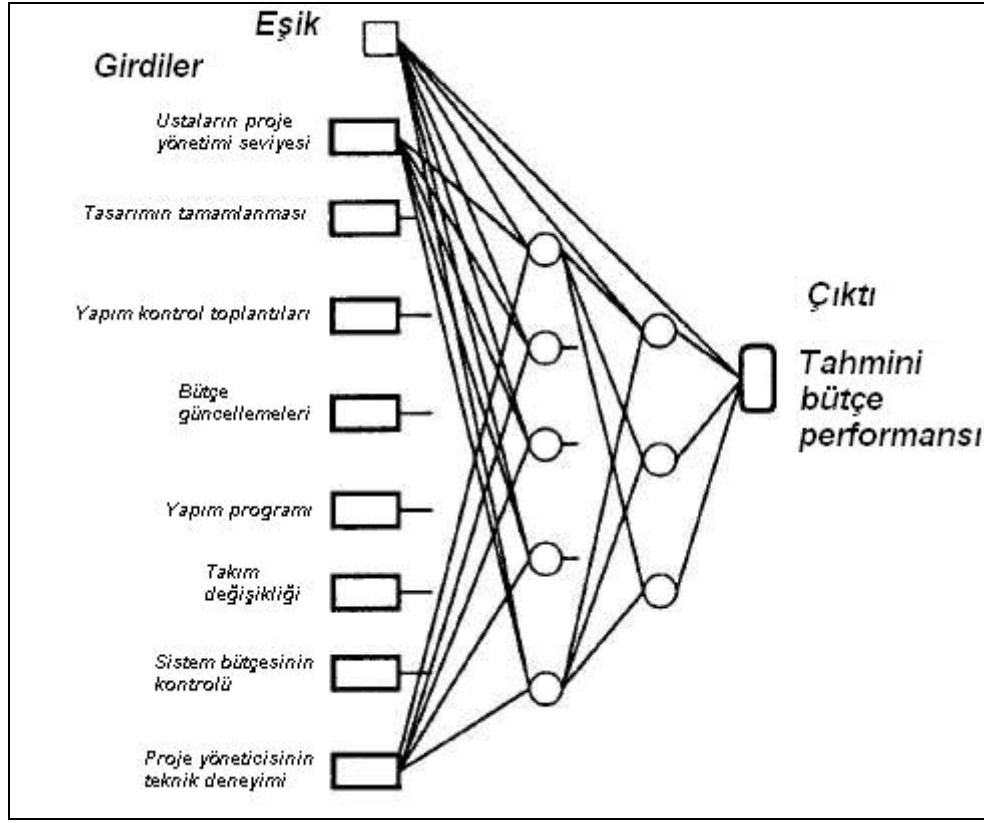
GY ağıнын, maliyeti %93 doğrulukla tahmin edebileceğini ortaya koymuştur.

Kim ve diğerleri tarafından [18], uygun maliyet tahmininin inşaat projeleri için anahtar faktör olduğu belirtilerek, 530 adet geçmiş maliyet verisi YSA, çoklu regresyon analizi ve olay tabanlı muhakeme tekniği kullanılarak değerlendirilmiş ve YSA yaklaşımının diğer iki yaklaşıma göre daha doğru tahmin yeteneği olsa da açıklama kabiliyetinin bulunmadığının, dolayısıyla uzun vadede olay tabanlı muhakeme tekniğinin daha iyi sonuç vereceğinin altı çizilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Olay tabanlı muhakeme tekniği

Chua ve diğerleri, bir projede bütçe performansını etkileyen 8 adet anahtar faktörü ele alarak (Şekil 4.5), bu faktörlere ait verileri öğrenen ağı, yapılan testlerde %90 oranında başarılı olduğunu göstermiş ve bu modelin, proje takımı tarafından iyi bütçe performansı elde etmek için, yönetim faktörlerini ve stratejisini belirlemelerine yardımcı olmakta kullanılabileceğini ortaya koymuştur [19].



Şekil 4.5. Proje bütçe performansının belirlenmesi

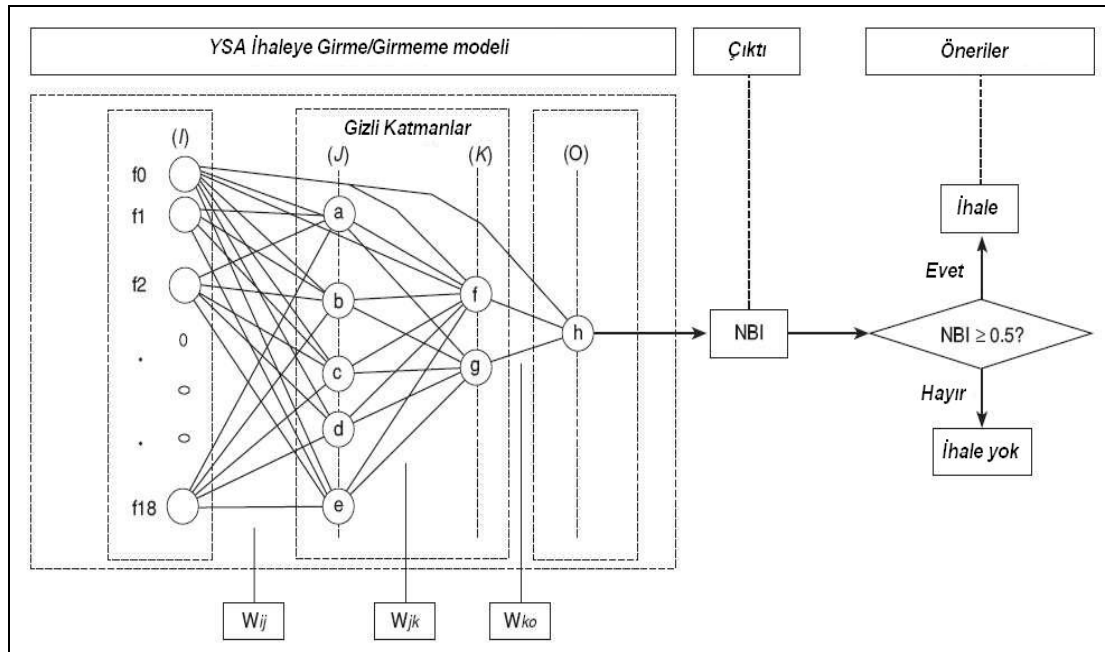
4.2.2. İnşaat hukuku, ihale ve sözleşme yönetimi

Arditi ve diğerleri (1998), inşaat sözleşmelerinden kaynaklanan hukuksal problemlerin maliyetini tahmin etmek üzere YSA kullanmıştır. Bu çalışmada, dava sonuçlarında verilen kararlar ağı eğitmek için kullanılmış ve davaların son derece karmaşık verilerine ait tahmin başarısı %67 olarak belirlenmiştir. Yine aynı problem, olay tabanlı muhakeme tekniği ile YSA yaklaşımı karşılaştırılarak Arditi ve Tokdemir (1999) tarafından ele alınmıştır [15].

Seydel (2003), ihale kararlarını destekleyici nitelikteki optimizasyon problemlerinin tutarlı olmadığını savunarak, fayda maksimizasyonunu hedefleyen üç adet optimizasyon yaklaşımının başarımını tartışmıştır. Gerçek ihale verilerinin kullanıldığı çalışmada, GY algoritması kullanan sinir ağı yaklaşımının diğer iki yaklaşıma göre daha iyi sonuç verdiği ancak, ağın

örnek uzayının dışında tahmin gücünün zayıf olduğu belirtilmiştir [20].

Wanous ve diğerleri (2003) tarafından, Suriye’de çalışan yüklenicilerden elde edilen bilgilerle eğitilen bir GY ağı kullanılarak, yüklenicinin kısıtlı zaman diliminde ihaleye girip girmeme kararı almasına yardımcı olacak bir karar destek modeli tartışılmıştır (Şekil 4.6). Elde edilen sonuçlara göre, ihaleye girme kararında YSA’nın gelecek vaat eden bir yaklaşım olduğu belirtilmiştir [21].

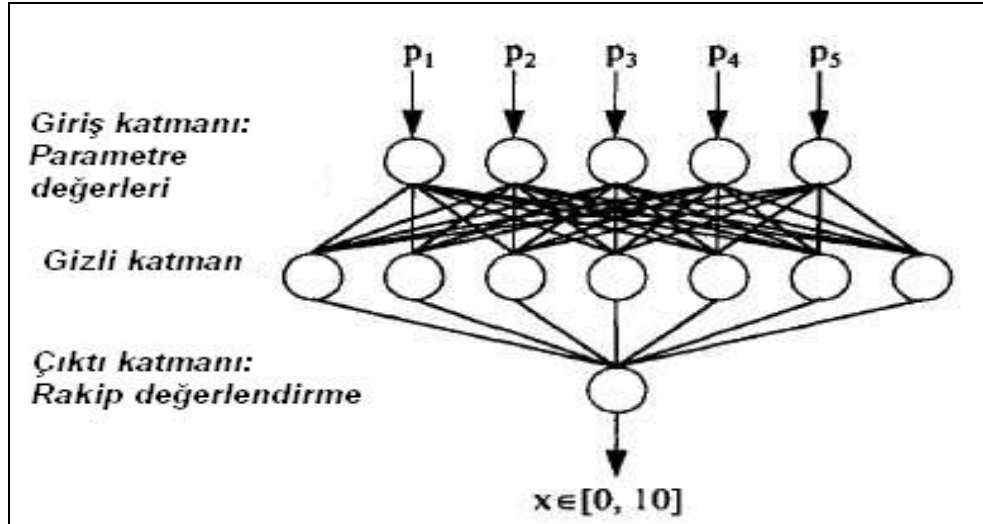


Şekil 4.6. İhaleye girme kararı modeli

Albino ve Garavelli [22], montaj işi yapılan bir şantiye örneğinde, yönetsel ve teknik yenilikler dikkate alınarak, inşaat projelerinde proje yöneticisine alt yüklenici seçimi için destek olacak bir GY yaklaşımı üzerinde durmuştur (Şekil 4.7).

Moselhi ve diğerlerine (1991) ait çalışma, inşaat mühendisliğinde YSA’nın potansiyel kullanımını ilk olarak ortaya koyanlardan biridir. Bu çalışmada, farklı ihale durumlarında brüt karın tahmin edilmesine dönük bir GY uygulamasına yer verilmiştir. 10 farklı ihale durumundan oluşan küçük bir

örnek seti ile eğitilen ağ, 30.000 iterasyon sonunda küçük bir hata oranı ile yakınsama sağlamıştır [15].



Şekil 4.7. İnşaat projelerinde alt yüklenici seçimi

P_1 : Fiyat indirimi

P_2 : Zaman tasarrufu

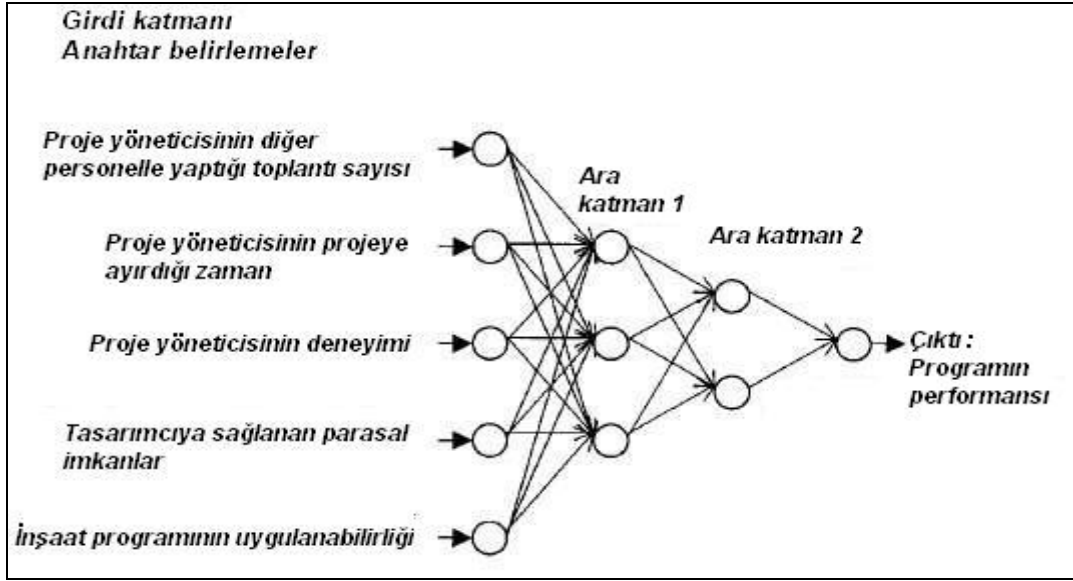
P_3 : İhale teknik/kalite karakteri

P_4 : Rakibin sözleşme yeteneği

P_5 : Rakibin yönetsel tecrübesi

4.2.3. Proje programlama ve kaynak tahsisi

Kog ve diğerleri, proje programının performansının belirlenebilmesi için bazı anahtar öğeler (proje yöneticisinin projeye ayırdığı zaman, proje yöneticisi ile diğer personel arasındaki görüşme sıklığı, tasarımcıya sağlanan parasal imkan, proje yöneticisinin deneyimi) ortaya koyarak, bunların proje performansı üzerindeki etkisini bir GY ağı yardımıyla değerlendirmişlerdir (Şekil 4.8). Çalışmanın sonucu olarak, beklenen proje programlama performansını elde edebilmek için harcanması gereken yönetim eforunun optimal bir kombinasyonunun belirlenmesinin, bir dene-yanıl yaklaşımı olduğu; uygulanması imkansız olmasa da maliyetinin yüksek ve kullanışsız olacağı belirtilmiştir [23].



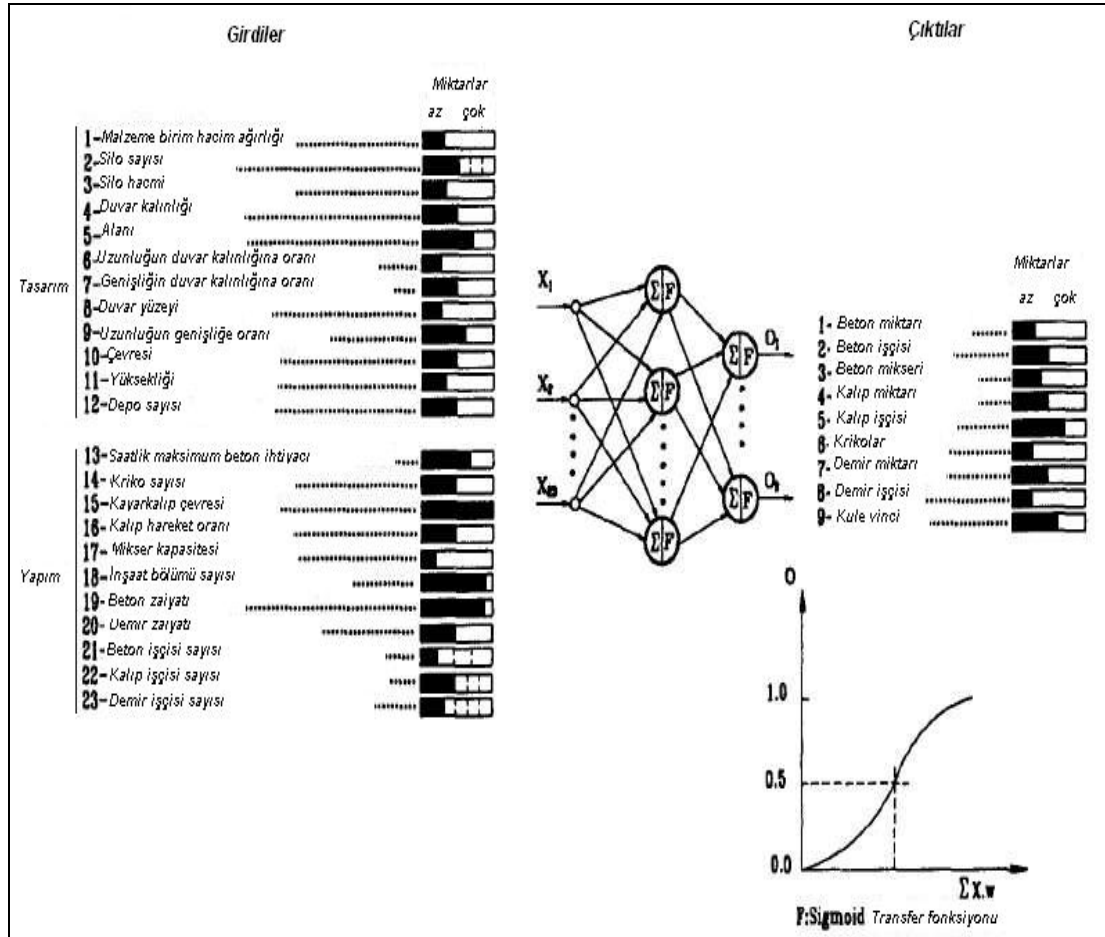
Şekil 4.8. Proje programı performansının belirlenmesi

Elazonui ve diğerleri [24], erken tasarım aşamasında, inşaat kaynak gereksinimini tahmin etmek için GY algoritmasını kullanmış ve bu modeli silo projelerine uygulamıştır (Şekil 4.9). Çalışmada, farklı alternatiflerin maliyetinin belirlenmesinin, yeniden tasarım maliyetinin engellenmesi, bakım, operasyon ve değiştirme maliyetlerinin enazlanması, dolayısıyla maliyet tasarrufu sağlayacağı vurgulanmıştır. Bu çalışmada, 28 adet silo inşaatının tasarım ve yapım aşamasında belirlenen 23 adet girdi parametresi ile ağ eğitilerek, 9 adet çıktı parametresini tahmin etmesi istenilmiştir. Ağdan elde edilen değerler, regresyon analizi sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve ağın tahmin performansı daha tatmin edici bulunmuştur.

4.3. Diğer Uygulamalar

Yukarıda yer verilen uygulamalara ek olarak, Kamarthi ve diğerleri (1992) tarafından şantiyede perde ve kolonlara ait düşey kalıp seçiminde; Chao ve Skibniewski (1994) ile Sönmez ve Rowings (1998) tarafından inşaat verimliliğinin tahmininde; Hegazy ve Moselhi (1994) tarafından Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yüklenicilerden elde edilen bilgiler kullanılarak brüt kar tahmininde; Chao ve Skibniewski (1995) tarafından yeni

yapım teknolojilerinin kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesinde; Sinha ve McKim (2000) tarafından bir inşaat firmasında organizasyon etkinliğini seviyesinin ölçülmesinde GY algoritması kullanılmıştır [15].



Şekil 4.9. Kaynak İhtiyacının belirlenmesi-silo inşaatı örneği

5. YSA YAKLAŞIMI İLE KAYNAK İHTİYACININ TAHMİNİ

5.1. Amaç ve Problemin Tanımı

Bu çalışmada, inşaat projelerinin tasarımı, bütçe planlaması ya da teklif verme aşamalarından herhangi birinde, kaynak miktarının tahmin edilmesi için kullanışlı bir alternatif yöntem belirlenmesi amaçlanmaktadır.

İnşaat projelerinde imalata girecek kaynak miktarının belirlenmesi, genellikle oldukça uzun vakit alan, tahmincinin yetenekleri ve benzer projelerden geçmişte edindiği tecrübesiyle doğru orantılı bir uğraştır. Kaynak miktarı ve dolayısıyla maliyetinin doğruya yakın biçimde belirlenmesi, bir projenin tarafları için büyük önem taşımaktadır. Kaynak maliyetleri, yüklenicinin doğrudan maliyeti içinde kalır ve teklif fiyat düzeyini doğrudan etkiler; bütçe programcısı ve iş sahibi için projenin mal olacağı rakamları belirgin hale getirir; tasarımcı içinse proje karakteristiklerinin bütçe sınırları içinde belirlenmesini sağlar.

Ülkemizde kaynak tahmini için, benzer projelerin geçmiş uygulamalarından elde edilen verilerin/deneyimlerin kullanılması yaklaşımı benimsenmiştir. Planlama ve kaynak tahmini probleminin çözümüne yardımcı olacak güncel bir veritabanı çalışması bulunmamakla birlikte, bu amacı gerçekleştirebilmek için eldeki tek resmi kaynak, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından her yıl güncelleştirilerek yayımlanan Birim Fiyat Tarifleri'dir. Burada, ihtiyaç duyulan kaynak miktarı, her birim fiyatın tarifi içinde yer almakta olup; kaynak birim miktarlarının belirlenmesi ve toplam kaynak ihtiyacının hesap edilmesi ise çok fazla zaman almaktadır. Sektörün hakediş hazırlama amacıyla yoğun biçimde kullandığı birkaç paket yazılımın içerisinde, bu tarif sistemini baz alan kaynak analizi araçları bulunmaktadır. Ancak bu araçların, projenin erken tasarım aşamasında kaynak tahmini için kullanılabilecek nitelikte olmadığı görülmektedir.

Günümüz ekonomisi ve bunun getirdiği rekabet koşullarında, bir projenin taraflarının güvenle kullanabileceği, hızlı ve verimli çözümler sağlayabilecek yaklaşımların belirlenmesi oldukça önem kazanmıştır. Kaynak maliyeti, enflasyonist ekonomik ortamda en çok etki altında kalan ve proje maliyetini baskılayan bir planlama unsurudur. Bu nedenle kaynak tahmininin doğruya yakın biçimde yapılması, proje hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için anahtar rolü üstlenmektedir.

5.2. Verilerin Toplanması

Ülkemizde yoğun olarak konut tipi bina üretimi gerçekleştirildiğinden, kaynak tahminine yönelik yaklaşımlar da konut tipi binalara ait örnekler üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılan analizde, Türkkonut ve Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'ndan (TOKİ) elde edilen, 62 adet tip konut projesine ait veriler kullanılmıştır. Söz konusu projelerin her biri için, daha önce belirlenmiş olan parametreler (Çizelge 5.1) ise projeleri üzerinden hesap edilmek suretiyle çalışmaya dahil edilmiştir.

Çizelge 5.1. Analizde kullanılan parametreler

Parametre	Proje				
	Proje 1	Proje 2	Proje 3	...	Proje n
<i>Son kat tavan yüksekliği (m)</i>	VERİ SETİ				
<i>Kat sayısı (ad)</i>					
<i>Bir kattaki daire sayısı (ad)</i>					
<i>Toplam daire sayısı (ad)</i>					
<i>Tip kat alanı (m²)</i>					
<i>Kat yüksekliği (m)</i>					
<i>Boşluk alanının cephe alanına oranı</i>					
<i>Ortalama Daire alanı (m²)</i>					

Ele alınan konutlar, genellikle katta bulunan daire sayısına göre isimlendirilen, kat adedi 2 ile 15 arasında değişen ve blok bazında tip projeler ile üretimi gerçekleştirilen yapılardır. Tüm projelere ait parametre bilgilerini içeren veri seti EK-1'de verilmiştir.

5.3. Analiz

5.3.1. Kullanılan paket program

Ele alınan problemin yapısına uygun YSA yaklaşımını gerçekleyebilen paket yazılımların sayısı ve çeşitliliği gün geçtikçe artmaktadır. YSA analizinde, çalışmanın amacına uygunluğu, kullanım kolaylığı ve sonuçların gösterimi açısından en uygun yazılımlardan biri olan, *CPC-X NeuralPower* paketi kullanılmıştır.

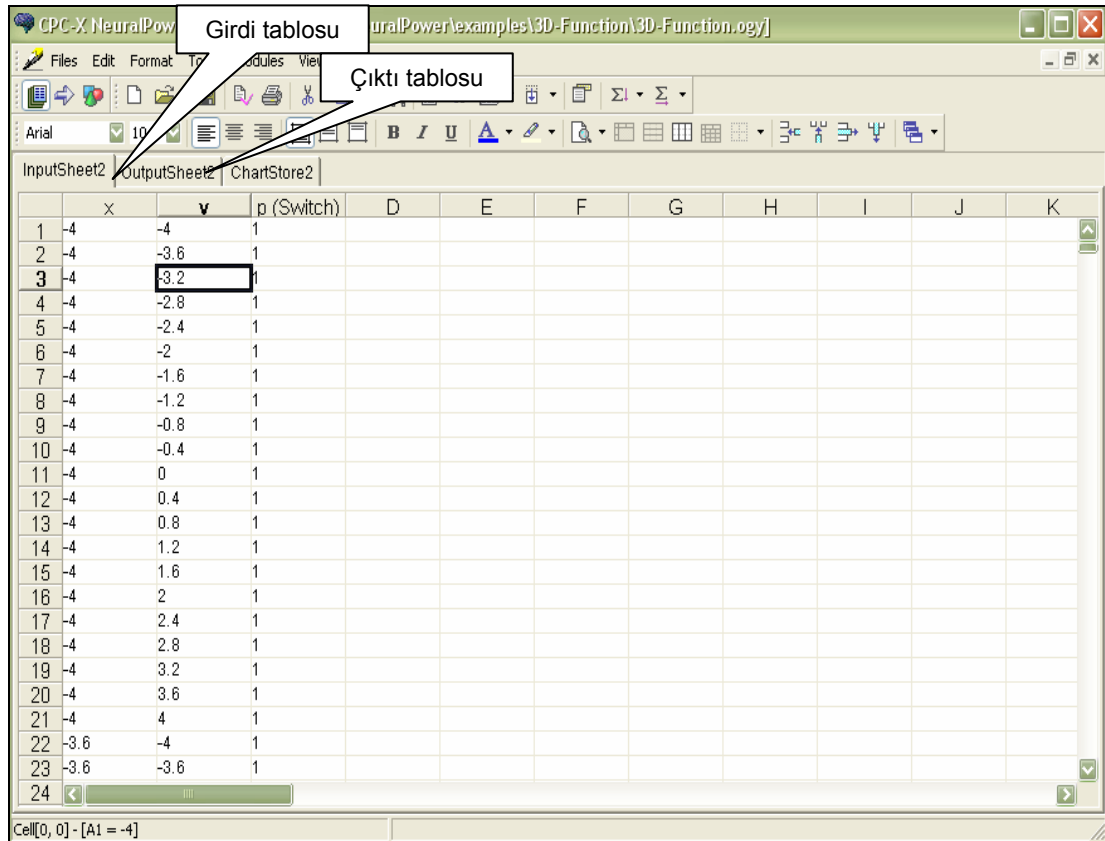
NeuralPower programı kullanıcı tarafından girilen ve girdi-çıkı setinden oluşan verileri “Hızlı GY algoritması (Quick propagation-QP), Artımlı GY algoritması (Incremental Backpropagation-IBP), Yığın GY algoritması (Batch Back Propagation-BBP), Genetik algoritma (Genetic Algorithm-GA) ve Levenberg algoritması” kullanarak analiz edebilmektedir.

Programın açılışta kullanıcıya üç modül sunmaktadır (Şekil 5.1). Bunlar sırasıyla, verilerin girilmesine ve bir veri dosyasına kaydedilmesi için *veri dosyası editör (Data file editor) modülü*, öğrenmeye ilişkin parametrelerin belirlenebilmesi ile öğrenme aşaması için *öğrenme (Learning) modülü* ve öğrenen ağı test edilmesi ve sonraki uygulamalarda kullanılabilmesi için *uygulamalar (Applications) modülü*dür.



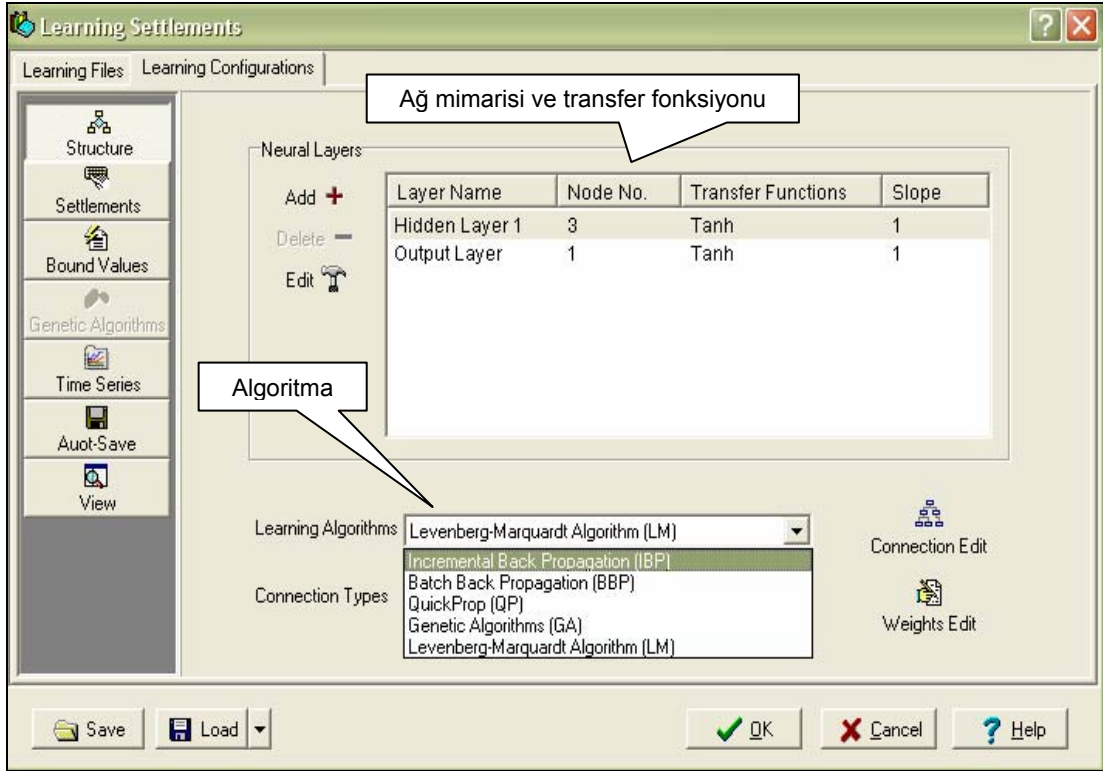
Şekil 5.1. Program açılış ekranı

Veri dosyası editörü (Şekil 5.2), problemi tanımlayan girdi ve çıktı setlerinin programa girilerek, [ogy] uzantılı bir dosyaya kaydedilmesini sağlar. Girdi ve çıktı tablolarındaki veriler düzenlenebilir, aralarındaki ilişkilere ait bazı istatistikler görülebilir, kullanıcının tanımladığı grafikler değerlendirilebilir. Bu dosya öğrenme aşamasında çağrılarak, öğrenme süreci başlatılır.

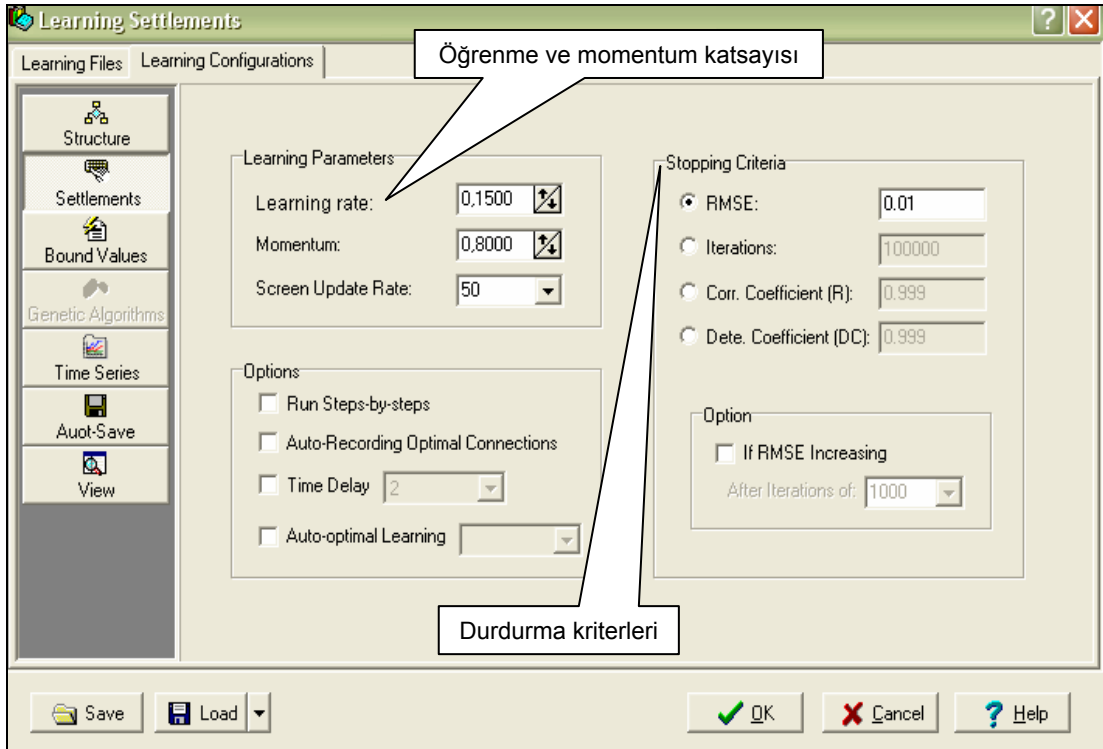


Şekil 5.2. Program veri editörü modülü

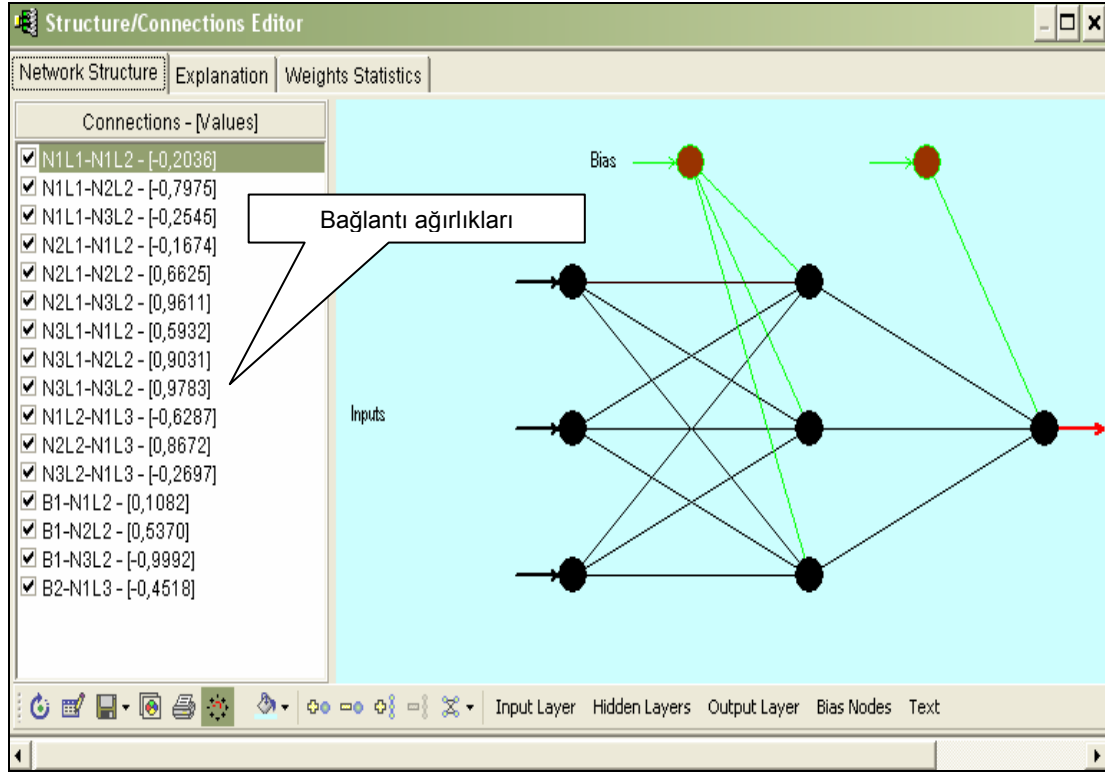
Öğrenme modülüne geçildiğinde (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4), program kullanıcıdan öğrenme parametrelerini belirlemesini ister. Burada ağın mimarisi (gizli katman sayısı, transfer fonksiyonu, bağlantı tipi), kullanılacak algoritma, öğrenme ve momentum katsayısı tanımlanarak, verilerin ölçeklenmesine (normalizasyon) ilişkin detaylar ve ağın durdurma kriteri belirlenir. Yine bu modülde seçilen ağ mimarisine bağlı olarak, ağırlıklar ve bağlantıların durumu gözlenebilir ve bunların her biri ayrı ayrı düzenlenebilir (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6).



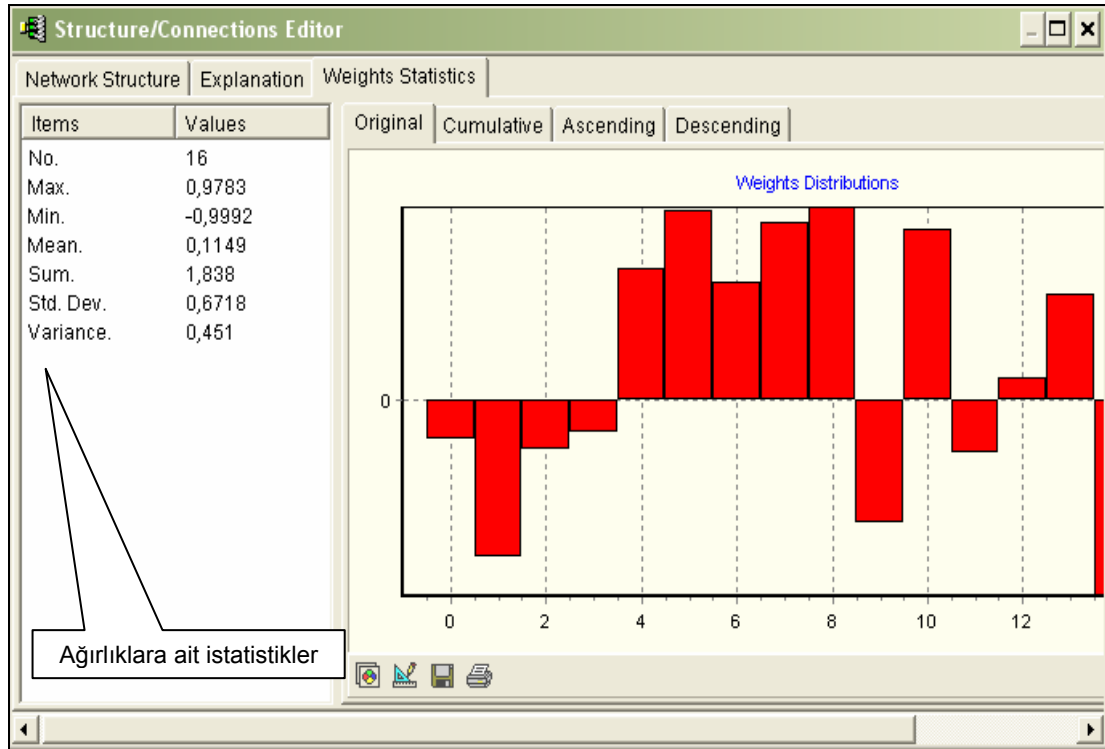
Şekil 5.3. Ağ mimarisinin ve kullanılacak algoritmanın seçilmesi



Şekil 5.4. Öğrenme yapılandırma ayarları

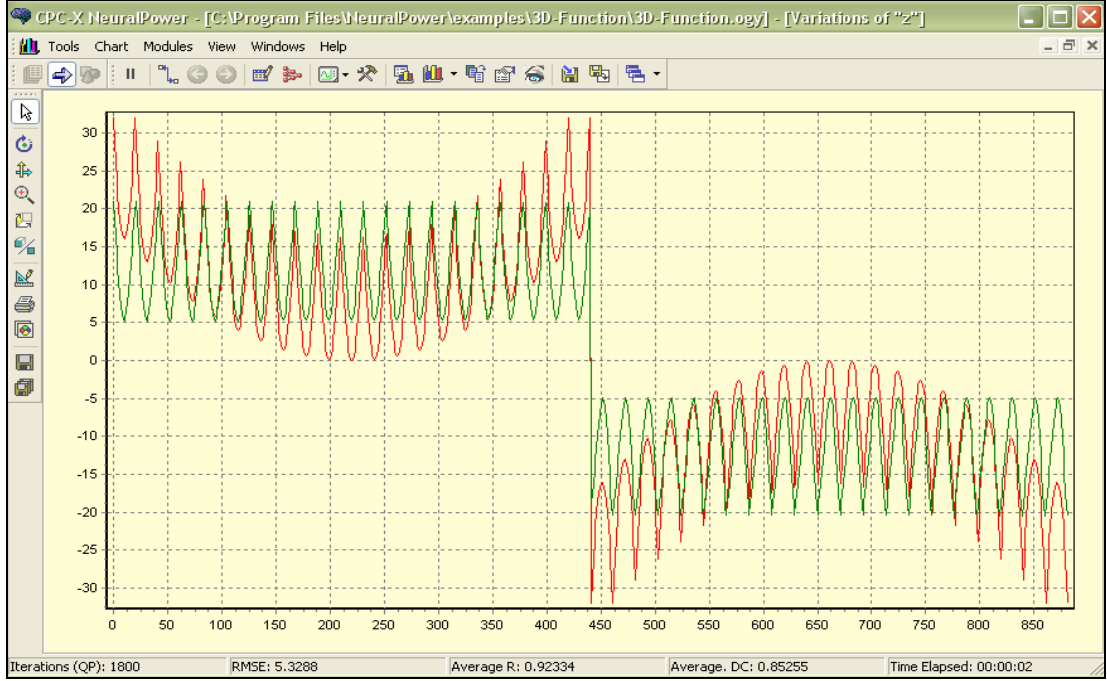


Şekil 5.5. Ağ yapısı/bağlantı ağırlıkları

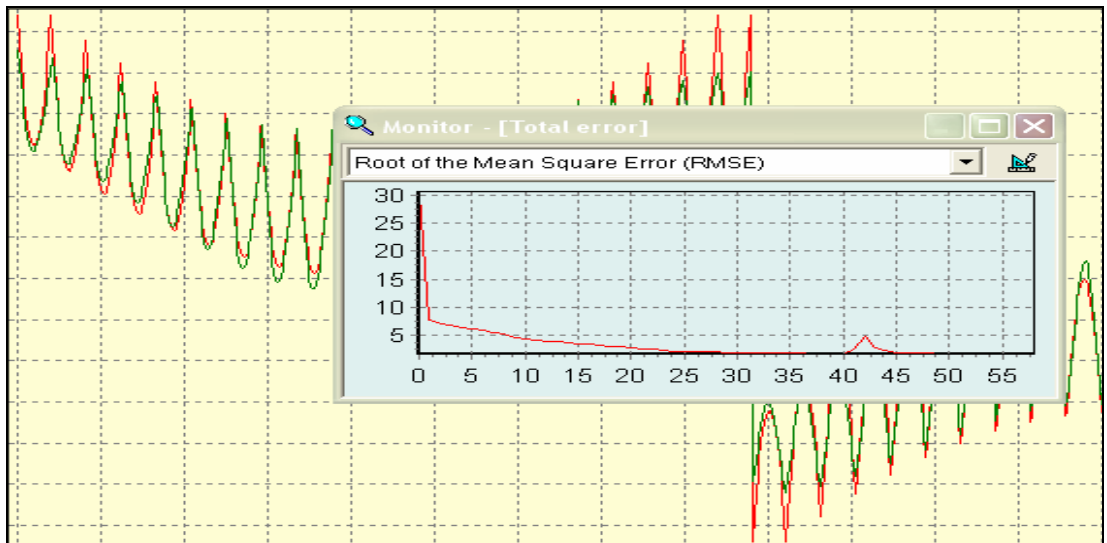


Şekil 5.6. Ağ yapısı/ağırlık istatistikleri

Öğrenme işlemi, öğrenmeye ilişkin parametrelerin belirlenmesinin ardından başlatılır. Bu aşamada, verilen giriş değerlerine karşılık ağıın ürettiği çıktı değerleri, ağıın toplam hatası, geçen zaman ve iterasyon sayısı gibi değerler grafiksel biçimde görüntülenir (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8).

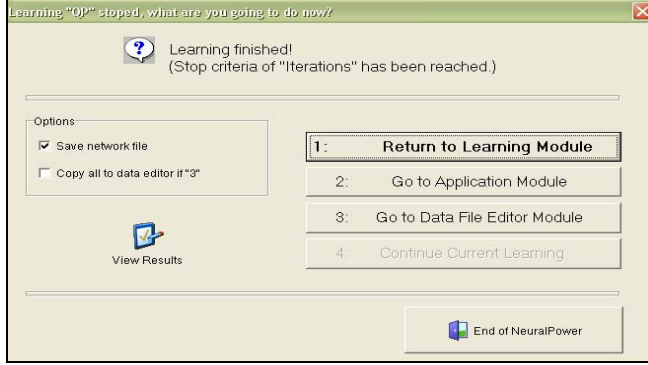


Şekil 5.7. Öğrenme işlemi



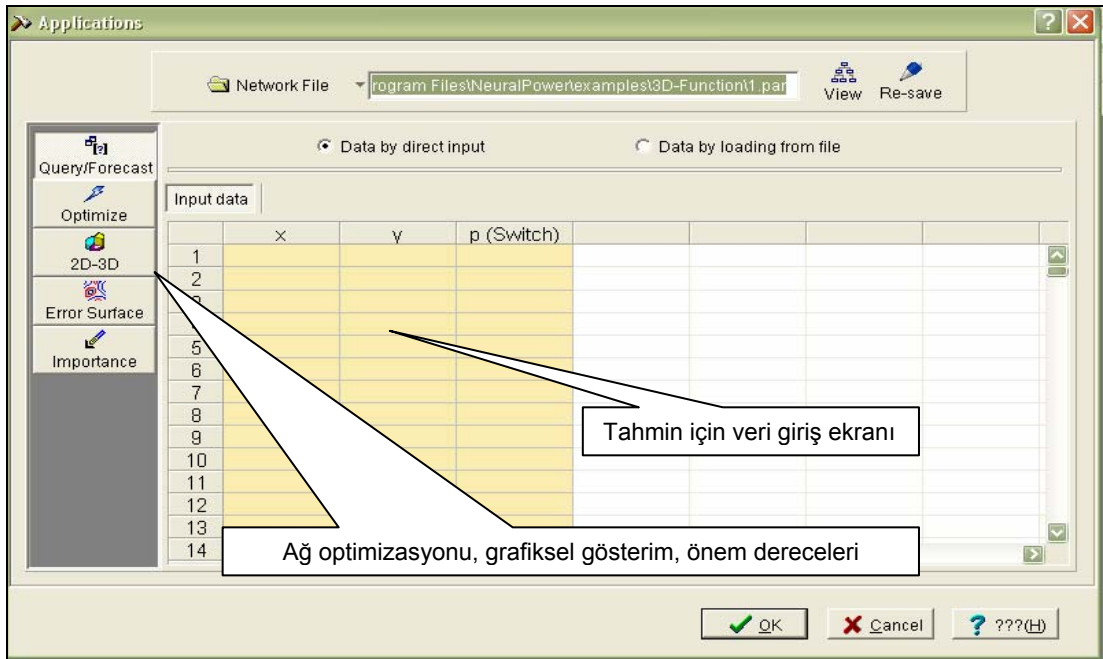
Şekil 5.8. Ağıın hata grafiğinin izlenmesi

Belirlenen durdurma kriterine ulaşıldığında (Şekil 5.9), öğrenme işlemini tamamlanmış ağı, [par] uzantılı bir dosyaya kaydedilir. Bu dosya daha sonra ağıın test edilmesi için kullanılır.



Şekil 5.9. Öğrenme işleminin tamamlanması

Ağıın performansı uygulamalar modülünde test edilebilir. Bu modülde kullanıcıdan ağıın daha önce görmediği örneklere ait verilerin girilmesi beklenir. Yine bu modül kullanılarak, ağıın optimizasyonu gerçekleştirilebilir; ağıın 2 ve 3 boyutlu grafikleri, bağlantı ağırlıklarının hata yüzeyleri girdi olarak kullanılan verilerin önem derecesi görüntülenebilir.



Şekil 5.10. Uygulamalar modülü

5.3.2. YSA yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar

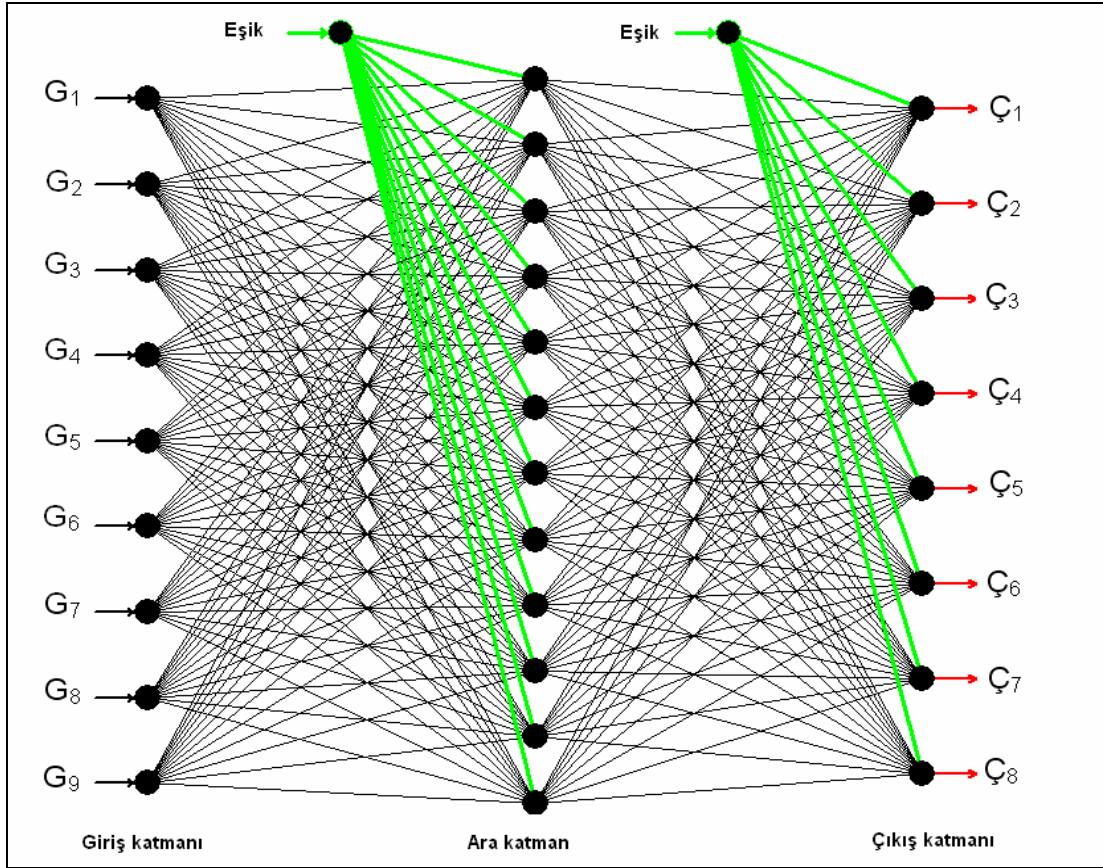
Analizde kullanılacak verileri bir araya getirebilmek için, öncelikle tüm projelere ait keşif özetleri incelenmiştir. Bir keşif özetinde yer alan her bir imalat kalemini gerçekleştirmek üzere ihtiyaç duyulacak kaynak miktarı, Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri'ni baz alan hesaplamalarla belirlenmiştir.

Ağa sunulacak girdi parametreleri,

- Şantiye (Türkkonut (1), TOKİ (2)), G_1
- Son kat tavan yüksekliği (m), G_2
- Kat sayısı (ad), G_3
- Bir kattaki daire sayısı (ad), G_4
- Toplam daire sayısı (ad), G_5
- Tip kat alanı (m^2), G_6
- Kat yüksekliği (m), G_7
- Boşluk alanının cephe alanına oranı, G_8
- Ortalama daire alanı (m^2), G_9

çıkı parametreleri ise,

- Malzeme
 - Beton (m^3), ζ_1
 - Kalıp (m^2), ζ_2
 - Demir (ton), ζ_3
 - İşçilik
 - Beton ustası (saat), ζ_4
 - Demir ustası (saat), ζ_5
 - Kalıp ustası (saat), ζ_6
 - Düz işçi (saat), ζ_7
 - Makine-Ekipman,
 - Betoniyer (saat), ζ_8
- olarak seçilmiştir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Ağa sunulan girdi ve çıktı parametreleri

Örnek seti içindeki 56 adet projeye ait veri ağın öğrenmesi için kullanılmış, 6 adet projeye ait veri ise test için ayrılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılacağı için, ağın üreteceği değerler [0-1] aralığında olacaktır. Bu sebeple ağın girdi ve çıktıları 100.000'e bölünerek ölçeklendirilmiş eğitim seti elde edilmiştir (EK-2).

Kaynak İhtiyacının tahmini için kullanılan YSA mimarisi, 9 giriş hücresine sahip giriş katmanı, 8 hücreye sahip bir gizli katman ve 8 adet çıkış hücresine sahip bir çıkış katmanından oluşmaktadır. Ağ, giriş hücrelerinin ara katman ve çıkış katmanında bulunan tüm hücrelere bağlanacağı şekilde yapılandırılmıştır. Ağdaki her hücre sigmoid aktivasyon fonksiyonuna sahiptir. Ağın eğitimi için kullanılan parametreler Çizelge 5.2'de yer almaktadır. Bu parametrelerin belirlenmesi için herhangi bir yöntem bulunmamakla birlikte,

bunların literatürde karşılaşılan örneklerden hareket edilerek belirlenmesi tercih edilmiştir.

Çizelge 5.2. Öğrenme parametreleri

Parametre	Değer
Öğrenme katsayısı	0,6
Momentum katsayısı	0,5
Başlangıç değerleri	-1 ile 1 arasında rasgele
Örnek gösterimi	Sıralı
Durdurma kriteri	Hata 0,01 değerine ulaştığında

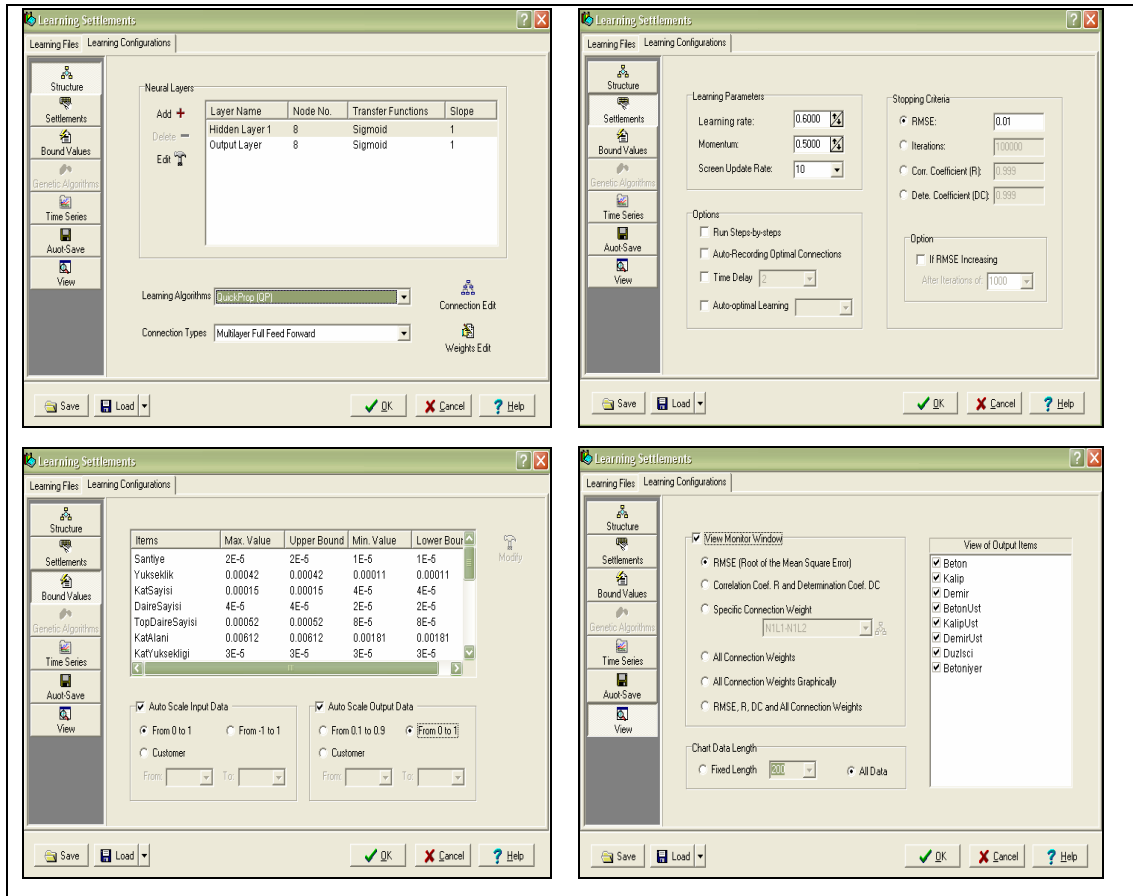
Tasarımı yukarıda anlatıldığı şekilde gerçekleştirilen ağın sadece öğrenme algoritması değiştirilip, öğrenme parametreleri ve mimarisi sabit tutulmuştur. Her bir öğrenme algoritması için iterasyon sayısı, öğrenme için harcanan zaman ve test setine ağın verdiği yanıtlar belirlenmiştir (Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14).

	Santiyeye	Yukseklık	KatSayısı	DaireSayısı	Girdi seti topdaire sayısı	KatAlani	KatYukseklıgi	BoslukCepHeOran	DaireAlani
1	0.00001	0.00033	0.00011	0.00004	0.00044	0.00575	0.00003	0.30734	0.00144
2	0.00001	0.00033	0.00011	0.00004	0.00044	0.00568	0.00003	0.31785	0.00142
3	0.00001	0.00036	0.00013	0.00004	0.00050	0.00572	0.00003	0.36233	0.00143
4	0.00001	0.00036	0.00013	0.00004	0.00050	0.00570	0.00003	0.35754	0.00142
5	0.00001	0.00036	0.00013	0.00004	0.00050	0.00576	0.00003	0.35504	0.00144
6	0.00001	0.00036	0.00013	0.00004	0.00050	0.00568	0.00003	0.36166	0.00142
7	0.00001	0.00031	0.00011	0.00004	0.00042	0.00572	0.00003	0.31854	0.00143
8	0.00001	0.00031	0.00011	0.00004	0.00042	0.00560	0.00003	0.30228	0.00140
9	0.00001	0.00036	0.00011	0.00004	0.00050	0.00497	0.00003	0.32730	0.00124
10	0.00001	0.00036	0.00011	0.00004	0.00050	0.00513	0.00003	0.32475	0.00128
11	0.00001	0.00025	0.00013	0.00004	0.00036	0.00567	0.00003	0.32885	0.00142
12	0.00001	0.00025	0.00013	0.00004	0.00036	0.00562	0.00003	0.32869	0.00141
13	0.00001	0.00036	0.00013	0.00002	0.00026	0.00260	0.00003	0.14277	0.00130
14	0.00001	0.00036	0.00013	0.00002	0.00026	0.00559	0.00003	0.30383	0.00279
15	0.00001	0.00042	0.00015	0.00002	0.00030	0.00266	0.00003	0.18178	0.00133

Şekil 5.12. Öğrenme seti giriş verilerinin programa girilmesi

	Beton	Kalip	Demir	BetonUst	KalipUst	DemirUst	Duzlisci	Betoniyer
1	0.02758	0.02186	0.00350	0.03055	0.25836	0.08964	0.99739	0.00538
2	0.02701	0.02204	0.00350	0.02992	0.25401	0.08901	0.99659	0.00527
3	0.02959	0.01185	0.00364	0.03278	0.26613	0.08623	0.99869	0.00577
4	0.02890	0.01200	0.00366	0.03202	0.26699	0.08650	0.99881	0.00564
5	0.03062	0.02168	0.00398	0.03392	0.25408	0.10200	0.99102	0.00597
6	0.03045	0.02200	0.00393	0.03374	0.25335	0.10202	0.99121	0.00594
7	0.02783	0.00399	0.00352	0.03083	0.19350	0.08970	0.99877	0.00543
8	0.02812	0.00388	0.00367	0.03115	0.19555	0.08940	0.99456	0.00548
9	0.03034	0.00371	0.00328	0.03361	0.20513	0.08488	0.99146	0.00592
10	0.03001	0.00367	0.00340	0.03324	0.22223	0.08523	0.99184	0.00585
11	0.02753	0.00334	0.00373	0.03050	0.14465	0.09484	0.98989	0.00537
12	0.02379	0.00313	0.00388	0.02635	0.14834	0.09291	0.98671	0.00464
13	0.01857	0.00262	0.00219	0.02057	0.13566	0.05638	0.95546	0.00362
14	0.01858	0.00262	0.00210	0.02058	0.13579	0.05651	0.94979	0.00362
15	0.02171	0.00282	0.00198	0.02406	0.16965	0.05019	0.78653	0.00423

Şekil 5.13. Öğrenme seti çıkış verilerinin programa girilmesi



Şekil 5.14. Öğrenme parametrelerinin ayarlanması

Çizelge 5.3. Ağın test edilmesi sonucunda elde edilen veriler

Algoritma	İterasyon Sayısı	Süre (sn)	Test	Tahmin							Hata %									
				Beton	Kalıp	Demir	Beton Ustası	Kalıp Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer	Beton	Kalıp	Demir	Beton Ustası	Kalıp Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer	
QP	4.220	7	1	2.207,12	217,48	214,91	2.423,43	17.367,92	5.427,21	98.848,24	0,0043	15,11	19,54	23,70	14,09	38,74	24,91	88,36	14,21	
			2	2.193,94	208,27	224,02	2.413,25	17.081,19	5.675,18	99.025,45	0,0043	14,53	15,18	16,27	13,72	38,37	22,26	88,43	13,88	
			3	2.174,45	74,62	291,32	2.428,68	9.939,62	7.623,01	91.615,38	0,0043	10,43	77,52	1,04	9,70	34,95	1,46	38,52	10,00	
			4	2.229,71	155,73	285,84	2.494,38	10.794,18	7.584,90	94.827,86	0,0044	7,60	52,89	1,45	6,69	29,10	1,17	43,44	7,01	
			5	574,84	56,00	55,40	640,27	523,00	1.414,73	17.106,13	0,0011	8,96	6,02	19,33	9,55	4,03	23,01	15,99	9,56	
			6	575,70	56,00	55,13	641,58	523,00	1.407,50	17.047,47	0,0011	6,40	8,26	11,59	7,03	5,56	20,61	15,34	7,05	
			<i>Maks.</i>										15,11	77,52	23,70	14,09	38,74	24,91	88,43	14,21
			<i>Min.</i>										6,40	6,02	1,04	6,69	4,03	1,17	15,34	7,01
			<i>Ort.</i>										10,51	29,90	12,23	10,13	25,13	15,57	48,35	10,29
			IBP	77.505	122	1	1.982,00	285,46	217,81	2.185,16	16.428,79	5.491,55	92.130,75	0,0038	3,37	5,62	22,67	2,88	31,24	24,02
2	2.009,86	267,92				223,01	2.224,74	16.275,47	5.622,37	93.627,14	0,0039	4,92	9,12	16,64	4,84	31,84	22,98	78,15	4,71	
3	2.342,81	256,60				336,56	2.595,89	13.554,98	8.508,50	86.636,63	0,0046	3,50	22,69	14,32	3,48	11,30	13,24	30,99	3,19	
4	2.451,88	495,96				344,49	2.722,53	14.444,12	8.692,28	90.786,19	0,0048	1,61	50,02	18,77	1,84	5,13	15,94	37,33	2,32	
5	638,04	56,12				58,53	708,81	523,00	1.521,94	17.927,66	0,0012	20,94	5,81	26,07	21,28	4,03	32,33	21,56	21,07	
6	639,40	56,11				58,66	710,48	523,00	1.525,28	17.690,95	0,0012	18,17	8,07	18,75	18,52	5,56	30,70	19,69	18,30	
<i>Maks.</i>													20,94	50,02	26,07	21,28	31,84	32,33	78,15	21,07
<i>Min.</i>													1,61	5,62	14,32	1,84	4,03	13,24	19,69	2,32
<i>Ort.</i>													8,75	16,89	19,54	8,81	14,85	23,20	43,88	8,74

Çizelge 5.3. (Devam) Ağın test edilmesi sonucunda elde edilen veriler

Algoritma	İterasyon Sayısı	Süre (sn)	Test	Tahmin								Hata %							
				Beton	Kalip	Demir	Beton Ustası	Kalip Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer	Beton	Kalip	Demir	Beton Ustası	Kalip Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer
BBP	5.159	8	1	2.149,55	317,07	216,08	2.378,40	18.072,09	5.523,67	83.388,02	0,0042	12,11	17,31	23,28	11,97	44,37	23,58	58,90	12,55
			2	2.141,60	389,12	231,42	2.369,89	18.391,69	5.916,78	91.420,48	0,0042	11,80	58,47	13,50	11,67	48,98	18,95	73,95	12,25
			3	2.096,96	83,66	339,19	2.323,53	8.202,19	8.454,92	80.551,30	0,0041	13,63	74,80	15,21	13,61	46,32	12,53	21,79	13,59
			4	2.229,34	123,59	336,35	2.471,48	8.705,89	8.451,46	84.120,62	0,0043	7,61	62,61	15,97	7,55	42,82	12,73	27,24	7,66
			5	632,12	56,00	54,06	697,09	523,00	1.397,87	16.787,76	0,0012	19,82	6,02	16,45	19,27	4,03	21,55	13,83	20,52
			6	643,15	56,00	54,28	709,31	523,00	1.406,30	16.959,44	0,0013	18,86	8,26	9,87	18,33	5,56	20,50	14,74	19,64
			Maks	19,82	74,80	23,28	19,27	48,98	23,58	73,95	20,52								
			Min	7,61	6,02	9,87	7,55	4,03	12,53	13,83	7,66								
			Ort.	13,97	37,91	15,71	13,73	32,01	18,31	35,08	14,37								
			GA	10.906	97	1	1.898,61	72,20	201,24	2.139,21	15.663,53	5.074,26	81.827,11	0,0038	0,98	73,29	28,55	0,71	25,13
2	2.017,23	159,32				220,85	2.264,65	15.886,68	5.581,42	87.185,80	0,0040	5,31	35,12	17,45	6,72	28,69	23,55	65,90	8,41
3	2.251,46	296,04				330,52	2.510,96	15.250,80	8.107,76	83.755,66	0,0045	7,26	10,81	12,27	6,64	0,20	7,91	26,64	4,51
4	2.290,41	339,89				332,81	2.567,02	15.644,24	8.165,60	85.188,34	0,0046	5,08	2,81	14,75	3,97	2,75	8,91	28,86	1,76
5	572,76	104,25				43,40	612,68	361,48	1.376,09	18.240,33	0,0012	8,57	74,97	6,52	4,83	33,67	19,65	23,68	16,27
6	561,83	106,41				41,50	599,69	423,77	1.327,22	17.886,79	0,0012	3,83	74,32	15,99	0,04	23,48	13,73	21,02	11,62
Maks	8,57	74,97				28,55	6,72	33,67	29,80	65,90	16,27								
Min	0,98	2,81				6,52	0,04	0,20	7,91	21,02	1,76								
Ort.	5,17	45,22				15,92	3,82	18,99	17,26	37,00	7,53								

Çizelge 5.3'de sırasıyla QP: Hızlı GY algoritması, IBP: Artımlı GY algoritması, BBP: Yığın GY algoritması ve GA: Genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen öğrenme işlemi sonucunda, ağın test seti içinde yer alan 6 adet proje için verdiği yanıtlar görülmektedir. Ağın tahmin ettiği değerler ile beklenen değerler arasındaki farkın yüzde olarak ifadesi,

$$\text{Hata (\%)} = \frac{\text{Tahmin} - \text{Beklenen}}{\text{Beklenen}} \times 100 \quad (5.1)$$

eşitliği kullanılarak hesap edilmiştir. Her bir algoritma için hesaplanan hataların en büyük ve en küçük değerleri bulunup, bunların ortalaması alınarak, o algoritma için ağın ortalama hatası elde edilmiştir.

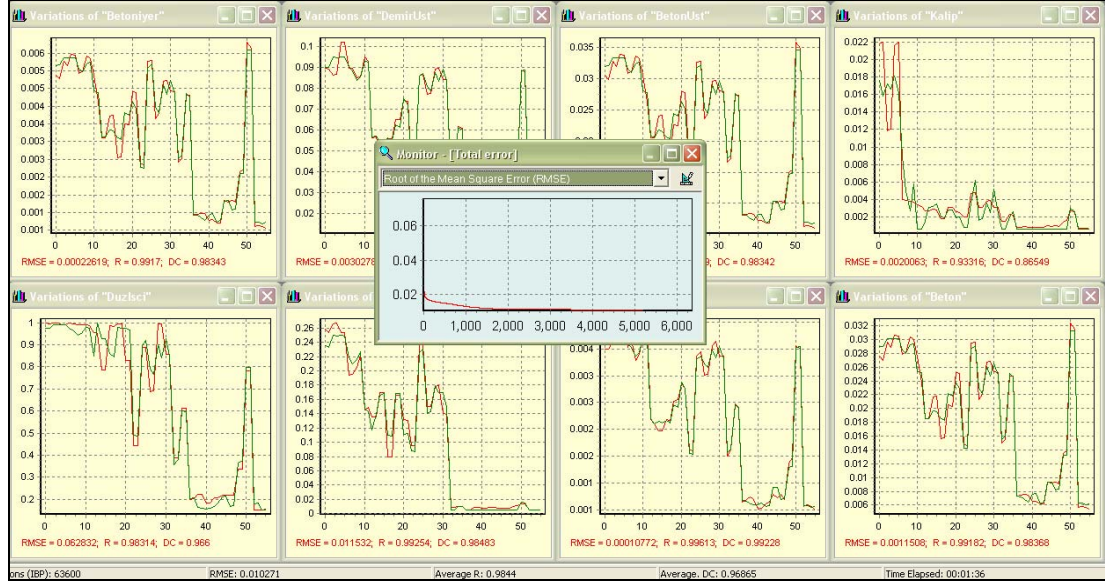
a) QP algoritması ile öğrenme işleminde (Şekil 5.15), ağ 4220 iterasyonu 7 sn.de tamamlamış ve test setine verdiği yanıtların ortalama hatası %20,26 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.15. QP öğrenme algoritması ile öğrenme

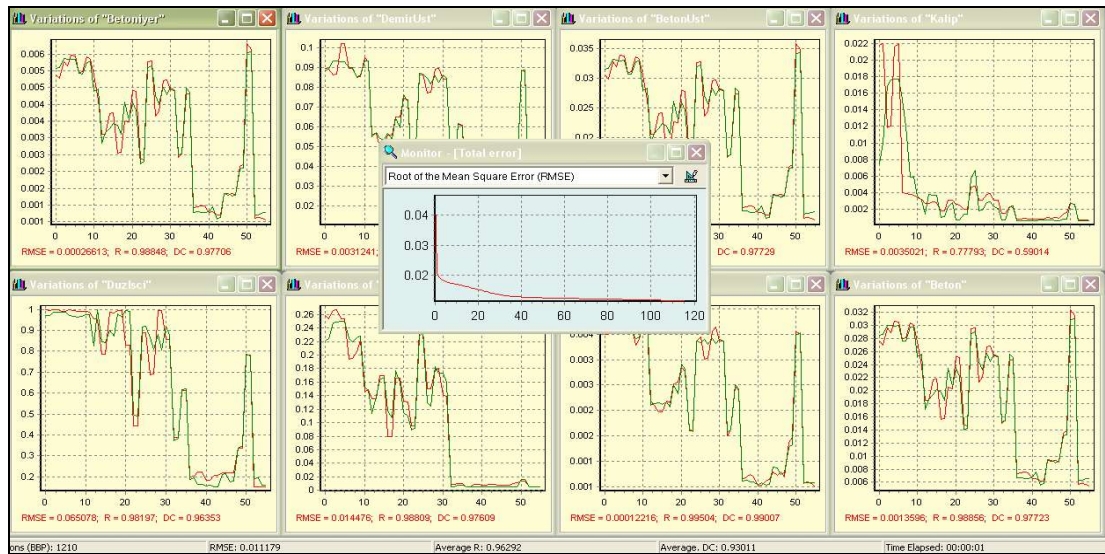
b) IBP algoritması ile öğrenme işleminde (Şekil 5.16), ağ 77.505 iterasyonu

122 sn.de tamamlamış ve test setine verdiği yanıtların ortalama hatası %18,08 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.16. IBP algoritması ile öğrenme

c) BBP algoritması ile öğrenme işleminde (Şekil 5.17), ağ 5.159 iterasyonu 8 sn.de tamamlamış ve test setine verdiği yanıtların ortalama hatası %22,64 olarak gerçekleşmiştir.



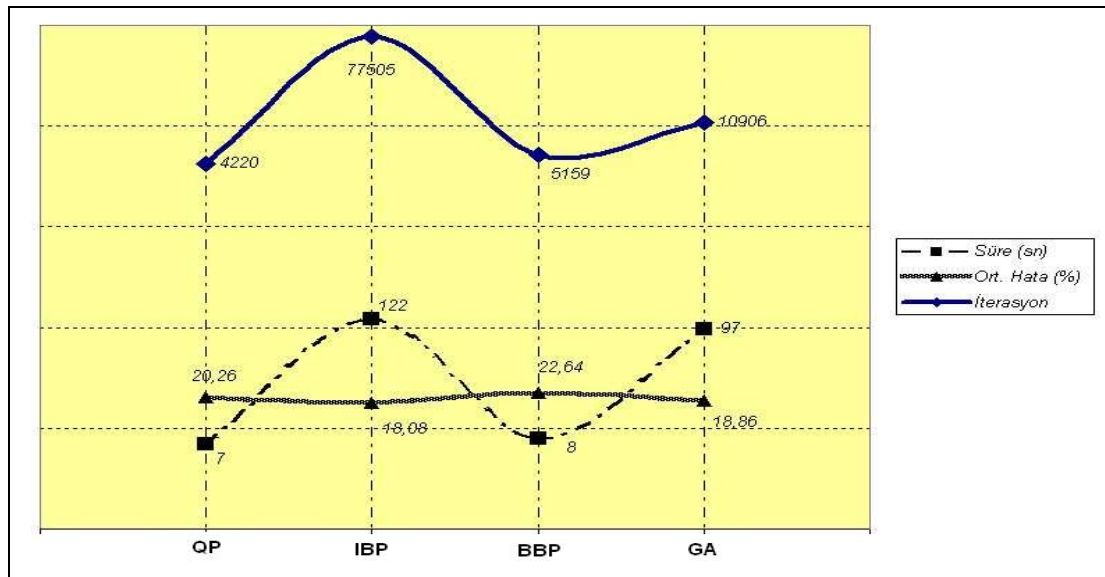
Şekil 5.17. BBP algoritması ile öğrenme

d) GA ile öğrenme işleminde (Şekil 5.18) ise, ağ 10.906 iterasyonu 97 sn.de tamamlamış ve test setine verdiği yanıtların ortalama hatası %18,08 olarak gerçekleşmiştir.



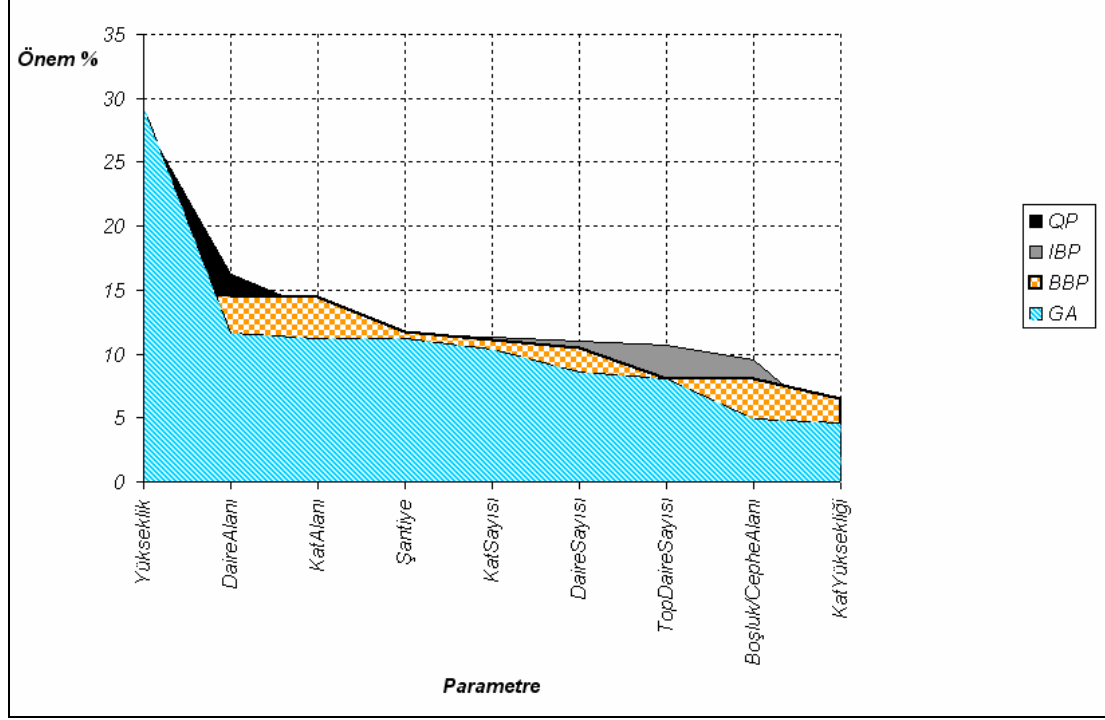
Şekil 5.18. GA ile öğrenme

Yukarıda verilen sonuçlar Şekil 5.19'da bir arada görülmektedir.



Şekil 5.19. Kullanılan öğrenme algoritmalarına göre ağ performansı

Ağa girdi olarak sunulan parametrelerin önem açısından değerlendirilmesi sonucunda, *son kat tavan yüksekliği (m)*, *daire alanı (m²)* ve *kat alanı (m²)* parametrelerinin en yüksek önem değerini aldığı görülmektedir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Kullanılan parametrelerin önem değerleri

5.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Çalışmanın bu bölümünde, kaynak ihtiyacının tahmini için kullanılabilir bir başka alternatif yöntem olan çoklu doğrusal regresyon analizi (ÇDR) üzerinde durulmuş ve YSA ile ÇDR analizi performansları karşılaştırılmıştır.

ÇDR bağımlı ve bağımsız değişkenlerin normal veya normale yakın dağıldığı durumda uygulanabilir [26]. Teorik olarak, bağımlı değişkeni açıklayabilecek sonsuz sayıda bağımsız değişken düşünülebilir. Dolayısıyla her bağımsız değişkenin bağımlı değişkenle doğrusal bir ilişkisi olduğu varsayılır. Ancak uygulamada sadece birkaç adet bağımsız değişken, bağımlı değişkendeki varyansın büyük bir kısmını açıklar. Bu durumda, belirleme katsayısının 0,80

dolayında olması yeterli kabul edilmektedir. k sayıda bağımsız değişkenin olduğu çoklu doğrusal regresyon modeli, β_0 sabit ve β parametreleri bilinmeyen parametreler olmak üzere, aşağıdaki şekilde yazılabilir [27].

$$Y = \beta_0 + \beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \dots + \beta_k\chi_k + \varepsilon \quad (5.2)$$

Eş.5.2.'de Y bağımlı (tahmin edilen) değişken, χ 'ler bağımsız değişkenler ve ε ise hata terimidir.

Çoklu regresyon yöntemi uygulaması için veri setinin bazı varsayımları yerine getirmesi gerekir [26,28].

- Örneklem seçiminde taraf tutulmadığı müddetçe rasgele örneklem gerekli değildir. Ancak rasgele örneklem elde edilmesi, örneklemde elde edilen sonuçların evren için genelleştirilmesi imkanı sağlar.
- Bütün bağımsız değişkenler ve değişken kombinasyonları normal dağılıma uymalı, Y değişkeni parametrelili normal dağılım göstermelidir. Bağımlı değişkeninin normalden çok uzak bir dağılımı varsa, regresyon katsayılarının güven aralıkları hesaplanamaz.
- Açıklayıcı değişkenler hatasız ölçülmüş olmalı ve aralarında çoklu doğrusal bağımlılık (multicollinearity) bulunmamalıdır.
- Veri setinde gözlemler arasında ardışık bağımlılık, bir başka deyişle bağımsız değişkenler arasında sıkı ilişki (otokorelasyon) olmamalı; bağımlı değişkeninin bütün gözlemleri bağımsız olmalıdır.
- Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki doğrusal olmalıdır.

62 projeye ait bilgidan oluşan veri setinde yer alan 56 adet projeye ait veri analizde kullanılmış, kalan 6 adet projeye ait veri ise test için ayrılmıştır. ÇDR analizi için NCSS programı kullanılmıştır. Program yardımıyla bağımlı değişkenlerin her biri ayrı ele alınarak, bağımsız değişkenlerin etkisi belirlenmiştir.

Çizelge 5.4’de her bir bağımlı değişken ($\zeta_1 \dots \zeta_8$) için bağımsız değişkenlerin ($G_1 \dots G_9$) kısmi regresyon katsayıları yer almaktadır.

Çizelge 5.4. ÇDR analizi ile bulunan regresyon katsayıları

		Bağımlı değişkenler							
		ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4	ζ_5	ζ_6	ζ_7	ζ_8
Bağımsız değişkenler	Sabit	42.737,28	-82.001,47	9.684,83	47.345,83	-925.260,94	233.281,26	1.226.493,91	0,0840
	G_1	-590,33	-37,93	-158,79	-653,99	-13.371,02	-4.038,08	-36.297,31	-0,0011
	G_2	-4,05	29,90	-9,59	-4,49	322,50	-198,75	321,89	0,0000
	G_3	6,53	-110,76	13,28	7,24	-1.672,60	267,58	1.475,30	0,0000
	G_4	-439,66	-711,30	-65,97	-487,06	-3.421,27	-1.749,80	-5.788,11	-0,0010
	G_5	51,26	11,20	9,06	56,78	247,85	201,35	563,93	0,0001
	G_6	2,95	5,64	0,29	3,27	25,71	9,88	48,42	0,0000
	G_7	-14.516,13	29.750,83	-3.293,92	-16.081,47	342.232,27	-79.071,20	-415.657,91	-0,0287
	G_8	148,18	2.565,27	12,23	164,17	17.502,82	-249,21	44.494,10	0,0003
	G_9	-5,99	-11,28	-0,66	-6,63	-44,12	-20,02	-2,92	0,0000

Bu katsayılar kullanılarak, örneğin ζ_1 (beton) bağımlı değişkeni için regresyon denklemi, Eş. 5.3’deki gibi yazılabilir.

$$\zeta_1 = 42737.28 - 590.33 \cdot G_1 - 4.05 \cdot G_2 + 6.53 \cdot G_3 - 439.66 \cdot G_4 + 51.26 \cdot G_5 + 2.95 \cdot G_6 - 14516.13 \cdot G_7 + 148.18 \cdot G_8 - 5.99 \cdot G_9 \quad (5.3)$$

Eş. 5.3’e benzer şekilde tüm bağımlı değişkenler için Çizelge 5.4’de sıralanan katsayılarla regresyon denklemleri oluşturulmuş; bu denklemlerde test setini oluşturan veriler yerine konularak, regresyon analizine ait tahmin değerleri hesap edilmiştir.

ÇDR analizi sonucunda elde edilen tahmin değerleri, beklenen değer ile tahmin edilen değer arasındaki fark, test hatası ve ÇDR modelinin ortalama hatası Çizelge 5.5’de görülmektedir. Buna göre, kaynak ihtiyacı tahmini ortalama %40,90 hata ile gerçekleştirilmiştir. ÇDR analizine ait ayrıntılı sonuçlar EK-3’de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Regresyon analizi sonuçları

		Beton	Kalıp	Demir	Beton Ustası	Kalıp Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer
Beklenen	Test	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃	Ç ₄	Ç ₅	Ç ₆	Ç ₇	Ç ₈
	1	1.917,3300	270,2821	281,6473	2.124,0776	12.518,0636	7.227,8700	52.477,8633	0,0037
	2	1.915,5700	245,5400	267,5400	2.122,1278	12.345,0000	7.300,3200	52.554,2100	0,0037
	3	2.427,7900	331,9151	294,3952	2.689,5810	15.280,9632	7.513,4150	66.138,6324	0,0047
	4	2.413,0500	330,5900	290,0400	2.673,2516	15.225,0000	7.497,3800	66.110,0500	0,0047
	5	527,5690	59,5849	46,4255	584,4573	544,9575	1.150,0850	14.748,3534	0,0010
	6	541,1000	61,0400	49,4000	599,4474	553,7800	1.167,0200	14.780,5000	0,0011
Tahmin	Test	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃	Ç ₄	Ç ₅	Ç ₆	Ç ₇	Ç ₈
	1	2.104,3409	222,8198	232,6376	2.331,2454	12.688,8259	5.974,4279	87.305,4796	0,0036
	2	2.101,5677	215,2322	229,3524	2.328,1729	12.706,4432	5.914,2368	87.540,1976	0,0036
	3	2.204,2929	432,2246	293,4319	2.441,9741	16.361,9016	7.423,6904	81.140,8831	0,0028
	4	2.210,5495	441,6168	293,0035	2.448,9050	16.424,2300	7.428,2406	81.393,2602	0,0028
	5	580,3782	-98,8002	55,1763	642,9544	-1.137,0635	1.479,5750	18.710,1576	0,0006
	6	579,9269	-109,5628	55,2767	642,4545	-1.227,0021	1.481,1928	18.310,4495	0,0006
Mutlak Fark (Tahmin-Beklenen)	Test	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃	Ç ₄	Ç ₅	Ç ₆	Ç ₇	Ç ₈
	1	187,0109	47,4623	49,0097	207,1678	170,7624	1.253,4421	34.827,6162	0,0001
	2	185,9977	30,3078	38,1876	206,0450	361,4432	1.386,0832	34.985,9876	0,0001
	3	223,4971	100,3095	0,9633	247,6069	1.080,9384	89,7246	15.002,2506	0,0019
	4	202,5005	111,0268	2,9635	224,3466	1.199,2300	69,1394	15.283,2102	0,0019
	5	52,8092	158,3850	8,7508	58,4972	1.682,0210	329,4900	3.961,8042	0,0005
	6	38,8269	170,6028	5,8767	43,0071	1.780,7821	314,1728	3.529,9495	0,0005
Hata %	Test	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃	Ç ₄	Ç ₅	Ç ₆	Ç ₇	Ç ₈
	1	9,75	17,56	17,40	9,75	1,36	17,34	66,37	3,90
	2	9,71	12,34	14,27	9,71	2,93	18,99	66,57	3,86
	3	9,21	30,22	0,33	9,21	7,07	1,19	22,68	40,88
	4	8,39	33,58	1,02	8,39	7,88	0,92	23,12	40,54
	5	10,01	265,81	18,85	10,01	308,65	28,65	26,86	44,05
	6	7,18	279,49	11,90	7,17	321,57	26,92	23,88	45,57
Test Ortalaması	9,04	106,50	10,63	9,04	108,24	15,67	38,25	29,80	
Model ortalaması	40,90								

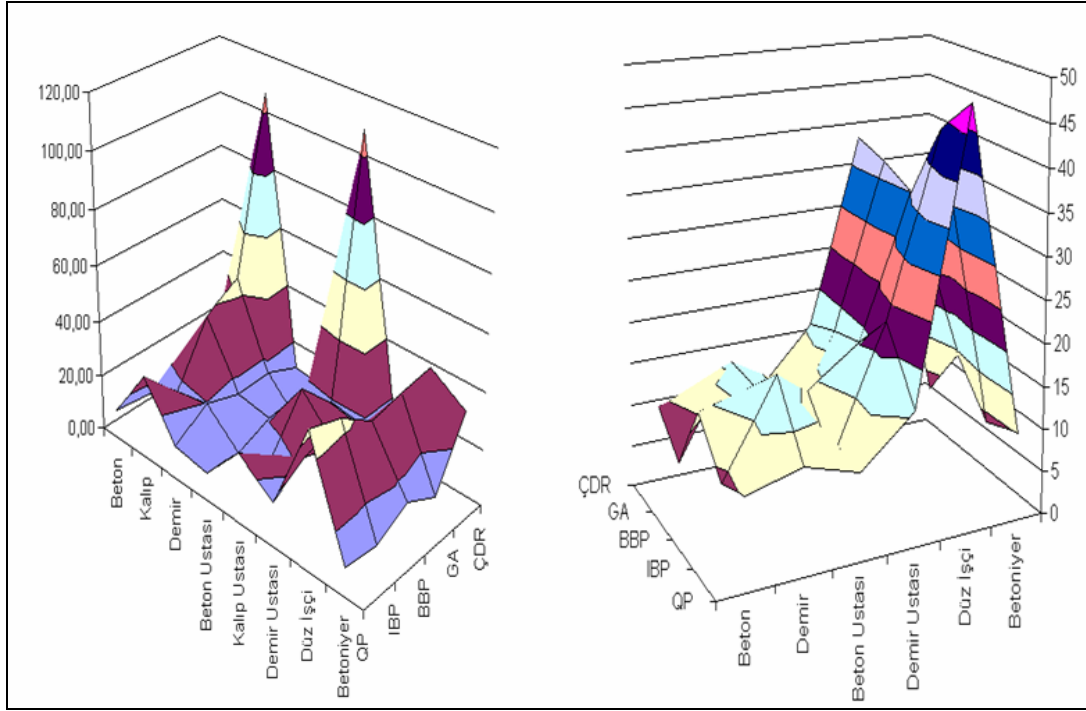
5.5. Analizde Kullanılan Modellerin Karşılaştırılması

Çizelge 5.6, bu çalışmada kullanılan tahmin modellerinin hata yüzdelerini göstermektedir.

Çizelge 5.6. Model karşılaştırması

Model	Beton	Kalıp	Demir	Beton Ustası	Kalıp Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer	Model Ortalaması
	Ç ₁	Ç ₂	Ç ₃	Ç ₄	Ç ₅	Ç ₆	Ç ₇	Ç ₈	
Hata Yüzdeleri									
QP	15,11	19,54	23,70	14,09	38,74	24,91	88,36	14,21	20,26
	14,53	15,18	16,27	13,72	38,37	22,26	88,43	13,88	
	10,43	77,52	1,04	9,70	34,95	1,46	38,52	10,00	
	7,60	52,89	1,45	6,69	29,10	1,17	43,44	7,01	
	8,96	6,02	19,33	9,55	4,03	23,01	15,99	9,56	
	6,40	8,26	11,59	7,03	5,56	20,61	15,34	7,05	
<i>Test ort.</i>	<i>10,51</i>	<i>29,90</i>	<i>12,23</i>	<i>10,13</i>	<i>25,13</i>	<i>15,57</i>	<i>48,35</i>	<i>10,29</i>	
IBP	3,37	5,62	22,67	2,88	31,24	24,02	75,56	2,88	18,08
	4,92	9,12	16,64	4,84	31,84	22,98	78,15	4,71	
	3,50	22,69	14,32	3,48	11,30	13,24	30,99	3,19	
	1,61	50,02	18,77	1,84	5,13	15,94	37,33	2,32	
	20,94	5,81	26,07	21,28	4,03	32,33	21,56	21,07	
	18,17	8,07	18,75	18,52	5,56	30,70	19,69	18,30	
<i>Test ort.</i>	<i>8,75</i>	<i>16,89</i>	<i>19,54</i>	<i>8,81</i>	<i>14,85</i>	<i>23,20</i>	<i>43,88</i>	<i>8,74</i>	
BBP	12,11	17,31	23,28	11,97	44,37	23,58	58,90	12,55	22,64
	11,80	58,47	13,50	11,67	48,98	18,95	73,95	12,25	
	13,63	74,80	15,21	13,61	46,32	12,53	21,79	13,59	
	7,61	62,61	15,97	7,55	42,82	12,73	27,24	7,66	
	19,82	6,02	16,45	19,27	4,03	21,55	13,83	20,52	
	18,86	8,26	9,87	18,33	5,56	20,50	14,74	19,64	
<i>Test ort.</i>	<i>13,97</i>	<i>37,91</i>	<i>15,71</i>	<i>13,73</i>	<i>32,01</i>	<i>18,31</i>	<i>35,08</i>	<i>14,37</i>	
GA	0,98	73,29	28,55	0,71	25,13	29,80	55,93	2,61	18,86
	5,31	35,12	17,45	6,72	28,69	23,55	65,90	8,41	
	7,26	10,81	12,27	6,64	0,20	7,91	26,64	4,51	
	5,08	2,81	14,75	3,97	2,75	8,91	28,86	1,76	
	8,57	74,97	6,52	4,83	33,67	19,65	23,68	16,27	
	3,83	74,32	15,99	0,04	23,48	13,73	21,02	11,62	
<i>Test ort.</i>	<i>5,17</i>	<i>45,22</i>	<i>15,92</i>	<i>3,82</i>	<i>18,99</i>	<i>17,26</i>	<i>37,00</i>	<i>7,53</i>	
ÇDR	9,75	17,56	17,40	9,75	1,36	17,34	66,37	3,90	40,90
	9,71	12,34	14,27	9,71	2,93	18,99	66,57	3,86	
	9,21	30,22	0,33	9,21	7,07	1,19	22,68	40,88	
	8,39	33,58	1,02	8,39	7,88	0,92	23,12	40,54	
	10,01	265,81	18,85	10,01	308,65	28,65	26,86	44,05	
	7,18	279,49	11,90	7,17	321,57	26,92	23,88	45,57	
<i>Test ort.</i>	<i>9,04</i>	<i>106,50</i>	<i>10,63</i>	<i>9,04</i>	<i>108,24</i>	<i>15,67</i>	<i>38,25</i>	<i>29,80</i>	

Elde edilen sonuçlara göre, 4 adet YSA algoritması sırasıyla %20,26, %18,08, %22,64 ve %18,86 hata oranı ile tahmin gerçekleştirirken; ÇDR analizinde bu oran %40,90 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.21. Test ortalama hataları

6 adet projeye ait veriden oluşan test serisinin ortalama hatalarına bakıldığında (Şekil 5.21), YSA algoritmalarının benzer sonuçları ürettikleri gözlenmiştir. Diğer yandan ÇDR analizinde üretilen sonuçlar YSA algoritmalarından genel olarak farklı olmamakla birlikte, kalıp ve kalıp ustası kaynaklarına ait tahminde hata oranı oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Bu durum, veri üzerinde gerekli düzeltmelerin yapılmasından sonra, ÇDR analizi ile elde edilecek sonuçların YSA yaklaşımlarıyla elde edilenlere yakın olacağını işaret etmektedir.

Yukarıda özetlenen sonuçlara göre, seçilen örneklem için, YSA yaklaşımı tahmin performansı ÇDR analizine oranla daha tatmin edici bulunmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir inşaat projesinin erken tasarım aşamasında maliyet, süre ve kalite açısından analizinin yapılması, planlamada karşılaşılan en önemli problemdir. Yatırım kararının alınacağı, yatırım için gerekli kaynak miktarının ve sonunda proje maliyetinin belirleneceği bu aşamada, tahmincinin elinde detay seviyesi yüksek çizimler bulunmamaktadır. Yararlanılacak yegane bilgi, önceki projelerdeki tecrübelerle elde edilen verilerdir. İnşaat sektörünün içinde bulunduğu yoğun rekabet ortamı düşünüldüğünde, planlama işiyle uğraşan teknik elemanın çözüm için kullanabileceği, hızlı ve verimli birtakım yöntemlere ihtiyaç bulunduğu görülmektedir.

Problemin çözümü için seçilen yöntem ne olursa olsun, bu yöntemin kullanılmasından sonra yapılacak değerlendirmeler için, insan faktörü ve onun deneyimi ön plana çıkmaktadır. Deneyimin aktarılması çok güç ve bunun maliyeti de çok yüksektir.

Bu çalışmada, inşaat projelerine ait kaynak ihtiyacının belirlenmesi için yapay sinir ağı yaklaşımının kullanılması amaçlanmıştır. Toplu Konut İdaresi Başkanlığı ve Türkkonut tarafından üretilen 62 adet konut tipi inşaat projesinin ele alındığı analizde, daha önce uygulaması yapılmış proje bilgileri kullanılarak, yapay sinir ağlarının öğrenme ve genelleme yeteneklerinden yararlanılmıştır.

Yapay sinir ağı modelinde dört farklı algoritma kullanılmış; ağın her bir algoritma ile tahmin performansı üzerinde değerlendirme yapabilmek için, çoklu doğrusal regresyon analizine başvurulmuştur. Yapılan karşılaştırmada, her yöntem için "tahminin ortalama hatası" dikkate alınmıştır. Kullanılan algoritmaya bağlı olarak, yapay sinir ağı modelinin en düşük %18,08, en yüksek %22,64 hata ile tahmin gerçekleştirdiği; çoklu doğrusal regresyon analizinde bu oranın %40,90 olarak gerçekleştiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre yapay sinir ağı yaklaşımında kullanılan tüm modellerin çoklu regresyon

analizine göre daha performanslı tahminler gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Gerek yapay sinir ağı yaklaşımında gerekse çoklu doğrusal regresyon analizinde kullanılan verinin hazırlanma süreci aynıdır. Her iki yaklaşımda da veri setinin oluşturulması için çok fazla zaman harcanması gerektiğinden, bu durum bir dezavantaj olarak belirlenmiş, dolayısıyla çalışmada “analiz için harcanan zaman” önem kazanmıştır. Yapay sinir ağı yaklaşımında girdi ve çıktı parametreleri bir defada ağa gösterilebilmekte ve ağın bu parametreler arasındaki ilişkiyi öğrenmesi beklenilmektedir. Ancak çoklu doğrusal regresyon analizinde her bir çıktı parametresinin girdi seti ile ilişkisi ayrı ayrı belirlenmek zorundadır. Kullanılan yöntemlere bu açıdan bakıldığında, çoklu doğrusal regresyon analizinin sonunda yapılan testler ve sonuç değerlendirmesi için harcanan zamanın çok daha fazla olduğu görülmüştür.

Yapay sinir ağı modellerinin kullanılması sırasında donanım bağımlı olunması, uygun ağ yapısının deneme yanılma yolu ile belirlenmesi, ağ parametrelerinin belirlenmesinde belirli bir kural olmayışı gibi bazı önemli olumsuzlukların sürekli olarak çalışmayı yavaşlattığı belirlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda, inşaat projelerinin erken tasarım aşamasında, projenin ihtiyaç duyacağı kaynak miktarının belirlenmesi için yapay sinir ağı yaklaşımının hızlı ve verimli bir yöntem olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Ancak bu yaklaşımın kullanılabilmesi için geçmiş proje bilgilerine ihtiyaç duyulduğundan, bilgilerin doğru ve sağlıklı olarak arşivlenmesi sorunu ön plana çıkmaktadır. Ülkemiz inşaat sektöründe kamunun ve özel girişimin bu tür uygulamalar için henüz yeterli arşiv çalışmaları bulunmadığı ya da geçmiş bilgilerden yararlanma düşüncesinin yerleşmediği dikkate alındığında, ileriki çalışmalar için de en büyük sorunun nitelikli bilgiye ulaşmak olacağı söylenebilir.

Nitelik açısından analize uygun bilgiye ulaşıldığı durumda, başta yapım aşamasında günlük kaynak ihtiyacı tahmini/kaynak programlaması

problemleri olmak üzere, inşaat projelerinin ilerlemesi sırasındaki her aşamada, karşılaşılan problemlerin çözümü için yapay sinir ağı yaklaşımı kullanılabilir. Özellikle çok sayıda inşaat projesinin kaynak programını yapmak zorunda olan planlamacıların, geçmiş bilgilerden yararlanarak, oldukça hızlı ve doğruya yakın sonuçlar alabilecekleri görülmektedir.

Ülkemiz inşaat sektörünün içinde bulunduğu yoğun rekabet ortamı ve belirsiz ekonomik koşullar, gerek yatırımcı gerekse yüklenici açısından planlı hareket etme gerçeğini öne çıkardığından, bu çalışmada ele alınan yapay sinir ağı yaklaşımı etkin bir planlama aracı olarak, kullanılabilir alternatifler arasında yerini almaktadır.

KAYNAKLAR

1. Yıldız, S., "Proje yönetiminde kaynak dengelemesi ve kazanılmış değer analizi: inşaat sektöründe bir uygulama", Yüksek Lisans Tezi, **Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Ankara, 7-20 (2001).
2. Sivri, G., "İnşaat projelerinde ilerlemenin izlenmesi, kontrolü ve proje bilgi yönetim sisteminin uygulanması", **İ.T.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İstanbul, 1-48 (2001).
3. Kutlu, N.T. "Proje planlama teknikleri ve pert tekniğinin inşaat sektöründe uygulanması üzerine bir çalışma", **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 3 (2): 164-207 (2001).
4. Duncan, W.,R., "A Guide To The Project Management Body Of Knowledge", **Project Management Institute**, USA, 3-27 (1996).
5. Kuruoğlu M., "İnşaat Sektöründe Bilgisayar Destekli Planlama Metot ve Örnekleri", **Çağlayan Kitabevi**, İstanbul, 1-9 (2001).
6. Banar, S., "İnşaat yatırımlarında sınırlı kaynak kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, **Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, 9-22 (1987).
7. Keskinel, F., "Şebeke Bazlı Bilgisayar Destekli Proje Yönetimi", **Birsan Yayınevi**, İstanbul, 97-153 (2000).
8. Sarıcı, Ö., "Yapım yönetiminde kaynak planlama yaklaşımları ve kompüter destekli çoklu proje programlama", Yüksek Lisans Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 12-37, (1994).
9. Kanıt, R., "Kaynakların kısıtlı olduğu koşullarda bir inşaat projesinin sezgisel yöntemle planlanması", **Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi**, 6 (3): 585-596 (2003).
10. Efe, M.Ö., Kaynak, O., "Yapay Sinir Ağları Ve Uygulamaları", **Boğaziçi Üniversitesi**, İstanbul, 6-7 (2000).
11. Öztemel, E., "Yapay Sinir Ağları", **Papatya Yayıncılık**, İstanbul, 13-57 (2003).
12. Elmas, Ç., "Yapay Sinir Ağları", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 21-65 (2003).
13. Şen, Z., "Yapay Sinir Ağı İlkeleri", **Su Vakfı**, İstanbul, 19-38 (2004).
14. Memmedov, M., Eryılmaz, H., "Yapay sinir ağları ile bazı istatistiksel modeller arasındaki ilişki", **International XII. Turkish Symposium On Artificial Intelligence And Neural Networks**, TAINN, 97-104 (2003).
15. Adeli H., Karim A., "Construction Scheduling, Cost Optimization And Management", **Spon Pres**, London, 7-12 (2001).

16. Kartam, N., Tongthong, T., "An artificial neural network for resource leveling problems", **Artificial Intelligence For Engineering Design, Analysis And Manufacturing**, 12: 273–287 (1998).
17. Günaydın H., M., Doğan Z.,S., "A neural network approach for early cost estimation of structural systems of buildings", **International Journal Of Project Management**, 22: 595–602 (2004).
18. Kim, G.,H., An, S-H., Kang, K-I., "Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning", **Building And Environment**, 39: 1235-1242 (2004).
19. Chua, D.,K.,H., Kog, Y.,C., Jaselskis, E.,J., "Model for construction budget performance-neural network approach", **Journal Of Construction Engineering And Management**, Asce, 123 (3): 214-222, (1997).
20. Seydel, J., "Evaluating and comparing bidding optimization effectiveness", **Journal Of Construction Engineering And Management**, ASCE, 129 (3): 285-292 (2003).
21. Wanous, M., Boussabaine, H.,A., Lewis, J., "A neural network bid/no bid model: the case for contractors in Syria", **Construction Management And Economics**, 21: 737–744 (2003).
22. Albino, V., Garavelli, C., "A neural network application to subcontractor rating in construction firms", **International Journal Of Project Management**, 16 (1): 9-14 (1998).
23. Kog, Y.,C., Chua, D.,K.,H., Loh, P.,K., Jaselskis, E.,J., "Key determinants for construction schedule performance", **International Journal Of Project Management**, 17 (6): 351-359 (1999).
24. Elazouni, A.,M., Nosair, I.,A., Mohieldin Y.,A., Mohamed A., "Estimating resource requirements at conceptual design stage using neural networks", **Journal Of Computing In Civil Engineering**, 11 (4): 217-223 (1997).
25. Ulusoy, G., "Proje planlamada kaynak kısıtlı çizelgeleme", Yöneylem Araştırması, Erkip, N., Köksalan, M., **ODTÜ Basım İşliği**, Ankara, 89-127 (2002).
26. Akgül, A., Çevik, O., "İstatistiksel Analiz Teknikleri-SPSS'te İşletme Yönetimi Uygulamaları", **Emek Ofset**, Ankara, 328-355 (2003).
27. Ünver, Ö. ve Gamgam, H., "Uygulamalı İstatistik Yöntemler", **Siyasal Kitabevi**, Ankara, 317-349 (1999).
28. Özdamar, K., "Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi", **Kaan Kitabevi**, Ankara, 541-547 (2004).

EKLER

EK-1 Analiz için kullanılan veri seti

Sıra No	Şantiye	Son kat tavan yüksekliği (m)	Kat sayısı (ad)	Bir kattaki daire sayısı (ad)	Toplam daire sayısı (ad)	Tip kat alanı (m2)	Kat yüksekliği (m)	Boşluk/cephe alanı	Ort. daire alanı (m2)	Malzeme			İşçilik			Makine	
										M3	m2	ton		sa	sa	sa	sa
										Beton	Kalıp	Demir	Beton Ustası	Kalıp Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	
ÖĞRENME SETİ																	
1	1	33,30	11	4	44	574,52	2,80	0,307341	143,63	2.758,07	2.185,73	350,26	3.055,48	25.835,73	8.963,70	99.738,90	0,005
2	1	33,20	11	4	44	568,20	2,80	0,317850	142,05	2.700,98	2.204,30	349,76	2.992,23	25.400,65	8.900,78	99.658,67	0,005
3	1	36,40	13	4	50	572,31	2,80	0,362326	143,08	2.958,90	1.184,85	364,06	3.277,96	26.612,60	8.623,45	99.869,45	0,006
4	1	36,20	13	4	50	569,90	2,80	0,357537	142,48	2.890,34	1.200,23	365,65	3.202,01	26.699,43	8.650,12	99.880,80	0,006
7	1	36,40	13	4	50	576,42	2,80	0,355039	144,11	3.062,29	2.167,78	397,87	3.392,50	25.408,22	10.199,87	99.101,78	0,006
8	1	36,20	13	4	50	568,30	2,80	0,361655	142,08	3.045,21	2.200,48	392,69	3.373,58	25.334,70	10.201,79	99.120,83	0,006
9	1	30,70	11	4	42	571,93	2,80	0,318538	142,98	2.782,67	399,14	352,42	3.082,73	19.349,91	8.969,65	99.876,67	0,005
10	1	30,60	11	4	42	560,00	2,80	0,302279	140,00	2.812,09	387,67	367,08	3.115,32	19.554,60	8.940,00	99.456,12	0,005
11	1	36,40	11	4	50	496,68	2,80	0,327296	124,17	3.033,89	371,04	328,26	3.361,04	20.512,90	8.488,05	99.145,90	0,006
12	1	36,40	11	4	50	513,00	2,80	0,324753	128,25	3.000,90	367,45	340,35	3.324,49	22.223,33	8.523,19	99.184,44	0,006
13	1	25,20	13	4	36	566,79	2,80	0,328846	141,70	2.753,29	333,95	373,22	3.050,18	14.464,62	9.483,72	98.988,69	0,005
14	1	25,10	13	4	36	562,00	2,80	0,328692	140,50	2.378,88	312,55	388,10	2.635,40	14.834,00	9.290,99	98.670,90	0,005
15	1	36,40	13	2	26	260,29	2,80	0,142767	130,15	1.856,72	261,88	219,02	2.056,93	13.566,36	5.637,72	95.546,06	0,004
16	1	36,20	13	2	26	558,70	2,80	0,303835	279,35	1.858,00	262,33	210,40	2.058,35	13.578,90	5.650,89	94.979,00	0,004
17	1	42,00	15	2	30	265,70	2,80	0,181785	132,85	2.171,45	282,50	198,15	2.405,60	16.965,23	5.018,78	78.652,55	0,004
18	1	42,00	15	2	30	263,80	2,80	0,190995	131,90	2.178,80	276,76	196,75	2.413,74	16.958,66	5.002,32	78.579,60	0,004
19	1	33,60	12	2	24	260,00	2,80	0,166519	130,00	1.565,59	171,96	219,39	1.734,40	7.949,79	5.574,97	98.608,73	0,003
20	1	33,50	12	2	24	258,00	2,80	0,166902	129,00	1.570,67	172,50	215,49	1.740,04	7.900,50	5.601,88	98.500,00	0,003

EK-1 (Devam) Analiz için kullanılan veri seti

21	1	42,00	15	2	30	302,47	2,80	0,181281	151,24	2.047,53	302,68	253,25	2.268,31	16.569,70	6.485,66	99.591,89	0,004
22	1	42,00	15	2	30	298,00	2,80	0,181133	149,00	2.033,91	300,92	255,77	2.253,23	16.589,00	6.490,75	99.603,50	0,004
23	1	30,80	11	2	22	294,44	2,80	0,177179	147,22	2.515,55	253,27	284,06	2.786,81	13.139,42	7.413,77	83.033,57	0,005
24	1	30,60	11	2	22	287,70	2,80	0,183614	143,85	2.503,40	245,12	276,52	2.773,34	13.020,10	7.390,23	82.988,20	0,005
25	1	36,40	13	2	26	210,60	2,80	0,152871	105,30	1.486,08	200,39	163,11	1.646,33	9.510,00	4.160,23	44.512,92	0,003
26	1	36,20	13	2	26	209,50	2,80	0,152392	104,75	1.451,50	198,70	157,90	1.608,02	9.486,60	4.106,01	44.490,00	0,003
27	1	36,40	12	4	48	574,19	2,80	0,156257	143,55	2.953,55	465,92	335,91	3.272,04	23.662,95	8.596,62	88.804,18	0,006
28	1	36,60	12	4	48	579,00	2,80	0,155337	144,75	2.967,00	478,84	345,03	3.286,93	23.690,09	8.670,32	88.905,00	0,006
29	1	32,20	12	3	35	383,27	2,80	0,203130	127,76	2.127,67	306,34	301,02	2.357,10	14.965,66	7.725,17	68.634,74	0,004
30	1	32,20	12	3	35	377,00	2,80	0,218129	125,67	2.203,05	308,43	303,04	2.440,61	14.980,67	7.738,01	69.003,80	0,004
33	1	36,40	13	3	39	396,52	2,80	0,190380	132,17	2.670,36	376,27	355,73	2.958,30	17.807,95	8.921,23	99.636,50	0,005
34	1	36,40	13	3	39	384,00	2,80	0,192593	128,00	2.680,73	381,02	364,00	2.969,80	17.880,51	8.960,44	99.600,47	0,005
35	1	33,60	12	3	36	412,37	2,80	0,185007	137,46	2.527,84	305,80	336,18	2.800,42	13.977,81	8.424,91	85.734,23	0,005
36	1	33,50	12	3	36	387,00	2,80	0,188762	129,00	2.523,66	304,90	335,57	2.795,79	13.968,88	8.399,03	85.710,81	0,005
37	2	25,85	12	4	36	463,10	2,80	0,201266	115,78	1.504,14	147,79	151,22	1.666,33	882,31	3.744,98	38.832,96	0,003
38	2	25,85	12	4	36	472,00	2,80	0,194789	118,00	1.550,71	149,74	161,06	1.717,92	891,08	3.760,59	38.842,80	0,003
39	2	32,98	12	4	48	600,60	2,79	0,158735	150,15	2.473,99	227,26	248,20	2.740,76	1.044,80	6.149,20	61.151,26	0,005
40	2	33,02	12	4	48	612,00	2,79	0,156307	153,00	2.469,65	220,30	239,09	2.735,95	1.012,41	6.101,04	61.136,50	0,005
41	2	16,74	6	2	18	337,80	2,79	0,134684	168,90	734,34	75,76	64,62	813,52	544,96	1.600,86	20.138,92	0,001
42	2	16,62	6	2	18	348,00	2,79	0,133383	174,00	744,65	77,81	68,54	824,95	568,79	1.640,49	20.160,03	0,001
43	2	11,52	4	2	8	219,30	2,80	0,186574	109,65	754,32	85,27	74,24	835,66	866,40	1.839,10	22.206,56	0,001
44	2	11,32	4	2	8	215,00	2,79	0,166667	107,50	750,09	79,00	68,94	830,97	859,07	1.822,41	22.170,08	0,001
45	2	11,16	4	4	16	394,51	2,79	0,187647	98,63	657,73	75,16	50,65	728,66	750,66	1.254,65	18.349,48	0,001
46	2	11,23	4	4	16	432,00	2,79	0,192825	108,00	660,01	79,42	54,30	731,18	768,10	1.269,07	18.363,00	0,001
47	2	11,16	4	2	8	180,96	2,79	0,372009	90,48	615,38	76,82	60,57	681,74	866,40	1.500,40	20.765,51	0,001

EK-1 (Devam) Analiz için kullanılan veri seti

48	2	11,32	4	2	8	192,00	2,79	0,377939	96,00	621,25	78,27	64,19	688,24	871,06	1.538,81	20.780,02	0,001
49	2	11,16	4	4	16	590,72	2,79	0,162429	147,68	937,10	91,96	79,36	1.038,14	770,18	2.441,87	21.827,13	0,002
50	2	11,32	4	4	16	594,00	2,79	0,162956	148,50	917,26	89,09	72,06	1.016,17	768,90	2.412,08	21.804,00	0,002
51	2	11,16	4	4	16	503,04	2,79	0,171491	125,76	937,10	97,41	79,36	1.038,14	770,18	2.441,87	22.107,49	0,002
52	2	11,16	4	4	16	512,00	2,79	0,172053	128,00	910,40	90,04	70,44	1.008,57	761,30	2.398,08	22.052,54	0,002
53	2	16,74	6	4	24	546,12	2,79	0,235165	136,53	1.352,05	139,95	137,78	1.497,84	1.044,80	3.413,68	33.794,82	0,003
54	2	16,74	6	4	24	548,00	2,79	0,240834	137,00	1.390,81	153,86	147,07	1.540,78	1.102,20	3.479,90	33.801,08	0,003
57	2	36,57	13	4	52	546,10	2,79	0,185226	136,53	3.237,51	277,22	356,13	3.586,61	1.404,80	8.822,22	78.152,19	0,006
58	2	36,57	13	4	52	541,00	2,79	0,185872	135,25	3.150,90	249,76	350,04	3.490,66	1.385,01	8.803,30	78.104,70	0,006
59	2	11,16	4	2	8	328,44	2,79	0,162168	164,22	565,72	62,46	55,68	626,72	544,96	1.379,32	15.355,84	0,001
60	2	11,16	4	2	8	332,00	2,79	0,166870	166,00	580,37	67,83	59,32	642,95	559,50	1.401,42	15.370,00	0,001
61	2	11,16	4	2	8	196,73	2,79	0,143322	98,36	565,72	62,46	55,68	626,72	544,96	1.379,32	15.355,84	0,001
62	2	11,60	4	2	8	199,30	2,79	0,149671	99,65	530,32	56,09	50,23	587,50	523,27	1.355,48	15.223,00	0,001
TEST SETİ																	
5	1	42,00	15	2	30	258,44	2,80	0,175828	129,22	1.917,33	270,28	281,65	2.124,08	12.518,06	7.227,87	52.477,86	0,004
6	1	42,30	15	2	30	267,30	2,80	0,169585	133,70	1.915,57	245,54	267,54	2.122,13	12.345,00	7.300,32	52.554,21	0,004
31	1	29,40	11	3	32	415,62	2,80	0,195360	138,54	2.427,79	331,92	294,40	2.689,58	15.280,96	7.513,42	66.138,63	0,005
32	1	29,50	11	3	32	423,00	2,80	0,192439	141,00	2.413,05	330,59	290,04	2.673,25	15.225,00	7.497,38	66.110,05	0,005
55	2	11,16	4	2	8	316,54	2,79	0,161874	158,27	527,57	59,58	46,43	584,46	544,96	1.150,09	14.748,35	0,001
56	2	11,16	4	2	8	312,00	2,79	0,157682	156,00	541,10	61,04	49,40	599,45	553,78	1.167,02	14.780,50	0,001

EK-2 Ölçeklendirilmiş örnek seti

Sıra No	Şantiye	Son kat tavan yüksekliği (m)	Kat sayısı (ad)	Bir kattaki daire sayısı (ad)	Toplam daire sayısı (ad)	Tip kat alanı (m2)	Kat yüksekliği (m)	Boşluk/cephe alanı	Ort. daire alanı (m2)	Malzeme			İşçilik			Makine	
										m3	m2	ton		sa	sa	sa	sa
										Beton	Kalip	Demir	Beton Ustası	Kalip Ustası	Demir Ustası	Düz İşçi	Betoniyer
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	
ÖĞRENME SETİ																	
1	0,00001	0,00033	0,00011	0,00004	0,00044	0,00575	0,000028	0,30734	0,00144	0,02758	0,02186	0,00350	0,03055	0,25836	0,08964	0,99739	0,00538
2	0,00001	0,00033	0,00011	0,00004	0,00044	0,00568	0,000028	0,31785	0,00142	0,02701	0,02204	0,00350	0,02992	0,25401	0,08901	0,99659	0,00527
3	0,00001	0,00036	0,00013	0,00004	0,00050	0,00572	0,000028	0,36233	0,00143	0,02959	0,01185	0,00364	0,03278	0,26613	0,08623	0,99869	0,00577
4	0,00001	0,00036	0,00013	0,00004	0,00050	0,00570	0,000028	0,35754	0,00142	0,02890	0,01200	0,00366	0,03202	0,26699	0,08650	0,99881	0,00564
7	0,00001	0,00036	0,00013	0,00004	0,00050	0,00576	0,000028	0,35504	0,00144	0,03062	0,02168	0,00398	0,03392	0,25408	0,10200	0,99102	0,00597
8	0,00001	0,00036	0,00013	0,00004	0,00050	0,00568	0,000028	0,36166	0,00142	0,03045	0,02200	0,00393	0,03374	0,25335	0,10202	0,99121	0,00594
9	0,00001	0,00031	0,00011	0,00004	0,00042	0,00572	0,000028	0,31854	0,00143	0,02783	0,00399	0,00352	0,03083	0,19350	0,08970	0,99877	0,00543
10	0,00001	0,00031	0,00011	0,00004	0,00042	0,00560	0,000028	0,30228	0,00140	0,02812	0,00388	0,00367	0,03115	0,19555	0,08940	0,99456	0,00548
11	0,00001	0,00036	0,00011	0,00004	0,00050	0,00497	0,000028	0,32730	0,00124	0,03034	0,00371	0,00328	0,03361	0,20513	0,08488	0,99146	0,00592
12	0,00001	0,00036	0,00011	0,00004	0,00050	0,00513	0,000028	0,32475	0,00128	0,03001	0,00367	0,00340	0,03324	0,22223	0,08523	0,99184	0,00585
13	0,00001	0,00025	0,00013	0,00004	0,00036	0,00567	0,000028	0,32885	0,00142	0,02753	0,00334	0,00373	0,03050	0,14465	0,09484	0,98989	0,00537
14	0,00001	0,00025	0,00013	0,00004	0,00036	0,00562	0,000028	0,32869	0,00141	0,02379	0,00313	0,00388	0,02635	0,14834	0,09291	0,98671	0,00464
15	0,00001	0,00036	0,00013	0,00002	0,00026	0,00260	0,000028	0,14277	0,00130	0,01857	0,00262	0,00219	0,02057	0,13566	0,05638	0,95546	0,00362
16	0,00001	0,00036	0,00013	0,00002	0,00026	0,00559	0,000028	0,30383	0,00279	0,01858	0,00262	0,00210	0,02058	0,13579	0,05651	0,94979	0,00362
17	0,00001	0,00042	0,00015	0,00002	0,00030	0,00266	0,000028	0,18178	0,00133	0,02171	0,00282	0,00198	0,02406	0,16965	0,05019	0,78653	0,00423
18	0,00001	0,00042	0,00015	0,00002	0,00030	0,00264	0,000028	0,19100	0,00132	0,02179	0,00277	0,00197	0,02414	0,16959	0,05002	0,78580	0,00425
19	0,00001	0,00034	0,00012	0,00002	0,00024	0,00260	0,000028	0,16652	0,00130	0,01566	0,00172	0,00219	0,01734	0,07950	0,05575	0,98609	0,00305
20	0,00001	0,00034	0,00012	0,00002	0,00024	0,00258	0,000028	0,16690	0,00129	0,01571	0,00173	0,00215	0,01740	0,07901	0,05602	0,98500	0,00306
21	0,00001	0,00042	0,00015	0,00002	0,00030	0,00302	0,000028	0,18128	0,00151	0,02048	0,00303	0,00253	0,02268	0,16570	0,06486	0,99592	0,00399
22	0,00001	0,00042	0,00015	0,00002	0,00030	0,00298	0,000028	0,18113	0,00149	0,02034	0,00301	0,00256	0,02253	0,16589	0,06491	0,99604	0,00397

EK-2 (Devam) Ölçeklendirilmiş örnek seti

23	0,00001	0,00031	0,00011	0,00002	0,00022	0,00294	0,000028	0,17718	0,00147	0,02516	0,00253	0,00284	0,02787	0,13139	0,07414	0,83034	0,00490
24	0,00001	0,00031	0,00011	0,00002	0,00022	0,00288	0,000028	0,18361	0,00144	0,02503	0,00245	0,00277	0,02773	0,13020	0,07390	0,82988	0,00488
25	0,00001	0,00036	0,00013	0,00002	0,00026	0,00211	0,000028	0,15287	0,00105	0,01486	0,00200	0,00163	0,01646	0,09510	0,04160	0,44513	0,00290
26	0,00001	0,00036	0,00013	0,00002	0,00026	0,00210	0,000028	0,15239	0,00105	0,01452	0,00199	0,00158	0,01608	0,09487	0,04106	0,44490	0,00283
27	0,00001	0,00036	0,00012	0,00004	0,00048	0,00574	0,000028	0,15626	0,00144	0,02954	0,00466	0,00336	0,03272	0,23663	0,08597	0,88804	0,00576
28	0,00001	0,00037	0,00012	0,00004	0,00048	0,00579	0,000028	0,15534	0,00145	0,02967	0,00479	0,00345	0,03287	0,23690	0,08670	0,88905	0,00579
29	0,00001	0,00032	0,00012	0,00003	0,00035	0,00383	0,000028	0,20313	0,00128	0,02128	0,00306	0,00301	0,02357	0,14966	0,07725	0,68635	0,00415
30	0,00001	0,00032	0,00012	0,00003	0,00035	0,00377	0,000028	0,21813	0,00126	0,02203	0,00308	0,00303	0,02441	0,14981	0,07738	0,69004	0,00430
33	0,00001	0,00036	0,00013	0,00003	0,00039	0,00397	0,000028	0,19038	0,00132	0,02670	0,00376	0,00356	0,02958	0,17808	0,08921	0,99637	0,00521
34	0,00001	0,00036	0,00013	0,00003	0,00039	0,00384	0,000028	0,19259	0,00128	0,02681	0,00381	0,00364	0,02970	0,17881	0,08960	0,99600	0,00523
35	0,00001	0,00034	0,00012	0,00003	0,00036	0,00412	0,000028	0,18501	0,00137	0,02528	0,00306	0,00336	0,02800	0,13978	0,08425	0,85734	0,00493
36	0,00001	0,00034	0,00012	0,00003	0,00036	0,00387	0,000028	0,18876	0,00129	0,02524	0,00305	0,00336	0,02796	0,13969	0,08399	0,85711	0,00492
37	0,00002	0,00026	0,00012	0,00004	0,00036	0,00463	0,000028	0,20127	0,00116	0,01504	0,00148	0,00151	0,01666	0,00882	0,03745	0,38833	0,00293
38	0,00002	0,00026	0,00012	0,00004	0,00036	0,00472	0,000028	0,19479	0,00118	0,01551	0,00150	0,00161	0,01718	0,00891	0,03761	0,38843	0,00302
39	0,00002	0,00033	0,00012	0,00004	0,00048	0,00601	0,000028	0,15874	0,00150	0,02474	0,00227	0,00248	0,02741	0,01045	0,06149	0,61151	0,00482
40	0,00002	0,00033	0,00012	0,00004	0,00048	0,00612	0,000028	0,15631	0,00153	0,02470	0,00220	0,00239	0,02736	0,01012	0,06101	0,61137	0,00482
41	0,00002	0,00017	0,00006	0,00002	0,00018	0,00338	0,000028	0,13468	0,00169	0,00734	0,00076	0,00065	0,00814	0,00545	0,01601	0,20139	0,00143
42	0,00002	0,00017	0,00006	0,00002	0,00018	0,00348	0,000028	0,13338	0,00174	0,00745	0,00078	0,00069	0,00825	0,00569	0,01640	0,20160	0,00145
43	0,00002	0,00012	0,00004	0,00002	0,00008	0,00219	0,000028	0,18657	0,00110	0,00754	0,00085	0,00074	0,00836	0,00866	0,01839	0,22207	0,00147
44	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00215	0,000028	0,16667	0,00108	0,00750	0,00079	0,00069	0,00831	0,00859	0,01822	0,22170	0,00146
45	0,00002	0,00011	0,00004	0,00004	0,00016	0,00395	0,000028	0,18765	0,00099	0,00658	0,00075	0,00051	0,00729	0,00751	0,01255	0,18349	0,00128
46	0,00002	0,00011	0,00004	0,00004	0,00016	0,00432	0,000028	0,19283	0,00108	0,00660	0,00079	0,00054	0,00731	0,00768	0,01269	0,18363	0,00129
47	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00181	0,000028	0,37201	0,00090	0,00615	0,00077	0,00061	0,00682	0,00866	0,01500	0,20766	0,00120
48	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00192	0,000028	0,37794	0,00096	0,00621	0,00078	0,00064	0,00688	0,00871	0,01539	0,20780	0,00121
49	0,00002	0,00011	0,00004	0,00004	0,00016	0,00591	0,000028	0,16243	0,00148	0,00937	0,00092	0,00079	0,01038	0,00770	0,02442	0,21827	0,00183
50	0,00002	0,00011	0,00004	0,00004	0,00016	0,00594	0,000028	0,16296	0,00149	0,00917	0,00089	0,00072	0,01016	0,00769	0,02412	0,21804	0,00179
51	0,00002	0,00011	0,00004	0,00004	0,00016	0,00503	0,000028	0,17149	0,00126	0,00937	0,00097	0,00079	0,01038	0,00770	0,02442	0,22107	0,00183

EK-2 (Devam) Ölçeklendirilmiş örnek seti

52	0,00002	0,00011	0,00004	0,00004	0,00016	0,00512	0,000028	0,17205	0,00128	0,00910	0,00090	0,00070	0,01009	0,00761	0,02398	0,22053	0,00178
53	0,00002	0,00017	0,00006	0,00004	0,00024	0,00546	0,000028	0,23516	0,00137	0,01352	0,00140	0,00138	0,01498	0,01045	0,03414	0,33795	0,00264
54	0,00002	0,00017	0,00006	0,00004	0,00024	0,00548	0,000028	0,24083	0,00137	0,01391	0,00154	0,00147	0,01541	0,01102	0,03480	0,33801	0,00271
57	0,00002	0,00037	0,00013	0,00004	0,00052	0,00546	0,000028	0,18523	0,00137	0,03238	0,00277	0,00356	0,03587	0,01405	0,08822	0,78152	0,00631
58	0,00002	0,00037	0,00013	0,00004	0,00052	0,00541	0,000028	0,18587	0,00135	0,03151	0,00250	0,00350	0,03491	0,01385	0,08803	0,78105	0,00614
59	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00328	0,000028	0,16217	0,00164	0,00566	0,00062	0,00056	0,00627	0,00545	0,01379	0,15356	0,00110
60	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00332	0,000028	0,16687	0,00166	0,00580	0,00068	0,00059	0,00643	0,00560	0,01401	0,15370	0,00113
61	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00197	0,000028	0,14332	0,00098	0,00566	0,00062	0,00056	0,00627	0,00545	0,01379	0,15356	0,00110
62	0,00002	0,00012	0,00004	0,00002	0,00008	0,00199	0,000028	0,14967	0,00100	0,00530	0,00056	0,00050	0,00588	0,00523	0,01355	0,15223	0,00103
TEST SETİ																	
5	0,00001	0,00042	0,00015	0,00002	0,00030	0,00258	0,000028	0,17583	0,00129	0,01917	0,00270	0,00282	0,02124	0,12518	0,07228	0,52478	0,00374
6	0,00001	0,00042	0,00015	0,00002	0,00030	0,00267	0,000028	0,16959	0,00134	0,01916	0,00246	0,00268	0,02122	0,12345	0,07300	0,52554	0,00374
31	0,00001	0,00029	0,00011	0,00003	0,00032	0,00416	0,000028	0,19536	0,00139	0,02428	0,00332	0,00294	0,02690	0,15281	0,07513	0,66139	0,00473
32	0,00001	0,00030	0,00011	0,00003	0,00032	0,00423	0,000028	0,19244	0,00141	0,02413	0,00331	0,00290	0,02673	0,15225	0,07497	0,66110	0,00471
55	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00317	0,000028	0,16187	0,00158	0,00528	0,00060	0,00046	0,00584	0,00545	0,01150	0,14748	0,00103
56	0,00002	0,00011	0,00004	0,00002	0,00008	0,00312	0,000028	0,15768	0,00156	0,00541	0,00061	0,00049	0,00599	0,00554	0,01167	0,14781	0,00106

EK-3 ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C1

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	42737,2892	52346,0764	0,8164	0,4185	No	0,1258
G1	-590,3380	206,0952	-2,8644	0,0063	Yes	0,8007
G2	-4,0569	19,1872	-0,2114	0,8335	No	0,0549
G3	6,5398	37,7424	0,1733	0,8632	No	0,0533
G4	-439,6630	293,1309	-1,4999	0,1405	No	0,3119
G5	51,2601	10,9203	4,6940	0,0000	Yes	0,9958
G6	2,9590	2,2616	1,3083	0,1973	No	0,2492
G7	-14516,1373	18700,4529	-0,7762	0,4416	No	0,1184
G8	148,1877	597,7254	0,2479	0,8053	No	0,0568
G9	-5,9928	5,0833	-1,1789	0,2445	No	0,2112

Estimated Model

42737.2892240967-590.338022375189*G1-4.0569451243639*G2+ 6.53983724764411*G3-439.662971290158*G4+ 51.2600729448651*G5+ 2.95896108409035*G6-14516.137317206*G7+ 148.187716055344*G8-5.99275166601585*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		203233362,9780	203233362,9780			
Model	9	0,9307	41539029,9572	4615447,7730	68,6007	0,0000	1,0000
Error	46	0,0693	3094877,1121	67279,9372			
Total(Adjusted)	55	1,0000	44633907,0693	811525,5831			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,3440	9	0,0743	17	-0,1199
2	-0,2538	10	0,2322	18	0,0703
3	-0,1753	11	0,1455	19	0,0696
4	-0,0833	12	-0,0615	20	0,0706
5	-0,1176	13	-0,0353	21	0,0778
6	-0,1305	14	-0,0284	22	0,0493
7	-0,0595	15	-0,1873	23	0,0124
8	0,0268	16	-0,3173	24	-0,0558

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	1,3099	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,4782	0,4782	0,0124	0,4782	0,1514
G2	0,6977	0,2194	0,0001	0,6958	0,0010
G3	0,6983	0,0007	0,0000	0,6594	0,0007
G4	0,8727	0,1744	0,0034	0,2024	0,0466
G5	0,9255	0,0528	0,0332	0,8691	0,3239
G6	0,9268	0,0014	0,0026	0,2841	0,0359
G7	0,9285	0,0017	0,0009	0,3946	0,0129
G8	0,9286	0,0001	0,0001	0,1513	0,0013
G9	0,9307	0,0021	0,0021	0,0484	0,0293

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C2

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	-82001,4712	82268,4425	-0,9968	0,3241	No	0,1642
G1	-37,9382	323,9045	-0,1171	0,9073	No	0,0515
G2	29,9089	30,1552	0,9918	0,3265	No	0,1631
G3	-110,7674	59,3170	-1,8674	0,0682	No	0,4477
G4	-711,3053	460,6920	-1,5440	0,1294	No	0,3273
G5	11,2070	17,1626	0,6530	0,5170	No	0,0980
G6	5,6441	3,5544	1,5879	0,1192	No	0,3429
G7	29750,8395	29390,1137	1,0123	0,3167	No	0,1679
G8	2565,2720	939,4007	2,7308	0,0089	Yes	0,7622
G9	-11,2838	7,9890	-1,4124	0,1646	No	0,2824

Estimated Model

-82001.4712110515-37.9382133335608*G1+ 29.9088577483876*G2-110.767426227149*G3-711.30528150084*G4+ 11.2069589599459*G5+ 5.64409756220467*G6+ 29750.8395069064*G7+ 2565.27204827685*G8-11.283845363429*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		8629057,6554	8629057,6554			
Model	9	0,5355	8813731,5938	979303,5104	5,8930	0,0000	0,9995
Error	46	0,4645	7644369,8328	166181,9529			
Total(Adjusted)	55	1,0000	16458101,4267	299238,2078			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,4704	9	-0,2048	17	0,0864
2	0,0080	10	-0,1011	18	0,1397
3	0,0705	11	-0,0514	19	0,0476
4	0,1543	12	-0,0748	20	-0,0351
5	-0,0529	13	-0,0228	21	0,0039
6	-0,2467	14	0,0698	22	0,0184
7	-0,1716	15	0,0466	23	-0,0517
8	-0,2389	16	0,0354	24	-0,0898

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	0,9007	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,1936	0,1936	0,0001	0,1936	0,0003
G2	0,1990	0,0054	0,0099	0,1563	0,0209
G3	0,2131	0,0141	0,0352	0,1237	0,0705
G4	0,3706	0,1576	0,0241	0,1317	0,0493
G5	0,4304	0,0598	0,0043	0,3026	0,0092
G6	0,4358	0,0054	0,0255	0,1743	0,0520
G7	0,4419	0,0061	0,0103	0,1566	0,0218
G8	0,5154	0,0735	0,0753	0,3212	0,1395
G9	0,5355	0,0201	0,0201	0,0171	0,0416

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C3

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	9684,8356	6994,4613	1,3846	0,1728	No	0,2733
G1	-158,7958	27,5384	-5,7663	0,0000	Yes	0,9999
G2	-9,5990	2,5638	-3,7441	0,0005	Yes	0,9559
G3	13,2823	5,0431	2,6338	0,0115	Yes	0,7319
G4	-65,9713	39,1680	-1,6843	0,0989	No	0,3781
G5	9,0646	1,4592	6,2122	0,0000	Yes	1,0000
G6	0,2974	0,3022	0,9842	0,3302	No	0,1613
G7	-3293,9265	2498,7469	-1,3182	0,1940	No	0,2523
G8	12,2389	79,8678	0,1532	0,8789	No	0,0526
G9	-0,6616	0,6792	-0,9740	0,3351	No	0,1590

Estimated Model

9684.83557539306-158.795773010959*G1-9.59897418658862*G2+ 13.2823383648686*G3-65.9713134850001*G4+ 9.0645862005625*G5+ .297418496317757*G6-3293.92654545203*G7+ 12.2389317391932*G8-.661595848822214*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		2796780,6866	2796780,6866			
Model	9	0,9331	771171,7388	85685,7488	71,3317	0,0000	1,0000
Error	46	0,0669	55256,5396	1201,2291			
Total(Adjusted)	55	1,0000	826428,2784	15025,9687			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,4904	9	0,2119	17	-0,1620
2	0,0224	10	0,2842	18	-0,0165
3	-0,1393	11	0,1381	19	0,0903
4	-0,2308	12	0,0937	20	0,2292
5	-0,2683	13	0,0201	21	0,1976
6	-0,3481	14	-0,1467	22	0,2003
7	-0,1314	15	-0,3059	23	0,0545
8	0,0791	16	-0,4120	24	-0,0437

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	1,0181	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,5713	0,5713	0,0483	0,5713	0,4196
G2	0,6758	0,1044	0,0204	0,6365	0,2336
G3	0,6889	0,0131	0,0101	0,6417	0,1310
G4	0,8465	0,1576	0,0041	0,1702	0,0581
G5	0,9277	0,0812	0,0561	0,7862	0,4562
G6	0,9282	0,0005	0,0014	0,2421	0,0206
G7	0,9317	0,0036	0,0025	0,4712	0,0364
G8	0,9318	0,0000	0,0000	0,2000	0,0005
G9	0,9331	0,0014	0,0014	0,0408	0,0202

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C4

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	47345,8301	57990,5378	0,8164	0,4185	No	0,1258
G1	-653,9999	228,3184	-2,8644	0,0063	Yes	0,8007
G2	-4,4946	21,2562	-0,2114	0,8335	No	0,0549
G3	7,2448	41,8122	0,1733	0,8632	No	0,0533
G4	-487,0673	324,7391	-1,4999	0,1405	No	0,3119
G5	56,7876	12,0978	4,6940	0,0000	Yes	0,9958
G6	3,2780	2,5055	1,3083	0,1973	No	0,2492
G7	-16081,4754	20716,9170	-0,7762	0,4416	No	0,1184
G8	164,1740	662,1780	0,2479	0,8053	No	0,0568
G9	-6,6389	5,6314	-1,1789	0,2445	No	0,2112

Estimated Model

47345.830064181-653.999949032172*G1-4.49459380862021*G2+ 7.24481707051928*G3-487.06733326108*G4+ 56.7876414977913*G5+ 3.27798354393942*G6-16081.4754292533*G7+ 164.174005452641*G8-6.63887335694192*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		249426023,5853	249426023,5853			
Model	9	0,9307	50980477,3088	5664497,4788	68,6009	0,0000	1,0000
Error	46	0,0693	3798301,2944	82571,7673			
Total(Adjusted)	55	1,0000	54778778,6032	995977,7928			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,3440	9	0,0743	17	-0,1199
2	-0,2538	10	0,2322	18	0,0703
3	-0,1753	11	0,1455	19	0,0696
4	-0,0833	12	-0,0615	20	0,0706
5	-0,1176	13	-0,0353	21	0,0779
6	-0,1305	14	-0,0284	22	0,0493
7	-0,0595	15	-0,1873	23	0,0124
8	0,0268	16	-0,3173	24	-0,0558

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	1,3099	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,4782	0,4782	0,0124	0,4782	0,1514
G2	0,6977	0,2194	0,0001	0,6958	0,0010
G3	0,6983	0,0007	0,0000	0,6594	0,0007
G4	0,8727	0,1744	0,0034	0,2024	0,0466
G5	0,9255	0,0528	0,0332	0,8691	0,3239
G6	0,9268	0,0014	0,0026	0,2841	0,0359
G7	0,9285	0,0017	0,0009	0,3946	0,0129
G8	0,9286	0,0001	0,0001	0,1513	0,0013
G9	0,9307	0,0021	0,0021	0,0484	0,0293

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C5

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	-925260,9421	542145,3221	-1,7067	0,0946	No	0,3865
G1	-13371,0276	2134,5162	-6,2642	0,0000	Yes	1,0000
G2	322,5097	198,7212	1,6229	0,1114	No	0,3556
G3	-1672,6017	390,8961	-4,2789	0,0001	Yes	0,9871
G4	-3421,2706	3035,9398	-1,1269	0,2656	No	0,1970
G5	247,8548	113,1009	2,1914	0,0335	Yes	0,5736
G6	25,7106	23,4236	1,0976	0,2781	No	0,1892
G7	342232,2746	193679,5223	1,7670	0,0839	No	0,4092
G8	17502,8213	6190,6083	2,8273	0,0069	Yes	0,7904
G9	-44,1201	52,6472	-0,8380	0,4063	No	0,1300

Estimated Model

-925260.942092553-13371.0275868247*G1+ 322.509707800186*G2-1672.6016641068*G3-3421.27059752239*G4+ 247.854836788808*G5+ 25.7105747103564*G6+ 342232.27456159*G7+ 17502.8212659637*G8-44.1200865264077*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		6059156055,0183	6059156055,0183			
Model	9	0,9311	4487696902,0216	498632989,1135	69,0927	0,0000	1,0000
Error	46	0,0689	331975909,0784	7216867,5887			
Total(Adjusted)	55	1,0000	4819672811,1000	87630414,7473			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,2935	9	-0,0334	17	-0,0472
2	-0,2686	10	0,0759	18	0,0781
3	-0,0547	11	-0,0445	19	-0,0675
4	0,0808	12	-0,1062	20	-0,1315
5	-0,0877	13	0,0488	21	0,0641
6	-0,1778	14	0,2244	22	0,1103
7	-0,0716	15	0,0945	23	-0,0581
8	-0,1339	16	-0,1403	24	-0,0515

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	1,3747	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,7971	0,7971	0,0588	0,7971	0,4603
G2	0,7994	0,0023	0,0039	0,5486	0,0542
G3	0,8148	0,0154	0,0274	0,4694	0,2847
G4	0,8884	0,0736	0,0019	0,0442	0,0269
G5	0,9132	0,0248	0,0072	0,4657	0,0945
G6	0,9140	0,0008	0,0018	0,0903	0,0255
G7	0,9183	0,0042	0,0047	0,6385	0,0636
G8	0,9301	0,0118	0,0120	0,2587	0,1480
G9	0,9311	0,0011	0,0011	0,0384	0,0150

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C6

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	233281,2660	182858,6482	1,2757	0,2084	No	0,2393
G1	-4038,0839	719,9449	-5,6089	0,0000	Yes	0,9998
G2	-198,7573	67,0261	-2,9654	0,0048	Yes	0,8272
G3	267,5855	131,8442	2,0296	0,0482	Yes	0,5109
G4	-1749,8097	1023,9835	-1,7088	0,0942	No	0,3873
G5	201,3572	38,1475	5,2784	0,0000	Yes	0,9993
G6	9,8858	7,9005	1,2513	0,2172	No	0,2320
G7	-79071,2068	65325,6132	-1,2104	0,2323	No	0,2201
G8	-249,2180	2088,0126	-0,1194	0,9055	No	0,0516
G9	-20,0241	17,7572	-1,1277	0,2653	No	0,1972

Estimated Model

233281.266014937-4038.08392193385*G1-198.757291976392*G2+ 267.585457785916*G3-1749.80965217252*G4+ 201.357153984929*G5+ 9.88577788867027*G6-79071.2067594929*G7-249.218016462418*G8-20.0240535211358*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		1796194769,5763	1796194769,5763			
Model	9	0,9259	471764257,4250	52418250,8250	63,8461	0,0000	1,0000
Error	46	0,0741	37766448,7398	821009,7552			
Total(Adjusted)	55	1,0000	509530706,1648	9264194,6575			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,4556	9	0,1446	17	-0,1586
2	-0,0638	10	0,1764	18	-0,0733
3	-0,1389	11	0,1293	19	0,0589
4	-0,1883	12	0,1141	20	0,2125
5	-0,2362	13	0,0037	21	0,1931
6	-0,2880	14	-0,1531	22	0,1768
7	-0,0856	15	-0,2519	23	0,0496
8	0,1067	16	-0,3108	24	-0,0458

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	1,0876	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,5857	0,5857	0,0507	0,5857	0,4061
G2	0,6843	0,0986	0,0142	0,6397	0,1605
G3	0,6933	0,0090	0,0066	0,6367	0,0822
G4	0,8522	0,1589	0,0047	0,1681	0,0597
G5	0,9185	0,0662	0,0449	0,7731	0,3772
G6	0,9202	0,0017	0,0025	0,2464	0,0329
G7	0,9238	0,0036	0,0024	0,4744	0,0309
G8	0,9238	0,0000	0,0000	0,1884	0,0003
G9	0,9259	0,0020	0,0020	0,0467	0,0269

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C7

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	1226493,9159	2266407,9899	0,5412	0,5910	No	0,0827
G1	-36297,3180	8923,2249	-4,0677	0,0002	Yes	0,9784
G2	321,8971	830,7429	0,3875	0,7002	No	0,0667
G3	1475,3023	1634,1193	0,9028	0,3713	No	0,1432
G4	-5788,1141	12691,5753	-0,4561	0,6505	No	0,0731
G5	563,9324	472,8119	1,1927	0,2391	No	0,2150
G6	48,4218	97,9209	0,4945	0,6233	No	0,0773
G7	-415657,9188	809666,3363	-0,5134	0,6101	No	0,0794
G8	44494,1026	25879,4893	1,7193	0,0923	No	0,3912
G9	-2,9203	220,0885	-0,0133	0,9895	No	0,0500

Estimated Model

1226493.91588309-36297.3179773035*G1+ 321.897061500518*G2+ 1475.30232821171*G3-5788.11409651083*G4+ 563.932424154317*G5+ 48.4217984699582*G6-415657.918760293*G7+ 44494.1026226416*G8-2.92033676403989*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		233187498740,4750233187498740,4750				
Model	9	0,9092	58068101953,0969	6452011328,1219	51,1566	0,0000	1,0000
Error	46	0,0908	5801647314,8937	126122767,7151			
Total(Adjusted)	55	1,0000	63869749267,9907	1161268168,5089			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,4425	9	0,1458	17	-0,0681
2	-0,0819	10	0,1016	18	0,0626
3	-0,0738	11	0,0442	19	0,0674
4	0,0726	12	0,0689	20	0,0398
5	-0,1371	13	-0,0225	21	0,1177
6	-0,4078	14	-0,1480	22	0,1968
7	-0,2012	15	-0,2604	23	0,0319
8	0,0353	16	-0,2574	24	-0,1468

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	1,1117	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,7543	0,7543	0,0327	0,7543	0,2645
G2	0,8446	0,0902	0,0003	0,7637	0,0033
G3	0,8476	0,0030	0,0016	0,7387	0,0174
G4	0,8841	0,0364	0,0004	0,0377	0,0045
G5	0,8947	0,0106	0,0028	0,5940	0,0300
G6	0,9028	0,0081	0,0005	0,1058	0,0053
G7	0,9033	0,0005	0,0005	0,6170	0,0057
G8	0,9092	0,0058	0,0058	0,1579	0,0604
G9	0,9092	0,0000	0,0000	0,0852	0,0000

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Dependent C8

Regression Equation Section

Independent Variable	Regression Coefficient b(i)	Standard Error Sb(i)	T-Value to test H0:B(i)=0	Prob Level	Reject H0 at 5,0%?	Power of Test at 5,0%
Intercept	0,0840	0,1060	0,7921	0,4324	No	0,1213
G1	-0,0011	0,0004	-2,5787	0,0132	Yes	0,7138
G2	0,0000	0,0000	0,6313	0,5310	No	0,0948
G3	0,0000	0,0001	0,1257	0,9005	No	0,0517
G4	-0,0010	0,0006	-1,6901	0,0978	No	0,3803
G5	0,0001	0,0000	3,2877	0,0019	Yes	0,8959
G6	0,0000	0,0000	1,9559	0,0566	No	0,4821
G7	-0,0287	0,0379	-0,7571	0,4528	No	0,1150
G8	0,0003	0,0012	0,2607	0,7955	No	0,0575
G9	0,0000	0,0000	-1,6199	0,1121	No	0,3544

Estimated Model

.083965201249995-1.07622576533069E-03*G1+ 2.45297381433219E-05*G2+ 9.60495617852747E-06*G3-1.00322702505405E-03*G4+ 7.270370983187E-05*G5+ 8.95770795191655E-06*G6-2.86714428381024E-02*G7+ 3.15538407630015E-04*G8-1.66743865095113E-05*G9

Analysis of Variance Section

Source	DF	R2	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (5,0%)
Intercept	1		0,0008	0,0008			
Model	9	0,9296	0,0002	0,0000	67,4674	0,0000	1,0000
Error	46	0,0704	0,0000	0,0000			
Total(Adjusted)	55	1,0000	0,0002	0,0000			

Serial Correlation of Residuals Section

Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation	Lag	Serial Correlation
1	0,3899	9	0,1359	17	-0,0210
2	-0,1995	10	0,1794	18	0,1420
3	-0,0901	11	0,0541	19	0,0288
4	0,0154	12	-0,0416	20	-0,0953
5	-0,1169	13	-0,0797	21	-0,0100
6	-0,2208	14	-0,1824	22	0,1141
7	-0,0936	15	-0,2240	23	-0,0060
8	0,0586	16	-0,2240	24	-0,1502

EK-3 (Devam) ÇDR ayrıntılı analiz sonuçları

Durbin-Watson Test For Serial Correlation

Parameter	Value	Did the Test Reject H0: $\rho(1) = 0$?
Durbin-Watson Value	1,1939	
Prob. Level: Positive Serial Correlation	0,0000	Yes
Prob. Level: Negative Serial Correlation	0,0000	Yes

R-Squared Section

Independent Variable	Total R2 for This I.V. And Those Above	R2 Increase When This I.V. Added To Those Above	R2 Decrease When This I.V. Is Removed	R2 When This I.V. Is Fit Alone	Partial R2 Adjusted For All Other I.V.'s
G1	0,4756	0,4756	0,0102	0,4756	0,1263
G2	0,6981	0,2224	0,0006	0,6965	0,0086
G3	0,6988	0,0008	0,0000	0,6610	0,0003
G4	0,8863	0,1874	0,0044	0,2169	0,0585
G5	0,9184	0,0321	0,0165	0,8629	0,1903
G6	0,9235	0,0051	0,0059	0,3124	0,0768
G7	0,9255	0,0020	0,0009	0,3869	0,0123
G8	0,9256	0,0001	0,0001	0,1434	0,0015
G9	0,9296	0,0040	0,0040	0,0601	0,0540

Multicollinearity Section

Independent Variable	Variance Inflation Factor	R2 Versus Other I.V.'s	Tolerance	Diagonal of X'X Inverse
G1	8,6581	0,8845	0,1155	0,6313209
G2	36,3135	0,9725	0,0275	5,471921E-03
G3	17,9831	0,9444	0,0556	2,117259E-02
G4	63,0358	0,9841	0,0159	1,277137
G5	20,2798	0,9507	0,0493	1,772488E-03
G6	84,9600	0,9882	0,0118	7,602523E-05
G7	6,8221	0,8534	0,1466	5197,79
G8	1,6699	0,4011	0,5989	5,310286
G9	15,4559	0,9353	0,0647	3,84062E-04

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı BAYKAN, Umut Naci
Uyruğu T.C.
Doğum tarihi ve yeri 22.08.1975 İskenderun
Medeni hali Bekar
Tel 0 312 480 08 10
e-mail ubaykan@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Mustafa Kemal Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği Bölümü	2001
Lisans	İstanbul Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği Bölümü	1997
Lise	İskenderun Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
25.04.2005-...	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü	Yapı Denetim Komisyonu Üyesi.
07.03.2005-...	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü	Denetim Şube Müdürü.
06.12.2004-07.02.2005	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü	İhale ve Program Takip Şube Müdür V.
04.05.2001-06.12.2004	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü	Mühendis.
01.10.1999-03.05.2001	Mustafa Kemal Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Araştırma Görevlisi.
01.06.1998-30.09.1999	İSDEMİR A.Ş., Proje ve Yapım Müdürlüğü	Proje Mühendisi.

Yabancı dil
İngilizce

Yayınlar

- 1.Oral, E., Baykan, U.N., “Avrupa Birliği’ne Tam Üyelik Sürecinde Türk İnşaat Sektörü (Rekabet Şansının Değerlendirilmesi)”. **Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı**, Ankara, 2001.
- 2.Çelik, H., Kaniç, R., Baykan, U.N., “Kamuya Ait Bina İnşaatlarında Tahmin Edilen Maliyet İle Gerçekleşen Maliyet Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi”. **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi**, Cilt 6, Sayı 4, s.677-692. Ankara, 2003.
- 3.Kaniç, R., Baykan,U.N., “Bina Yaklaşık Maliyetinin Çoklu Doğrusal Regresyon Analiziyle Belirlenmesi”. **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi**, Cilt 7, Sayı 4, s359-367. Ankara, 2004.
- 4.Kaniç, R., Baykan, U.N., Erdal, M., “Kısıtlı Kaynak Koşulları Altındaki Bir İnşaat Projesinde Süre ve Maliyetin Kontrolü”. **Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi**, Cilt 8, Sayı 2, s209-221, Ankara, 2005.
- 5.Özkan, Ö., Erdal, M., Baykan, U.N., “Yapı Projelerinin Programlanmasında Öncelik Kuralları Performansları”. **Selçuk Üniversitesi, Teknik-Online Dergi**, Cilt 5, Sayı 1-2006. s10-18. Konya, 2006.
- 6.Uğur, L.O., Baykan, U.N., Erdal, M., “Fidic İnşaat İşleri Genel Şartnamesinde Sorumluluk Ve Risk Dağılımının Proje Maliyetine Etkisi”, **Selçuk Üniversitesi, Teknik-Online Dergi**, Cilt 5, Sayı:3-2006, s111-132, Konya, 2006.
- 7.Uğur, L.O., Erdal, M., Baykan, U.N., “Yapım İşleri Genel Şartnamesinde İşveren İle Yüklenicinin Sorumluluk Paylaşımının Proje Maliyetine Etkisi”, **Selçuk Üniversitesi, Teknik-Online Dergi**, Cilt 5, Sayı:3-2006, s133-149, Konya, 2006.