

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YAPAY SİNİR AĞI
KULLANARAK MALİYET TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Serkan BUCAK

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Tarık ÇAKAR

Haziran 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YAPAY SİNİR AĞI
KULLANARAK MALİYET TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Serkan BUCAK

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 19 / 06 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Yrd. Doç. Tarık
ÇAKAR**

.....

Jüri Başkanı

**Doç. Dr. Raşit
KÖKER**

.....

Üye

**Prof. Dr. Orhan
TORKUL**

.....

Üye

ÖNSÖZ

Günlük hayata ilişkin en basit olaylar arasındaki ilişkiler bile matematiksel ifadelerle dönüştürülmek istendiğinde, karşımıza çıkan fonksiyonlar çoğunlukla doğrusal olmayan yani üstel ifadeler olmaktadır. Aynı şeyi bir işletmede, bir prosesin incelenmesi, bakım ile üretim arasındaki ilişki, rotalama, eldekilerle optimum sonucun elde edilmesi, maliyet tahmini ile bütçe planlama vb. açılardan düşündüğümüzde, işletmelerdeki faaliyetlerin matematiksel ifadelerle dönüştürülerek çözülebilmesi çoğu zaman imkansız gibi gözükmemektedir.

Günümüzde benzer ilişkilerin çözülebilmesi için Yapay Zeka tabanlı birçok uygulama geliştirilmiş ve matematiksel ifadelerle dönüştürülemeyen ve bilinen algoritmalar ile çözülemeyen (üstel (stokastik) ifadeler) ilişkilerin sonuçlarının tahmin edilebilmesi için doğadaki olaylardan esinlenerek bazı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Özellikle bugünlerde işletmelerin sıklıkla kullanmaya başladığı bu yaklaşımlardan başlıcaları Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritmalar, Uzman Sistemler vb' dir. Bu yaklaşımların çoğunda da problemin çözülebilmesi için sezgisel (Heuristic) bir yaklaşım kullanılmaktadır.

Bu ihtiyaçlardan doğan Yapay Sinir Ağı yaklaşımı günümüzde işletmelerde etkin bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. Optimizasyon, çizelgeleme, talep tahmini, maliyet tahmini vb. konularla ilgili uygulamalar günümüzde mevcuttur.

Tez çalışmam sırasında ilgi, yardım ve desteğini esirgemeyen ve yardımlarıyla beni yönlendiren tez danışmanın Sayın Yrd. Doç. Dr. Tarık ÇAKAR Hocam'a Teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmayı yapmama izin veren ISILSAN Makine Sanayi fabrikası yetkililerine, ilgi ve yardımlarından ötürü teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
YAPAY ZEKA.....	2
2.1. Yapay Zekanın Tanımı ve İçeriği.....	2
2.2. Yapay Zekanın Karakteristik Özellikleri.....	6
2.3. Yapay Zeka Teknolojileri.....	7
2.4. Yapay Zekanın Kapsamı.....	7
2.5. Yapay Zeka Araçlarının Ortak Özellikleri.....	7
2.6. Yapay Zeka ve Klasik Sistemlerin Karşılaştırılması.....	9
2.7. Yapay Zeka Uygulamaları.....	10
2.8. Yapay Zekanın Uygulama Örnekleri.....	10
BÖLÜM 3.	
YAPAY SİNİR AĞLARI	11
3.1. Biyolojik Sinir Ağları.....	12
3.2. Yapay Sinir Ağları Nedir?.....	14

3.3. Sinir Ağları Niçin Kullanılır?.....	16
3.4. Geleneksel Bilgisayarlar ve Yapay Sinir Ağları-Bir Karşılaştırma..	16
3.5. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri.....	17

BÖLÜM 4.

YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI.....	19
4.1. Temel Bileşenleri.....	19
4.1.1. Girdi elemanı.....	21
4.1.2. Ağırlıklar.....	22
4.1.3. Toplama fonksiyonu.....	22
4.1.4. Aktivasyon fonksiyonu.....	22
4.1.5. Çıktı elemanı.....	23
4.2. Yapay Sinir Ağlarının Tipleri.....	23
4.2.1. Perseptron.....	24
4.2.2. Çok katmanlı perseptron.....	26
4.2.3. Geriye yayılım ağı.....	28
4.2.4. Hopfield ağı.....	29
4.2.5. Kohonen özellik haritası.....	31
4.3. Öğrenme.....	32
4.3.1. Öğrenmenin genel yapısı.....	32
4.3.2. Öğrenme türleri.....	33
4.3.3. YSA'da kullanılan önemli öğrenme algoritmaları.....	34

BÖLÜM 5.

MALİYET SİSTEMLERİ.....	36
5.1. Geleneksel Maliyet Sistemleri.....	36
5.1.1. Geleneksel maliyet sisteminin sınırları.....	39
5.2. Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemi.....	41
5.2.1. Faaliyet tabanlı maliyet sisteminin amaçları.....	42
5.2.2. FTM'nin uygulama alanları.....	44
5.2.3. FTM'nin temel işleyiş esası.....	45
5.2.4. Faaliyetler (hiyerarşik yapıda).....	45
5.2.5. FTM'nin maliyet akış süreci.....	46

5.2.6. FTM'nin analiz edilmesi ve tasarlanması.....	47
5.2.7. FTM'de dağıtım anahtarlarının seçilmesi.....	49
5.2.8. Uygun yükleme anahtarlarının seçimi.....	50
5.2.9. FTM'nin uygulanması.....	52
5.3. Geleneksel Maliyet Sistemleri FTM'nin Karşılaştırılması.....	53
5.3.1. Örnek uygulama.....	57
BÖLÜM 6.	
YSA KULLANILARAK ÜRÜN MALİYETİNİN BELİRLENMESİ.....	60
6.1. ISILSAN Makine Sanayi Fabrikasının Tanıtımı.....	60
6.2. Firmada Ürün Maliyetlerinin Belirlenmesi.....	60
6.3. Uygulamada Kullanılan Metot.....	62
6.4. Uygulama için Gerekli Verilerin Toplanması.....	64
6.5. Geleneksel Maliyet Metoduna Göre Birim Maliyetin Bulunması.....	68
6.6. Uygulamada Kullanılan Program.....	72
6.7. Verilerin Normalizasyonu, Ağın Eğitilmesi ve Testi.....	72
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	75
7.1. Sonuçlar.....	75
7.2. Öneriler.....	85
KAYNAKLAR.....	87
EKLER.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	99

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

YZ	: Yapay Zeka
YSA	: Yapay Sinir Ağı
TZÜ	: Tam Zamanlı Üretim
MRP	: Material Requirement Plannig, Malzeme İhtiyaç Planlama
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
GÜM	: Genel Üretim Maliyetleri
FTM	: Faaliyet Tabanlı Maliyetlendirme
MAPE	: Mean Absolute Percentega Error, Mutlak Hata Yüzdeleri Ortalaması

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Sinir Hücresini Oluşturan Elemanlar.....	13
Şekil 4.1.	Bir Sinir Ağının İdealize Edilmiş Bir Siniri.....	19
Şekil 4.2.	Üç Katmanlı Bir Sinir Ağı Yapısı.....	20
Şekil 4.3.	Çeşitli Yapay Sinir Ağı Modelleri.....	24
Şekil 5.1.	Geleneksel Maliyet Sistemi.....	55
Şekil 5.2.	Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemi.....	56
Şekil 6.1.	Uygulamada Kullanılan YSA Modeli.....	63
Şekil 7.1.	Tampon Parçası için MAPE Değerleri.....	81
Şekil 7.2.	Tampon Sportu Parçası için MAPE Değerleri.....	82
Şekil 7.3.	Terazi Parçası için MAPE Değerleri.....	83
Şekil 7.4.	Terazi Sportu Parçası için MAPE Değerleri.....	84

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Yapay Zeka ve Klasik Programlama Karşılaştırılması.....	9
Tablo 4.1.	Perceptronun Özellikleri.....	25
Tablo 4.2.	Çok Katmanlı Perceptronun Özellikleri.....	27
Tablo 4.3.	Geri Yayılım Ağı Özellikleri.....	28
Tablo 4.4.	Hopfield Ağı'nın Özellikleri.....	30
Tablo 4.5.	Kohonen Özellik Haritasının Özellikleri.....	31
Tablo 5.1.	Geleneksel ve Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	54
Tablo 5.2.	İmalat Şirketinin Faaliyete Dayalı Maliyet Tekniğine Göre Hesaplanmış Birim Maliyet Verileri.....	58
Tablo 5.3.	ABC İmalat Şirketinin Geleneksel Maliyet Sistemi ile Hesaplanmış Birim Maliyetler.....	59
Tablo 5.4.	ABC İmalat Şirketinin Faaliyete Dayalı Maliyetleme Tekniği ile Hesaplanmış Birim Maliyetler.....	60
Tablo 6.1.	Her Bir Parçaya Ait Gerçekleşen Parti Üretim Miktarları ve Genel Giderler.....	65
Tablo 6.2.	Her Bir Parçaya Ait Fiili Üretim Süresi Bilgileri.....	66
Tablo 6.3.	Her Bir Parçaya Ait Standart Maliyet Bilgileri.....	67
Tablo 6.4.	Tampon Parçası için Normal Standart Sürelere Göre Hesaplanmış Maliyetler.....	70
Tablo 6.5.	Tampon Parçası için Fiili Standart Sürelere Göre Hesaplanmış Maliyetler.....	71
Tablo 6.6.	Tampon Parçası için Fiili Standart Sürelere Göre Hesaplanmış Maliyetler.....	74

Tablo 7.1.	Tampon Parçası için Birim Maliyetler.....	76
Tablo 7.2.	Tampon Sportu Parçası için Birim Maliyetler.....	77
Tablo 7.3.	Terazi Parçası için Birim Maliyetler.....	78
Tablo 7.4.	Terazi Sportu Parçası için Birim Maliyetler.....	79
Tablo 7.5.	Tüm Parçalar için Ortalama MAPE değerleri.....	84

ÖZET

Anahtar kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Geriye Yayılım Algoritması, Maliyet Tahmini

Yapay Zeka başlığı altında son yıllarda üzerinde en çok araştırma yapılan dallardan birisi Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network) modelleridir. YSA araştırmaları; optimizasyon, kontrol, görüntü ve imaj işleme, konuşulan dili anlama ve ayırma, doğal dil işleme ve tahmin gibi birçok alanla bağlantılıdır.

Yapay sinir ağlarının (YSA) ilham kaynağı biyolojik beynin gücü, esnekliğı ve duyarlılığıdır. YSA, beynin temel biyolojik bileşenlerinden sinir hücreleri, sinapları ve dendritlerin matematiksel modeli olup, basit matematiksel elemanlardan oluşmaktadır. YSA'da öğrenme işlemi destekli (supervised) ve desteksiz (unsupervised) olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Gözetimli öğrenme işleminde, her girdi seti için bir çıktı seti gereklidir ve her ikisi birlikte öğrenme setini oluşturur. Genellikle belirli sayıdaki bu öğrenme çiftlerinin YSA'ya tanıtılması ile öğrenme gerçekleştirilir. Öğrenme sürecinde; YSA'ya bir girdi seti verilir ve çıktısı hesaplanır. Hesaplanan bu çıktı ile mevcut çıktı seti değeri arasındaki sapmayı en küçükleyen bir algoritma uyarınca istenilen sapma düzeyine ulaşılan dek YSA ağırlıkları değiştirilir. Böylece YSA eğitilmiş, dolayısıyla ağırlıklar en iyi değerlerini almış olur.

Bu çalışmada; Yapay Zeka tanımından, Yapay Sinir Ağlarının yapısından, bileşenlerinden, çeşitlerinden, öğrenme türlerinden ve Maliyet Sistemlerinden bahsedilmiştir. Bu çerçevede; ISILSAN MAKİNE SANAYİ fabrikası için mevcut ekonomik koşullar ve üretim süreleri değiştiğinde ürün maliyetinin nasıl değiştiğı ile ilgili olarak bir Yapay Sinir Ağı uygulaması yapılmıştır.

A COST FORECASTING APPLICATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

SUMMARY

Key Words: Artificial Neural Networks, Back Propagation Algorithm, Cost Forecasting

Nowadays, the one of sections which are studied about is Artificial Neural Network (ANN) Models. ANN researchs are related to most field like optimisation, control, image processing, meaning and seperating language, naturel language and forecasting

The inspiration of the ANNs is the power, elasticity and sensivity of the Biological Brain. ANN is the Mathematical Model of the nevre cells, sinaps and dentrits which are the main biological components of the Brain. ANN is formed from simple mathematical elements.

There are two kinds of learning processes in ANN; supervised and unsupervised. In the supervised learning process, the output set necessary for each input set, and both of them form the learning set. Usually, learning is used to realize by introduced to these pairs (input/output sets) to ANN. In the learning process, firstly, the input sets are given to ANN, and the output of them are computed. Afterwards, ANN change the weights, until the desired convergence criteria level between the computed outputs and the real outputs is proved. As a result, ANN is trained and the weights at the most suitable values.

In this study, An Artificial Intelligence, Structure of the ANN, Components of the ANN, Types of the ANN, Learning Stratigies and Cost Systems were described. And an Application was carried out within context of Cost/Production Time reletion in the ISILSAN MAKİNE SANAYİ factory

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu çalışmada Yapay Zekanın teknolojilerinden biri olan Yapay Sinir Ağları ve Maliyet Sistemleri anlatılmıştır.

Araştırmaların gelişimi göstermiştir ki; Yapay Zeka uygulamaları artık günümüzde kayda değer sonuçlar vermekte ve tıp, işletme, bankacılık, finans gibi alanlarda verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

Bir işletmede uygun kararların alınabilmesi için o işletmedeki faaliyetler arasındaki ilişkilerin doğru tespit edilmesi gereklidir. Örneğin, birim ürün maliyeti bütün işletmeler için çok önemli bir parametredir ve bunun önce doğru tespiti sonra azaltılması pazarda o işletmeye büyük avantajlar sağlayacaktır. Üretilen bir ürünün maliyetini etkileyen çeşitli unsurlar vardır. İşletmedeki istikrar, işletmenin bulunduğu ülkedeki ekonomik durum, çalışan motivasyonu, bakım faaliyetlerinin ne seviyede olduğu gibi bizim değiştirebileceğimiz, fakat en uygununu bulmakta zorlanacağımız birçok parametre vardır ve bunların hepsi de maliyetle ilişkilidir. Bu ilişkiler matematiksel ifadeyle açıklanamaz. Bir işletmedeki yöneticiye “Ürettiğiniz ürünler için hesaplamış olduğunuz birim maliyetler hangi oranda gerçeği yansıtmaktadır?” sorusu sorulsa neredeyse hiçbiri bu soruya tam olarak bir cevap veremez.

İşte bu çalışma ISILSAN Makine Sanayi fabrikasında üretim süreleri ve maliyet arasındaki ilişkiyle ilgili bu ve buna benzer soruların cevabını aramıştır.

2. YAPAY ZEKA

2.1. Yapay Zekanın Tanımı ve İeriği

Yapay Zeka (YZ) nın konusu zeki davranış ile ilgilidir. Zekanın genel olarak şöyle bir tanifi verilebilir: “Zeka; olaylar, öneriler, bilgiler, ve tüm bu hadiseler arasındaki ilişkileri anlayabilme yeteneğidir”.

YZ geniş bir alandır ve farklı insanlar için farklı anlamlar ifade eder. İnsan zekasına ihtiyaç duyulan görevleri yerine getiren bilgisayarlarla ilgilidir de denilebilir. Bununla birlikte, zekaya ihtiyacı olan (karmaşık bir aritmetik problemi gibi) problemler vardır ki bilgisayar bunları kolayca çözebilir. Bunun aksi de düşünülebilir; insanların neredeyse düşünmeksizin yaptığı işler vardır (bir yüzü tanımak gibi), bunları otomatikleştirmek ise oldukça zordur. Birinci örnek yapay zeka değildir, yapay zeka ikincisi gibi zor işlerle uğraşır.

İnsanlar farklı nedenlerden dolayı insan zekasını otomatikleştirmek isteyebilirler. Sebeplerden biri insan zekasını daha iyi anlamak için olabilir. Örneğin; insan davranışı açısından taklit etme girişiminde bulunacağımız programlar yazarak insan zekasının teorilerini aratabilir ve test edebiliriz. Başka bir sebep de, daha zeki programlar ve makinelere sahip olalım diye olabilir.

Bilinen herhangi bir algoritmik çözümü olmayan herhangi bir problem YZ için bir problem olarak kabul edilebilir. Burada algoritma sözcüğünden kast ettiğimiz, makul bir zamanda bir bilgisayar tarafından uygulanabilir olan, hassasiyetle yapılan ardışık özellikli operasyonlardır. Satranç oyununu düşündüğümüzde, hamle kombinasyonlarının sayısını kim bilebilir? Bunları hesaplamak ne kadar sürer? Satranç oynamak için algoritmalara ihtiyaç duyulmaz. Tıpkı, tıbbi bir teşhis yapmak,

yazının bir parçasını özetlemek veya ana dilden başka bir dile çeviri yapmak için algoritmalara ihtiyaç duyulmadığı gibi. Yapay zeka bu tip algoritmalarla çözülemeyen problemlerle ilgilenir.

Yapay Zeka ; insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanabilir. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise, YZ; bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayardır.

YZ'nin şöyle bir tanımı da yapılmıştır. “YZ, insan zekasını gerektiren durumların, bilgisayarları programlama yolu ile sonuçlandırıldığı bir bilgisayar bilim dalıdır” (Gevartel, 1985).

Minsky (1968) YZ'yi; insan tarafından yapıldığı zaman zeki davranışı gerektiren işlevlerin, programlar yardımı ile makineler tarafından yaptırılmasına imkan tanıyacak sistemler olarak tanımlamıştır.

Yapay zeka konusundaki ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacıların önerdiği, yapay sinir hücrelerini kullanan hesaplama modeli, önermeler mantığı, fizyoloji ve Turing'in hesaplama kuramına dayanıyordu. Her hangi bir hesaplanabilir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceğini ve mantıksal “ve” ve “veya” işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini gösterdiler. Bu ağ yapılarının uygun şekilde tanımlanmaları halinde öğrenme becerisi kazanabileceğini de ileri sürdüler. Hebb, sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerini değiştirmek için basit bir kural önerince, öğrenebilen yapay sinir ağlarını gerçekleştirmek de olası hale gelmiştir.

YZ çalışmaları 1950 li yıllarda başlamış ve 1960 lı yılların sonuna kadar hızlı bir şekilde devam etmiştir. Zeki davranışı üretmek için bu çalışmalarda kullanılan yapılardaki bazı önemli yetersizliklerin de ortaya konması ile birçok araştırmacı çalışmalarını durdurdu. Buna en temel örnek; sinir ağları konusundaki çalışmaların Minsky ve Papert'in 1969'da yayınlanan “Perceptrons” adlı kitaplarındaki tek

katmanlı algılayıcıların bazı basit problemleri çözemeyeceğini gösterip aynı kısırlığın çok katmanlı algılayıcılarda da beklenilmesi gerektiğini söylemeleri ile bıçakla kesilmiş gibi durmasıdır.

Her sorunu çözecek genel amaçlı program yerine belirli bir uzmanlık alanındaki bilgiyle donatılmış programlar kullanma fikri yapay zeka alanında yeniden bir canlanmaya yol açtı. Kısa sürede “Uzman Sistemler” adı verilen bir metodoloji gelişti. Fakat burada çok sık rastlanan tipik bir durum, bir otomobilin tamiri için önerilerde bulunan uzman sistem programının otomobilin ne işe yaradığından haberi olmamasıydı.

İnsanların iletişimde kullandıkları Türkçe, İngilizce gibi doğal dilleri anlayan bilgisayarlar konusundaki çalışmalar bu sıralarda hızlanmaya başladı. Doğal dil anlayan programların dünya hakkında genel bilgiye sahip olması ve bu bilgiyi kullanabilmek için genel bir metodolojisi olması gerektiği belirtilmekteydi.

Uzman dizgelerin başarıları beraberinde ilk ticari uygulamaları da getirdi. Yapay zeka yavaş yavaş bir endüstri haline geliyordu. DEC tarafından kullanılan ve müşteri siparişlerine göre donanım seçimi yapan R1 adlı uzman sistem şirkete yılda 40milyon dolarlık tasarruf sağlamıştı. Birden diğer ülkelerde yapay zekayı yeniden keşfettiler ve araştırmalara büyük kaynaklar ayrılmaya başlandı. 1988’de yapay zeka endüstrisinin cirosu 2 milyar dolara ulaşmıştı.

Bütün bu çalışmaların sonunda yapay zeka araştırmacıları iki guruba ayrıldılar. Bir gurup insan gibi düşünen sistemler yapmak için çalışırken, diğer gurup ise rasyonel karar verebilen sistemler üretmeyi amaçlamaktaydı.

Bu yaklaşımları kısaca inceleyelim:

- İnsan gibi düşünen sistemler

İnsan gibi düşünen bir program üretmek için insanların nasıl düşündüğünü saptamak gerekir. Bu da psikolojik deneylerle yapılabilir. Yeterli sayıda deney yapıldıktan

sonra elde edilen bilgilerle bir kuram oluşturulabilir. Daha sonra bu kurama dayanarak bilgisayar programı üretilebilir. Eğer programın giriş/çıkış ve zamanlama davranışı insanlarınkine eşse programın düzeneklerinden bazılarının insan beyninde de mevcut olabileceği söylenebilir. İnsan gibi düşünen sistemler üretmek bilişsel bilimin araştırma alanına girmektedir. Bu çalışmalarda asıl amaç genellikle insanın düşünme süreçlerini çözümlenmede bilgisayar modellerini bir araç olarak kullanmaktır.

- İnsan gibi davranan sistemler

Yapay zeka araştırmacılarının baştan beri ulaşmak istediği ideal, insan gibi davranan sistemler üretmektir. Turing zeki davranışı, bir sorgulayıcıyı kandırarak kadar bütün bilişsel görevlerde insan düzeyinde başarı göstermek olarak tanımlamıştır. Bunu ölçmek için de Turing testi olarak bilinen bir test önermiştir. Turing testinde denek, sorgulayıcıyla bir terminal aracılığıyla haberleşir. Eğer sorgulayıcı, denegin insan mı yoksa bir bilgisayar mı olduğunu anlayamazsa denek Turing testini geçmiş sayılır. Turing, testini tanımlarken zeka için bir insanın fiziksel benzetiminin gereksiz olduğunu düşündüğü için sorgulayıcıyla bilgisayar arasında doğrudan fiziksel temastan söz etmekten kaçınmıştır. Burada vurgulanması gereken nokta, bilgisayarda zeki davranışı üreten sürecin insan beynindeki süreçlerin modellenmesiyle elde edilebileceği gibi tamamen başka prensiplerden de hareket edilerek üretilmesinin olası olmasıdır.

- Rasyonel düşünen sistemler

Bu sistemlerin temelinde mantık yer alır. Burada amaç çözülmesi istenen sorunu mantıksal bir gösterimle betimledikten sonra çıkarım kurallarını kullanarak çözümünü bulmaktır. Yapay Zeka ' da çok önemli bir yer tutan mantıkçı gelenek zeki sistemler üretmek için bu çeşit programlar üretmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşımı kullanarak gerçek sorunları çözmeye çalışınca iki önemli engel karşımıza çıkmaktadır. Mantık, formel bir dil kullanır. Gündelik yaşamdan kaynaklanan, çoğu kez de belirsizlik içeren bilgileri mantığın işleyebileceği bu dille göstermek hiç de

kolay değildir. Bir başka güçlük de en ufak sorunların dışındaki sorunları çözerken kullanılması gereken bilgisayar kaynaklarının üstel olarak artmasıdır.

- Rasyonel davranan sistemler

Amaçlara ulaşmak için inançlarına uygun davranan sistemlere rasyonel denir. Bir ajan algılayan ve harekette bulunan bir şeydir. Bu yaklaşımda yapay zeka, rasyonel ajanların incelenmesi ve oluşturulması olarak tanımlanmaktadır. Rasyonel bir ajan olmak için gerekli koşullardan biri de doğru çıkarımlar yapabilmek ve bu çıkarımların sonuçlarına göre harekete geçmektir. Ancak, yalnızca doğru çıkarım yapabilmek yeterli değildir. çünkü bazı durumlarda doğruluğu ispatlanmış bir çözüm olmadığı halde gene de bir şey yapmak gerekebilir. Bunun yanında çıkarımdan kaynaklanmayan bazı rasyonel davranışlar da vardır. Örneğin, sıcak bir şeye değince insanın elini çekmesi bir refleks harekettir ve uzun düşünce süreçlerine girmeden yapılır. Bu yüzden yapay zekayı rasyonel ajan tasarımı olarak gören araştırmacılar, iki avantaj öne sürerler. Birincisi "düşünce yasaları" yaklaşımından daha genel olması, ikincisi ise bilimsel geliştirme yöntemlerinin uygulanmasına daha uygun olmasıdır.

2.2. Yapay Zekanın Karakteristik Özellikleri

YZ'nın karakteristik özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Bilgiyi kullanma,
- Sembolik bilgi işleme,
- Sezgisel problem çözme,
- Eksik, belirsiz ve tam olmayan bilgi işleme,
- Açık olarak formülize edilemeyen problemleri çözebilme,
- Tecrübe ile öğrenme,
- Yeni durumlara adapte olabilme,
- En fazla geliştiren kadar zeki olma,
- Hata yapabilme,

2.3. Yapay Zeka Teknolojileri

Yapay Zeka teknolojilerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Uzman Sistemler (Uzmanlık bilgisini işler),
- Yapay Sinir Ağları,
- Genetik Algoritmalar,
- Vaka Tabanlı Muhakeme,
- Monoton Olmayan Muhakeme,
- Kalitatif Muhakeme,
- Model Tabanlı Muhakeme, vb.

2.4. Yapay Zekanın Kapsamı

YZ da herhangi bir iyi tanımlanmış metot olmaksızın çalıştığımız alanlar çok çeşitlidir, fakat bunlar genelde iki yaygın karakteristiğe sahiptirler:

- Hepsi (harfler, kelimeler, işaretler, çizimlerle ifade edilen) sembolik bilgilerle ilgilidir.
- Daima çok seçeneklidirler.

YZ araştırmacılarının karşı karşıya kaldıkları ilk problem; bilginin elde edilmesidir. Var olan yazılım ve donanım teknolojileri; görebilen, tat alan, koklayabilen, üretebilen veya nesnelerin fiziksel kullanımlarını ve konuşmayı anlayabilen insan organlarına rakip olmaktan çok uzaktırlar.

2.5. Yapay Zeka Araçlarının Ortak Özellikleri

YZ; mantık, matematik, psikoloji, dilbilim ve fizik gibi bilim dallarından yoğun olarak etkilenen bir disiplindir. Bütün YZ Sistemleri arasında, bu disiplinin temel özelliklerini daha iyi sınırlandırma olanağı sağlayan ortak noktalar bulunmaktadır.

Bu ortak noktaları üç madde halinde ele alabiliriz:

- Sembolik bilgiler kullanma,

- Bilgilerin eksik, yanlış ve çelişkili olduğu durumlarda sonuçlar üretilmesi,
- Bilgi kavramı ile yoğun ilişki.

YZ programları sembolik bilgiler kullanır ve bu bilgileri sezgisel yöntemlerle işler. Bu bilgileri, kavramları, kuralları nesnelere düşünürken bir insanın göz önünde bulundurabildiği değerlerle olayları temsil etmektedir. Sayısal işlem yöntemleri kullanılabilirle beraber sonuçların işlenmesi genellikle sembole dayalı olarak yapılmaktadır. Örneğin 40° C olan hava sıcaklığı 'hava çok sıcak' kavramı ile ifade edilir.

YZ de bulunan diğer bir kavram ise sezgisel yöntemler kavramıdır. Program yapmak için belli bir programlama dilinde kodlanmış olan bir algoritma, verilmiş bir problemi çözmeye yönelik işlemler dizisinin eksiksiz betimlemesinden oluşmaktadır. Sezgisel, determinist olmayan yolları izleyen ve başarının garantili olmadığı, ancak çalıştığı zaman genellikle işlem süresinde büyük tasarruf sağlayan bir çözüm yöntemidir. Başarısızlık durumunda tekrar geriye dönüp bir başka çözüm yolunu denemek gerekmektedir. Bir problemin çözümünün sezgisel araştırması, genellikle sadece ihtimali fazla olanları göz önünde bulundurarak çözüm yollarının tamamının kısaltılması olarak görülmektedir. YZ programları sezgisel yöntemler ile algılama, karar verme, muhakeme gibi insana benzer özelliklerle göstererek problemleri çözer.

YZ nin bir başka özelliği de işlenen verilerin ve bilgilerin eksik, yanlış ve çelişkili olduğu durumlarda sonuçlar üretmesidir. Bir insan için örneğin tıpta, iş idaresinde, bankacılık sektöründe bu tip durumların söz konusu olduğu düşünüldüğünde problemleri tam olarak çözmese bile etkili yöntemlerle kabul edilebilir sonuçlar üretir.

Önemli bir YZ kavramı da bilgiyle yoğun ilişkidir. Bilgi kavramı YZ nin hammaddesi sayılabilir. Günümüzde YZ az sayıda ve iyice sınırlanmış alanlarda, bu alanlara özgü çok miktardaki yoğun bilgiye dayanarak problemleri çözebilen sistemleri ortaya koyar. Bu bilgiler bir programlama dilinde prosedürler biçiminde kodlandıkları zaman, doğal biçimlerine daha yakın olarak YZ sistemine katkıda bulunmaktadır (Turban, 1992), (Winstanley & Graham, 1991).

2.6. Yapay Zeka ve Klasik Sistemlerin Karşılaştırılması

YZ programları, insanın akıl davranışını kabaca taklit ettiği gibi, aynı zamanda programlarda oluşturulan iç dinamikler sayesinde insana benzer karakteristik özellikler gösterir. Bazen insanın karşısına iyi tanımlanmış problemler çıkar. Çözüm algoritması net olan problemlerin aksine bu tip problemlerde sezgisel, algoritmik olmayan yöntemlerle sonuca gidilir. Bu yönüyle YZ programları klasik programlardan bazı farklılıklar ortaya koyar. Tablo 1.1’de YZ ve klasik bilgisayar programcılığı karşılaştırılmıştır (Gevartel, 1985).

Tablo 2.1. Yapay Zeka ve Klasik Programlama Karşılaştırılması

Yapay Zeka Programlama	Klasik Bilgisayar Programlama
Genelde sembolik işlemler yaparlar.	Sayısal işlemler yaparlar.
Sezgisel araştırma yapısına sahiptir.	Algoritmik araştırma yapısı vardır.
Belli tanım aralığındaki belli problemleri çözebilir.	Belli tanım aralığındaki yalnızca bir problemi çözebilir.
Genellikle değiştirmek, güncelleştirmek ve genişletmek kolaydır.	Değiştirilmesi zordur.
Sonuçları kesin olmayabilir.	Sonuçlar kesindir.
Tatminkar sonuçlar genelde kabul edilebilir.	Mümkün olan en iyi sonucu verir.
Bilgiyi işler.	Veriyi işler.

Kısacası; Yapay Zeka programları karmaşıklık, belirsizlik ve çelişki içeren, sezgisel yöntemlerle çözümler üretmeyi hedefleyen; klasik programlara göre daha esnek programlardır.

2.7. Yapay Zekanın Uygulamaları

Yapay Zekanın uygulama alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Yorumlama: sensörlerden gelen bilgilerin yorumlanması,
- Tahmin: bilinen durumlardan muhtemel durumları tayin etme,
- Tasarım: kısıtlara bağlı olarak nesnelerin tasarlanması,
- Planlama: aktivitelerin belirlenmesi,
- Gözleme: gözlemlerin beklentiler ile karşılaştırılması,
- Tamir: hataların düzeltilmesi,
- Talimat oluşturma: eylem ve planların uygulanmasını koordine etme,
- Kontrol: sistem davranışını bütün olarak kontrol etme.

2.8. Yapay Zekanın Uygulama Örnekleri

YZ nin uygulama örneklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Robotik: yol ve önerge planlama (Navigation-Gemi İşletmesi); bilgisayar görme; imalat kontrol (CAM); imalat teşhis sistemleri (Manufacturing Diagnostic Systems); imalat; imalat çizelgeleme
- Uzman Sistemler: tıbbi teşhis (MYCIN); savaş alanı yönetimi (Pilot's Associate); jeolojik başarı (PROSPECTOR); bilgisayar konfigürasyon (XCON); güç sistemleri kontrolü; üretim planlama ve çizelgeleme; tasarım
- Oyun Oynama (Game Playing)
- Ana Dili Anlama
- Teorem İspatlama
- Bilgisayar Yardımı ile Eğitim/Öğrenme
- Otomatik Karar Verme
- Otomatik Yazılım Oluşturma

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks - YSA) teknolojisi bilgisayar dünyasında insan beyninin ve sinir sisteminin davranışlarını taklit etme esası üzerine kurulmuş yeni bir bilgi işleme yaklaşımıdır. Bu ağlar birbirlerine paralel olarak bağlanmış işlem elemanlarından yapay sinir hücresi ve onların hiyerarşik bir organizasyonundan oluşurlar. YSA, daha çok biyolojik sistemlerin hücreler üzerinde dağıtılmış bilgiyi paralel olarak işleme özelliklerinden yararlanan bir mekanizmadır. Hücreler birbirine bağlı ve paralel çalıştıkları için bazılarının işlevini yitirmesi ile sinir sistemi fonksiyonunu yitirmez. Bu ağların temel amacı gerçek dünyadaki nesnelere ve olaylara karşı biyolojik sinir sisteminin davrandığı gibi davranmaktır. Fakat günümüzde bu noktaya ulaşıldığını söylemek mümkün değildir (Lippmann, 1987).

YSA farklı branşlara sahip araştırmacıların yoğun ilgi gösterdikleri bir araştırma ve uygulama alanıdır. İnsanın biyolojik bazı yapı taşlarından esinlenerek geliştirilen YSA na yoğun ilginin nedeni, klasik yöntemlerin başarısız olduğu veya zayıf kaldığı problemlerde, paralel bir yapıya sahip sinir ağlarının gösterdiği başarı ve üstünlüktür.

YSA nın mühendislik başta olmak üzere birçok bilimsel alanda, karmaşık ve belirsiz veriler altında problemlere çözümler ürettikleri ispatlanmıştır (Tosun, 1997). Algoritmasız, tamamıyla paralel, adaptif, öğrenebilen ve paralel dağıtılmış bir hafızaya sahip olma, bu sistemlerin ana özelliklerinin başında gelmektedir. bu teknoloji, insana benzer yaklaşımlarla robotların oluşturulmasında ilk adım olarak görülebilir (Lippmann, 1987).

YSA ile ilgili çalışmalara 1940 larda başlanılmış ama hem teknolojik yetersizlik ve hem de beynin karmaşık yapısından dolayı çalışmalar yavaş ilerlemiştir. McCulloch ve Pitts 1943 yılında yayınladıkları makalede, basit bir yapıya sahip sinir ağlarının

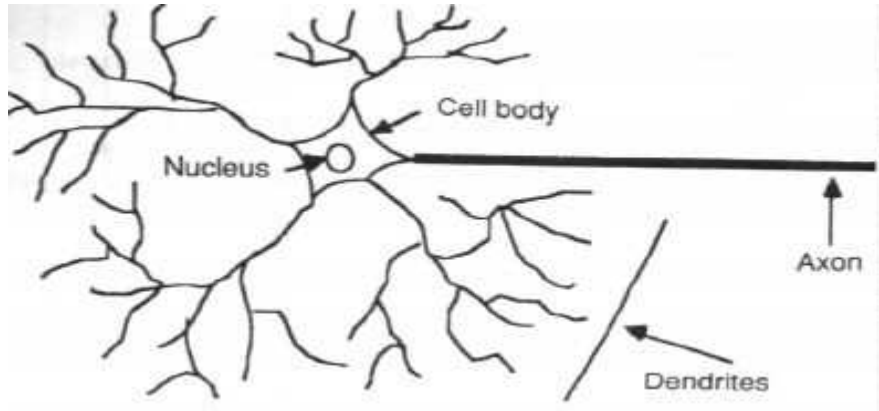
bile matematiksel ve mantıksal bazı işlemleri gerçekleştirebileceğini ortaya koymuşlardır (McCulloch, 1943). 1960 lı yıllarda Minsky, perseptronun mantıksal XOR işlemini gerçekleştiremeyeceğini gösterdikten sonra YSA üzerine yapılan çalışmalarda bir duraksama meydana gelmiştir (Mehra & Benjamin, 1992). Hopfield 1982 yılında yayınladığı makale ile YSA üzerinde yoğun çalışmaların tekrar başlamasını sağlamıştır (Hopfield, 1982). Ayrıca son yıllardaki teknolojik ve nörofizyolojik gelişmeler nedeni ile elde edilen başarılı sonuçlar dikkatleri yeniden YSA na çevirmiştir. YSA, olayları öğrenerek karar verme prensibi üzerine kurulmuşlardır. Öğrenme, zeki sistemlerin bilgi, yetenek ve tecrübelerini arttırma olayı olarak düşünülebilir. Farklı tanımlar yapılmakla birlikte en genel şekli ile öğrenme; sistemlerin aynı veya benzeri işleri yaptıklarında, o işi veya işleri bir önceki yapıldığı şeklinden daha verimli ve etkin olarak gerçekleştirecek değişiklikleri oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır. Araştırmacıların zeki robotlar veya benzeri nesnelere oluşturma yönündeki çalışmalarının önemli bir noktasını da bu öğrenme sürecinin bilgisayarlaştırılması oluşturur. Dolayısıyla ortaya atılan öğrenme metot ve yöntemlerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bunun temel nedeni insanoğlunun programlanabilir makineler yerine, eğitilebilir makinelere sahip olma arzusudur. YSA insanoğlunun bu merakını giderebilmek için başlatılan çalışmaların ortaya çıkarttığı bir tür bilimsel öğrenme mekanizmasıdır (Lippmann, 1987). YSA her geçen gün ilgi odağı olmaktadır da insan beyninin fonksiyonları ile ilgili çalışmalar pek de yeni sayılmaz. Bu ağların paralel yapıları ve bilgisayarları geleneksel yöntemlerden çok daha farklı kullanarak özellikle seri bilgisayarlarda bilinen yöntemlerle yapılması mümkün olmayan veya çok zor olan bir takım işlevleri rahatlıkla yapmaları önemlerini daha da arttırmaktadır. YSA nı daha iyi kavramak için önce biyolojik sinir ağlarının genel olarak bilinmesinde yarar vardır (Öztemel, 1996).

3.1. Biyolojik Sinir Ağları

Biyolojik beynin en önemli özelliklerinden birisi de öğrenme olayıdır. İnsanlar ve hayvanlar sürekli olarak içlerinde buldukları çevre ile ilişkiler neticesinde bir öğrenme işlemi içerisindeyler. Öğrenilen her yeni bilgi beynin fonksiyonlarını

etkileyecek davranışlarda kendini gösterir. Bu özellik YSA'nın da temelini oluşturmaktadır (Öztemel, 1996).

Sinir hüresini oluşturan Dendrit, hücre gövdesi, akson ve akson uçları (sinaps) Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Dendritler sinaptik sinyalleri girdi olarak almakta, hücre gövdesi bu sinyalleri bilindiği kadarıyla analog bir yöntemle işlemekte ve üretilen denetim sinyali ya da sinyalleri aksonlar aracılığı ile denetlenecek hedef hürelere iletilmektedir.



Şekil 3.1. Sinir Hüresini Oluşturan Elemanlar

Bir sinir hücresi sinir ağlarının en temel elemanlarından biri olup sinir sisteminde fonksiyon ve görevlerine göre değişik şekil ve büyüklükte olabilir. Şekil 3.1'de bir hücrenin bir ucunda "dendrit" adı verilen ve hücreye diğer hücrelerden veya dış dünyadan bilgiler (sinyaller) getiren bağlantı elemanları, diğer ucunda ise bir life benzeyen, "akson (axon)" adı verilen ve hücrelerden diğerlerine veya dış dünyaya bilgiler taşıyan bağlantı elemanları görülmektedir. Akson daha sonra diğer hücrelerle birleşme esnasında dağınık dallara ayrılmaktadır. İki uçtaki bağlantı noktalarının elektro fizyolojik olarak hücrelerdeki bilgileri işlemede önemli yeri vardır.

Tipik bir sinir hücresi, hücre gövdesi ve dendritleri üzerine dış kaynaklardan gelen elektrik darbelerinden üç şekilde etkilenir. Gelen darbelerden bazıları sinir hüresini uyarır, bazıları bastırır, geri kalanı da davranışında değişikliğe yol açar. Sinir hücresi yeterince uyarıldığında çıkış kablосundan (aksonundan) aşağı bir elektriksel işaret

göndererek tepkisini gösterir. Genellikle bu tek akson üzerinde çok sayıda dallar olur. Aksondan inmekte olan elektrik işareti dallara ve alt dallara ve sonunda başka sinir hücrelerine ulaşarak onların davranışını etkiler. Sinir hücresi, çok sayıda başka sinir hücrelerinden genellikle elektrik darbesi biçiminde gelen verileri alır. Yaptığı iş bu girdilerin karmaşık ve dinamik bir toplamını yapmak ve bu bilgiyi aksonundan aşağı göndererek bir dizi elektrik darbesi biçiminde çok sayıda başka sinir hücresine iletmektir. Sinir hücresi, bu etkinlikleri sürdürmek ve molekül sentezlemek için de enerji kullanır fakat başlıca işlevi işaret alıp işaret göndermek, yani bilgi alışverişidir.

Sinyaller bir hücrenin aksonundan diğerinin dendritine gönderilir. Bir akson birden fazla dendrit ile bağlantı yapabilir. Bağlantının yapıldığı yere "sinaps" adı verilir. Hücreler, elektrik sinyallerini hücre duvarlarındaki gerilimi değiştirerek üretirler. Bu ise hücrenin içinde ve dışında bulunan dağılmış iyonlar sayesinde olmaktadır. Bu iyonlar sodyum, potasyum, kalsiyum ve klorin gibi iyonlardır. Bir hücre diğer hücreye elektrik sinyalini bu kimyasal iyonlar sayesinde transfer eder. Bazı iyonlar elektrik ve manyetik kutuplaşmaya neden olurken bazıları da kutuplaşmadan kurtulup hücre zarını geçerek iyonların hücreye geçmesini sağlarlar. Sinyaller hücrenin etkinliğini belirlerler. Bir hücrenin etkinliği hücreye gelen sinaps sayısı, sinapslardaki iyonların konsantrasyonu ve sinapsın sahip olduğu güç olmak üzere üç faktöre bağlıdır. Bir hücre sahip olduğu uyarı miktarınca diğer hücreleri etkilemektedir. Bazı hücreler diğerlerinin uyarılarını pozitif yönde, bazı hücrelerde negatif yönde etkilemektedir. İnsan beyni bu şekilde çalışan sayısız hücrenin bir araya gelmesinden oluşmaktadır (Öztemel, 1996.).

3.2. Yapay Sinir Ağları Nedir?

Bir YSA; biyolojik sinir sistemlerinden etkilenecek yapılan beyin, proses işleme gibi bir bilgi işleme paradigmasıdır. Bu paradigmanın anahtar kelimesi; bilgi işleme sistemlerinin yeni yapısıdır (novel structure).

YSA da tıpkı insanlar gibi örneklerden öğrenir. Bir YSA, bir öğrenme prosesi aracılığı ile spesifik bir uygulama için konfigüre edilir, örneğin pattern recognition

veya veri sınıflandırma gibi. Biyolojik sistemlerde öğrenme, sinir hücreleri arasında olan sinaptik bağlantılar için düzenlemeler içerir. Bu YSA için de doğrudur.

Yapay sinir ağlarının temel yapısı, beyne, sıradan bir bilgisayarinkinden daha çok benzemektedir. Yine de birimleri gerçek sinir hücreleri kadar karmaşık değil ve ağların çoğunun yapısı, beyin kabuğundaki bağlantılarla karşılaştırıldığında büyük ölçüde basit kalmaktadır.

Yapay sinir ağlarındaki her bir işlem birimi, basit anahtar görevi yapar ve şiddetine göre, gelen sinyalleri söndürür ya da iletir. Böylece sistem içindeki her birim belli bir yüke sahip olmuş olur. Her birim sinyalin gücüne göre açık ya da kapalı duruma geçerek basit bir tetikleyici görev üstlenir. Yükler, sistem içinde bir bütün teşkil ederek, karakterler arasında ilgi kurmayı sağlar. Yapay sinir ağlarındaki soru, yüklerin, sinyalleri nasıl değiştirmesi gerektiğidir. Bu noktada herhangi bir formdaki bilgi girişinin, ne tür bir çıkışa çevrileceği, değişik modellerde farklılık göstermektedir. Diğer önemli bir farklılık ise, verilerin sistemde depolanma şeklidir. Sinirsel bir tasarımda, bilgisayarda saklı olan bilgiyi, tüm sisteme yayılmış küçük yük birimlerinin birleşerek oluşturduğu bir bütün evre temsil etmektedir.

Ortama yeni bir bilgi aktarıldığında ise, yerel büyük bir değişiklik yerine tüm sistemde küçük bir değişiklik yapılmaktadır.

Yapay sinir ağları beynin bazı fonksiyonlarının ve özellikle öğrenme yöntemlerini benzetim yolu ile gerçekleştirmek için tasarlanır ve geleneksel yöntem ve bilgisayarların yetersiz kaldığı sınıflandırma, kümeleme, duyu-veri işleme, çok duyulu makine gibi alanlarda başarılı sonuçlar verir. Yapay sinir ağlarının özellikle tahmin problemlerinde kullanılabilmesi için çok fazla bilgi ile eğitilmesi gerekir. Ağların eğitimi için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir.

YSA'nın karakterize edilmesinin en uygun yöntemi, anlama ve hesaplamanın diğer modelleri ile YSA'nın ayırt edilmesidir. YZ ve muhakeme ile ilgili bilimlerde kullanılan yaygın düşünme modelleri sonuç çıkarmada bilgiyi ayırır Aynı şekilde yaygın olarak bilgisayarları programlamak için kullanılan hesaplamanın modeli veri ve programlara ayırır. YSA bu tip farklılıkları derinleştirir. Şöyle ki ; YSA da

algoritmalar statik olarak temsil edilir ve YSA'nın verileri ağlardaki sistemin dinamikleri ile gösterilir. Hopfield bu durumu 'çıkan hesaplama (emergent computation)' diye ifade etmiştir (Hopfield, 1982). Başka bir ifade ile ağ çıktısı gibi tekrar ortaya çıkmadan önce, fark edilemeyen girdi verisi gerçeğine değinmiştir.

YSA sembolik ve herhangi bir şeyle ilgili bilgiyi ikiye ayırır. Buradaki fark bilgiyi temsil etme yöntemindedir. Bilgi ilk şekilde sembollerle gösterilir. İkinci şekilde ise bilgi doğrudan temsil edilerek, hiçbir işleme tabi tutulmadan doğrudan işlev görür (Kocabaş, 1992).

YSA, lineer olmayan sistemlere ve proses değişikliğine adapte olabilir, bilgi sensörleri ile birleşebilir ve problemlerin çözülmesinde etkinlik gösterir. Bu gibi özellikleri ve diğer güçlü yönleri YSA'nın, gelecekte günümüze göre çok daha modern ve kompleks üretim sistemlerinde kullanılmasına olanak verir (White & Sofge, 1992).

3.3. Sinir Ağları Niçin Kullanılır?

Sinir ağları ve karmaşık verilerden türetilen yetenekleri; ya diğer bilgisayar teknikleri yada insanlar tarafından fark edilerek ortaya çıkan çok karmaşık trendleri ve numuneleri (pattem) elde etmek için kullanılır. Eğitilen bu sinir ağı; verilen analizdeki bilgi kategorisinde bir "uzman" olarak düşünülebilir. Bu uzman daha sonra, "what-if" sorularına cevap veren, ilgi alanları için yeni durumlar oluşturan projeksiyonlar sağlamak için kullanılabilir.

3.4. Geleneksel Bilgisayarlar ve Yapay Sinir Ağları – Bir Karşılaştırma

Sinir ağları; problem çözümünde geleneksel bilgisayarlardan daha farklı bir yaklaşım içindedirler. Geleneksel bilgisayarlar problem çözümü için algoritmik bir yaklaşım kullanırlar.

Sinir ağları bilgiyi insan beynine benzer bir şekilde işler. Ağ; spesifik bir problemi çözmek için paralel olarak çalışan, birbirleriyle bağlantılı çok sayıda proses

elemanından (sinir hücresinden) oluşur. Sinir ağları örneklerden öğrenir. Spesifik bir görevi yerine getirmek için programlanmayabilir. Örnekler dikkatlice seçilmelidir, aksi takdirde zamanı boşa harcamış oluruz.

Diğer yandan geleneksel bilgisayarlar problem çözümünde kognitif bir yaklaşım kullanırlar.

YSA ve geleneksel algoritmik bilgisayarlar rekabet halinde değildirler ve birbirlerine benzemezler. Geleneksel bilgisayarların görevleri aritmetik operasyonlar gibi algoritmik yaklaşımlar için daha uygundur. Algoritmik olmayan yaklaşımlar ise YSA için daha uygundur. Daha zor görevlerde daha fazla verim alabilmek için bu iki yaklaşımın bir kombinasyonunu kullanan sistemlere ihtiyaç duyulur (normalde geleneksel bir bilgisayar sinir ağlarını desteklemek için kullanılır).

3.5. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

YSA'nın hem yaygın olarak kullanılmasını sağlayan, hem de geleneksel bilgi işleme metodlarında ayrılan özellikleri vardır. YSA'nın bir takım özellikleri kullanılan sinir ağı modeline bağlı olsa da bunun yanında bir takım genel özellikleri de bulunmaktadır. Bu özellikler:

- YSA, olaylar arasındaki ilişkileri belirli bir algoritmaya dayanarak çözmek yerine, o ilişkiyi gösteren örnekleri incelemek suretiyle çözümler üretmeyi sağlarlar. Olay ile ilgili sinir ağına örneklerden başka hiçbir ön bilginin verilmemiş olması önemlidir. Ağ kendisine tanımlanan örnekleri tekrar tekrar inceleyerek ağdaki ilişkiyi kavramaya çalışır. Her yeni örnek, ağın sahip olduğu bilgiye bir yenisini ekler ve bu işlem tekrar ettikçe ilgili problem hakkında genellemeler yapılır (Öztemel, 1996).
- YSA kendisine tanımlanan bir şekli, daha önce öğrendikleri ile mukayese ederek aradaki benzerlikleri ortaya koyma ve eksik şekilleri tanımlama, benzer şekilleri oluşturma veya şekilleri belirli sınıflara ayırma özelliklerine sahiptir.
- Bir ağ öğrenme esnasında sahip olduğu bilgileri temsil etme şeklini kendisi

belirleyebilir. Bu daha çok kodlanması zor veya mümkün olmayan olayların üzerindeki çalışmalarda önemlidir. Bu özellikleri neticesinde sinir ağı, kendilerine sunulan örneklerden genelleme yapabilirler. Benzeri olayları değerlendirmekte de bu genellemeden yararlanırlar. Eksik, gürültülü, doğruluğu belli olmayan olaylarda bu genelleme özelliği oldukça faydalıdır. Genelleme sonunda eksik bilgiler tanımlanabilir, gürültülü bilgiler süzülerek ayrıştırılabilir. Özellikle görüntü tanıma, sınıflandırma ve sinyal analizinde kullanılabilir.

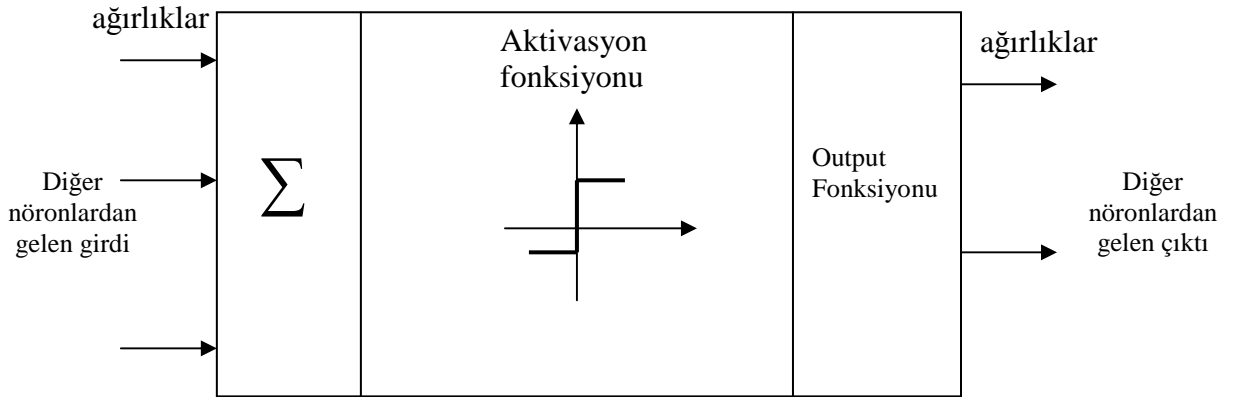
- Verilerde bir eksik söz konusu olursa geleneksel yöntemler çalışmazlar. İyi eğitilmiş, genelleme kapasitesi yüksek bir sinir ağı kendisine tanımlanan veriler eksik olsa bile karar verme işlemine devam edebilir. Aynı şekilde sinir ağı üzerinde bir takım problemler ve bozukluklar da olabilir. Geleneksel sistemlerin tersine sinir ağları bu durumda da çalışmalarına devam ederler. Verilerdeki eksiklik veya sinir ağlarındaki yapısal bozukluk arttıkça sinir ağının performansı yavaş yavaş azalmaya başlar. Fakat sistem, fonksiyonunu tamamen durdurmaz. Her durumda bir sonuç üretebilir. Bu özellik sinir ağının yapısından kaynaklanmaktadır. Çünkü ağın sahip olduğu bilgi, ağ üzerindeki hücrelerin birbirleri ile olan bağlantıları üzerine dağıtılmıştır. Böyle bir durumda tek bağlantı ve onun üzerindeki bilgi tek başına hiçbir anlam ifade etmez. Ancak bir grup halinde veya tam olarak bağlantıların birlikte düşünülmesi sonucu anlamlı bilgi üretilmektedir.

4. YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI

4.1. Temel Bileşenleri

Pek çok farklı tip sinir ağı vardır, fakat genelde hemen hemen aynı bileşenlere sahiptirler. Tıpkı insan beyni gibi; bir sinir ağıda sinirlerden ve onlar arasındaki bağlantılardan oluşur. Sinirler; giren bilgiyi diğer sinirlere gidecek olan bilgiye çevirirler. Sinir ağındaki bu bağlantılar ağırlıklar olarak adlandırılır. "elektriksel" bilgi ağırlıklarda depolanan spesifik değerler ile simüle edilir. Bağlantı yapısının bu ağırlık değerlerinde basit değişiklikler yaparak da simüle edilebilir.

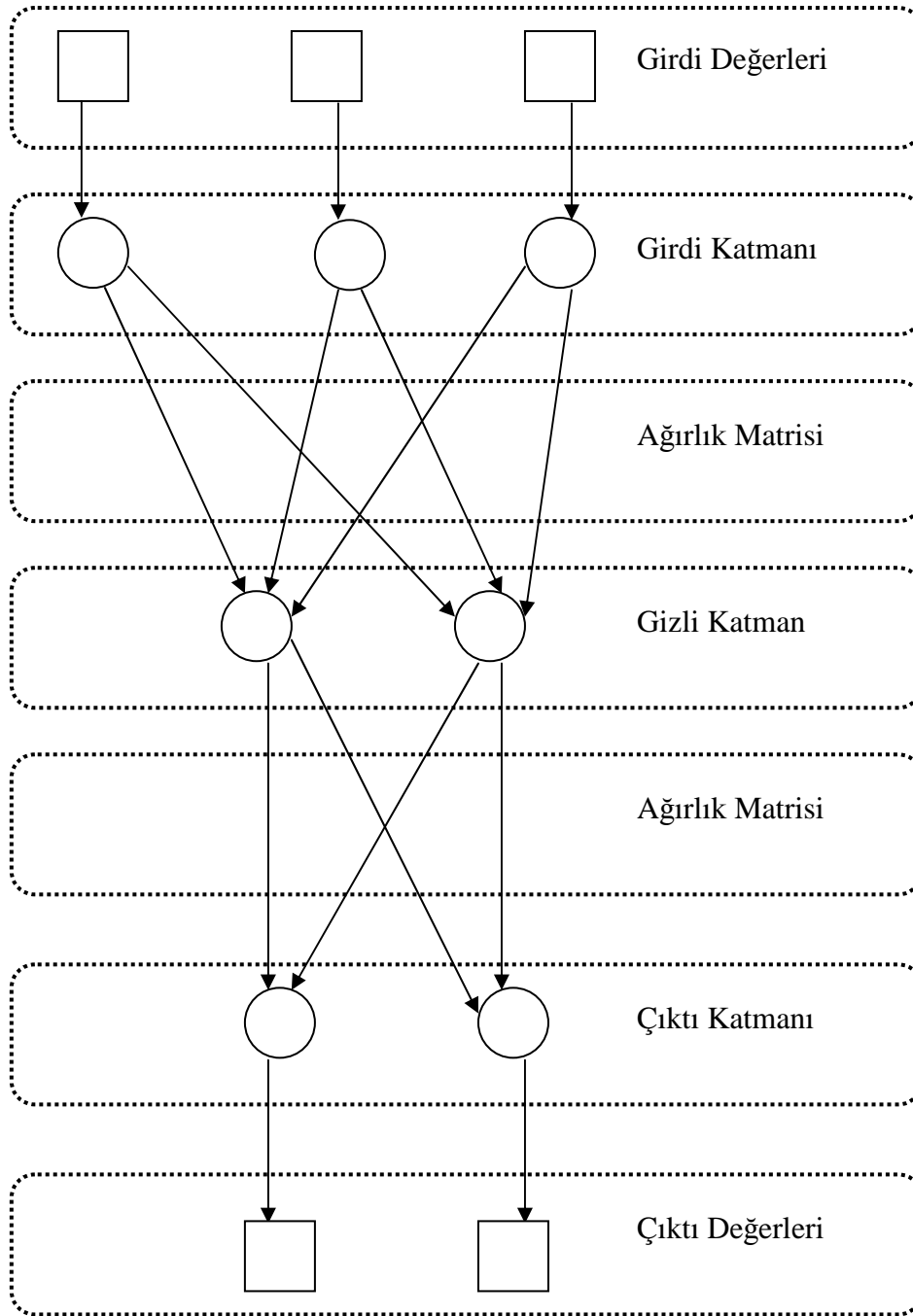
Şekil 4.1; bir sinir ağının idealize edilmiş bir sinirini gösterir.



Şekil 4.1. Bir Sinir Ağının İdealize Edilmiş Bir Siniri

Görüldüğü gibi bir yapay sinir biyolojik bir sinire benzer. Ve aynı şekilde çalışır. Girdi olarak adlandırılan bilgi ağırlıklandırılarak sinire gönderilir. Bu girdi tüm giren ağırlıkların değerlerini toplayarak bir yayılım fonksiyonu aracılığı ile işlenir. Sonuç değeri; sinirin aktivasyon fonksiyonu tarafından belirli bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Eğer girdi eşik değerini aşarsa; sinir aktive edilecektir. Aksi takdirde engellenecektir (inhibit).

Bir sinir ağında, katmanlar gruplandırılır, sinir katmanları olarak adlandırılır. Genellikle bir katmanın her bir siniri sonraki ve önceki katmanın tüm sinirleri ile bağlantılıdır (ağın girdi ve çıktı katmanları hariç). Bir sinir ağına verilen bilgi; bir veya daha fazla ara katman aracılığı ile girdi katmanından çıktı katmanına doğru yayılım gösterir. Şekil 4.2.'de üç katmanlı bir sinir ağı gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Üç Katmanlı Bir Sinir Ağı Yapısı

Bu bir sinir ağıının genel yapısı değildir. Örneğin, bazı sinir ağı tipleri gizli/ara katman içermezler veya bir katmandaki sinirler bir matris şeklinde düzenlenir. Genel olan; tüm sinir ağı tiplerinde iki sinir ağı katmanını birbirine bağlayan en azından bir ağırlık matrisi olmasıdır.

Bir YSA modeli birbirinden bağımsız ve paralel olarak çalışabilen proses elemanlarının (yapay sinir hücrelerinin, nöronların) hiyerarşik bir şekilde organizasyonundan oluşur. YSA nı oluşturan proses elemanlarından her biri beş temel parçadan oluşur (Öztemel, 1992).

4.1.1. Girdi elemanı

YSA da girdi, bir dış kaynaktan gelebileceği gibi diğer bir sinirden de gelebilir. Bir sinir hücresine birden fazla girdi gelebilir. Sinirsel hesaplama sadece sayılan işler. Eğer problem sayılardan oluşmuyorsa problemin girdileri sayısallaştırılır. 0 ve 1 arasında temsil edilir. Örneğin problem onaylama veya onaylamama diye ifade ediliyorsa; onaylama 1 olarak, onaylamama 0 olarak ifade edilir. Bunun gibi YSA da girdi karakterlerinin veya grafiklerinin piksel değeri de 0-1 arasında ağa verilir. Örneğin 5*10 piksellik bir karakter 50 bit vektör girişi ile ağa girdi olarak verilebilir.

Giriş veri gruplarının ağa sunulduğu terminallerdir. Bu katmanda sinir hücresi sayısı, giriş veri sayısı kadardır ve her bir giriş sinir hücresi bir veri alır. Burada veri işlenmeden bir sonraki katman olan gizli/ara katmana geçer.

Ara / Gizli Katman : Ağın temel işlevini gören katmandır. Bazı uygulamalarda ağda birden fazla gizli katman bulunabilir. Gizli katman sayısı ve katmandaki sinir hücresi sayısı, probleme göre değişir, tamamen ağ tasarımcısının kontrolündedir ve onun tecrübesine bağlıdır. Bu katman; giriş katmanından aldığı ağırlıklandırılmış veriyi probleme uygun bir fonksiyonla işleyerek bir sonraki katmana iletir. Bu katmanda gereğinden az sinir hücresi kullanılması giriş verilerine göre daha az hassas çıkış elde edilmesine sebep olur. Aynı şekilde gerektiğinden daha çok sayıda sinir hücresi

kullanılması durumunda da aynı ağda yeni tip veri guruplarının işlenmesinde zorluklar ortaya çıkar.

4.1.2. Ağırlıklar

YSA nın en önemli unsurlarındandır. Sinir hücresinde girdilerin etkisini tespit eder. Ağırlıklar bir proses elemanının her bir girdisinin önemini gösterir. Sabit veya değişken olabilirler. Ağırlık değerinin eksi (-) olması etkinin ters yönde olduğunu gösterir. Ağırlıklar bir anlamda YSA nın hafızaları olarak ifade edilebilir.

Problemlerde ağırlıklarla oynanarak en uygun ağırlıklar bulunur. Uygun ağırlıkların bulunması problemin çözüldüğünü gösterir.

4.1.3. Toplama fonksiyonu

Sinir hücresine net girdiyi açıklar. Toplama fonksiyonu her bir ağırlığı girdi elemanı ile çarpıp, daha sonra bunları tek bir proses elemanı olacak şekilde toplar. Kısacası bir proses elemanından gelen bilgileri birleştirme işlevini yerine getirir. Toplama fonksiyonunda girdiler tek veya çok miktarda olabilirler. Bu yüzden tek bir terim halinde temsil edilme ihtiyacı duyarlar. Bunun için bazı fonksiyonlar kullanılır. En çok kullanılan toplama fonksiyonu tipleri maksimum, minimum, çoğunluk, çarpım, toplam ve kümülatif toplam fonksiyonlarıdır.

4.1.4. Aktivasyon fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu toplama fonksiyonunun sonucunu alır, ilgili fonksiyon ile bunu işler, proses elemanının nihai çıktısını üretir. Burada elde edilen çıktılar diğer proses elemanlarına veya dış dünyaya iletilir. Aktivasyon fonksiyonları her bir proses elemanının ürettiği çıktının (0,1) aralığında olmasını sağlar. Bunun sebebi; yapılan işlemlerde aşın değerlerin üretilmesinin önlenmesi ve belli sınırlar içinde çalışmayı gerçekleştirmektir. Aktivasyon ve toplama fonksiyonları problemin yapısına göre tercih edilir.

4.1.5. Çıktı elemanı

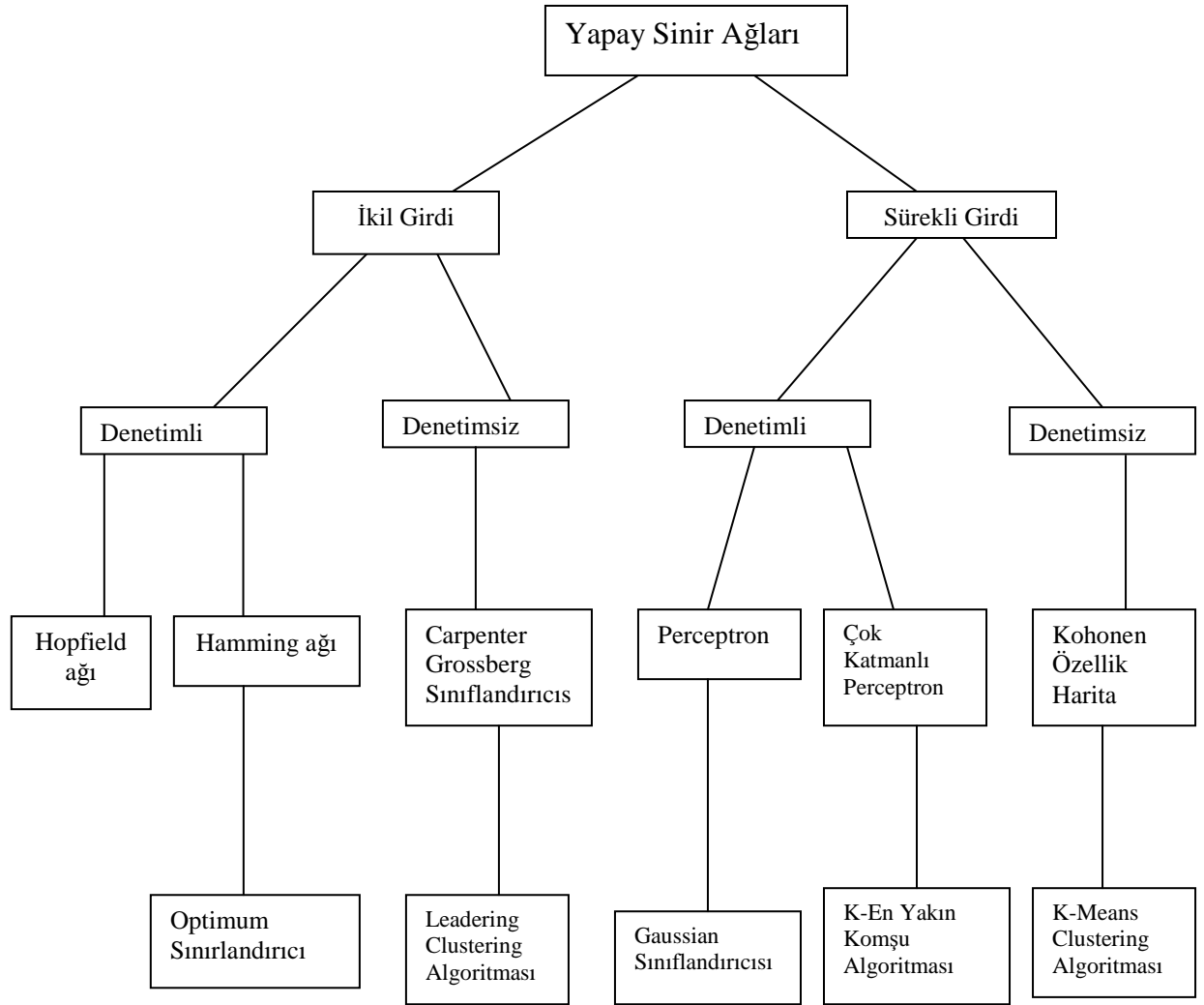
Çıktılar ağların sonuçlarıdır. Her bir proses elemanı sadece bir çıktı üretebilir. Ama birden fazla girdiye sahip olabilir. Çıktı katmanı; ağın en uç katmanıdır. Gizli katmandan aldığı veriyi ağın kullandığı fonksiyonla işleyerek çıktısını verir. Çıkış katmanındaki sinir hücresi sayısı, ağa sunulan her verinin çıkış sayısı kadardır. Bu katman dan elde edilen değerler yapay sinir ağının söz konusu problemleri için çıkış değerleridir.

4.2. Yapay sinir ağlarının tipleri

YSA nın çeşitli tipleri vardır. Bunlar; tipleri (ileri besleme veya geri besleme), yapıları ve kullandıkları öğrenme algoritmalarına göre sınıflara ayrılabilir. Sinir ağının tipi; ağ katmanlarının birisindeki sinir hücrelerinin birbirleri ile bağlantılı olup olmadığına göre belirlenir. İleri besleme sinir ağları yalnızca iki farklı katman arasındaki sinirlerin bağlantılı olmasına izin verir. Geri beslemeli sinir ağları ise; ayrıca aynı katmandaki sinirler arasında da bağlantı olmasına izin verir.

Zamandan bağımsız olarak örüntülerin sınıflandırılmasında kullanılabilen altı önemli YSA nın aile ağacı Şekil 4.3'de verilmektedir. Bu ağaç ilk olarak ikil veya sürekli girdi değerleri ile çalışanlar 'olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu ayırım kendi içerisinde eğitimin denetimi i olması veya olmamasına göre tekrar ikiye ayrılmıştır.

Hopfield YSA ve Perceptran gibi denetimli eğitilen ağlar, çağrışımçı bellek veya sınıflandırıcı olarak adlandırılırlar. Denetimli eğitimde her girdi vektörü için çıktının ne olacağı baştan sisteme verilmektedir. Eğitim sırasında verilen çıktı değerlerine göre ağ, fiili çıktıyı olması gereken çıktı ile karşılaştırır ve aradaki farkı gidermek için ağırlıklar matrisi elemanlarının değerlerini değiştirir. Ancak bazı araştırmacılar, bir biyolojik sistem içerisinde uygulanan girdilere karşı gelen çıktının baştan bilinemeyeceği için, bu şekildeki denetimli eğitimin biyolojik kurallara uygun olmayacağını savunmuş, kendi modellerini bilinen biyolojik kurallarla ters düşmeyecek şekilde kısıtlamışlardır.



Şekil 4.3. Çeşitli Yapay Sinir Ağı Modelleri

4.2.1. Perseptron

Perseptron ilk kez 1958 yılında F. Rosenblatt tarafından ortaya atıldı. Bu yalnızca başlangıç girdi ve çıktı değerlerini (0,1) kabul eden iki sinir katmanında oluşan çok basit bir sinir ağı tipidir. Öğrenme prosesi destekli öğrenmedir ve ağ AND ve OR gibi temel mantıksal operasyonlar ile çözülebilir. Ayrıca örnek sınıflandırma amaçları (pattern classification purposes) için kullanılır. Daha karmaşık mantıksal operasyonlar (XOR problemi gibi) bir perseptron ile çözülemez.

Tablo 4.1. Perceptronun Özellikleri

Perceptron Özellikleri	
Örnek Yapı	<p style="text-align: center;">Girdi Değerleri</p> <p style="text-align: right;">Girdi Katmanı</p> <p style="text-align: right;">Ağırlık Matrisi</p> <p style="text-align: right;">Çıktı Katmanı</p> <p style="text-align: center;">Çıktı Değerleri</p>
Tipi	İleri Besleme
Sinir Katmanları	1 Girdi Katmanı 1 Çıktı Katmanı
Girdi Değer Tipi	Başlangıç (Binary)
Aktivasyon Fonksiyonu	Hard Limiter
Öğrenme Metodu	Destekli
Öğrenme Algoritması	Hebb Öğrenme Kuralı
Başlıca Kullanım Alanları	Basit Mantıksal Operasyonla

4.2.2. Çok katmanlı perseptron

Çok katmanlı perseptron ilk defa 1969 yılında M. Minsky ve S. Papert tarafından ortaya atıldı. Perseptronun genişletilmiş bir halidir. Girdi ve çıktı katmanları arasında bir veya daha fazla sinir katmanı olabilir. Geniş bir yapı olan Çok katmanlı bir perseptron; XOR problemini de kapsayan her türlü mantıksal operasyon çözebilir.

Çok katmanlı perseptron, ilk geliştirildiği yıllarda etkin bir eğitim algoritması olarak yoğun bir şekilde kullanılmıştır. En yeni eğitim algoritmalarından biri geri yayılım (backpropagation) dır. Çok katmanlı perseptron yapısındaki bir ağa bu algoritmanın uygulanması ile Geri Yayılım Yapay Sinir Ağı geliştirilmiştir.

Tablo 4.2. Çok Katmanlı Perceptronun Özellikleri

Çok Katmanlı Perceptron Özellikleri	
Örnek Yapı	<p style="text-align: center;">Girdi Değerleri</p> <p style="text-align: right;">Girdi Katmanı</p> <p style="text-align: right;">Ağırlık Matrisi 1</p> <p style="text-align: right;">Gizli Katman</p> <p style="text-align: right;">Ağırlık Matrisi 2</p> <p style="text-align: right;">Çıktı Katmanı</p> <p style="text-align: center;">Çıktı Değerleri</p>
Tipi	İleri Besleme
Sinir Katmanları	1 girdi katmanı 1 veya daha çok ara/gizli katman 1 çıktı katmanı
Girdi Değer Tipi	Başlangıç (Binary)
Aktivasyon Fonksiyonu	Hard Limiter / Sigmoid
Öğrenme Metodu	Destekli
Öğrenme Algoritması	Delta Öğrenme Kuralı, Backpropagation
Başlıca Kullanım Alanları	Karmaşık Mantıksal Operasyonlar

4.2.3. Geriye yayılım ağı

Geriye yayılım ağı ilk kez 1986 yılında, E. Rumelhart ve R.J. Williams tarafından ortaya atıldı. Ve sinir ağları tiplerinin en güçlülerinden biri olarak kabul edilir. Çok katmanlı persetpron ile aynı yapıdadır ve geri yayılım öğrenme algoritması için kullanılır.

Tablo 4.3. Geri Yayılım Ağı Özellikleri

Geri Yayılım Ağı Özellikleri	
Örnek Yapı	<p style="text-align: center;">Girdi Değerleri</p> <p style="text-align: center;">Çıktı Değerleri</p>
Tipi	İleri Besleme
Sinir Katmanları	1 girdi katmanı 1 veya daha çok ara/gizli katman 1 çıktı katmanı
Girdi Değer Tipi	Başlangıç (Binary)
Aktivasyon Fonksiyonu	Sigmoid
Öğrenme Metodu	Destekli
Öğrenme Algoritması	Backpropagation (genel olarak)
Başlıca Kullanım Alanları	Karmaşık Mantıksal Operasyonlar

4.2.4. Hopfield ağı

Hopfield ağı ilk kez 1982 yılında, fizikçi J. J. Hopfield tarafından ortaya atıldı. "Termodinamik modeller" olarak adlandırılan sinir ağı tiplerine dahildir. Her bir siniri diğer tüm sinirlere bağlı bir sinirler kümesinden oluşur. Girdi ve çıktı sinirleri arasında farklılık yoktur. Bir Hopfield ağının temel uygulama alanı; örnekleri tanıma ve depolamadır (imaj dosyalama gibi).

Hopfield ağı, tek katmanlı ve geri beslemeli bir YSA dır (Lippmann, 1987). Genellikle giriş değerlerinin ikili düzende (0 ve 1) temsil edilebileceği uygulamalarda kullanılır. Örnek olarak; siyah beyaz görüntülerin işlenmesi, 8 bitlik ASCII karakterleri ile temsil edilen metinlerin işlenmesi verilebilir.

Sürekli Hopfield Ağı modeli, optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı uygulamalar verir. Örnek olarak Gezgin Satıcı Problemi (Traveling Salesman Problem) verilebilir. Hopfield modeli YSA yı pek çok optimizasyon problemine uygulamak mümkündür. Yapısında bir enerji fonksiyonunu minimize etme özelliği bulunduğu için gerçek dünyadaki pek çok probleme uygunluk göstermektedir.

Hopfield modeli, yoğun bağlantılı, geri beslemeli ve bunun sonucu olarak da dinamik bir yapıya sahip olduğu için gerçek biyolojik sistemlere en çok uyan modellerden biridir. Hopfield modeli, gezgin satıcı gibi zor optimizasyon problemlerinin çözümünde bile kullanılabilir bir YSA dır. Hopfield modelinde donanım tavlama yönteminin kullanılması ile global minimum bulunması sağlanabilir. Hopfield modelini çeşitli uygulamalarda kullanmada en önemli unsur, devre parametrelerinin belirlenmesidir.

Problemin enerji fonksiyonu olarak iyi ifadesi alınır ve parametreler uygun seçilirse evre problemi için geçerli ve iyi çözümler bulunur. Hopfield modelini herhangi bir probleme uygulamada kullanabilmek için problemin çözümü olacak şekilde devre parametrelerini belirlenmesini sağlayacak bir koşul bulunması üzerinde çalışılması gerekmektedir (Hopfield & Tank, 1985).

Tablo 4.4. Hopfield Ağı Özellikleri

Hopfield Ağı Özellikleri	
Örnek Yapı	<p>The diagram shows a Hopfield network with five nodes arranged in a pentagonal pattern. Each node is represented by a circle. Dotted arrows labeled 'Girdi Değeri' (Input Value) point to each of the five nodes. The nodes are interconnected by solid lines, representing the 'Ağırlık Matrisi' (Weight Matrix). The weight matrix is a 5x5 matrix with a diagonal of 1s and symmetric off-diagonal elements.</p>
Tipi	İleri Besleme
Sinir Katmanları	1 Matrix
Girdi Değer Tipi	Başlangıç (Binary)
Aktivasyon Fonksiyonu	Signum/Hard Limiter
Öğrenme Metodu	Desteksiz
Öğrenme Algoritması	Delta Öğrenme Kuralı Simulated Annealing (Genel Olarak)
Başlıca Kullanım Alanları	Örnek İlişkisi Optimizasyon Problemleri

4.2.5. Kohonen özellik haritası

Kohonen özellik haritası ilk kez 1982 yılında Helsinki Üniversitesinden Prof. Teuvo Kohonen tarafından ortaya atılmıştır. Eğer insan beyninin öğrenme prosesi simüle edilecekse belki de en kullanışlı sinir ağı tipidir. Bu tip sinir ağının “kalbi” özellik haritasıdır. Bir sinir katmanı, belirli girdi değerlerine uygun olarak düzenlenir. Bu sinir ağı tipi hem ileri besleme (özellik haritasının girdi katmanı) hem de geri besleme (özellik haritası) içindir. Bir kohonen özellik haritası, sample applet için kullanılır.

Tablo 4.5. Kohonen Özellik Haritasının Özellikleri

Kohonen Özellik Haritası Özellikleri	
Örnek Yapı	
Tipi	İleri Besleme / Geri Besleme
Sinir Katmanları	1 Girdi Katmanı 1 Harita Katmanı
Girdi Değer Tipi	Başlangıç (Binary), Gerçek (Reel)
Aktivasyon Fonksiyonu	Sigmoid
Öğrenme Metodu	Selforganization
Başlıca Kullanım Alanları	Sınıflandırma, Optimizasyon, Simülasyon

4.3. Öğrenme

4.3.1. Öğrenmenin genel yapısı

Bilgi işleme hızı bilgisayar teknolojisinde halen önemli bir etkidir. Sistemlerin her geçen gün biraz daha karmaşık olması nedeni ile daha çok bilgiyi daha verimli bir şekilde işleme gerekliliği yeni yazılım/donanım sistemlerini zorunlu hale getirmiştir. Halbuki insan beyni, oldukça fazla bilgiyi gerçek zamanlı olarak oldukça hızlı bir biçimde işleyebilmektedir. Bu durum, yapısındaki hücrelerin paralel olarak çalışması ile açıklanmaktadır. YSA da yine birbirlerine bağlı ve paralel işlem elemanlarından oluştuğundan, hızlı işleyebilme yetenekleri, bu ağlara özellikle endüstride gerçek zamanlı çalışma kabiliyeti de kazandırır.

Simon (1983) tarafından öğrenme işlevi, bir sistemin bir görevi daha etkili ve verimli yapabilme yeteneğini kazanması şeklinde tanımlanmıştır. Michalski (1986) ise, öğrenmenin deneyimin bir göstergesi olduğunu belirtmiştir (Baklavacı, 1994).

Genel olarak öğrenme, bir bilginin çözümü demektir. Bir istem aldığı bilgiyi kendi bünyesinde çözerek öğrenmektedir. Bunu da öğrenme süreci boyunca yapısını değiştirerek yerine getirmektedir.

Sonuçta öğrenme, sistemin parametrelerini değiştirerek verilen giriş değerlerine karşılık istenen çıkış değerlerinin alınması veya üretilmesini sağlayacak bir kendini uyarlama sürecidir (Karamahmut, 1994).

YSA da değişebilen sistem parametreleri, hücreler arası bağlantıları sağlayan sinapsları temsil eden bağlantıların ağırlık katsayılarıdır. En uygun ağırlıkların bulunması problemin çözüldüğü anlamına gelir. Öğrenme sırasında oluşabilecek değişimler şu şekilde sıralanabilir (Güzeliş, 1991):

- Yeni bağlantıların oluşması
- Varolan bağlantıların kaybolması
- Varolan bağlantıların ağırlıklarının değişimi

YSA da öğrenme olayı aşama aşama gerçekleştirilen bir işlem, genelde bir süreçtir. Öğrenme sırasında bir eğitim seti kullanılır. Eğitim kümesinde, ilgili olaylar arasındaki ilişkileri YSA ya en uygun şekilde gösterebilecek girdiler bulunur.

Öğrenme özelliği YSA nın en önemli özelliklerindedir. Kendisine verilen öğrenme seti sayesinde öğrenme işlemi gerçekleştirildiği zaman YSA, iç dinamikleri ile öğrenme setinde belirlediği ilişkilerden yola çıkarak genelleme yapar ve yeni problemler karşısında sonuçlar üretir. Öğrenme aşamasında her adımda eğitim setinden sırayla veya rast gele örnekler alınmakta ve ağa uygulanmaktadır. Adım sonunda belirli bir amaç ölçütü gereğince ağın bağlantı ağırlık katsayıları değiştirilmektedir.

Adım adım eğitim dışında, kümesel eğitim denilen öğrenme kuralları da vardır. Bunlarda eğitim tek bir adımda gerçekleşmektedir.

Bağlantı ağırlık katsayılarının son değerleri eğitim kümesindeki tüm örnekler göz önüne alınarak tek bir adımda bulunmaktadır.

4.3.2. Öğrenme türleri

YSA öğrenme durumlarına göre genel olarak üç türlü öğrenme algoritmalarına sahiptirler (Öztemel, 1996):

- a) **Öğretmenli öğrenme:** Bu öğrenme türünde, dışarıdan bir öğretmenin sinir ağının öğrenmesine müdahalesi söz konusudur. Öğretmen, sinir ağının ilgili girdi için öğrenmesi gereken sonucu sinir ağı sistemine tanımlar. Diğer bir ifade ile; ağa, girdi-çıkıtı ikilisinden oluşan örnekler sunulur ve girdi çıkıtı bilgisinin ağa tanımlanması gereklidir. Ağ girdi kısmını alır ve o anki bağlantı ağırlıklarının tanımladığı bilgi ile bir çıkıtı oluşturulur. Bu çıkıtı, hedef çıkıtı ile karşılaştırılır ve ağdaki hata tekrar ağa aktarılarak ağırlıklar bu hatayı azaltacak biçimde değiştirilir.

Öğretmenli öğrenme basit anlamda öğrenciler ile öğretmenin bir sınıftaki dersine benzetilebilir. Öğrenciler ile öğretmen ders boyunca karşılıklı etkileşim içindedirler. Öğrencilerin sorulan sorulara verdikleri cevaplar öğretmen tarafından denetlenmektedir ve gerekirse doğru cevap öğretmen tarafından öğrencilere iletilmektedir.

- b) **Takviyeli öğrenme:** Bu tür öğrenmede, yine bir öğretmene ihtiyaç vardır. Öğretmenli öğrenmeden farkı ise bu durumda öğretmenin ağın üretmesi gereken sonuç yerine, onun ürettiği sonucun sadece doğru veya yanlış olduğunu söylemesidir. Bu ise, ağa bir takviye sinyalinin gönderilmesi ile sağlanır. Bu tür öğrenme, örnek için beklenen çıktının oluşturulamadığı durumlarda çok faydalıdır.
- c) **Öğretmensiz öğrenme:** Bu durumda hiçbir öğretmene ihtiyaç yoktur. Onun için buna çoğu zaman kendi kendine organize öğrenme (self-organized learning) de denilmektedir. Ağ kendisine gösterilen örnekleri alır ve belli bir kritere göre sınıflandırır. Bu kriter önceden bilinmeyebilir. Ağ kendi öğrenme kriterlerini kendisi tanımlamaktadır.

4.3.3. YSA'da kullanılan önemli öğrenme algoritmaları

Burada öğretmenli ve öğretmensiz öğrenmeye yönelik yedi önemli öğrenme algoritması verilecektir (Zurada, 1991):

- a) **Hebb öğrenme algoritması:** Hebb'in öğrenme algoritmasında temel fikir, hücrenin darbe üretmesine sebep olan bağlantıların ağırlık katsayılarını büyütürken etkilerini arttırmaktır: Dışarıdan istenilen bir çıkış uygulanmadığından öğretmensiz bir öğrenme algoritmasıdır.

- b) Algılayıcı (perceptron) öğrenme algoritması: Rosenblatt (1958) tarafından önerilen Algılayıcı Öğrenme Algoritması'nda ağırlık (w) değişimi; gerçekleşen çıktı ile istenen çıktı arasındaki fark ile orantılıdır. Dolayısı ile öğretmenli bir algoritmadır. Devrenin çıkışı iki kutuplu ve w' nun oluşturduğu bir hiper yüzey tarafından belirlenmektedir. Ağın ürettiği çıkış istenen çıktıdan farklı ise, hiper yüzey hatayı azaltacak yönde hareket etmektedir. Hata sıfır olduğunda w değişimi durmaktadır.
- c) Eğim-Düşme öğrenme algoritması: Eğim-düşme (Gradient Descent) Öğrenme Algoritması veya "Delta Kuralı" Öğrenme Algoritması sadece üretilebilir fonksiyonlara sahip olan ağlara uygulanabilmektedir. Öğretmeni bir öğrenme algoritmasıdır. w değişimi hatanın eğiminin ters yönündedir. Böylece hata fonksiyonunun oluşturduğu çanağın dibine, yani hatanın minimum olduğu yere doğru hareket edilmektedir.
- d) Widrow-Hof öğrenme algoritması: Widrow-Hof Öğrenme Algoritması öğretmenli bir öğrenme algoritmasıdır. w değişimi ağın çıktısından bağımsızdır. Aslında bu algoritma Eğim-Düşme algoritmasının özel bir halidir.
- e) İlinti öğrenme algoritması: Hebb Öğrenme Algoritmasının Öğretmenli Uyarlamasıdır.
- f) Kazanan her şeyi alır öğrenme algoritması: Yarışma türü öğrenme algoritmalarına örnek teşkil etmekte olan bu algortmada genel kural; giriş değerine en yakın olan bağlantı ağırlık katsayılarını bulmaktır. Bu w' lara ilişkin hücre, kazanan hücre olarak adlandırılmaktadır. Sadece kazanan hücre bir çıkış üretmekte ve bu hücreye ilişkin w' lar değişime uğramaktadır. Öğretmensiz öğrenmenin tipik bir örneği olan bu algoritma sonuçta ağa gelen girişleri sınıflandırmaktadır.
- g) Outstar öğrenme algoritması: Öğretmenli öğrenme algoritma türü olan bu öğrenme algoritmasında amaç; w' ları istenen çıktıya benzetmektir.

5. MALİYET SİSTEMLERİ

5.1. Geleneksel Maliyet Sistemleri

Geleneksel Maliyet Sistemleri imalat sürecinde işçilik fonksiyonunun önemli bir yer tuttuğu dönemlerde işçilik baz alınarak geliştirilmiştir. Bu sistemlerde, genel imalat giderleri işçilik kadar önemli bir gider kalemi olarak görülmez. O nedenle geleneksel sistemlerin bazı problemleri ortaya çıkmaktadır. Bunları şöyle sıralamak mümkündür:

- Günümüzde artık işçilik ürünlerin oluşmasında eskisi kadar önemli bir faktör değildir. Bu otomasyon ve makineleşme sürecinin bir neticesidir.
- Firma yöneticileri firma içerisinde gerçekleştirilen faaliyetlerin gerçek maliyetini görememektedir. Sadece harcamaların hangi kalemlere ne kadar yapıldıklarını bilebilmektedirler. Mesela işçilere şu kadar maaş ödenmiş şeklinde bir bilgileri olmakta fakat diğer faaliyetlerin maliyetleri konusunda bilgi almaları mümkün olmamaktadır.
- Proses iyileştirmelerinin görülmesi mümkün değildir. Çünkü maliyet sistemleri bunları rapor edecek şekilde tasarlanmamıştır.

Geleneksel maliyet sistemlerinde maliyet muhasebesi sistemi genel olarak şu fonksiyonları içermektedir.

- 1) Maliyet yönetimi ve kontrolü
- 2) Mamül maliyetlerinin belirlenmesi
- 3) Stok değerlendirme

Geleneksel maliyet sistemlerinde maliyetler, firma içerisinde hangi bölümde oluşursa orada biriktirilir. Maliyet kontrolü benzer harcama gurupları için bütçelenen

maliyetlerle gerçekleşen maliyetleri kontrol eden “sapma raporları” gerçek kontrol araçlarıdır. Bu sistemlerin temel maliyet kalemi işçiliktir. Çünkü işçilik maliyetinin toplam maliyet içerisinde önemli bir paya sahip olduğu kabul edilmektedir. Genel imalat maliyetlerinin ise oldukça düşük paya sahip olduğu görülmektedir. Onun için bütün maliyetler işçilik maliyetine dayandırılarak hesaplanmaktadır. Otomasyonun artması ile bu anlayışın ne derece yanlış olduğu görülmektedir. Bununla beraber, maliyetlerin böyle belirlenmesi çok kolay olduğundan bu sistemde yaygın olarak kullanıldığını görmek mümkündür. Bu sistemlerin diğer bir özelliği ise fazla miktarda stok bulundurmaya teşvik etmeleridir. Genel imalat giderlerinin ürün başına dağıtım sonucu “fazla stok az maliyet” gibi bir anlayış hakimdir. Halbuki TZÜ ve toplam kalite anlayışının hakim olduğu sistemlerde bu anlayışında doğru olmadığı ve bunları uygulayan şirketlerin geleneksel maliyet sistemlerini kullanmadan başarılı bir maliyet yönetimi oluşturmak zorunda kaldıkları görülmektedir. Benzer şekilde bilgisayar teknolojisinin şirketlerde hemen hemen her alanda kontrol amaçlı kullanımı mevcut yönetim muhasebesini de etkilemektedir. Bu durum otomasyona yol açmakta, o da maliyet sistemlerinde kullanılan modellerin geçerliliğini ortadan kaldırmaktadır. Artık geleneksel maliyet sistemlerinin gelişen otomasyon teknolojisinin ihtiyaçlarını karşılayamadığı açık olarak görülmektedir (Keegan ve arkadaşları, 1988). Burada geleneksel modellerde teknik açıdan yapılması gereken değişiklikler tartışılacaktır. Özetle değişiklikler şu noktalardan kaynaklanmaktadır.

- Direkt işçilik maliyetleri azalmaktadır.
- Donanım Maliyetleri artmaktadır.
- Bilgisayar teknolojisi nedeni ile kullanılan bilginin içeriği ve önemi artmaktadır

Bu değişiklikler, uygulanan maliyet yönetim modelinde, maliyet dağıtım yönteminin nasıl seçileceği ve doğruluğunun nasıl kanıtlanacağı problemini ortaya çıkarmaktadır. Bunun için tek bir modelden bahsetmek mümkün değildir. Ayrıca bu dağıtım sisteminin sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir.

Benzer şekilde maliyet sınıflandırmasında ve amortisman yöntemlerinde de değişiklik olmaktadır. Maliyetlerin direkt veya endirekt olup olmadıklarının

belirlenmesi sorunu ortaya çıkmaktadır. Çünkü işçilik gibi dolaylı maliyetlerin azalması dolaysız maliyetlerin neler olduklarının belirlenmelerinin gerekliliğinin ortaya koymaktadır. Geleneksel yöntemde amortisman, sabit geri alma dönemine dayanmakta ve ürüne eklenen değer, ürünlerin kendilerinden ve geri alma dönemi boyunca gerçek kullanımlarından bağımsız olduklarını varsayarak hesaplanmaktadır. Gelişen otomasyon ile bunun yeniden gözden geçirilmesi gerektiği ve sabit zaman dönemleri yerine gerçek makine kullanımına dayanarak amortisman değerinin hesaplanması daha doğru olmaktadır. Bu yaklaşım, ekonomik şartlardaki değişme ile otomasyon giderlerinin daha iyi karşılanmasını da sağlamaktadır.

Geleneksel maliyet sistemindeki gelişmelerin belirlenmesinde önemli faktörlerden birisi de mamül maliyetinin hesaplanmasıdır. Genel olarak bir mamülün maliyetinin hesaplanmasında şu kalemlerin dikkate alındığı görülmektedir.

Mamülün maliyeti = direkt işçilik + malzeme + değişken ve genel giderler + sabit giderler

Bunlardan direkt işçilik ve malzeme maliyetleri endüstri mühendisleri tarafından açık olarak gözlenip ölçülebilmekte ve rahatlıkla belirlenebilmektedir. Hatta bunları standardize etmek dahi mümkündür. Genel giderler ise ilgili birimler tarafından rapor edilir. Bu giderlerin belirlenmesi kolay değildir. Burada ya sabit genel giderler belirlenip uygulanmakta veya bütün maliyetlerin tamamının ürün üzerine yüklenmesi şeklinde bir sistem uygulanmaktadır (Barnes, 1992). Bu maliyetler belirlendikten sonra genel olarak yönetimin kararlarından etkilenmezler. Yani yönetimin kararları genel giderler de bir değişikliğe neden olmaz. Bu giderleri belirlemekteki zorluktan dolayı önceleri bir ürünü üretebilmek için harcanan toplam emeğe yani direkt işçiliğe bağlı olarak genel giderlerin belirlenmesi esas alınmıştır. Bu aslında işçiliğin temel maliyet olduğu yüzyılın başlarında oldukça yaygın olarak uygulanmış bir yöntemdir. Fakat son yıllarda (özellikle son 20 yıl içerisinde) imalat işleri ile uğraşanlar bu yaklaşımın gerçeği yansıtmadığı ve maliyetlerin işçilikten başka bir takım faktörler tarafından da belirlendiğini görmüşlerdir. Bunun açık olarak ortaya çıkmasında, teknolojik gelişmelerin de payı büyük olmuştur. Çünkü, daha önce de sık sık belirtildiği gibi artık işçilik eskisi kadar önemli bir maliyet faktörü değildir. Bununla

birlikte bunun ortaya çıkması işletmelerin çalışma şekilleri ile uyguladıkları maliyetlendirme modellerinin birbirine göre bir değerlendirmesinin yapılmasını da zorunlu kılmaya başlamıştır. Bu maliyetlendirme sürecindeki değişiklik şu verilerle açık olarak görülmektedir. Amerikan endüstrisinde 25 yıl önce işçilik maliyeti toplam maliyetin %40'ı iken 1990 yıllarının başında bu rakam %5'lere kadar düşmüştür (Barnes, 1992). Teknolojik gelişmeler, otomasyon, akıllı makine sistemleri, esnek üretim sistemleri, hücre tipi üretim vs. hep işçilik maliyetinin düşmesine neden olmakta mamulün maliyetlendirilmesinde de başka faktörlerin doğmasına neden olmaktadır. Aynı şekilde genel giderlerin geleneksel yol ile belirlenmesi ve değişik harcamaların bir bütün olarak görülmesi de gerçekçi olmaktan uzaktır. Bu problemlere ek olarak geleneksel sistemler konusunda şu noktanın göz ardı etmemek gerekmektedir.

- Geleneksel sistemler (TZÜ dahil) toplam kalite yönetimi (TKY) ve malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) gibi modern imalat teknolojisinin desteklediği tekniklere karşılık verecek nitelikte değildir
- Bu sistemlere göre yöneticilerin başarıları genel üretim giderlerindeki atama sürecinden ötürü oluşan ve tam kontrol edemedikleri faktörler baz alınarak ölçülmektedir. Bundan dolayı sistemde yöneticilerin gerçekçi değerlendirmesi söz konusu olamamaktadır.

5.1.1. Geleneksel maliyet sisteminin sınırları

Çeşitli mamul üreten işletmeler mamul bileşimini, belirli bir dönemde hangi tür mamullerden ne kadar üretilip satacaklarını planlarken, bu bileşimin toplam satışları üzerinden azami kar sağlamayı amaçlarlar. Bu tür bir hesap yapabilmeyin temel koşulu, toplam mamul bileşiminin satış hasılatıyla karşılaştırılacak mamul maliyetlerinin sağlıklı bir şekilde saptanabilmesidir. Değişken maliyetleme ve buna dayanarak yapılacak katkı payı analizleriyle bu soruna bir ölçüde çözüm bulunabilir. Ancak, satış hasılatıyla değişken maliyetlerin karşılaştırılması şeklinde yapılan bu tür analizlerde hangi mamullerin gerçekte ne derece karlı olduğu tam olarak hesaplanamaz. Burada temel sorun, genel üretim maliyetleri içinde yer alan ve çeşitli mamullere dolaylı bir biçimde yüklenen bazı maliyet türlerinin dağıtım yöntemiyle

ilgilidir.

Bilindiği gibi Genel Üretim Maliyetleri (GÜM), mamullere maliyet yerleri üzerinden geçerek üç aşamada yüklenir. Birinci aşamada yardımcı ve esas maliyet yerlerinin tümüne dağıtılan GÜM, ikinci aşamada yardımcılarından esas maliyet yerlerine ve üçüncü aşamada da esas maliyet yerlerinden çeşitli mamullere yüklenir. Çeşitli mamul üretiminde sağlıklı maliyet hesaplanabilmesi, üçüncü dağıtım aşamasında seçilecek yükleme anahtarının niteliğine bağlıdır.

Bir esas maliyet yerinde toplanan GÜM ile o maliyet yerinde üretilen mamuller arasında doğrudan bir ilişki bulunmadığında, yükleme anahtarı olarak genellikle üretim süresini yansıtan işçilik saati veya makine saati kullanılır. Bu durumda, her mamulün alacağı pay da üretim süresine göre farklılık gösterir. İşte temel sorun, bu tür bir yükleme yönteminin yönetim kararları için de yararlı olabilecek sağlıklı bir maliyet hesaplamasına olanak verip vermeyeceğidir. Geleneksel dağıtım yöntemlerine karşı çıkanlara göre, şimdiye kadar yaygın uygulama alanı bulan yöntemler yetersizdir ve yanlış yönetim kararlarına yol açmaktadır. Bu yüzden, çeşitlilik sağlamak için özellik arz eden mamul çeşitlerini çok kez nispeten ufak partiler halinde üreten işletmelerde bu mamullerin GÜM payları gerektiğinden düşük, büyük miktarda üretilen sıradan mamullerin payları ise gerektiğinden yüksek hesaplanmaktadır.

Bu eleştiriler, iki temel sorunun cevaplandırılmasını gerektirmektedir.

1) Çeşitli mamullere bunların üretim sürelerine göre yüklendiği için hatalı maliyet hesaplamasına yol açan maliyet türleri nelerdir?

2) Bu maliyet türlerinin mamullere daha sağlıklı bir biçimde yüklenmesi için nasıl bir yöntem kullanılmalıdır?

Son yıllarda bir çok işletmede çoğu kere sabit diye nitelendirilen maliyetlerin en fazla değişen maliyetler olduğunu saptanmıştır. Ayrıca, bir kısım işletmeler mamul maliyetlerinin, o mamule harcanan kaynakların uygun hesabını yansıtmadığını anlamışlardır. Bir diğer sorun, düşük kapasitedeki ürünlerin yeteri kadar maliyet

yüklenmediği ve yüksek kapasitedeki ürünlerin ise aşırı derecede maliyet yüklendiğinin görülmüş olmasıdır. Bu anormalliklerden dolayı, yönetim muhasebecileri söz konusu sorunu açıklamak üzere ilgili nedenleri araştırmışlardır. Özellikle, genel üretim maliyetlerinin nasıl analiz edileceği hususunda birçok şey öğrenilmiştir.

Yönetim muhasebecileri, üretim hacminin, maliyetlerin değişmesine neden olan yegane faktör olmadığını anlamışlardır. Bu faktörler en geniş anlamda , bir mamulün üretiminde kullanılan girdilerin işletmeye girişinden, mamulün çıkışına kadar geçirdiği bütün aşamalarda yer alabilir. Ancak, uygulanabilirlik açısından en çok üzerinde durulan faktörler şunlardır: üretim planlama ve kontrol gibi mühendislik işlemleri; envanter işlemleri; makine hazırlama ve ayarlama işlemleri; kalite kontrol işlemleri; sipariş alınması ve mal teslimi işlemleri, araştırma geliştirme faaliyetleri. Bunun gibi diğer faktörler bir firmada, katlanılan maliyetlerin seviyesini de etkileyebilir. Bu faktörlerin toplam maliyetlere nazaran artmasından dolayı, geleneksel mamul maliyetleme tarzının hatalı olduğu anlaşılmıştır.

5.2. Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemi

Son yıllarda mamul maliyeti önemli bir rekabet avantajı olmuş, buna bağlı olarak mamul maliyetleme tekniklerinde bazı yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi Faaliyet Tabanlı Muhasebe veya Maliyet (Activity Based Accounting-Costing) yöntemidir. Faaliyet tabanlı maliyet yönteminin temel özelliği, her bir faaliyetle ilgili maliyet havuzlarının oluşturularak, endirekt maliyetlerin bu havuzlarda toplanması ve her bir maliyet havuzu ile ilgili maliyet dağıtım anahtarlarının seçilmesidir. Dolayısıyla bu yöntem, diğer iki veya çok aşamalı maliyetleme yöntemlerinin biraz daha geliştirilmiş şeklini oluşturmaktadır. Faaliyet tabanlı maliyetlemeden beklenen, her bir faaliyet ile ilgili maliyetlerin görünübilirliğinin yükseltilmesini sağlamaktır.

Faaliyet tabanlı maliyet kavramı, başlangıçta stratejik amaçlara yönelik olarak geliştirilen bir mamul maliyetleme yöntemidir. Ancak bu yöntemi bünyesinde tesis eden işletmelerin bu yöntemi değişik amaçlara yönelik olarak da kullandıkları

görülmektedir. Bu amaçlar arasında üretilebilirliğin tasarımılanması, üretim sürecinin tasarımılanması, genel üretim maliyetleri, değer analizleri ve performans değerlendirme yer almaktadır. Dolayısıyla faaliyet tabanlı maliyetleme bir mamul maliyetleme yöntemi olmakla beraber faaliyetlerle ilgili geniş bir bilgi dizininin yer aldığı bir veri tabanıdır. Bu bilgiler yönetimin oldukça gereksinim duyduğu bilgilerdir. Bu özelliği ile faaliyet tabanlı muhasebe geniş bir perspektifle şöyle tanımlanabilir; faaliyet tabanlı maliyetleme, bir işletmeye ait faaliyetler ve mamuller ile ilgili veri tabanı oluşturan, işleyen ve onu koruyan bir bilgi sistemidir. Faaliyet tabanlı maliyetleme gerçekleştirilen faaliyetlere ait maliyetlerin mamullere yüklenmesinde çeşitli maliyet dağıtım anahtarları kullanır. Bu dağıtım anahtarları, mamullere ilgili faaliyet tüketimlerini yansıtır. Bir faaliyet tabanlı maliyet yöntemi yönetim tarafından hem mamullere hem de faaliyetlerle ilgili çeşitli amaçlar için kullanılır.

5.2.1. Faaliyet tabanlı maliyet sisteminin amaçları

İşletmelerin kar planlamasında temel koşul, satış hasılatıyla karşılaştırılacak olan toplam mamul ya da hizmet bileşimine ait maliyetlerin, sağlıklı bir biçimde saptanabilmesidir. Değişken maliyetleme yöntemi çerçevesinde yapılacak katkı payı analizleriyle bu soruna bir çözüm sağlanabilir. Ancak satış hasılatıyla değişken maliyetlerin karşılaştırılması şeklinde yapılan bu tür analizde, hangi mamullerin gerçekte ne derece karlı olduğu tam olarak hesaplanamaz. Buradaki temel sorun, GÜM içinde yer alan ve çeşitli mamullere dolaylı olarak yüklenen bazı maliyet türlerinin, dağıtım yöntemi ile ilgilidir. Yani Faaliyet tabanlı maliyet sistemleri daha çok üretim ya da üretim sürecinin sonunda elde edilen mamullerin maliyetine yükleme yolu ile aktarılan endirekt maliyetler ile ilgilidir.

GÜM nin mamullere yüklenmesi geleneksel yaklaşımda; direkt işçilik saatleri, makine saatleri ve kullanılan direkt madde tutarları gibi hacim tabanlı yükleme anahtarları, endirekt maliyetlerin mamullere yüklenmesindeki temel ölçütleri oluşturmaktadır. Buna karşın, üretim hacmi, tüm GÜM türlerinin oluşumunda belirleyici durumunda değildir. Üretim hacminden çok, üretim süreçlerinin yapısı ve farklılıkları, endirekt maliyetlerin düzeyini belirleyen temel etken olabilir. Bu nedenle sağlıklı bir maliyet hesabı için, maliyet yerlerinden mamullere yükleme

aşamasında maliyetlerin oluşumunu belirleyen etkenleri, en iyi şekilde temsil edecek ölçütlerin kullanılması zorunludur. Bu noktada;

1) Çeşitli mamullere, hacim bazlı yüklendiği için hatalı maliyet hesaplamalarına neden olan maliyet türleri nelerdir?

2) Bu maliyet türlerinin mamullere daha sağlıklı biçimde yüklenmesi için nasıl bir yol izlenmelidir?

Sorularına yanıt bulmak, Faaliyet Tabanlı Maliyetlendirme (FTM)'nin ortaya çıkışını belirleyen temel amaçları yansıtır. Bu çerçevede; FTM yönteminin gerekliliği, geleneksel maliyet sistemlerinde, maliyetlerin mamullere yüklenmesi için kullanılan, hacim tabanlı anahtar nedeniyle ortaya çıkan yanlışların giderilebilmesi temel amacına dayanmaktadır. Bunun gerçekleşmesi için; yöneticiler, karlı, katma değeri yüksek stratejiler amaç edinmelidir, bu amaca uygun mamulleri tasarlamalıdır ve sürekli iyileşmeden kaçınmamalıdır. Sürekli iyileştirmede amaç; üretim girdilerinde tasarruf, kalite yükseltme, maliyet azaltma verimlilik-moral ve yetenek artırma olmalıdır. Bu amaç için uygun stratejilere, tasarımlara, tasarruflara, bilinçli yöneticilere gerek vardır.

Bu amaçları FTM sürecinde dört temel amaç şeklinde sıralarsak;

1) Düşük katma değere sahip, diğer bir ifadeyle de mamul ve hizmet üretiminde değer yaratmayan faaliyetlere ait maliyetleri ortadan kaldırmak ya da en düşük düzeye indirmek,

2) Karlılığı arttırmak üzere gerçekleştirilen katma değeri yüksek faaliyetlerin kolaylaştırılmasında, etkin ve verimli bir bilgi tabanı sağlamak,

3) Problemlerin temel nedenlerinin saptanmasını ve bu etkenlerin düzeltilmesini sağlamak,

4) Zayıf varsayımlar (kabullenmeler) ve yetersiz maliyet dağıtımından kaynaklanan yanlışlıkları ortadan kaldırmak.

5.2.2. FTM'nin uygulama alanları

- Üretim, satın alma ve dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler kararları,
- Yeni üretim tekniklerinin değerlendirilmesi,
- Yeni mamul tasarımı ve mamul geliştirmesi,
- Sürekli iyileştirmeyi destekleyen bilgilerin üretilmesi,
- Başarı değerlemesi,
- Davranışsal değişim,
- Toplam üretim süresinin kısaltılması şeklindedir.

Bu uygulama alanlarında katlanılan fedakarlığın faydayı aşp aşmaması üç faktöre bağlıdır. Bunlar; işletmenin bilgi sistemi, hataların maliyeti, mamul çeşitliliğidir. Üç faktörün optimizasyonu sonucu optimal maliyet sistemi oluşacak ve maliyetler minimize edilecektir.

Optimal faaliyet tabanlı maliyet sisteminin uygulanması için sistem tasarımı ve sistem analizi birlikte ele alınmalıdır. Sistem tasarımı, eskisinin yerine geçecek ya da ona bir yenilik katacak bir işletme sisteminin planlanması süreci olarak tanımlanır. Sistem analizi ise sistemin iyileştirilmesi için işletme olaylarının ve problemlerinin belirlenmesi ve yorumlanması sürecidir. Sistem tasarımı, analizi, kurulması ve işletilmesinde çalışmış olan personelin işletmedeki karşılıklı bağlantıları, kurulma nedenleri, ayrıntıları ile ilgili deneyimlerine gerek vardır. İşletmelerde bu deneyimler şu sistem uygulama aşamalarında kullanılabilir:

- Sistem geliştirme isteğinin doğuşu ve ön inceleme,
- Gereksinimlerin belirlenmesi ve yeni sisteme ait sistem önerisini geliştirmesi,
- Yeni sistemin tasarımı ve bilgisayar programlarının geliştirilmesi,
- Geliştirilen sistemin denenmesi,
- Geliştirilen sistemin uygulanması.

5.2.3. FTM'nin temel işleyiş esası

Bir işletmede maliyetler;

- Üretilen mamül ya da hizmetler,
- Fonksiyonlar,
- Faaliyet ve işlemler,
- Unsurlar.

Şeklinde dört düzeyde incelenir.

Faaliyetler, bir çıktı üretmek üzere kaynakları tüketen süreçlerdir. Bir faaliyetin temel özelliği, kaynakları (malzeme, işgücü ve teknoloji), çıktılara (ürünler) dönüştürmektir. Diğer bir ifadeyle faaliyet; bir çalışmayı ortaya çıkaran süreç ya da işlemler bütünüdür. İşlemler ise, bir faaliyet kapsamında yer alan detay çalışmalarını ifade etmektedir. Bir işlem, bir planlama veya kontrol ögesi için kullanılan en küçük birimdir.

Faaliyet işlem kavramına göre daha geniş bir anlama sahiptir ve işlemler bir faaliyetin içinde yer alırlar. Örneğin; makinelerin üretim için hazırlanması bir faaliyet türü; bu faaliyet kapsamında ön temizliğin yapılması, kalıpların yerleştirilmesi, makinelerin elektrik programlaması gibi çalışmalar ise, bu faaliyet ile ilgili işlemlerdir. Bazı faaliyetlerin, tek bir işlemden oluşması halinde, bu ikili kavram birleşmekte ve bu durumda birbirleri yerine, aynı anlam ifade etmek üzere kullanıldıkları görülmektedir.

İşte, bu faaliyet ve işlemlerin tanımlanması ve bunlar tarafından tüketilen kaynaklara ait maliyetlerin izlenmesi, FTM'nin temel işleyiş esasını oluşturmaktadır.

5.2.4. Faaliyetler (hiyerarşik yapıda)

Birim düzeyindeki faaliyetler; fabrikada üretilen her çeşit mamül için yapılması gereken işlerdir. Direkt madde kullanımı, direkt işçilik ve makine işleme maliyeti

gibi. Fabrika çalışır durumdayken, üretim sürecinden geçmekte olan birimler hangileri olursa olsun, bu tür faaliyetlerden kaçınmak olanağı yoktur. Birim düzeyindeki faaliyetler, faaliyet hacmine bağlı olarak “değişken maliyet”, mamüle yükleme açısından ise “direkt maliyet” tir.

Parti (sipariş) Düzeyindeki Faaliyetler; Bu tür faaliyetler, madde siparişlerinin verilmesi, maddelerin teslim alınması, makinelerin ayarlanması, müşteriye mal gönderilmesi gibi şu veya bu büyüklükteki partiler için yapılması gerekli faaliyetlerdir ve bu tür faaliyetler parti içinde “sabit maliyet” tir.

Mamül Düzeyindeki Faaliyetler; Sadece belirli bir mamulün üretimi için gerekli faaliyetlerdir. Kalite testleri bu tür bir faaliyettir. Ancak fabrikada üretilen her malın aynı ölçüde kalite testine tabi tutulması gerekmez. Aynı şekilde sadece bir tek malın üretimi için gerekli madde veya parçaların stoklanması, mamül dizaynında değişiklik işlemleri bu tür faaliyetlerdir. Bu tür faaliyetler “sabit” ve “endirekt” maliyet unsurudur.

Fabrika (üretim yeri) Düzeyindeki Faaliyetler; Bu tür faaliyetler ne fabrikanın çalışır durumda olmasıyla, ne üretim partileriyle ne de mamül grupları ile ilişkisi kurulmayan genel faaliyetlerdir. Fabrikanın yönetimi, işçiler için sosyal tesisler işletilmesi, bina vergisi, fabrika binası kirası, sigorta vs. gibi. . Bu tür faaliyetler “sabit” ve “endirekt” maliyet unsurudur.

5.2.5. FTM'nin maliyet akış süreci

Geleneksel maliyet sistemleri, maliyetleme sürecinde mamul üzerinde yoğunlaşır. Buna karşın, faaliyet tabanlı maliyet sistemlerinde odak noktası faaliyetlerdir. İki yöntem arasındaki farklılık sadece yükleme bazındaki farklılık değildir. Son aşamada kullanılan yükleme anahtarları miktarı da farklılık gösterir. Geleneksel yaklaşımda en çok kullanılan üç yükleme anahtarı, direkt işçilik saatleri, makine saatleri ve direkt madde tutarları olarak sıralanır. Buna karşın, FTM'de, hazırlık zamanları, sipariş verme sayısı ve sevkiyat sayısı gibi çeşitli yükleme anahtarları kullanılır. FTM'de kullanılan yükleme anahtarları maliyet etkeni (cost drivers) olarak

adlandırılır.

FTM yönteminde mamüllerin maliyetlerle ilişkilendirilmesi iki temel aşamaya dayanır;

Birinci aşamada, enerji, yerleştirme, madde stok bulundurma ve yürütme gibi kaynaklar, belli bölümlere ayrılır ve her biri faaliyet yerlerindeki maliyet havuzlarına

İkinci aşamada, mamüller için tüketilen kaynakların ölçümü yapılır ve bunlar, ilgili maliyet havuzlarından mamüllere yüklenir. Bu aşamada kullanılan maliyet yükleme anahtarları (cost drivers), üretim hacmine bağlı bulunan ya da bulunmayan maliyet türlerini yönlendiren etkenleri yansıtır. Bu anahtarlar, maliyetlerin mamül düzeyi ya da diğer düzeylerde ilgili birimlere yüklenmesinde kullanılır. Bu düzeyler, maliyetlerin farklılaştıkları çeşitli faaliyet düzeylerini ifade etmektedir.

5.2.6. FTM'nin analiz edilmesi ve tasarlanması

Bir FTM yönteminin geliştirilmesinde izlenebilecek aşamalar veya yerine getirilmesi gereken faaliyetler işletmeden işletmeye farklı olabilecektir. Ancak, FTM'yi geliştirerek uygulamaya alan işletmelerin yerine getirdiği faaliyetler genel olarak şunlardan oluşmaktadır;

- Birbiriyle ilişkili veya ilgili faaliyetlerin tanımlanması,
- Faaliyetlerin faaliyet merkezince organize edilmesi,
- Her bir faaliyete ilişkin maliyetlerin belirlenmesi,
- Maliyetlerin mamüllere yüklenmesinde faaliyet tabanına dayalı olarak dağıtım anahtarının tanımlanması.

Diğer bir sınıflandırmaya göre FTM'nin tesis edilmesinde üç aşama söz konusudur;

- Üretim sürecinin sonunda ortaya çıkan çıktı karakteristiklerinin veya çıktıkların tanımlanmasında gerek duyulan faaliyetlerin tanımlanması,

- Söz konusu çıktılar ile faaliyetler arasında bir bağlantının kurulması,
- Faaliyetlere ilişkin maliyetlerin geliştirilmesi.

Bu konularda akla gelebilecek bazı sorular şunlardır;

- 1) Firmada meydana gelen işlemler veya eylemler, faaliyetlerde nasıl toplanmalı?
- 2) Ya da toplanmalı mıdır?

Bu alternatif, eylemlerin birleştirilmesi veya bir faaliyet altında toplanmasını kapsamaktadır. İşletmede gerçekleştirilen her bir eylem veya işlemin izlenmesi, kaydedilmesi ve ölçülmesi söz konusu olacak ise, bu durum işletmeye oldukça pahalı olabilir. Bununla birlikte hangi eylem veya işlemlerin hangi faaliyet altında toplanacağına belirlenmesi de önemlidir. Çünkü daha sonra maliyetlerin mamullere yüklenmesinde bu faaliyetler önemli bir rol üstlenecektir. Burada önemli olan optimum faaliyet sayısının bulunmasıdır. Bunun da işletmeden işletmeye değişmesi mümkündür.

- 3) Faaliyet merkezleri nasıl tanımlanmalıdır?

Faaliyet merkezleri, yönetimin maliyetinin ayrı bir şekilde hesaplanmasını istediği üretim sürecinde yer alan birimlerdir.

- 4) Maliyet dağıtım anahtarları nasıl seçilmelidir veya seçilmeli midir?

Her bir faaliyet merkezinin faaliyet merkezi olarak kabul edilip maliyetlerin bu havuzlarda toplanmasını sağladıktan sonra, alınması gereken karar, bu maliyetlerin mamullere yüklenmesinde kullanılacak dağıtım anahtarının belirlenmesini kapsar. Bu ise FTM nin tasarlanmasında nihai tercihi oluşturur. Bunun tamamlanmasıyla, FTM uygulamaya hazır demektir.

5.2.7. FTM'de dağıtım anahtarlarının seçilmesi

FTM'de bir üretim sürecinde oluşan üretim faaliyetleri ile ilgili maliyetlerin, söz konusu faaliyetlerde kullanılan kaynakları tüketen mamullere yüklenmesinde, bir veya iki maliyet dağıtım anahtarının kullanılmasından ziyade, çoklu dağıtım anahtarının kullanılarak, geleneksel maliyet sistemlerine göre daha doğru maliyet bilgisi sağlar. Ancak, bir üretim işletmesinde ortaya çıkan faaliyet kadar maliyet dağıtım anahtarının kullanılması ideal olanıdır; ama bu her zaman ekonomik olarak mümkün değildir. Dolayısıyla üretim faaliyetleri ile ilgili maliyetlerin mamullere yüklenmesinde maliyet dağıtım anahtarı ile ilgili maliyetlerin belirli havuzlarda toplanması gerekli olmaktadır. Çok iyi tasarlanmış bir FTM yönteminde bir veya iki maliyet dağıtım anahtarı kullanılabilir. Ancak, pek çok faaliyete ilişkin maliyetlerin bir veya iki maliyet dağıtım anahtarına bağlı kalarak yüklenmesi, ulaşılan maliyet bilgilerini bozabilir. Dolayısıyla iyi sistemlerin tasarlanması, ekonomik olarak uygulanabilecek, ve aşırı bozulmalara meydan vermeyecek sistemlerin ulaşılmaya dayanmaktadır.

Bu sorunların çözümü için, FTM nin tasarlanması sırasında birbiri ile iç içe olsa da, iki önemli kararın birbirinden ayrı bir şekilde ele alınması yararlı olabilir. Bu kararlardan ilki kaç adet dağıtım anahtarının kullanılacağı, diğeri de hangi dağıtım anahtarının kullanılacağıdır.

Seçilecek maliyet dağıtım anahtarının sayısını en aza indirmek en az iki faktöre dayanır. Bunlardan biri maliyet bilgisinde istenen doğruluk düzeyi, diğeri de üretilmekte olan mamul bileşenlerinin karmaşıklığıdır. Mamul bilgisinde istenen doğruluk düzeyinin daha fazla rol oynayacağı açıktır. Ne kadar çok maliyet anahtarı kullanılırsa, o kadar mamul maliyetlerinde doğruluk elde edilir. Ya da ne kadar fazla mamul bilgisinde doğruluk isteniyorsa, o kadar maliyet dağıtım anahtarı sayısında artış olabilecektir.

Faaliyetlere Göre Yükleme Anahtarlarına Örnek Verilecek Olursa;

Mamül birimi düzeyindeki faaliyetlere ait maliyetler (direkt madde kullanımı,direkt işçilik ve makine işleme maliyetleri gibi) üretim düzeyini yansıtan anahtarlar kullanılarak mamüllere yüklenirler. Bu yükleme anahtarları, direkt işçilik saatleri, makine saatleri, işlenen parça sayısı gibi anahtarlardır.

Mamül partileri düzeyindeki faaliyetlere ait maliyetlerin (bir makinenin hazırlanması maliyeti, bir parça grubunun siparişi maliyeti gibi) mamüllere yüklenmesinde, parti düzeyindeki ilişkiyi en iyi temsil edebilecek anahtarlar kullanılır.(Örneğin; makine hazırlık zamanları, satınalma sipariş sayısı gibi).

Mamül düzeyindeki faaliyetlere ait maliyetler (bir mamül tasarımındaki hatanın düzeltilmesi maliyeti, özel test programları geliştirilmesi maliyeti gibi) , maliyetlerin üretilen parti sayısı ya da birim sayısından bağımsız, sabit nitelikteki faaliyetlerdir. Bu maliyetlerin mamullere yüklenmesinde ise; mamülleri oluşturan parça sayısı, test sayısı, mühendislik zamanları gibi anahtarlar kullanılabilir.

Tam anlamıyla FTM ilkelerine uygun bir maliyet sisteminin, mamul maliyetlerinin hesaplanmasında, salt ilk üç düzeydeki faaliyetleri baz alması gerektiği de ayrıca vurgulanan bir yaklaşımdır. Çünkü, dördüncü grup olan üretim yeri düzeyindeki faaliyetler, çeşitli mamüller itibarıyla ortak olan ve mamüllere ancak genel bir bazda yüklenebilecek maliyetleri taşırlar.

5.2.8. Uygun yükleme anahtarlarının seçimi

Birden çok faaliyete ilişkin maliyetlerin belirli havuzlarda toplanması söz konusu oluyor ise, mamul bileşenleri karışıklığının maliyet dağıtım anahtarlarının sayısının belirlenmesinde üstleneceği rol daha da nazik ve karmaşık bir görünüm arz edecektir. Bu durumda, belirlenmesi gereken faktörleri, üç grupta toplamak mümkün olabilir;

- 1) Mamül çeşitliliği,
- 2) Çeşitli faaliyetlere ilişkin maliyetlerin nispeti,
- 3) Faaliyet hacmi çeşitliliği.

Mamullerin farklı miktarlarda faaliyet tüketimi söz konusu olduğunda mamul çeşitliliğinden söz etmek mümkündür. Örneğin, aynı faaliyetten bir mamul bir birim, diğer bir mamul bir birimden fazla tüketiyorsa, bu mamüllerin birbirinden farklı oldukları kabul edilir.

Çeşitli faaliyetlere ilişkin maliyetlerin toplam üretim maliyeti içindeki payları veya nispetleri her bir faaliyet için bir ölçü olabilir. Dolayısıyla bu durum maliyet dağıtım anahtarlarının sayısının belirlenmesinde önemli olabilir. Herhangi bir faaliyetin maliyet nispeti yüksekse, bu maliyetin yüklenmesinde yapılabilecek ters bir durum, mamul maliyetinde aynı nispette bozulmaya neden olabilecektir. Düşük olması durumunda bunun etkisi daha düşük olacaktır.

Faaliyet hacmindeki çeşitlilik mamullerin farklı parti büyüklüklerinde üretildiğinde ortaya çıkar. Faaliyet tabanlı maliyetlemede bu gibi durumların etkisini ortadan kaldıracak maliyet dağıtım anahtarı kullanılır. Geleneksel maliyet sistemlerinde bunu yapmak mümkün olmayabilir

Kullanılacak maliyet dağıtım anahtarının sayısının minimize edilmesinden sonra yapılması gereken, hangi dağıtım anahtarlarının kullanılmasının uygun olacağına karar vermektir. Bu konuda etkili olabilecek faktörleri üç grupta toplamak mümkündür;

- 1) Maliyet dağıtım anahtarı tarafından kullanılacak olan verilerin elde edilmesinde kolaylık (ölçme maliyeti),
- 2) Maliyet dağıtım anahtarı ile faaliyet tüketimi arasındaki ilişki (korelasyon),
- 3) Seçilen dağıtım anahtarının ortaya koyduğu davranış (davranışsal faktörler).

Faaliyet tabanlı maliyet sistemlerinin tasarlanmasında, maliyet dağıtım anahtarları ile ilgili ölçme maliyetini azaltmak için, bilgileri veya rakamları kolay bir şekilde elde edecek maliyet dağıtım anahtarları tercih edilir. Faaliyetin süresini kapsayan maliyet dağıtım anahtarlarının yerine yaratılan işlemlerin sayısını kapsayan maliyet dağıtım anahtarlarının kullanılması, ölçme maliyetlerinin azaltılmasında kullanılan önemli bir tekniktir. Çünkü, işlem tabanlı pek çok maliyet dağıtım anahtarının kullanılması

mümkündür.

Mamuller tarafından tüketilen faaliyet bilgilerini dolaylı bir şekilde kullanan dağıtım anahtarlarının tercih edilmesi bazı riskleri de beraberinde getirebilir. Çünkü buradaki ilişki doğrudan bir ilişki değildir. Bu nedenle belirlenecek mamul maliyetlerinde bazı bozulma ve çarpıklıkların olması muhtemeldir. Dolayısıyla alınacak seçim kararında doğrudan bir ilişkinin aranması yararlı olabilir.

Hangi maliyet dağıtım anahtarının seçileceği işletme içindeki kişilerin davranışlarını etkileyebilir. Çünkü seçilecek maliyet dağıtım anahtarı hem işletme birimlerinin hem de işletmede çalışan kişilerin performanslarının değerlendirilmesinde doğrudan ya da dolaylı etkileyecektir. Bu konudaki davranışsal faktörlerin etkisi olumlu veya olumsuz yönde gerçekleşebilir. Eğer çalışanlar tarafından istenen veya uygun görülen dağıtım anahtarının seçimi söz konusu olursa. Bu durumda davranışsal faktörlerinin etkisi olumlu olacaktır. Aksi halde olumsuzlukların olması muhtemeldir. Çünkü işletmelerde, yeniliklere karşı tepkilerin olması her zaman mümkündür.

5.2.9. FTM'nin uygulanması

İşletmede uygulamaya geçen FTM yöntemi, tamamen eski yöntemin yerine geçen, her olayı ile eski yöntemin üzerinde değişikliklere neden olan bir yöntem olabilir. Bu durumda, işletmenin gereksinimlerini karşılayacak, güvenilir bir yöntemin sağlanması için, uygulama faaliyetlerin iyi bir şekilde planlanması ve uygulanması gerekir. Uygulamaya geçiş faaliyetlerinin planlanmasında bu yöntemin işletmede ileri derecede değişimlere yol açabilmesi nedeniyle, daha çok bu değişimlerin kabulünü artıracak ve güçlendirecek önlemler üzerinde durulması gerekir. Bununla birlikte geliştirilmiş olan yeni yöntemle canlılık kazandırılması bir seri uygulama faaliyeti ile mümkün olabilmektedir.

FTM de dikkat edilmesi gereken bir husus da şudur;

Maliyet havuzları ve maliyet dağıtım anahtarları ele alındığında iki aşırı uç söz

konusu olmaktadır. Bunlardan biri, aynı maliyet dağıtım anahtarlarını kullanan faaliyet türlerinin olması, diğeri de her bir faaliyet için, ayrı maliyet anahtarının kullanılmasıdır. Birinci durumda homojenlik, ikinci durumda heterojenlikten söz edilebilir.

Homojenlik her iki durum için de söz konusu olursa, yani hem maliyet dağıtım anahtarında hem de mamüllerin tükettiği faaliyetlerde homojenlik söz konusu olursa tek bir dağıtım anahtarının kullanılması uygun olacaktır. Bu durumda, her zaman maliyet-fayda düşüncesi akılda tutulmalıdır.

5.3. Geleneksel Maliyet Sistemleri ile FTM'nin Karşılaştırılması

Geleneksel maliyet sistemi ile faaliyet tabanlı maliyet sistemi arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar Tablo 5.1'de özetlenmiştir.

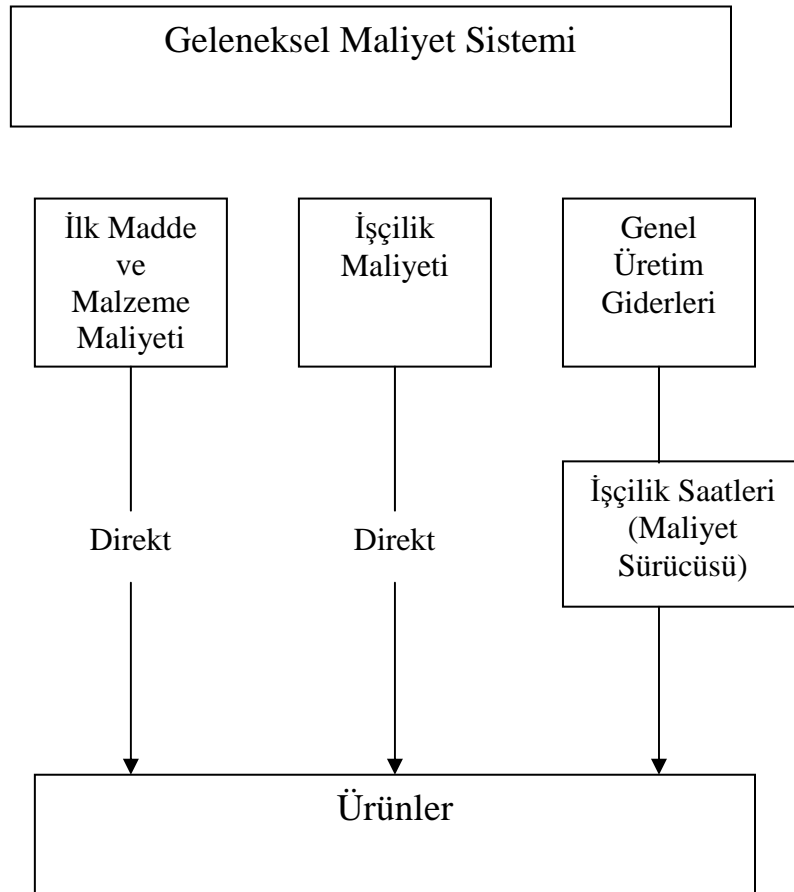
Tablo 5.1. Geleneksel ve Faaliyete Dayalı Maliyet Sistemlerinin Karşılaştırılması

Maliyet Yükleme Ölçüsü	Geleneksel Maliyet Sistemi	Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemi
Kullanılan Kaynakları Etkileyen Faktörler	Yalnızca üretim hacmi	Harekete geçirme sayısı veya üretim siparişleri sayısı gibi birkaç faktör
Maliyet Havuzları Sayısı	Bir	Kaynakların kullanımını etkileyen her bir faktör için bir adet olmak üzere çok sayıda
Maliyet Dağıtım Anahtarları Sayısı	Bir	Her bir maliyet havuzu için bir adet olmak üzere çok sayıda
Ürünlerin Nasıl Maliyetlendirildiği	Maliyet dağıtım anahtarı olarak üretim hacminin kullanılması	Maliyet dağıtım anahtarlarının her birinin ilgili maliyet havuzu için kullanılması

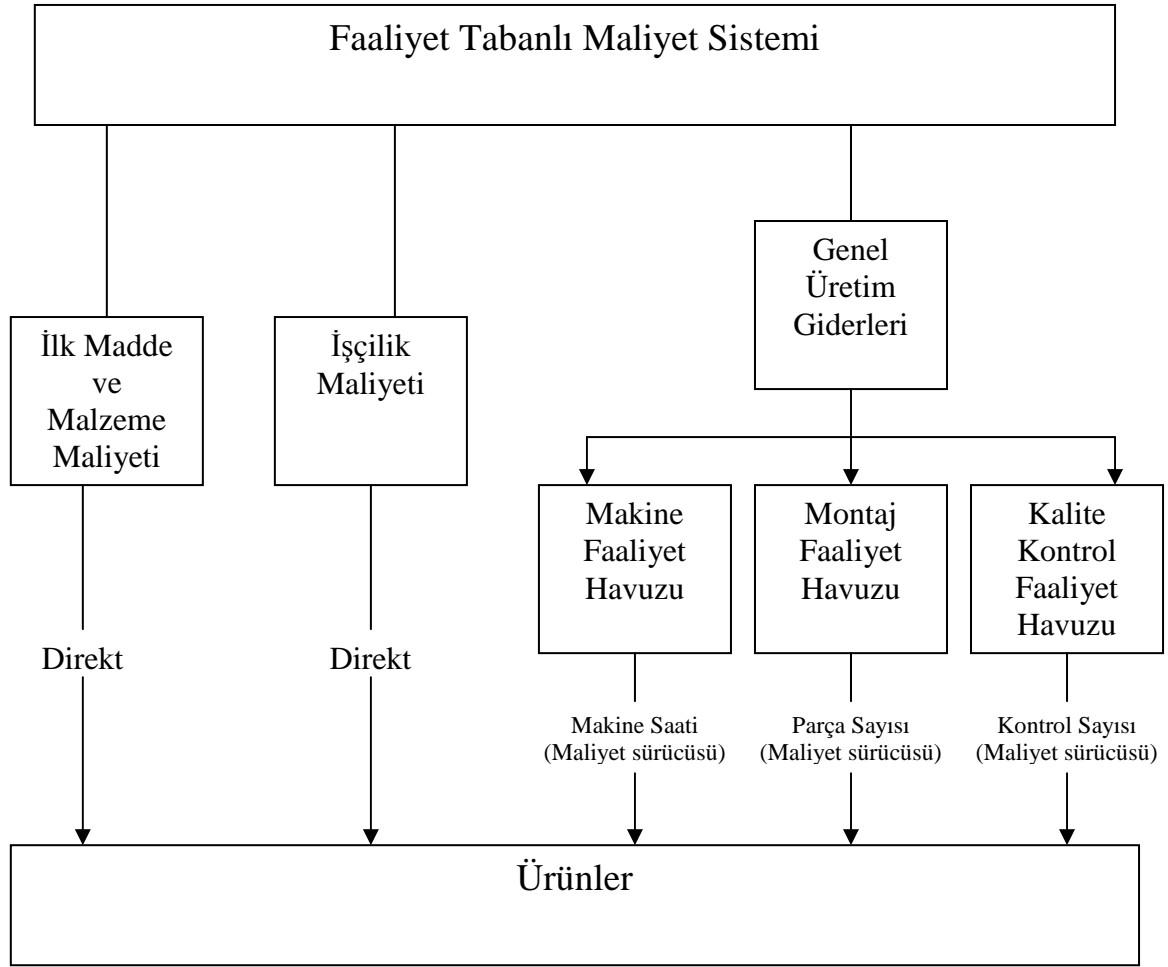
Geleneksel maliyetleme sistemi, kullanılan kaynakları etkileyen tek faktörün üretim hacmi olduğunu (yani ne kadar birim üretilirse o kadar fazla üretim maliyetine katlanılacağını) kabul eder. Faaliyet tabanlı maliyet sistemi, kaynak kullanımının çok sayıda nedeninin bulunduğunu ve bunlardan birisinin üretim hacmi olduğunu ifade etmektedir. Nitekim, geleneksel maliyetlemede genel üretim maliyetleri için yalnızca tek bir maliyet havuzu bulunurken, faaliyete dayalı maliyetlemede çok sayıda maliyet havuzu yer almaktadır. Geleneksel maliyetleme sadece bir tek maliyet dağıtım anahtarı kullanmakta ve o da üretim hacmine bağlı olmaktadır. Geleneksel maliyetlemeye göre ortak maliyet dağıtım anahtarı üretilen birim sayıları, direkt işçilik saatleri ve makine saatleridir. Faaliyet tabanlı maliyet sisteminde ise her bir maliyet havuzu için bir tane olmak üzere birkaç maliyet dağıtım anahtarı kullanılır. Sonuç olarak, geleneksel maliyetleme yalnızca bir tek maliyet dağıtım anahtarı

kullanarak ürün maliyetlerini hesaplar, faaliyet tabanlı maliyet sistemi ise çeşitli maliyet havuzları için farklı maliyet dağıtım anahtarları kullanarak ürün maliyetleri tespit eder.

Genel anlamda faaliyete dayalı maliyet sistemi, bir işletme bünyesindeki faaliyetlerin maliyetini hesaplayan ve bu maliyetleri mamullere ve müşterilere yansıtan bir muhasebe teknolojisi olarak tanımlanabilir. Yani yöntemin temel mantığı, faaliyetlerin belirli maliyetle elde edildiği, mamul ve müşterilerin farklı oranda faaliyet tükettiği esasına dayanır. Bu açıklamalardan sonra faaliyet tabanlı maliyet muhasebesinin daha iyi anlaşılabilmesi için geleneksel sistemle olan farklılığı da basitçe Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'deki gibi gösterilebilir;



Şekil 5.1. Geleneksel Maliyet Sistemi



Şekil 5.2. Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemi

5.3.1 Örnek uygulama

Faaliyete dayalı maliyetleme işletme süreçlerinde ortaya çıkan faaliyetleri üzerinde odaklanarak, faaliyetlerin maliyetleri ile ilgilenirken, geleneksel maliyet sistemleri ise daha çok mamul ve hizmet maliyetleriyle ilgilenmektedir. Geleneksel maliyet sistemleri ortaya çıkan genel üretim giderlerini direkt işçilik veya makine saati gibi dağıtım anahtarlarıyla mamül ve hizmetlere yüklerken, faaliyete dayalı maliyetlemede ise faaliyetlerde ortaya çıkan maliyetler bazı faaliyet maliyet belirleyicileri kullanılmak suretiyle yüklenir. Bu durumda hem üretilen mamül/hizmetin gerçek veya doğru maliyeti hem de faaliyetlerin maliyetleri ortaya çıkmış olur. Bu nedenle iki maliyet sisteminin genel üretim giderlerini mamul maliyetlerinde yüklemesi açısından bir örnekle karşılaştırmasını yapmak faydalı olacaktır.

ABC İmalat şirketi M1 ve M2 olmak üzere iki değişik parça üretmektedir. M1 basit ve küçük bir yapıya sahip olup yılda 10.000 adet satılmaktadır. Büyük hacimli ve basit fonksiyonlu M2 ise yılda 8.000 adet satılmaktadır. Bütçelenmiş Genel Üretim Giderlerinin tutarı 64.000.000.000 TL'dir. İşletme sahipleri daha önceden klasik yöntemle hesaplanan maliyetleri Faaliyete Dayalı Maliyetleme yöntemi ile hesaplayarak karşılaştırma yapmak istemektedir. İşletmenin Malzeme Tedariki, Üretim Planlama, Malzeme Aktarma, Kalite Kontrol, Montaj ve Sevkiyat olmak üzere 6 faaliyet merkezine sahiptir. Hesaplamalar için gerekli veriler aşağıdaki şekildedir;

	M1	M2
Üretim Miktarı (adet)	10.000	8000
Birim Başına İlk Madde ve Malzeme Gideri (TL)	3.000.000	2.500.000
Birim Başına Direkt İşçilik Gideri (TL)	500.000	500.000

Birim Adet Başına Kullanılan:

Direkt İşçilik Saati	3	2
Üretim Emirleri	300	200
Makine Saati	5	6
Sevk Sayısı	2000	3000
Sipariş Sayısı	50	80
Taşıma Sayısı	200	300
Test Etme Sayısı	300	500

Tablo 5.2. İmalat Şirketinin Faaliyete Dayalı Maliyet Tekniğine Göre Hesaplanmış Birim Maliyet Verileri

Faaliyet Merkezleri	Faaliyet Tutarları	Maliyet Belirleyicisi	Maliyet Belirleyicisi Sayısı	Birim Yükleme Oranı
Malzeme Tedariki	2.600.000.000	Sipariş Sayısı	130	20.000.000 TL/Adet
Üretim Planlama	6.000.000.000	Üretim Emirleri Sayısı	500	12.000.000 TL/Adet
Malzeme Aktarma	5.000.000.000	Taşıma Sayısı	500	10.000.000 TL/Adet
Kalite Kontrol	1.600.000.000	Test Etme Sayısı	800	2.000.000 TL/Adet
Montaj	39.200.000.000	Makine Saati	98.000	400 TL/Adet
Ambalaj ve sevkiyat	10.000.000.000	Sevk Sayısı	5.000	2.000.000 TL/Adet
Toplam	64.000.000.000			

Verilerden Hesaplanan Direkt İşçilik Saati: $(3*10.000)+(2*8000) = 46.000$ saat

Klasik Maliyet Sisteminde genel üretim giderlerinin dağıtımı direkt işçilik saatine göre yapılacaktır.

Yükleme Oranı = Bütçelenmiş Genel Üretim Giderleri / Toplam Direkt İşçilik Saati

Yükleme Oranı = $64.000.000.000 / 46.000 = 1.391.304$ TL/ Direkt İşçilik Saat

Tablo 5.3. ABC İmalat Şirketinin Geleneksel Maliyet Sistemi ile Hesaplanmış Birim Maliyetler

	M1	M2
Direkt ilk madde ve malz. giderleri	30.000.000.000	15.000.000.000
Direkt işçilik giderleri	15.000.000.000	8.000.000.000
Genel üretim giderleri	41.739.320.000	22.260.680.000
Toplam	86.739.320.000	50.260.680.000
Üretim miktarı	10.000	8.000
Birim maliyet	8.673.932	6.282.585

Tablo 5.4. ABC İmalat Şirketinin Faaliyete Dayalı Maliyetleme Tekniği ile Hesaplanmış Birim Maliyetler

	M1	M2
Direkt ilk madde ve malz. giderleri	30.000.000.000	20.000.000.000
Direkt işçilik giderleri	15.000.000.000	8.000.000.000
Genel üretim giderleri		
- Malzeme Tedariki	1.000.000.000	1.600.000.000
- Üretim Planlama	3.600.000.000	2.400.000.000
- Malzeme Aktarma	2.000.000.000	3.000.000.000
- Kalite Kontrol	600.000.000	1.000.000.000
- Montaj	20.000.000.000	19.200.000.000
- Sevkiyat	4.000.000.000	6.000.000.000
Toplam	76.000.000.000	61.200.000.000
Üretim Miktarı	10.000	8.000
Birim Maliyet	7.600.000	7.650.000

6. YSA KULLANARAK ÜRÜN MALİYETİNİN BELİRLENMESİ

6.1. ISILSAN Makine Sanayi Fabrikasının Tanıtımı

ISILSAN Makine Sanayi işletmesi Sakarya Modern Sanayi bölgesinde 1984 yılında kurulmuştur. Başlangıçta fason ısıl işlem atölyesi olarak kurulan işletme 1990 yılından itibaren otomotiv yan sanayi firması olarak parça üretmeye başlamıştır. Firma şu anda stabilizatör, torsiyon çubukları, makas bağlantı braketleri, saç parçalar, vites kolları boru kompleleri ve muhtelif parçalar üreterek müşterilerine hizmet vermektedir.

Firma, ülkemizin önde gelen ticari araç üreticileri olan OTOKAR, UZEL, ASKAM, BMC firmalarına ve ayrıca Türkiye dışında İtalya ve İngiltere’de bazı firmalara üretim yapmaktadır.

6.2. Firmada Ürün Maliyetlerin Belirlenmesi

Firmada ürün maliyetleri geleneksel maliyet belirleme metodu kullanılarak hesaplanmaktadır. Ürün satışları, maliyet üzerinden %5 karla gerçekleştirildiğinden maliyetlerin belirlenmesi işlemi oldukça büyük önem arz etmektedir.

Bölüm 5 de anlatıldığı üzere geleneksel maliyet sistemlerinde maliyet saptanırken temel olarak direkt işçilik saatleri kullanılır. Firmada otomasyon düzeyinin düşük işçilik faaliyetlerinin ise oldukça yüksek olduğu göz önüne alındığında bu metodun kullanılmasının firma için uygun olduğu söylenebilir. Ancak yine de ürün maliyetlerinin belirlenmesinde bir takım sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu sıkıntıların temel nedeni ise çoğu zaman üretilen ürünlerin geleneksel maliyet hesabında kullanılan standart sürelerle üretilmemesidir. Bunun bir çok nedeni bulunmaktadır. Örneğin operatörün parçayı yanlış işlemiş olması ya da fasona gönderilen parçaların

istenilen özellikte gelmemesi gibi. Sayılan bu nedenlerden dolayı ürünün üretim süresi uzamakta fakat doğru bir maliyet hesabı yapabilmek için bu standart süre değişimlerini her seferinde ürüne yansıtmak mümkün olmamaktadır.

Bu çalışma; onarma, yeniden işleme, düzeltme gibi nedenlerden dolayı parti bazında sürekli olarak değişen ürün standart sürelerini belirlemek için her seferinde yeniden zaman ölçümü yapmadan buna bağlı olarak değişen ürün birim maliyetlerini gerçek ya da gerçeğe en yakın bir değerle belirlemeyi amaçlamaktadır.

6.3. Uygulamada Kullanılan Metot

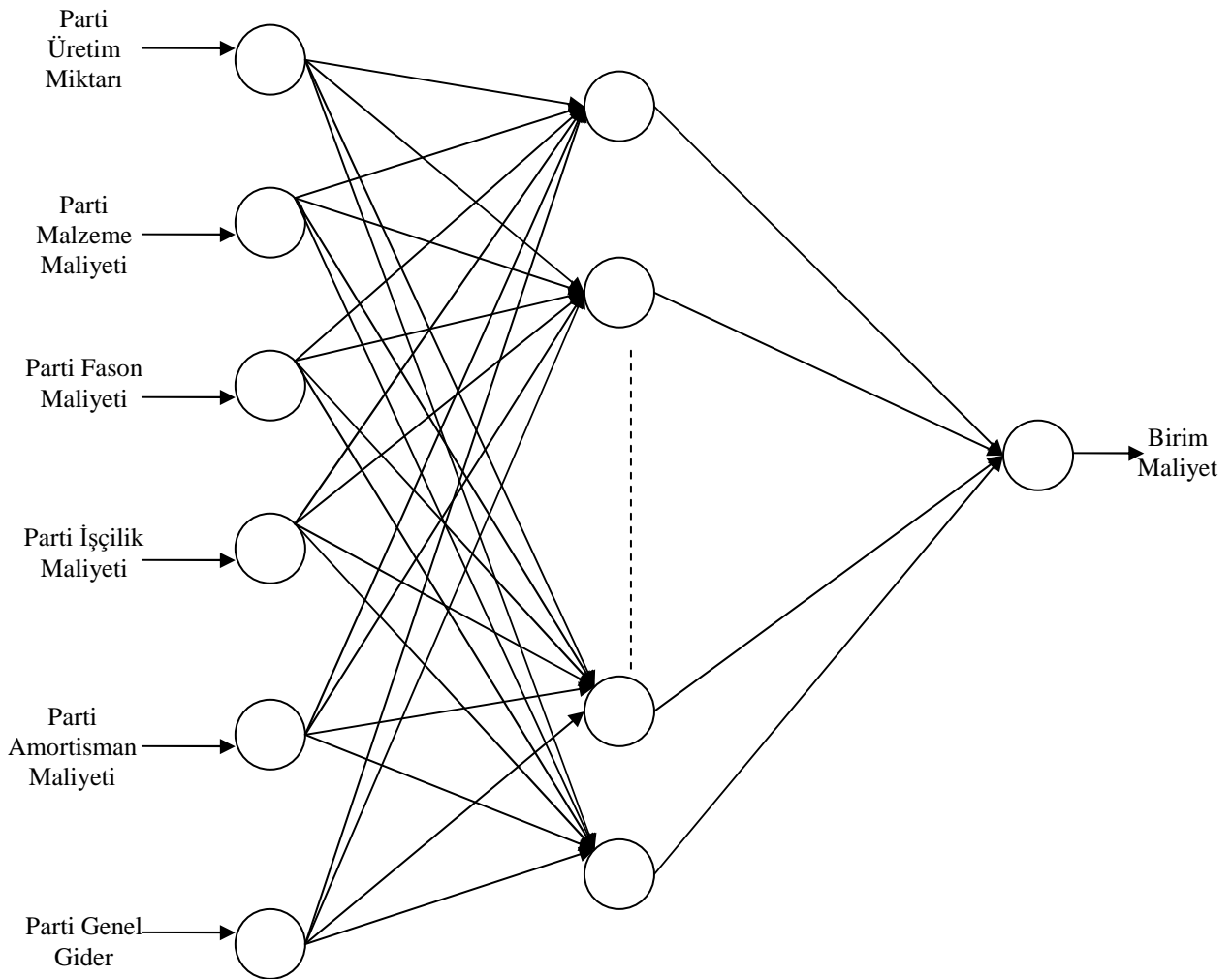
Firmada çok çeşitli parçalar üretilmektedir. Uygulama için firmada üretilen bu parçalardan 4 tanesi seçilmiştir. Bunlar; “Tampon”, “Tampon Sportu”, “Terazi” ve “Terazi Sportu” adlı parçalardır. Bu parçalar firmada bir ürün gurubunu oluşturmaktadır. Söz konusu parçalar ile ilgili teknik resim bilgisi EK-A’ da verilmiştir.

Bu ürünler için müşteri siparişleri partiler halinde gelmekte ve dolayısıyla üretimde yine partiler halinde gerçekleştirilmektedir. Yukarıda değinildiği gibi yapılan her bir parti üretiminde parti için öngörülen üretim süresinin üstüne çıkılmakta bu da ürünün gerçek maliyetinin tam olarak belirlenememesine neden olmaktadır.

Uygulamada ürünün gerçek maliyetini her seferinde yeniden zaman ölçümü yapmadan belirleyebilmek için şu yol izlenmiştir. İlk olarak her parçanın 50 partilik üretim süreci izlenmiş ve bu partiler için ayrı ayrı zaman ölçümü yapılmıştır. Yani her partinin iki adet standart süresi bulunmaktadır. Bunlardan ilki her parti için aynı kabul edilen ve zaman kayıplarını göz ardı eden “Normal Standart Süre”, ikincisi ise her parti için ölçülen parti üretim süresinin parti miktarına bölünmesi ile bulunan ve her parti için değişen “Fiili Standart Süre” dir. İşçilik, amortisman ve genel giderler gibi üretim süresine göre değişen maliyetler ilk olarak normal standart süreye göre hesaplanmış daha sonra fiili standart süreye göre hesaplanmıştır. Sonuç olarak her parti için iki adet birim maliyet bulunmuştur. Bunlar normal standart süreyi baz alan

“Standart Birim Maliyet” ve fiili standart süreyi baz alan “Gerçek Birim Maliyet” dir.

Uygulamada bu noktadan sonra “Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı” kullanılmıştır. Bilindiği gibi bir yapay sinir ağı oluşturulurken yapılması gereken ilk işlem girdi ve çıktı parametrelerinin tayin edilmesidir. Yapılan çalışmada her parça için ayrı bir yapay sinir ağı oluşturulmuş ve ağ tasarlanırken 6 adet girdi parametresi ile 1 adet çıktı parametresi kullanılmıştır. Girdi parametreleri olarak “Normal Standart Süre” ye göre hesaplanmış “parti üretim miktarı”, “parti malzeme maliyeti”, “parti fason maliyeti”, “parti işçilik maliyeti”, “parti amortisman maliyeti” ve “parti genel gider”, çıktı parametresi olarak ise “Fiili Standart Süre”ye göre hesaplanmış “gerçek birim maliyet” kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan yapay sinir ağı modeli Şekil 6.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 6.1. Uygulamada Kullanılan YSA Modeli

Bölüm 3 de anlatıldığı üzere çok katmanlı yapay sinir ağları öğretmenli öğrenme modelini kullanır. Buna göre her parça için toplanan 50 partilik üretim veri gurubunun 40 adeti ağı eğitmede eğitim seti olarak 10 adeti ise eğitilmiş ağı test etmede test seti olarak kullanılmıştır.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer noktada ağ eğitilirken girdi parametreleri olarak kullanılan maliyetler “Normal Standart Süre” baz alınarak hesaplanmış tutarlar iken çıktı parametresi olarak kullanılan birim maliyet “Fiili Standart Süre” baz alınarak hesaplanmış “Gerçek Birim Maliyet” tutarıdır. Böylelikle yapay sinir ağına normal standart süreye göre hesaplanan maliyet bilgileri verildiğinde ağ kayıp süreleri de göz önüne alarak yaklaşık gerçek maliyeti verecektir.

6.4. Uygulama için Gerekli Verilerin Toplanması

Veriler toplanırken “standart birim maliyet” ve “gerçek birim maliyet” hesabını olanaklı kılacak dolayısıyla ağı eğitebilecek parametreler göz önüne alınarak toplanmıştır. Buna göre ilk olarak firmadan her bir parçanın 50 parti için gerçekleşen üretim miktarları, her bir partiye ait genel gider, fiili üretim süreleri, birim malzeme maliyeti, birim fason maliyeti, işçilik maliyeti, ve normal standart süre bilgileri temin edilmiştir. Toplanan veriler Tablo 6.1 ve Tablo 6.2 ve Tablo 6.3 ‘de görülmektedir.

Tablo 6.1. Her Bir Parçaya Ait Gerçekleşen Parti Üretim Miktarları ve Genel Giderler

Parti No	Tampon üretim miktarı (adet)	Tampon sporlu üretim miktarı (adet)	Terazi üretim miktarı (adet)	Tampon Sportu üretim miktarı (adet)	Genel Giderler (YTL)
1	55	46	47	51	2146,1
2	47	53	56	65	2328,8
3	65	62	62	68	2691,8
4	67	68	45	56	2506,3
5	45	54	65	47	2197,9
6	60	47	43	53	2201,7
7	58	61	55	44	2297,3
8	55	55	61	50	2321,9
9	53	49	53	67	2361,9
10	49	58	55	46	2188,5
11	43	64	47	58	2230,9
12	52	56	41	43	2064,7
13	56	42	50	60	2241,4
14	65	47	64	63	2529,6
15	47	53	48	65	2265,6
16	53	49	44	57	2186,8
17	44	56	57	55	2223,1
18	62	57	59	56	2466,5
19	58	61	61	49	2396,7
20	62	48	49	51	2259,9
21	49	46	67	63	2359,3
22	63	57	61	67	2608,3
23	54	58	55	43	2215,3
24	60	65	42	45	2261,8
25	48	51	46	66	2255
26	50	49	43	54	2112,9
27	69	46	51	59	2423,3
28	54	59	68	52	2420
29	52	67	52	61	2431,2
30	58	64	54	47	2345,8
31	65	53	58	45	2345,4
32	49	45	62	65	2332,2
33	51	66	51	62	2413,7
34	62	52	47	55	2319,3
35	66	50	63	51	2433,7
36	62	62	66	40	2397,4
37	51	54	52	52	2216,8
38	49	66	69	56	2470,3
39	56	48	72	63	2496,8
40	55	45	48	51	2145,6
41	68	52	53	55	2436,3
42	42	48	55	67	2241,7
43	46	69	51	52	2276,9
44	51	54	62	59	2368,6
45	43	41	61	61	2179,5
46	55	45	50	55	2203
47	64	49	53	56	2375,1
48	54	61	49	59	2359,5
49	61	57	47	67	2474,5
50	54	53	60	63	2420,8

Tablo 6.2. Her Bir Parçaya Ait Fiili Üretim Süresi Bilgileri

Parti No	Tampon Fiili Üretim Süresi (dak.)	Tampon Sportu Fiili Üretim Süresi (dak.)	Terazi Fiili Üretim Süresi (dak.)	Terazi Sportu Fiili Üretim Süresi (dak.)
1	985	650	835	835
2	845	720	965	1030
3	1160	850	1080	1075
4	1155	895	785	905
5	810	730	1140	790
6	1110	660	775	865
7	1050	835	980	780
8	990	775	1085	885
9	960	640	945	1060
10	890	770	965	785
11	785	840	835	955
12	915	750	740	735
13	980	615	870	970
14	1190	660	1115	1005
15	855	735	830	1080
16	965	660	770	920
17	790	740	980	905
18	1185	755	1020	910
19	1125	810	1085	915
20	1060	625	865	835
21	895	645	1170	1040
22	1140	760	1050	1085
23	975	765	970	750
24	1095	840	790	770
25	845	695	800	1065
26	880	685	750	885
27	1225	650	885	935
28	960	780	1190	850
29	935	875	915	955
30	1010	845	925	765
31	1100	730	980	760
32	870	640	1070	1075
33	860	845	875	985
34	1045	720	815	880
35	1170	690	1090	840
36	1090	830	1160	690
37	925	735	895	860
38	860	840	1170	865
39	985	650	1300	1065
40	990	640	870	940
41	1210	735	910	985
42	755	685	965	1075
43	835	900	875	890
44	915	735	1060	1050
45	760	635	1065	1040
46	965	625	865	960
47	1095	660	910	990
48	975	835	835	1030
49	1075	760	840	1085
50	955	720	1050	1010

Tablo 6.3. Her Bir Parçaya Ait Standart Maliyet Bilgileri

	Tampon	Tampon Sportu	Terazi	Terazi Sportu
Birim Malzeme Maliyeti (YTL/ Adet)	24,22	16,45	13,43	20,72
Birim Fason Maliyeti (YTL/ Adet)	3,5	3,8	2,5	3,1
İşçilik Maliyeti (YTL/ Dak)	0,92	0,92	0,92	0,92
Amortisman Maliyeti (YTL/ Dak.)	0,14	0,15	0,11	0,14
Normal Standart Süre (Dak.)	15,1	10,97	14,56	13,26

6.5. Geleneksel Maliyet Metoduna Göre Birim Maliyetlerin Bulunması

Uygulama için gerekli veriler toplandıktan sonra birim maliyet hesabına geçilmiştir. Birim maliyet hesabı geleneksel maliyet hesaplama metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Her parçanın her parti nosu için iki adet birim maliyet hesaplanmıştır. Bunlardan ilki “Normal Standart Süre” yi baz alan “Standart Birim Maliyeti” diğeri ise “Fiili Standart Süre” yi baz alan “Gerçek Birim Maliyeti” dir.

Hesaplama tüm parçaların tüm partileri için yapılmıştır. Ancak bu bölümde sadece “Tampon” parçasının 1 nolu partisi için nasıl yapıldığı anlatılacaktır.

Aşağıda “Tampon” parçasının “Standart Birim Maliyet” inin nasıl hesaplandığı gösterilmektedir. Standart birim maliyet hesaplandığından kullanılan bütün süreler Tablo 6.3’de gösterilmiş olan “Normal Standart Süreler” dir.

Parti İşlem Süresi = Normal Standart Süre * Parti Miktarı

$$\text{Parti İşlem Süresi} = 15,1 * 55 = 830,5$$

Parti Malzeme Maliyeti = Birim Malzeme Maliyeti * Parti Miktarı

$$\text{Parti Malzeme Maliyeti} = 24,22 * 55 = 1332,1$$

Parti Fason Maliyeti = Birim Fason Maliyeti * Parti Miktarı

$$\text{Parti Fason Maliyeti} = 3,5 * 55 = 192,5$$

Parti İşçilik Maliyeti = Dakikalık İşçilik Maliyeti * Parti İşlem Süresi

$$\text{İşçilik Maliyeti} = 0,92 * 830,5 = 764,06$$

Parti Amortisman Maliyeti = Dakikalık Amortisman Maliyeti * Parti İşlem Süresi

$$\text{Parti Amortisman Maliyeti} = 0,14 * 830,5 = 116,27$$

Parti Genel Gider = (Toplam Genel Gider) * (Parti İşlem Süresi_{tampon}) / (Parti İşlem Süresi_{toplam})

$$\text{Parti Genel Gider} = (2146,1) * (830,5) / (830,5 + 504,62 + 684,32 + 676,26) = 661,18$$

Standart Birim Maliyet = (Parti Malzeme Maliyeti + Parti Fason Maliyeti + Parti İşçilik Maliyeti + Parti Amortisman Maliyeti + Parti Genel Gider) / Parti Miktarı

$$\text{Standart Birim Maliyet} = (1332,1 + 192,5 + 764,06 + 116,27 + 661,18) / 55 = 55,75$$

Aşağıda ise “Tampon” parçasının “Gerçek Birim Maliyet” inin nasıl hesaplandığı gösterilmektedir. Gerçek birim maliyet hesaplandığından kullanılan bütün süreler Tablo 6.2’de gösterilmiş olan “Parti Fiili Üretim Süresi” nin parti miktarına bölünmesiyle elde edilen “Fiili Standart Süreler” dir.

Fiili Standart Süre = Parti Fiili İşlem Süresi / Parti Miktarı

$$\text{Fiili Standart Süre} = 985 / 55 = 17,9$$

Parti Malzeme Maliyeti = Birim Malzeme Maliyeti * Parti Miktarı

$$\text{Parti Malzeme Maliyeti} = 24,22 * 55 = 1332,1$$

Parti Fason Maliyeti = Birim Fason Maliyeti * Parti Miktarı

$$\text{Parti Fason Maliyeti} = 3,5 * 55 = 192,5$$

Parti İşçilik Maliyeti = Dakikalık İşçilik Maliyeti * Parti Fiili İşlem Süresi

$$\text{Parti İşçilik Maliyeti} = 0,92 * 985 = 906,2$$

Parti Amortisman Maliyeti = Dakikalık Amortisman Maliyeti * Parti Fiili İşlem Süresi

$$\text{Parti Amortisman Maliyeti} = 0,14 * 985 = 137,9$$

Parti Genel Gider = (Parti Genel Gider) * (Parti Fiili İşlem Süresi_{tampon}) / (Parti Fiili İşlem Süresi_{toplam})

$$\text{Parti Genel Gider} = (2146,1) * (985) / (985 + 650 + 835 + 835) = 639,61$$

Gerçek Birim Maliyet = (Parti Malzeme Maliyeti + Parti Fason Maliyeti + Parti İşçilik Maliyeti + Parti Amortisman Maliyeti + Parti Genel Gider) / Parti Miktarı

$$\text{Gerçek Birim Maliyet} = (1332,1 + 192,5 + 906,2 + 137,9 + 639,61) / 55 = 58,3$$

Görüldüğü üzere tampon parçasının ilk partisi için yapılan örnekte standart birim maliyet 55,75 bulunmuşken gerçek birim maliyet 58,3 bulunmuştur. İki maliyet arasındaki bu ciddi fark normal standart sürede göz ardı edilen değişimden kaynaklanmaktadır ki bu değişimin ne kadar önemli olduğu yukarıdaki örnekte gözlenmiştir. Aynı işlemler yapay sınır ağını eğitmek ve test etmek üzere diğer parçalar ve diğer partiler içinde gerçekleştirilmiştir. Tampon parçası için elde edilen sonuçlar ise Tablo 6.4 ve Tablo 6.5’de görülmektedir.

Tablo 6.4. Tampon Parçası için Normal Standart Sürelere Göre Hesaplanmış Maliyetler

Parti No	Parti Malzeme Maliyeti	Parti Fason Maliyeti	Parti İşçilik Maliyeti	Parti Amortisman Maliyeti	Parti Genel Gider	Birim Maliyet
1	1332,10	192,50	764,06	116,27	661,18	55,75
2	1138,34	164,50	652,92	99,36	556,79	55,57
3	1574,30	227,50	902,98	137,41	762,25	55,45
4	1622,74	234,50	930,76	141,64	803,58	55,72
5	1089,90	157,50	625,14	95,13	525,59	55,41
6	1453,20	210,00	833,52	126,84	725,24	55,81
7	1404,76	203,00	805,74	122,61	686,87	55,57
8	1332,10	192,50	764,06	116,27	646,01	55,47
9	1283,66	185,50	736,28	112,04	630,51	55,62
10	1186,78	171,50	680,71	103,59	581,03	55,58
11	1041,46	150,50	597,36	90,90	516,45	55,74
12	1259,44	182,00	722,38	109,93	631,64	55,87
13	1356,32	196,00	777,95	118,38	669,74	55,69
14	1574,30	227,50	902,98	137,41	760,59	55,43
15	1138,34	164,50	652,92	99,36	563,80	55,72
16	1283,66	185,50	736,28	112,04	640,06	55,80
17	1065,68	154,00	611,25	93,02	520,46	55,55
18	1501,64	217,00	861,30	131,07	730,03	55,50
19	1404,76	203,00	805,74	122,61	680,87	55,47
20	1501,64	217,00	861,30	131,07	741,72	55,69
21	1186,78	171,50	680,71	103,59	571,33	55,39
22	1525,86	220,50	875,20	133,18	739,98	55,47
23	1307,88	189,00	750,17	114,16	639,95	55,58
24	1453,20	210,00	833,52	126,84	724,79	55,81
25	1162,56	168,00	666,82	101,47	577,70	55,76
26	1211,00	175,00	694,60	105,70	605,48	55,84
27	1671,18	241,50	958,55	145,87	822,04	55,64
28	1307,88	189,00	750,17	114,16	627,98	55,36
29	1259,44	182,00	722,38	109,93	618,56	55,62
30	1404,76	203,00	805,74	122,61	687,72	55,58
31	1574,30	227,50	902,98	137,41	766,29	55,52
32	1186,78	171,50	680,71	103,59	575,55	55,47
33	1235,22	178,50	708,49	107,81	607,69	55,64
34	1501,64	217,00	861,30	131,07	743,54	55,72
35	1598,52	231,00	916,87	139,52	772,76	55,43
36	1501,64	217,00	861,30	131,07	722,22	55,37
37	1235,22	178,50	708,49	107,81	607,72	55,64
38	1186,78	171,50	680,71	103,59	569,20	55,34
39	1356,32	196,00	777,95	118,38	648,46	55,31
40	1332,10	192,50	764,06	116,27	660,14	55,73
41	1646,96	238,00	944,66	143,75	807,43	55,60
42	1017,24	147,00	583,46	88,79	498,84	55,60
43	1114,12	161,00	639,03	97,24	548,46	55,65
44	1235,22	178,50	708,49	107,81	598,53	55,46
45	1041,46	150,50	597,36	90,90	506,12	55,50
46	1332,10	192,50	764,06	116,27	657,78	55,69
47	1550,08	224,00	889,09	135,30	760,49	55,61
48	1307,88	189,00	750,17	114,16	645,54	55,68
49	1477,42	213,50	847,41	128,95	730,74	55,71
50	1307,88	189,00	750,17	114,16	635,56	55,50

Tablo 6.5 Tampon Parçası için Fiili Standart Sürelere Göre Hesaplanmış Maliyetler

Parti No	Parti Malzeme Maliyeti	Parti Fason Maliyeti	Parti İşçilik Maliyeti	Parti Amortisman Maliyeti	Parti Genel Gider	Birim Maliyet
1	1332,10	192,50	906,20	137,90	639,61	58,33
2	1138,34	164,50	777,40	118,30	552,76	58,54
3	1574,30	227,50	1067,20	162,40	749,70	58,17
4	1622,74	234,50	1062,60	161,70	774,00	57,55
5	1089,90	157,50	745,20	113,40	513,05	58,20
6	1453,20	210,00	1021,20	155,40	716,68	59,27
7	1404,76	203,00	966,00	147,00	661,77	58,32
8	1332,10	192,50	910,80	138,60	615,44	57,99
9	1283,66	185,50	883,20	134,40	628,97	58,79
10	1186,78	171,50	818,80	124,60	571,19	58,63
11	1041,46	150,50	722,20	109,90	512,81	59,00
12	1259,44	182,00	841,80	128,10	601,66	57,94
13	1356,32	196,00	901,60	137,20	639,47	57,69
14	1574,30	227,50	1094,80	166,60	758,24	58,79
15	1138,34	164,50	786,60	119,70	553,45	58,78
16	1283,66	185,50	887,80	135,10	636,58	59,03
17	1065,68	154,00	726,80	110,60	514,27	58,44
18	1501,64	217,00	1090,20	165,90	755,25	60,16
19	1404,76	203,00	1035,00	157,50	685,21	60,09
20	1501,64	217,00	975,20	148,40	707,68	57,26
21	1186,78	171,50	823,40	125,30	563,09	58,57
22	1525,86	220,50	1048,80	159,60	736,92	58,60
23	1307,88	189,00	897,00	136,50	624,25	58,42
24	1453,20	210,00	1007,40	153,30	708,63	58,88
25	1162,56	168,00	777,40	118,30	559,61	58,04
26	1211,00	175,00	809,60	123,20	581,05	58,00
27	1671,18	241,50	1127,00	171,50	803,39	58,18
28	1307,88	189,00	883,20	134,40	614,60	57,95
29	1259,44	182,00	860,20	130,90	617,71	58,66
30	1404,76	203,00	929,20	141,40	668,34	57,70
31	1574,30	227,50	1012,00	154,00	722,67	56,78
32	1186,78	171,50	800,40	121,80	555,13	57,87
33	1235,22	178,50	791,20	120,40	582,27	57,01
34	1501,64	217,00	961,40	146,30	700,48	56,88
35	1598,52	231,00	1076,40	163,80	751,30	57,89
36	1501,64	217,00	1002,80	152,60	693,15	57,54
37	1235,22	178,50	851,00	129,50	600,45	58,72
38	1186,78	171,50	791,20	120,40	568,80	57,93
39	1356,32	196,00	906,20	137,90	614,84	57,34
40	1332,10	192,50	910,80	138,60	617,48	58,03
41	1646,96	238,00	1113,20	169,40	767,69	57,87
42	1017,24	147,00	694,60	105,70	486,35	58,35
43	1114,12	161,00	768,20	116,90	543,20	58,77
44	1235,22	178,50	841,80	128,10	576,40	58,04
45	1041,46	150,50	699,20	106,40	473,26	57,46
46	1332,10	192,50	887,80	135,10	622,52	57,64
47	1550,08	224,00	1007,40	153,30	711,56	56,97
48	1307,88	189,00	897,00	136,50	625,99	58,45
49	1477,42	213,50	989,00	150,50	707,47	58,00
50	1307,88	189,00	878,60	133,70	618,97	57,93

6.6. Uygulamada Kullanılan Program

Uygulamada “Neurak V1.1” (Internet’te www.quaternions.net adresinden temin edilebilir) programı kullanılmıştır.

Neurak V1.1; “Neurak” ve “Neurak Sim” isminde iki programdan oluşmakta ve Windows 98, 2000, XP işletim sistemleri üzerinde çalıştırılabilmektedir. Neurak, programı çalıştırılarak yapay sinir ağı oluşturulur, Neurak Sim çalıştırılıp Neurak’da oluşturulan ağ bu programda çağrılarak kullanılır.

6.7. Verilerin Normalizasyonu, Ağın Eğitilmesi ve Testi

ISILSAN firmasında üretilmekte olan Tampon, Tampon Sportu, Terazi ve Terazi sportu isimli parçaların birim maliyetlerinin YSA yoluyla tahmininde her parça için farklı olmak üzere toplam 4 adet ağ tasarlanmıştır. Her bir ağın eğitilmesinde 40 adet test edilmesinde ise 10 adet parti üretimine ait veri gurubu kullanılmıştır. Ağın girdileri normal standart sürelerle göre hesaplanmış “Parti Malzeme Maliyeti”, “Parti Amortisman Maliyeti”, “Parti İşçilik Maliyeti”, “Parti Fason Maliyeti” ve “Parti Genel Gider” olarak alınmış çıktı ise fiili standart süreye göre hesaplanmış “Gerçek Birim Maliyet” olarak belirlenmiştir. Eğitim ve test setinde kullanılan veri gurupları EK-B’de verilmiştir. Bu değerlerin ağa girebilmesi için normalize edilmesi (0-1 aralığına çekilmesi) gerekmektedir.

Normalizasyon Input veri gruplarına ve Output veri gruplarına uygulanmıştır. Normalizasyon için kullanılan denklem aşağıda verilmiştir.

$$X_{nor} = X_{reel} / 10000$$

X_{nor} : Normalize edilmiş değer

X_{reel} : Gerçek değer

Normalize edilmiş veriler ise EK-C’de verilmiştir.

Neurak Programı oluşturacağı ağ için ihtiyaç duyduğu eğitim ve test setlerini bir txt dosyasından alabilmektedir. Bu yüzden ilk olarak normalize edilmiş veriler kopyalanarak bir txt oluşturulmuştur. Daha sonra program çalıştırılıp, girdi sayısı, veri grubu sayısı ve çıktı sayısı programa girilmiş ve karşımıza çıkan Excel tablosuna benzeyen bölümde daha önce kaydedilen txt dosyası çağırılmıştır. Dolayısıyla, programa eğitim için ihtiyaç duyulan veriler kolaylıkla girilmiştir. Veri grubunun bir kısmı kopyalanarak test setine aktarılmıştır. Program bu aşamadan sonra veri gurubu içinde birbiriyle aynı verilerin kullanıldığı grupların olup olmadığını test etmiştir. Program artık ağı eğitmeye hazır hale gelmiştir.

Program eğitim aşamasında bize değiştirebileceğimiz dört adet parametre sunmuştur. Bunlar; Gizli Katman Nöron Sayısı (Number of Neurons), İterasyon Sayısı (Maximum Number Of Epochs), Momentum Faktörü (Momentum Factor) ve istenilen hata oranı (Convergence Criterium) dır. Bir sonraki aşamada girilen bu dört parametre kullanılarak, program ağa verileri atmış, oluşan çıktı ile gerçek çıktı arasındaki hata oranını geriye doğru ağırlıkları değiştirerek dağıtmış, aynı veriler tekrar ağa atılmıştır. Bu işlem aslında istenen hata oranı yakalanana dek ya da girdiğimiz iterasyon sayısı tamamlanana kadar devam eder. Programda geriye doğru giderek bu dört parametreyi tekrar değiştirme şansımız vardır. En düşük hata oranını yakalamak için diğer üç parametrenin uygun değerlere getirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada kullanılan (Gizli Katman Nöron Sayısı, Momentum Faktörü, İstenilen Hata Oranı) ve elde edilen (Gerçekleşen İterasyon Sayısı) parametre değerleri oluşturulan her bir ağ için Tablo 6.6'da gösterilmiştir.

Girilen parametre değerlerine ve örnek setine göre eğitilen her bir ağ daha sonra programın test setine kopyalanan ve EK-B'de gösterilmiş verileri ağa atarak test etmiş ve her bir ağ yaklaşık %0,15 hata oranıyla testi tamamlamıştır.

Tablo 6.6. Oluşturulan Ağların Parametre Değerleri

Parça adı	Ağ no	Gizli Katman Nöron sayısı	Momentum Faktörü	İstenilen Hata oranı	Gerçekleşen İterasyon Sayısı
Tampon	1	12	0,65	0,001	3217
Tampon Sportu	2	12	0,67	0,001	3305
Terazi	3	13	0,64	0,001	2850
Terazi Sportu	4	11	0,63	0,001	2985

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 Sonuçlar

Bölüm 6’da anlatıldığı üzere firmadan elde edilen verilerden ilk olarak “Normal Standart Süre” yi baz alan “Standart Birim Maliyet” daha sonra “Fiili Standart Süre” yi baz alan “Gerçek Birim Maliyet” hesaplanmış ve bu işlem her bir parçanın tüm üretim partileri için gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir ağı eğitirken “Normal Standart Süre” ye göre hesaplanmış parti maliyetleri girdi değerleri olarak “Fiili Standart Süre” ye göre hesaplanmış “Gerçek Birim Maliyet” ise çıktı değeri olarak ağı verilmiş, böylece girilen standart maliyetlerden hareketle ağı süre kayıplarını da göz önüne alan gerçek maliyetleri bulması istenmiştir.

Her bir ürün için eğitilen ve test edilen YSA’lar artık denenmeye hazır hale gelmiştir. Bu aşamada her bir ürün için ağı eğitmede ve test etmede kullanılan 50 partilik maliyet verileri ağı sunularak ağı nasıl sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu sonuçlar aynı zamanda ağı sunduğu birim maliyetlerin gerçek değere ne kadar yakın değerler olduğunu göstermekte ve dolayısıyla her bir ürüne ait YSA’nın performansını ortaya koymaktadır. Tablo 7.1, Tablo 7.2, Tablo 7.3 ve Tablo 7.4’de bir ürünün 50 partisi için hesaplanmış “Standart Birim Maliyet” ve “Gerçek Birim Maliyet” ile ağıdan elde edilmiş “YSA Birim Maliyet” gösterilmiştir.

Tablo 7.1. Tampon Parçası için Birim Maliyetler

Parti No	Standart Birim Maliyet	Gerçek Birim Maliyet	YSA Birim Maliyet
1	55,75	58,33	58,12
2	55,57	58,54	58,65
3	55,45	58,17	57,79
4	55,72	57,55	57,72
5	55,41	58,20	58,63
6	55,81	59,27	58,93
7	55,57	58,32	57,75
8	55,47	57,99	58,24
9	55,62	58,79	58,33
10	55,58	58,63	58,47
11	55,74	59,00	58,86
12	55,87	57,94	57,86
13	55,69	57,69	57,95
14	55,43	58,79	58,93
15	55,72	58,78	58,64
16	55,80	59,03	59,37
17	55,55	58,44	58,84
18	55,50	60,16	59,88
19	55,47	60,09	60,35
20	55,69	57,26	57,66
21	55,39	58,57	58,93
22	55,47	58,60	58,12
23	55,58	58,42	58,15
24	55,81	58,88	59,23
25	55,76	58,04	58,24
26	55,84	58,00	58,17
27	55,64	58,18	58,23
28	55,36	57,95	58,21
29	55,62	58,66	58,36
30	55,58	57,70	57,42
31	55,52	56,78	57,12
32	55,47	57,87	58,15
33	55,64	57,01	57,23
34	55,72	56,88	56,55
35	55,43	57,89	58,22
36	55,37	57,54	57,83
37	55,64	58,72	58,23
38	55,34	57,93	57,65
39	55,31	57,34	57,86
40	55,73	58,03	58,11
41	55,60	57,87	57,54
42	55,60	58,35	58,87
43	55,65	58,77	59,23
44	55,46	58,04	58,32
45	55,50	57,46	57,93
46	55,69	57,64	57,85
47	55,61	56,97	57,22
48	55,68	58,45	58,17
49	55,71	58,00	58,26
50	55,50	57,93	58,12

Tablo 7.2. Tampon Sportu Parçası için Birim Maliyetler

Parti No	Standart Birim Maliyet	Gerçek Birim Maliyet	YSA Birim Maliyet
1	40,72	44,55	44,85
2	40,59	43,67	43,32
3	40,51	43,78	43,57
4	40,70	43,15	43,31
5	40,47	43,28	43,58
6	40,77	44,34	44,32
7	40,59	43,52	43,79
8	40,52	44,09	44,12
9	40,63	42,78	42,62
10	40,60	42,98	43,23
11	40,71	42,87	42,64
12	40,81	43,39	43,72
13	40,68	45,47	45,89
14	40,49	44,22	44,53
15	40,70	44,07	44,38
16	40,76	43,55	43,17
17	40,58	42,99	42,84
18	40,54	42,86	43,14
19	40,52	42,55	42,91
20	40,68	42,88	43,17
21	40,46	44,07	44,29
22	40,52	43,14	43,44
23	40,60	42,81	42,67
24	40,76	42,44	42,76
25	40,73	43,86	43,47
26	40,79	44,44	44,85
27	40,64	44,64	44,23
28	40,44	42,86	42,62
29	40,63	42,85	42,47
30	40,60	43,11	43,44
31	40,55	44,04	44,41
32	40,52	44,54	44,22
33	40,64	42,62	42,34
34	40,70	44,35	44,17
35	40,49	43,88	44,11
36	40,45	43,09	43,37
37	40,64	43,65	43,43
38	40,43	42,29	42,61
39	40,40	43,19	43,36
40	40,71	44,34	43,97
41	40,61	44,34	43,95
42	40,62	44,71	45,12
43	40,65	42,69	42,47
44	40,51	43,39	43,72
45	40,54	46,47	46,22
46	40,68	44,07	44,24
47	40,62	43,41	43,12
48	40,67	43,69	43,37
49	40,69	43,29	43,58
50	40,54	43,59	43,32

Tablo 7.3. Terazı Parçası için Birim Maliyetler

Parti No	Standart Birim Maliyet	Gerçek Birim Maliyet	YSA Birim Maliyet
1	42,52	45,77	45,54
2	42,35	44,95	45,37
3	42,23	45,13	45,52
4	42,49	45,59	45,23
5	42,19	45,10	45,27
6	42,58	46,13	46,28
7	42,35	45,51	45,91
8	42,25	45,31	45,57
9	42,40	45,98	45,62
10	42,36	45,26	45,14
11	42,51	45,83	45,67
12	42,64	46,39	46,11
13	42,46	45,21	45,69
14	42,21	44,98	45,09
15	42,49	44,93	45,12
16	42,57	45,50	45,24
17	42,33	44,83	45,11
18	42,28	44,76	44,37
19	42,25	45,08	45,17
20	42,46	45,90	46,15
21	42,17	44,90	45,17
22	42,25	44,79	44,51
23	42,35	45,39	45,13
24	42,57	47,48	47,09
25	42,53	45,36	45,81
26	42,60	45,41	45,26
27	42,41	45,18	45,38
28	42,14	45,16	45,49
29	42,40	45,68	45,47
30	42,36	44,91	45,16
31	42,29	44,43	44,51
32	42,25	44,72	44,86
33	42,42	45,22	45,18
34	42,49	45,41	45,45
35	42,22	44,86	45,23
36	42,16	45,21	44,78
37	42,42	44,83	44,64
38	42,13	44,61	44,22
39	42,09	45,80	45,45
40	42,50	45,90	45,61
41	42,38	44,51	44,27
42	42,38	45,30	45,59
43	42,42	44,76	44,43
44	42,24	44,31	44,47
45	42,28	44,78	44,56
46	42,46	44,91	45,11
47	42,38	44,77	44,54
48	42,45	44,42	44,71
49	42,48	46,10	46,29
50	42,28	45,30	45,68

Tablo 7.4. Terazi Sportu Parçası için Birim Maliyetler

Parti No	Standart Birim Maliyet	Gerçek Birim Maliyet	YSA Birim Maliyet
1	48,43	51,81	51,42
2	48,28	50,98	51,34
3	48,17	50,79	50,53
4	48,41	51,78	51,44
5	48,13	52,28	51,89
6	48,49	51,66	51,43
7	48,28	53,78	54,17
8	48,19	53,59	53,31
9	48,32	50,96	51,45
10	48,29	52,86	52,49
11	48,42	52,03	52,45
12	48,54	53,18	53,37
13	48,38	51,51	51,92
14	48,15	50,89	50,43
15	48,41	52,19	52,33
16	48,48	51,58	51,34
17	48,26	51,97	51,74
18	48,22	51,40	51,73
19	48,18	54,99	54,67
20	48,38	52,11	52,48
21	48,11	51,70	51,56
22	48,19	51,45	51,95
23	48,28	53,48	53,27
24	48,48	53,03	53,38
25	48,44	51,61	51,76
26	48,51	52,01	52,48
27	48,34	51,01	50,59
28	48,09	51,61	51,27
29	48,32	50,76	50,34
30	48,29	51,84	51,61
31	48,23	52,82	53,24
32	48,19	51,90	52,36
33	48,34	51,42	51,25
34	48,41	51,51	51,19
35	48,16	51,86	51,44
36	48,10	53,07	53,56
37	48,34	52,09	52,18
38	48,08	50,41	50,19
39	48,04	52,29	52,18
40	48,42	54,85	54,53
41	48,30	54,17	53,66
42	48,31	51,16	51,55
43	48,35	53,10	53,41
44	48,18	53,90	53,67
45	48,21	52,51	52,91
46	48,38	53,58	53,88
47	48,31	54,05	53,79
48	48,37	53,53	53,84
49	48,40	51,64	51,42
50	48,21	51,20	51,43

Tablolardaki değerlerden de görüleceği gibi YSA kullanılarak hesaplanan birim maliyet, standart birim maliyete kıyasla ürünün gerçek maliyetine daha yakın sonuçlar vermiştir. Bu da YSA performanslarının oldukça yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Son olarak her bir parça için bulunan ‘‘Standart Birim Maliyet’’ ile ‘‘YSA Birim Maliyet’’ inin ‘‘Gerçek Birim Maliyet’’ ten ne kadar saptıkları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada ‘‘Mutlak Hata Yüzdeleri Ortalaması (Mean Absolute Percentage Error)’’ ls kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 7.1, Şekil 7.2 Şekil 7.3 ve Şekil 7.4 ile Tablo 7.5’de özetlenmiştir.

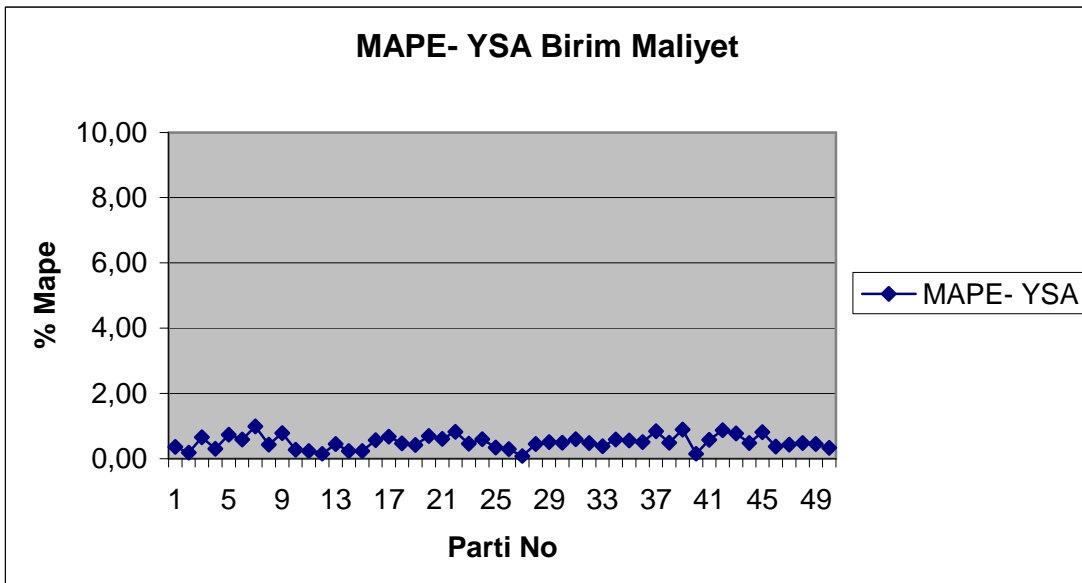
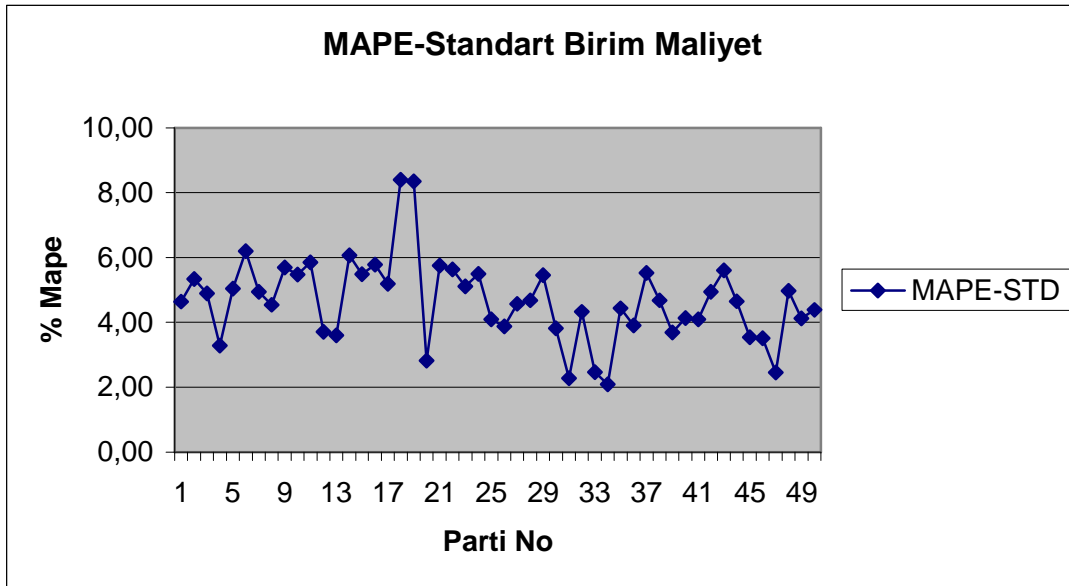
$$MAPE = (1 / n) * \sum |(G_i - T_i) / (G_i) * 100|$$

G_i =i. Gerek değer

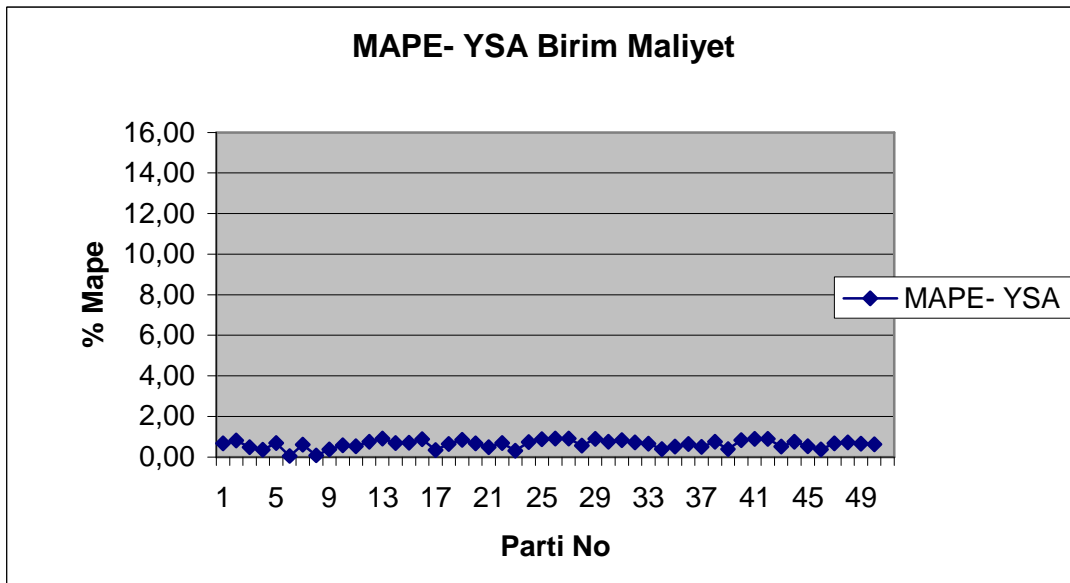
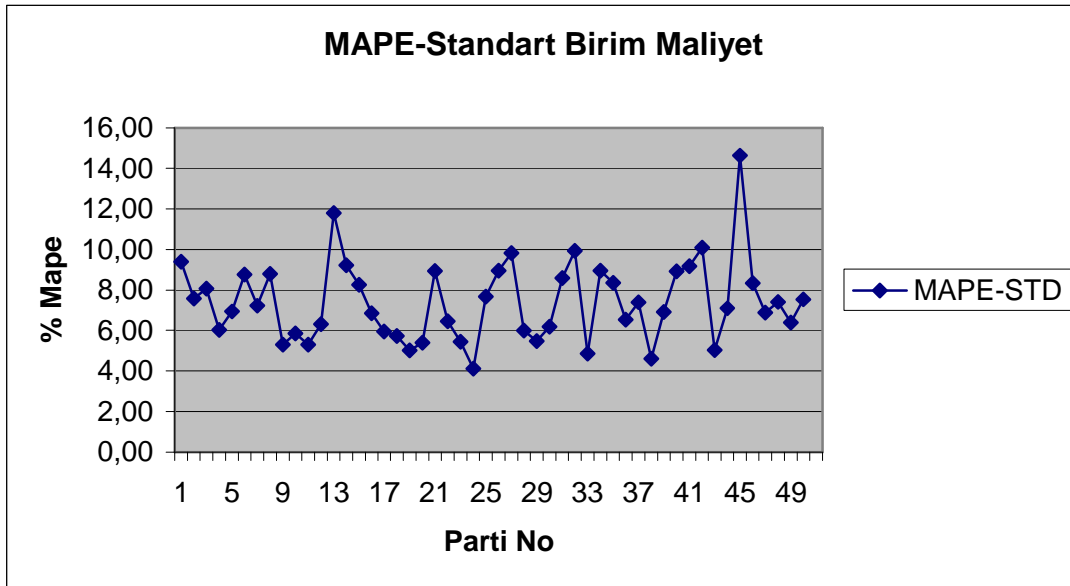
T_i =i. Tahmini değer

n = Toplam veri sayısı

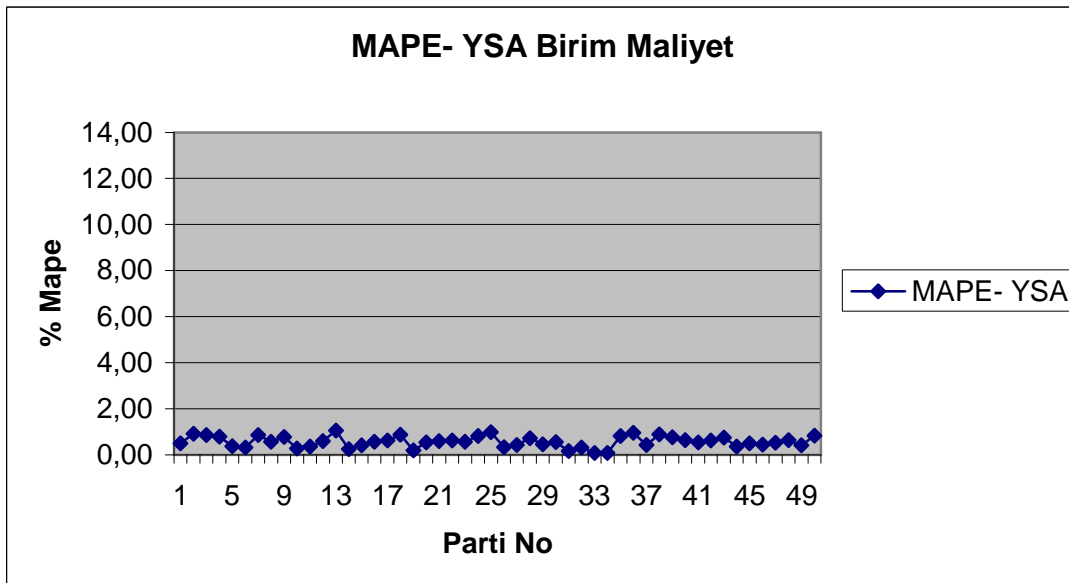
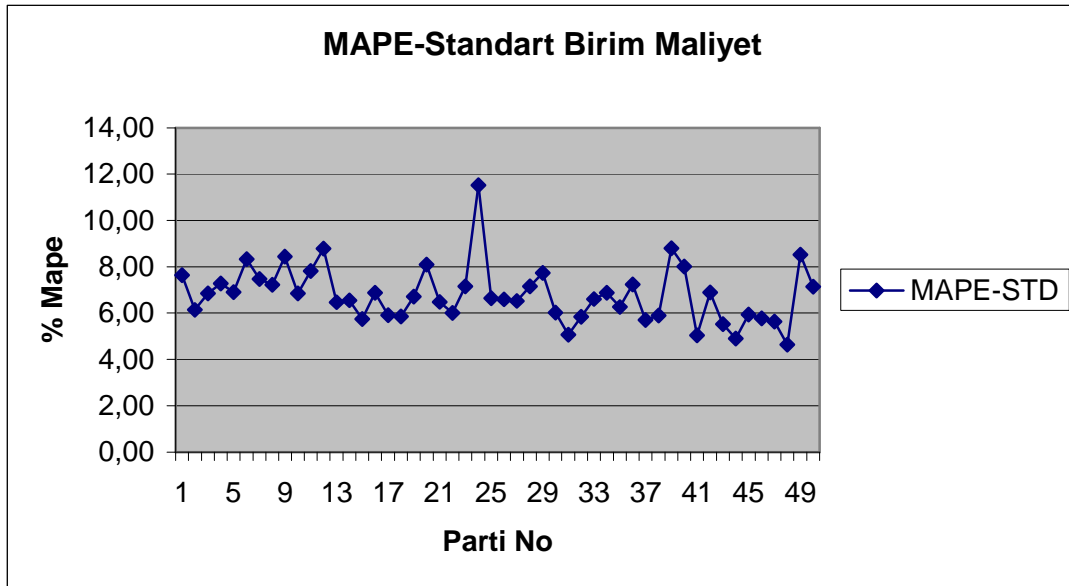
Şekil 7.1. Tampon Parçası için MAPE Değerleri



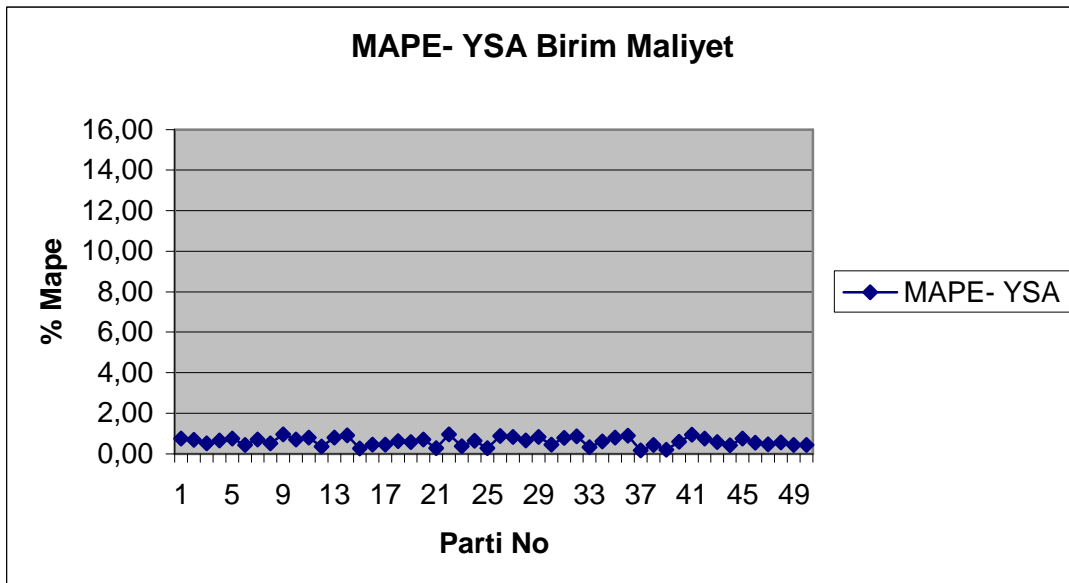
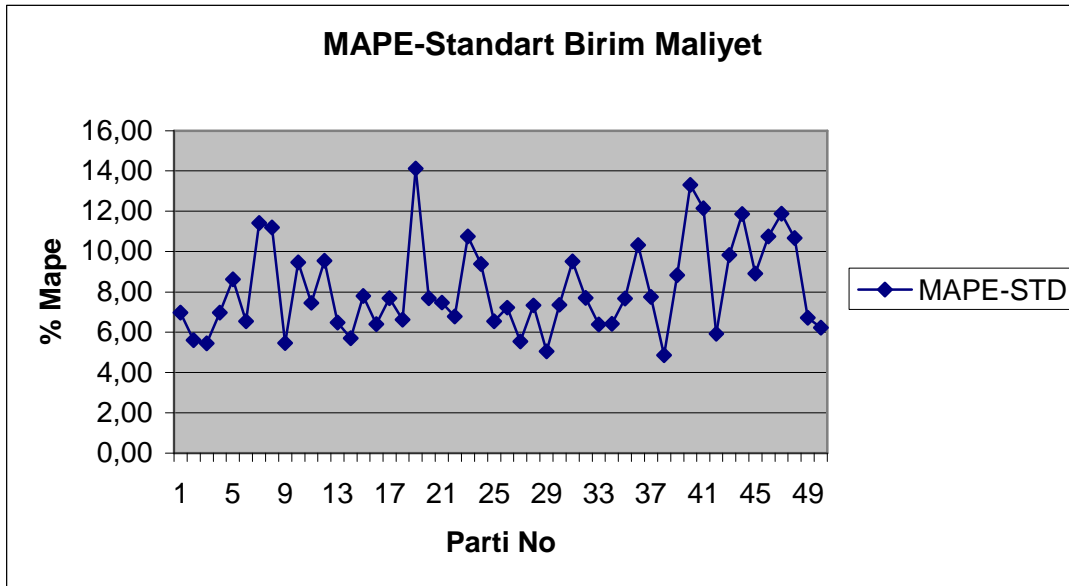
Şekil 7.2. Tampon Sportu Parçası için MAPE Değerleri



Şekil 7.3. Terazi Parçası için MAPE Değerleri



Şekil 7.4. Terazi Sportu Parçası için MAPE Değerleri



Tablo 7.5. Tüm Parçalar için Ortalama MAPE değerleri

Parça adı	MAPE (Standart Birim Maliyet)	MAPE (YSA Birim Maliyet)
Tampon	4,67	0,50
Tampon Sportu	7,41	0,64
Terazi	6,8	0,57
Terazi Sportu	8,16	0,61

Her bir parça için hesaplanan MAPE değerleri incelenmiş YSA ile yapılan birim maliyet tahmininin oldukça tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

7.2. Öneriler

Bir Yapay Sinir Ağı programı, diğer programlama dillerinden farklı olarak; sadece herhangi bir matematiksel fonksiyonun çözümü için değil, aralarında matematiksel bir fonksiyonla ifade edilemeyecek bir ilişki mevcut olan, bir çok problemin çözümünde kullanılabilir. Yani bir Yapay Sinir Ağı programı kullanılarak birden fazla problemin çözümü için o probleme ait ağlar oluşturulabilir.

Fakat bir problemin Yapay Sinir Ağı ile çözülebilmesi için yeterli sayıda veri olması, çıktı katmanı ve girdi katmanı arasındaki ilişkinin iyi bir şekilde tespit edilmesi, çıktıya etki eden girdilerin tamamının mevcut olması vb. önemli ayrıntılara dikkat edilmelidir.

Nitekim bu tezdeki uygulamada ISILSAN Makine Sanayi Fabrikasından alınan dört parçaya ait elli adetlik parti üretiminin maliyet bilgileri girdi, bu parti üretimlerine ait gerçek birim maliyetler ise çıktı olarak alınmıştır. Her bir parça için bu 50 vektör arasından 40 vektör seçilmiş seçilen bu vektörler ile ağ eğitilmiş geriye kalan 10 vektör ile de ağ test edilmiştir. Sonuç olarak uygulamada hata payının %1'lere kadar düştüğü gözlenmiştir.

Birim maliyet belirleme işlemi genellikle deterministik modellerle gerçekleştirilen bir işlemdir. Nitekim uygulamanın gerçekleştirildiği firmada da geleneksel maliyet belirleme metodu kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu metotta tek problem ise istenmeyen fakat önlenemeyen kayıp sürelerdir. Bu kayıp süreler ise genellikle parti miktarı ile doğru orantılı olarak artmakta ve belli bir oranda birim maliyeti artırmaktadır. Ancak yapılan çalışma göstermiştir ki otomasyon düzeyinin düşük işçiliğin yoğun olduğu bir işletmede girdi ve çıktı ilişkisi doğru belirlenmiş bir YSA yardımıyla bu problem aşılabilmektedir.

KAYNAKLAR

BAKLAVACI, S., Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Algoritmalarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Ocak 1994.

BARNES F.C., Management's stake in improved decision making with activity based costing, SAM advanced management journal, yaz dönemi sayısı 1992; 2:20–26.

COOPER R., Implementing an activity-based cost system. Journal of Cost Management for Manufacturing Industry, Bahar sayısı 33-41, 1990.

ERDOĞAN N., Faaliyete dayalı maliyetleme; Maliyet muhasebesinde yeni bir yaklaşım, Anadolu Üniversitesi yayınları, No:867, Eskişehir 1995.

GEVARTEL, W., B., Intelligent Machines, New Jersey: Prentice Hall Inc., pp4, 1985.

GÜZELİŞ, C., Yapay Sinir Ağları, Yüksek Lisans Ders Notları, İTÜ, 1991.

HOPFIELD, J.J., NNs and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities, Proc. Nat'l Academy Science, Vol.79, pp2254-2258, USA, April, 1982.

HOPFIELD, J.J, and TANK, D.W., Neural Computation of Decisions in Optimization Problems, Biological Cybernetics, vol.52, pp.115-133,1, 1985.

KARAMAHMUT, S., HSYA için iki Öğrenme Algoritması ve Görüntü İşleme Uygulamaları, Yük. Lis. Tezi, İTÜ, Elektrik-Elektronik Bölümü, s.17, 1994.

KEEGAN D.P.,EILER R.G., ANANIA J.V., An advanced cost management system for the factory of the future, Management Accounting, Aralık sayısı 1988; pp. 31–37.

KOCABAŞ, Ş., Yarınlarımıza Yapay Zeka mı Hükmedecek?, Çizgi Üstü, İstanbul, Sayı:1, İstanbul, s.4-7, 1992

LIPPMAN, R.P., An Introduction to Computing with Neural Nets, Acoustics, Speech and Signal Processing Magazine, vol.4, No:2, pp.4-22, Apr 1987.

McCULLOCH, W.S., and PITTS, W., A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity, Bull. Math.Biophysics, Vol.5, pp. 115-133, 1943.

MEHRA, P., and BENJAMIN, W.W., Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Com. Soc. Press Tutorial, Los Vaqueros, USA, 1992.

ÖZTEMEL, E., Integrating Expert System and NNs for Intelligent On-Line Statistical Process Control, University of Wales, PhD., School of Electrical-Electronic and Systems Engineering, Cardiff, December, pp. 14, 1992.

ÖZTEMEL, E., Bilgisayarda Öğrenme ve Yapay Sinir Ağları, Otomasyon Dergisi, s.134-140, 1996

PAZARÇEVİREN S., BALCI B.R., FTM Sisteminin genel özellikleri, Birinci Sistem mühendisliği ve savunma uygulamaları sempozyumu, Kara Harp Okulu, Ankara, 12 13 Ekim 1995; ss:508–520.

TOSUN M., Geri Yansımali Yapay Sinir Ağının Görüntü Sıkıştırma Kullanılması, İTÜ, FBE, Y.Lisans Tezi, 1997

TURBAN, E., Decision Support and Expert Systems: Management Support System, Prentice-Hall, pp.681-714, 1992.

WINSTANLEY, GRAHAM, AI in Engineering, Courier Int. Ltd., England, 1991.

WINSTANLEY, GRAHAM, AI in Engineering, Courier Int. Ltd., England, 1991.

ZURADA, J. M., Introduction to Artificial Neural Systems, West Publishing Company, St. Paul, 1991.

Ek-B Ağlarda Kullanılan Veri Grubu

TAMPON- EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	55	1332,10	192,50	764,06	116,27	661,18	58,33
2	47	1138,34	164,50	652,92	99,36	556,79	58,54
3	65	1574,30	227,50	902,98	137,41	762,25	58,17
4	67	1622,74	234,50	930,76	141,64	803,58	57,55
5	45	1089,90	157,50	625,14	95,13	525,59	58,20
6	60	1453,20	210,00	833,52	126,84	725,24	59,27
7	58	1404,76	203,00	805,74	122,61	686,87	58,32
8	55	1332,10	192,50	764,06	116,27	646,01	57,99
9	53	1283,66	185,50	736,28	112,04	630,51	58,79
10	49	1186,78	171,50	680,71	103,59	581,03	58,63
11	43	1041,46	150,50	597,36	90,90	516,45	59,00
12	52	1259,44	182,00	722,38	109,93	631,64	57,94
13	56	1356,32	196,00	777,95	118,38	669,74	57,69
14	65	1574,30	227,50	902,98	137,41	760,59	58,79
15	47	1138,34	164,50	652,92	99,36	563,80	58,78
16	53	1283,66	185,50	736,28	112,04	640,06	59,03
17	44	1065,68	154,00	611,25	93,02	520,46	58,44
18	62	1501,64	217,00	861,30	131,07	730,03	60,16
19	58	1404,76	203,00	805,74	122,61	680,87	60,09
20	62	1501,64	217,00	861,30	131,07	741,72	57,26
21	49	1186,78	171,50	680,71	103,59	571,33	58,57
22	63	1525,86	220,50	875,20	133,18	739,98	58,60
23	54	1307,88	189,00	750,17	114,16	639,95	58,42
24	60	1453,20	210,00	833,52	126,84	724,79	58,88
25	48	1162,56	168,00	666,82	101,47	577,70	58,04
26	50	1211,00	175,00	694,60	105,70	605,48	58,00
27	69	1671,18	241,50	958,55	145,87	822,04	58,18
28	54	1307,88	189,00	750,17	114,16	627,98	57,95
29	52	1259,44	182,00	722,38	109,93	618,56	58,66
30	58	1404,76	203,00	805,74	122,61	687,72	57,70
31	65	1574,30	227,50	902,98	137,41	766,29	56,78
32	49	1186,78	171,50	680,71	103,59	575,55	57,87
33	51	1235,22	178,50	708,49	107,81	607,69	57,01
34	62	1501,64	217,00	861,30	131,07	743,54	56,88
35	66	1598,52	231,00	916,87	139,52	772,76	57,89
36	62	1501,64	217,00	861,30	131,07	722,22	57,54
37	51	1235,22	178,50	708,49	107,81	607,72	58,72
38	49	1186,78	171,50	680,71	103,59	569,20	57,93
39	56	1356,32	196,00	777,95	118,38	648,46	57,34
40	55	1332,10	192,50	764,06	116,27	660,14	58,03
TAMPON- TEST SETİ							
41	68	1646,96	238,00	944,66	143,75	807,43	57,87
42	42	1017,24	147,00	583,46	88,79	498,84	58,35
43	46	1114,12	161,00	639,03	97,24	548,46	58,77
44	51	1235,22	178,50	708,49	107,81	598,53	58,04
45	43	1041,46	150,50	597,36	90,90	506,12	57,46
46	55	1332,10	192,50	764,06	116,27	657,78	57,64
47	64	1550,08	224,00	889,09	135,30	760,49	56,97
48	54	1307,88	189,00	750,17	114,16	645,54	58,45
49	61	1477,42	213,50	847,41	128,95	730,74	58,00
50	54	1307,88	189,00	750,17	114,16	635,56	57,93

TAMPON SPORU-EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	46	756,70	174,80	464,25	75,69	401,74	44,55
2	53	871,85	201,40	534,90	87,21	456,14	43,67
3	62	1019,90	235,60	625,73	102,02	528,21	43,78
4	68	1118,60	258,40	686,28	111,89	592,50	43,15
5	54	888,30	205,20	544,99	88,86	458,21	43,28
6	47	773,15	178,60	474,34	77,34	412,72	44,34
7	61	1003,45	231,80	615,64	100,38	524,81	43,52
8	55	904,75	209,00	555,08	90,50	469,32	44,09
9	49	806,05	186,20	494,53	80,63	423,49	42,78
10	58	954,10	220,40	585,36	95,44	499,64	42,98
11	64	1052,80	243,20	645,91	105,31	558,43	42,87
12	56	921,20	212,80	565,17	92,15	494,18	43,39
13	42	690,90	159,60	423,88	69,11	364,92	45,47
14	47	773,15	178,60	474,34	77,34	399,54	44,22
15	53	871,85	201,40	534,90	87,21	461,88	44,07
16	49	806,05	186,20	494,53	80,63	429,90	43,55
17	56	921,20	212,80	565,17	92,15	481,23	42,99
18	57	937,65	216,60	575,27	93,79	487,59	42,86
19	61	1003,45	231,80	615,64	100,38	520,23	42,55
20	48	789,60	182,40	484,44	78,98	417,17	42,88
21	46	756,70	174,80	464,25	75,69	389,65	44,07
22	57	937,65	216,60	575,27	93,79	486,39	43,14
23	58	954,10	220,40	585,36	95,44	499,36	42,81
24	65	1069,25	247,00	656,01	106,96	570,44	42,44
25	51	838,95	193,80	514,71	83,92	445,92	43,86
26	49	806,05	186,20	494,53	80,63	431,08	44,44
27	46	756,70	174,80	464,25	75,69	398,14	44,64
28	59	970,55	224,20	595,45	97,08	498,47	42,86
29	67	1102,15	254,60	676,19	110,25	579,00	42,85
30	64	1052,80	243,20	645,91	105,31	551,31	43,11
31	53	871,85	201,40	534,90	87,21	453,93	44,04
32	45	740,25	171,00	454,16	74,05	384,00	44,54
33	66	1085,70	250,80	666,10	108,60	571,32	42,62
34	52	855,40	197,60	524,80	85,57	453,05	44,35
35	50	822,50	190,00	504,62	82,28	425,31	43,88
36	62	1019,90	235,60	625,73	102,02	524,69	43,09
37	54	888,30	205,20	544,99	88,86	467,47	43,65
38	66	1085,70	250,80	666,10	108,60	556,99	42,29
39	48	789,60	182,40	484,44	78,98	403,80	43,19
40	45	740,25	171,00	454,16	74,05	392,39	44,34
TAMPON SPORU-TEST SETİ							
41	52	855,40	197,60	524,80	85,57	448,57	44,34
42	48	789,60	182,40	484,44	78,98	414,17	44,71
43	69	1135,05	262,20	696,38	113,54	597,67	42,69
44	54	888,30	205,20	544,99	88,86	460,41	43,39
45	41	674,45	155,80	413,79	67,47	350,59	46,47
46	45	740,25	171,00	454,16	74,05	390,99	44,07
47	49	806,05	186,20	494,53	80,63	423,00	43,41
48	61	1003,45	231,80	615,64	100,38	529,77	43,69
49	57	937,65	216,60	575,27	93,79	496,06	43,29
50	53	871,85	201,40	534,90	87,21	453,18	43,59

TERAZİ-EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	47	631,21	117,50	629,57	75,28	544,80	45,77
2	56	752,08	140,00	750,13	89,69	639,68	44,95
3	62	832,66	155,00	830,50	99,30	701,07	45,13
4	45	604,35	112,50	602,78	72,07	520,41	45,59
5	65	872,95	162,50	870,69	104,10	732,04	45,10
6	43	577,49	107,50	575,99	68,87	501,17	46,13
7	55	738,65	137,50	736,74	88,09	628,05	45,51
8	61	819,23	152,50	817,11	97,70	690,86	45,31
9	53	711,79	132,50	709,95	84,88	607,96	45,98
10	55	738,65	137,50	736,74	88,09	628,85	45,26
11	47	631,21	117,50	629,57	75,28	544,30	45,83
12	41	550,63	102,50	549,20	65,67	480,21	46,39
13	50	671,50	125,00	669,76	80,08	576,60	45,21
14	64	859,52	160,00	857,29	102,50	722,11	44,98
15	48	644,64	120,00	642,97	76,88	555,20	44,93
16	44	590,92	110,00	589,39	70,47	512,36	45,50
17	57	765,51	142,50	763,53	91,29	650,12	44,83
18	59	792,37	147,50	790,32	94,49	669,86	44,76
19	61	819,23	152,50	817,11	97,70	690,48	45,08
20	49	658,07	122,50	656,36	78,48	565,23	45,90
21	67	899,81	167,50	897,48	107,31	753,27	44,90
22	61	819,23	152,50	817,11	97,70	690,86	44,79
23	55	738,65	137,50	736,74	88,09	628,49	45,39
24	42	564,06	105,00	562,60	67,27	489,21	47,48
25	46	617,78	115,00	616,18	73,67	533,83	45,36
26	43	577,49	107,50	575,99	68,87	502,09	45,41
27	51	684,93	127,50	683,16	81,68	585,87	45,18
28	68	913,24	170,00	910,87	108,91	762,51	45,16
29	52	698,36	130,00	696,55	83,28	596,44	45,68
30	54	725,22	135,00	723,34	86,49	617,39	44,91
31	58	778,94	145,00	776,92	92,89	659,32	44,43
32	62	832,66	155,00	830,50	99,30	702,20	44,72
33	51	684,93	127,50	683,16	81,68	585,95	45,22
34	47	631,21	117,50	629,57	75,28	543,49	45,41
35	63	846,09	157,50	843,90	100,90	711,26	44,86
36	66	886,38	165,00	884,08	105,71	741,32	45,21
37	52	698,36	130,00	696,55	83,28	597,48	44,83
38	69	926,67	172,50	924,27	110,51	772,86	44,61
39	72	966,96	180,00	964,45	115,32	803,92	45,80
40	48	644,64	120,00	642,97	76,88	555,52	45,90
TERAZİ-TEST SETİ							
41	53	711,79	132,50	709,95	84,88	606,81	44,51
42	55	738,65	137,50	736,74	88,09	629,88	45,30
43	51	684,93	127,50	683,16	81,68	586,33	44,76
44	62	832,66	155,00	830,50	99,30	701,61	44,31
45	61	819,23	152,50	817,11	97,70	692,30	44,78
46	50	671,50	125,00	669,76	80,08	576,60	44,91
47	53	711,79	132,50	709,95	84,88	607,26	44,77
48	49	658,07	122,50	656,36	78,48	564,82	44,42
49	47	631,21	117,50	629,57	75,28	542,89	46,10
50	60	805,80	150,00	803,71	96,10	680,93	45,30

TERAZİ SPORU-EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	51	1056,72	158,10	622,16	94,68	538,38	51,81
2	65	1346,80	201,50	792,95	120,67	676,19	50,98
3	68	1408,96	210,80	829,55	126,24	700,26	50,79
4	56	1160,32	173,60	683,16	103,96	589,80	51,78
5	47	973,84	145,70	573,36	87,25	482,06	52,28
6	53	1098,16	164,30	646,56	98,39	562,57	51,66
7	44	911,68	136,40	536,76	81,68	457,58	53,78
8	50	1036,00	155,00	609,96	92,82	515,72	53,59
9	67	1388,24	207,70	817,35	124,38	699,94	50,96
10	46	953,12	142,60	561,16	85,39	478,99	52,86
11	58	1201,76	179,80	707,55	107,67	611,72	52,03
12	43	890,96	133,30	524,57	79,83	458,67	53,18
13	60	1243,20	186,00	731,95	111,38	630,14	51,51
14	63	1305,36	195,30	768,55	116,95	647,36	50,89
15	65	1346,80	201,50	792,95	120,67	684,71	52,19
16	57	1181,04	176,70	695,35	105,81	604,48	51,58
17	55	1139,60	170,50	670,96	102,10	571,30	51,97
18	56	1160,32	173,60	683,16	103,96	579,03	51,40
19	49	1015,28	151,90	597,76	90,96	505,12	54,99
20	51	1056,72	158,10	622,16	94,68	535,78	52,11
21	63	1305,36	195,30	768,55	116,95	645,05	51,70
22	67	1388,24	207,70	817,35	124,38	691,07	51,45
23	43	890,96	133,30	524,57	79,83	447,50	53,48
24	45	932,40	139,50	548,96	83,54	477,36	53,03
25	66	1367,52	204,60	805,15	122,52	697,54	51,61
26	54	1118,88	167,40	658,76	100,25	574,24	52,01
27	59	1222,48	182,90	719,75	109,53	617,25	51,01
28	52	1077,44	161,20	634,36	96,53	531,04	51,61
29	61	1263,92	189,10	744,15	113,24	637,20	50,76
30	47	973,84	145,70	573,36	87,25	489,38	51,84
31	45	932,40	139,50	548,96	83,54	465,86	52,82
32	65	1346,80	201,50	792,95	120,67	670,45	51,90
33	62	1284,64	192,20	756,35	115,10	648,74	51,42
34	55	1139,60	170,50	670,96	102,10	579,22	51,51
35	51	1056,72	158,10	622,16	94,68	524,37	51,86
36	40	828,80	124,00	487,97	74,26	409,17	53,07
37	52	1077,44	161,20	634,36	96,53	544,13	52,09
38	56	1160,32	173,60	683,16	103,96	571,25	50,41
39	63	1305,36	195,30	768,55	116,95	640,62	52,29
40	51	1056,72	158,10	622,16	94,68	537,54	54,85
TERAZİ SPORU-EĞİTİM SETİ							
41	55	1139,60	170,50	670,96	102,10	573,49	54,17
42	67	1388,24	207,70	817,35	124,38	698,80	51,16
43	52	1077,44	161,20	634,36	96,53	544,45	53,10
44	59	1222,48	182,90	719,75	109,53	608,05	53,90
45	61	1263,92	189,10	744,15	113,24	630,49	52,51
46	55	1139,60	170,50	670,96	102,10	577,63	53,58
47	56	1160,32	173,60	683,16	103,96	584,35	54,05
48	59	1222,48	182,90	719,75	109,53	619,37	53,53
49	67	1388,24	207,70	817,35	124,38	704,81	51,64
50	63	1305,36	195,30	768,55	116,95	651,13	51,20

Ek-C Normalize Edilmiş Veri Grubu

TAMPON-EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	0,0055000	0,1332100	0,0192500	0,0764060	0,0116270	0,0661177	0,0058333
2	0,0047000	0,1138340	0,0164500	0,0652924	0,0099358	0,0556787	0,0058538
3	0,0065000	0,1574300	0,0227500	0,0902980	0,0137410	0,0762254	0,0058171
4	0,0067000	0,1622740	0,0234500	0,0930764	0,0141638	0,0803577	0,0057545
5	0,0045000	0,1089900	0,0157500	0,0625140	0,0095130	0,0525593	0,0058201
6	0,0060000	0,1453200	0,0210000	0,0833520	0,0126840	0,0725241	0,0059275
7	0,0058000	0,1404760	0,0203000	0,0805736	0,0122612	0,0686866	0,0058320
8	0,0055000	0,1332100	0,0192500	0,0764060	0,0116270	0,0646007	0,0057990
9	0,0053000	0,1283660	0,0185500	0,0736276	0,0112042	0,0630511	0,0058787
10	0,0049000	0,1186780	0,0171500	0,0680708	0,0103586	0,0581025	0,0058630
11	0,0043000	0,1041460	0,0150500	0,0597356	0,0090902	0,0516448	0,0058997
12	0,0052000	0,1259440	0,0182000	0,0722384	0,0109928	0,0631639	0,0057942
13	0,0056000	0,1356320	0,0196000	0,0777952	0,0118384	0,0669741	0,0057689
14	0,0065000	0,1574300	0,0227500	0,0902980	0,0137410	0,0760590	0,0058791
15	0,0047000	0,1138340	0,0164500	0,0652924	0,0099358	0,0563800	0,0058779
16	0,0053000	0,1283660	0,0185500	0,0736276	0,0112042	0,0640055	0,0059031
17	0,0044000	0,1065680	0,0154000	0,0611248	0,0093016	0,0520458	0,0058440
18	0,0062000	0,1501640	0,0217000	0,0861304	0,0131068	0,0730026	0,0060161
19	0,0058000	0,1404760	0,0203000	0,0805736	0,0122612	0,0680869	0,0060094
20	0,0062000	0,1501640	0,0217000	0,0861304	0,0131068	0,0741717	0,0057257
21	0,0049000	0,1186780	0,0171500	0,0680708	0,0103586	0,0571328	0,0058573
22	0,0063000	0,1525860	0,0220500	0,0875196	0,0133182	0,0739979	0,0058598
23	0,0054000	0,1307880	0,0189000	0,0750168	0,0114156	0,0639953	0,0058419
24	0,0060000	0,1453200	0,0210000	0,0833520	0,0126840	0,0724795	0,0058876
25	0,0048000	0,1162560	0,0168000	0,0666816	0,0101472	0,0577700	0,0058039
26	0,0050000	0,1211000	0,0175000	0,0694600	0,0105700	0,0605484	0,0057997
27	0,0069000	0,1671180	0,0241500	0,0958548	0,0145866	0,0822042	0,0058182
28	0,0054000	0,1307880	0,0189000	0,0750168	0,0114156	0,0627983	0,0057946
29	0,0052000	0,1259440	0,0182000	0,0722384	0,0109928	0,0618559	0,0058659
30	0,0058000	0,1404760	0,0203000	0,0805736	0,0122612	0,0687719	0,0057702
31	0,0065000	0,1574300	0,0227500	0,0902980	0,0137410	0,0766292	0,0056776
32	0,0049000	0,1186780	0,0171500	0,0680708	0,0103586	0,0575549	0,0057870
33	0,0051000	0,1235220	0,0178500	0,0708492	0,0107814	0,0607686	0,0057012
34	0,0062000	0,1501640	0,0217000	0,0861304	0,0131068	0,0743539	0,0056884
35	0,0066000	0,1598520	0,0231000	0,0916872	0,0139524	0,0772763	0,0057894
36	0,0062000	0,1501640	0,0217000	0,0861304	0,0131068	0,0722221	0,0057535
37	0,0051000	0,1235220	0,0178500	0,0708492	0,0107814	0,0607720	0,0058719
38	0,0049000	0,1186780	0,0171500	0,0680708	0,0103586	0,0569202	0,0057932
39	0,0056000	0,1356320	0,0196000	0,0777952	0,0118384	0,0648460	0,0057344
40	0,0055000	0,1332100	0,0192500	0,0764060	0,0116270	0,0660144	0,0058027
TAMPON-TEST SETİ							
41	0,0068000	0,1646960	0,0238000	0,0944656	0,0143752	0,0807429	0,0057871
42	0,0042000	0,1017240	0,0147000	0,0583464	0,0088788	0,0498841	0,0058354
43	0,0046000	0,1114120	0,0161000	0,0639032	0,0097244	0,0548457	0,0058770
44	0,0051000	0,1235220	0,0178500	0,0708492	0,0107814	0,0598535	0,0058040
45	0,0043000	0,1041460	0,0150500	0,0597356	0,0090902	0,0506117	0,0057461
46	0,0055000	0,1332100	0,0192500	0,0764060	0,0116270	0,0657783	0,0057637
47	0,0064000	0,1550080	0,0224000	0,0889088	0,0135296	0,0760493	0,0056974
48	0,0054000	0,1307880	0,0189000	0,0750168	0,0114156	0,0645540	0,0058451
49	0,0061000	0,1477420	0,0213500	0,0847412	0,0128954	0,0730736	0,0057998
50	0,0054000	0,1307880	0,0189000	0,0750168	0,0114156	0,0635561	0,0057929

TAMPON SPORU-EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	0,0046000	0,0756700	0,0174800	0,0464250	0,0075693	0,0401738	0,0044545
2	0,0053000	0,0871850	0,0201400	0,0534897	0,0087212	0,0456138	0,0043673
3	0,0062000	0,1019900	0,0235600	0,0625729	0,0102021	0,0528211	0,0043780
4	0,0068000	0,1118600	0,0258400	0,0686283	0,0111894	0,0592504	0,0043153
5	0,0054000	0,0888300	0,0205200	0,0544990	0,0088857	0,0458206	0,0043277
6	0,0047000	0,0773150	0,0178600	0,0474343	0,0077339	0,0412723	0,0044342
7	0,0061000	0,1003450	0,0231800	0,0615636	0,0100376	0,0524812	0,0043524
8	0,0055000	0,0904750	0,0209000	0,0555082	0,0090503	0,0469318	0,0044087
9	0,0049000	0,0806050	0,0186200	0,0494528	0,0080630	0,0423490	0,0042783
10	0,0058000	0,0954100	0,0220400	0,0585359	0,0095439	0,0499639	0,0042975
11	0,0064000	0,1052800	0,0243200	0,0645914	0,0105312	0,0558429	0,0042868
12	0,0056000	0,0921200	0,0212800	0,0565174	0,0092148	0,0494178	0,0043387
13	0,0042000	0,0690900	0,0159600	0,0423881	0,0069111	0,0364920	0,0045473
14	0,0047000	0,0773150	0,0178600	0,0474343	0,0077339	0,0399544	0,0044223
15	0,0053000	0,0871850	0,0201400	0,0534897	0,0087212	0,0461884	0,0044066
16	0,0049000	0,0806050	0,0186200	0,0494528	0,0080630	0,0429900	0,0043548
17	0,0056000	0,0921200	0,0212800	0,0565174	0,0092148	0,0481228	0,0042992
18	0,0057000	0,0937650	0,0216600	0,0575267	0,0093794	0,0487586	0,0042865
19	0,0061000	0,1003450	0,0231800	0,0615636	0,0100376	0,0520229	0,0042546
20	0,0048000	0,0789600	0,0182400	0,0484435	0,0078984	0,0417174	0,0042875
21	0,0046000	0,0756700	0,0174800	0,0464250	0,0075693	0,0389652	0,0044075
22	0,0057000	0,0937650	0,0216600	0,0575267	0,0093794	0,0486389	0,0043136
23	0,0058000	0,0954100	0,0220400	0,0585359	0,0095439	0,0499358	0,0042808
24	0,0065000	0,1069250	0,0247000	0,0656006	0,0106958	0,0570436	0,0042441
25	0,0051000	0,0838950	0,0193800	0,0514712	0,0083921	0,0445924	0,0043856
26	0,0049000	0,0806050	0,0186200	0,0494528	0,0080630	0,0431081	0,0044439
27	0,0046000	0,0756700	0,0174800	0,0464250	0,0075693	0,0398137	0,0044637
28	0,0059000	0,0970550	0,0224200	0,0595452	0,0097085	0,0498467	0,0042860
29	0,0067000	0,1102150	0,0254600	0,0676191	0,0110249	0,0579005	0,0042852
30	0,0064000	0,1052800	0,0243200	0,0645914	0,0105312	0,0551306	0,0043114
31	0,0053000	0,0871850	0,0201400	0,0534897	0,0087212	0,0453927	0,0044037
32	0,0045000	0,0740250	0,0171000	0,0454158	0,0074048	0,0383998	0,0044543
33	0,0066000	0,1085700	0,0250800	0,0666098	0,0108603	0,0571324	0,0042618
34	0,0052000	0,0855400	0,0197600	0,0524805	0,0085566	0,0453049	0,0044347
35	0,0050000	0,0822500	0,0190000	0,0504620	0,0082275	0,0425307	0,0043877
36	0,0062000	0,1019900	0,0235600	0,0625729	0,0102021	0,0524686	0,0043087
37	0,0054000	0,0888300	0,0205200	0,0544990	0,0088857	0,0467473	0,0043649
38	0,0066000	0,1085700	0,0250800	0,0666098	0,0108603	0,0556985	0,0042286
39	0,0048000	0,0789600	0,0182400	0,0484435	0,0078984	0,0403800	0,0043192
40	0,0045000	0,0740250	0,0171000	0,0454158	0,0074048	0,0392390	0,0044338
TAMPON SPORU-TEST SETİ							
41	0,0052000	0,0855400	0,0197600	0,0524805	0,0085566	0,0448568	0,0044342
42	0,0048000	0,0789600	0,0182400	0,0484435	0,0078984	0,0414175	0,0044713
43	0,0069000	0,1135050	0,0262200	0,0696376	0,0113540	0,0597672	0,0042692
44	0,0054000	0,0888300	0,0205200	0,0544990	0,0088857	0,0460408	0,0043388
45	0,0041000	0,0674450	0,0155800	0,0413788	0,0067466	0,0350587	0,0046466
46	0,0045000	0,0740250	0,0171000	0,0454158	0,0074048	0,0390987	0,0044071
47	0,0049000	0,0806050	0,0186200	0,0494528	0,0080630	0,0423001	0,0043415
48	0,0061000	0,1003450	0,0231800	0,0615636	0,0100376	0,0529772	0,0043685
49	0,0057000	0,0937650	0,0216600	0,0575267	0,0093794	0,0496061	0,0043291
50	0,0053000	0,0871850	0,0201400	0,0534897	0,0087212	0,0453179	0,0043591

TERAZİ- EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	0,0047000	0,0631210	0,0117500	0,0629574	0,0075275	0,0544801	0,0045765
2	0,0056000	0,0752080	0,0140000	0,0750131	0,0089690	0,0639681	0,0044952
3	0,0062000	0,0832660	0,0155000	0,0830502	0,0099299	0,0701071	0,0045130
4	0,0045000	0,0604350	0,0112500	0,0602784	0,0072072	0,0520415	0,0045588
5	0,0065000	0,0872950	0,0162500	0,0870688	0,0104104	0,0732040	0,0045103
6	0,0043000	0,0577490	0,0107500	0,0575994	0,0068869	0,0501169	0,0046131
7	0,0055000	0,0738650	0,0137500	0,0736736	0,0088088	0,0628046	0,0045513
8	0,0061000	0,0819230	0,0152500	0,0817107	0,0097698	0,0690858	0,0045308
9	0,0053000	0,0711790	0,0132500	0,0709946	0,0084885	0,0607963	0,0045977
10	0,0055000	0,0738650	0,0137500	0,0736736	0,0088088	0,0628849	0,0045262
11	0,0047000	0,0631210	0,0117500	0,0629574	0,0075275	0,0544303	0,0045835
12	0,0041000	0,0550630	0,0102500	0,0549203	0,0065666	0,0480213	0,0046388
13	0,0050000	0,0671500	0,0125000	0,0669760	0,0080080	0,0576599	0,0045206
14	0,0064000	0,0859520	0,0160000	0,0857293	0,0102502	0,0722107	0,0044975
15	0,0048000	0,0644640	0,0120000	0,0642970	0,0076877	0,0555205	0,0044934
16	0,0044000	0,0590920	0,0110000	0,0589389	0,0070470	0,0512364	0,0045499
17	0,0057000	0,0765510	0,0142500	0,0763526	0,0091291	0,0650118	0,0044831
18	0,0059000	0,0792370	0,0147500	0,0790317	0,0094494	0,0669858	0,0044755
19	0,0061000	0,0819230	0,0152500	0,0817107	0,0097698	0,0690478	0,0045084
20	0,0049000	0,0658070	0,0122500	0,0656365	0,0078478	0,0565232	0,0045898
21	0,0067000	0,0899810	0,0167500	0,0897478	0,0107307	0,0753266	0,0044903
22	0,0061000	0,0819230	0,0152500	0,0817107	0,0097698	0,0690865	0,0044786
23	0,0055000	0,0738650	0,0137500	0,0736736	0,0088088	0,0628494	0,0045387
24	0,0042000	0,0564060	0,0105000	0,0562598	0,0067267	0,0489213	0,0047476
25	0,0046000	0,0617780	0,0115000	0,0616179	0,0073674	0,0533831	0,0045361
26	0,0043000	0,0577490	0,0107500	0,0575994	0,0068869	0,0502095	0,0045412
27	0,0051000	0,0684930	0,0127500	0,0683155	0,0081682	0,0585868	0,0045184
28	0,0068000	0,0913240	0,0170000	0,0910874	0,0108909	0,0762514	0,0045159
29	0,0052000	0,0698360	0,0130000	0,0696550	0,0083283	0,0596438	0,0045679
30	0,0054000	0,0725220	0,0135000	0,0723341	0,0086486	0,0617393	0,0044909
31	0,0058000	0,0778940	0,0145000	0,0776922	0,0092893	0,0659316	0,0044434
32	0,0062000	0,0832660	0,0155000	0,0830502	0,0099299	0,0702203	0,0044718
33	0,0051000	0,0684930	0,0127500	0,0683155	0,0081682	0,0585954	0,0045218
34	0,0047000	0,0631210	0,0117500	0,0629574	0,0075275	0,0543494	0,0045414
35	0,0063000	0,0846090	0,0157500	0,0843898	0,0100901	0,0711258	0,0044861
36	0,0066000	0,0886380	0,0165000	0,0884083	0,0105706	0,0741322	0,0045210
37	0,0052000	0,0698360	0,0130000	0,0696550	0,0083283	0,0597477	0,0044831
38	0,0069000	0,0926670	0,0172500	0,0924269	0,0110510	0,0772865	0,0044610
39	0,0072000	0,0966960	0,0180000	0,0964454	0,0115315	0,0803918	0,0045798
40	0,0048000	0,0644640	0,0120000	0,0642970	0,0076877	0,0555523	0,0045904
TERAZİ- TEST SETİ							
41	0,0053000	0,0711790	0,0132500	0,0709946	0,0084885	0,0606814	0,0044508
42	0,0055000	0,0738650	0,0137500	0,0736736	0,0088088	0,0629883	0,0045304
43	0,0051000	0,0684930	0,0127500	0,0683155	0,0081682	0,0586326	0,0044763
44	0,0062000	0,0832660	0,0155000	0,0830502	0,0099299	0,0701609	0,0044310
45	0,0061000	0,0819230	0,0152500	0,0817107	0,0097698	0,0692304	0,0044785
46	0,0050000	0,0671500	0,0125000	0,0669760	0,0080080	0,0576600	0,0044909
47	0,0053000	0,0711790	0,0132500	0,0709946	0,0084885	0,0607261	0,0044772
48	0,0049000	0,0658070	0,0122500	0,0656365	0,0078478	0,0564820	0,0044423
49	0,0047000	0,0631210	0,0117500	0,0629574	0,0075275	0,0542892	0,0046101
50	0,0060000	0,0805800	0,0150000	0,0803712	0,0096096	0,0680925	0,0045297

TERAZİ SPORU-EĞİTİM SETİ							
	INP-1	INP-2	INP-3	INP-4	INP-5	INP-6	OUTPUT
NO	PARTİ ÜRETİM MİKTARI	MALZEME MALİYETİ	FASON MALİYETİ	İŞÇİLİK MALİYETİ	AMORTİSMAN MALİYETİ	GENEL GİDERLER	BİRİM MALİYET
1	0,0051000	0,1056720	0,0158100	0,0622159	0,0094676	0,0538384	0,0051806
2	0,0065000	0,1346800	0,0201500	0,0792948	0,0120666	0,0676194	0,0050983
3	0,0068000	0,1408960	0,0210800	0,0829546	0,0126235	0,0700264	0,0050794
4	0,0056000	0,1160320	0,0173600	0,0683155	0,0103958	0,0589804	0,0051780
5	0,0047000	0,0973840	0,0145700	0,0573362	0,0087251	0,0482061	0,0052284
6	0,0053000	0,1098160	0,0164300	0,0646558	0,0098389	0,0562566	0,0051658
7	0,0044000	0,0911680	0,0136400	0,0536765	0,0081682	0,0457576	0,0053784
8	0,0050000	0,1036000	0,0155000	0,0609960	0,0092820	0,0515717	0,0053585
9	0,0067000	0,1388240	0,0207700	0,0817346	0,0124379	0,0699936	0,0050956
10	0,0046000	0,0953120	0,0142600	0,0561163	0,0085394	0,0478987	0,0052861
11	0,0058000	0,1201760	0,0179800	0,0707554	0,0107671	0,0611720	0,0052030
12	0,0043000	0,0890960	0,0133300	0,0524566	0,0079825	0,0458670	0,0053178
13	0,0060000	0,1243200	0,0186000	0,0731952	0,0111384	0,0630140	0,0051506
14	0,0063000	0,1305360	0,0195300	0,0768550	0,0116953	0,0647358	0,0050894
15	0,0065000	0,1346800	0,0201500	0,0792948	0,0120666	0,0684711	0,0052188
16	0,0057000	0,1181040	0,0176700	0,0695354	0,0105815	0,0604481	0,0051576
17	0,0055000	0,1139600	0,0170500	0,0670956	0,0102102	0,0571297	0,0051973
18	0,0056000	0,1160320	0,0173600	0,0683155	0,0103958	0,0579030	0,0051402
19	0,0049000	0,1015280	0,0151900	0,0597761	0,0090964	0,0505124	0,0054987
20	0,0051000	0,1056720	0,0158100	0,0622159	0,0094676	0,0535776	0,0052106
21	0,0063000	0,1305360	0,0195300	0,0768550	0,0116953	0,0645054	0,0051704
22	0,0067000	0,1388240	0,0207700	0,0817346	0,0124379	0,0691067	0,0051454
23	0,0043000	0,0890960	0,0133300	0,0524566	0,0079825	0,0447496	0,0053476
24	0,0045000	0,0932400	0,0139500	0,0548964	0,0083538	0,0477357	0,0053031
25	0,0066000	0,1367520	0,0204600	0,0805147	0,0122522	0,0697544	0,0051611
26	0,0054000	0,1118880	0,0167400	0,0658757	0,0100246	0,0574240	0,0052013
27	0,0059000	0,1222480	0,0182900	0,0719753	0,0109528	0,0617253	0,0051012
28	0,0052000	0,1077440	0,0161200	0,0634358	0,0096533	0,0531036	0,0051612
29	0,0061000	0,1263920	0,0189100	0,0744151	0,0113240	0,0637198	0,0050758
30	0,0047000	0,0973840	0,0145700	0,0573362	0,0087251	0,0489382	0,0051844
31	0,0045000	0,0932400	0,0139500	0,0548964	0,0083538	0,0465865	0,0052818
32	0,0065000	0,1346800	0,0201500	0,0792948	0,0120666	0,0670450	0,0051904
33	0,0062000	0,1284640	0,0192200	0,0756350	0,0115097	0,0648735	0,0051417
34	0,0055000	0,1139600	0,0170500	0,0670956	0,0102102	0,0579217	0,0051505
35	0,0051000	0,1056720	0,0158100	0,0622159	0,0094676	0,0524372	0,0051855
36	0,0040000	0,0828800	0,0124000	0,0487968	0,0074256	0,0409171	0,0053075
37	0,0052000	0,1077440	0,0161200	0,0634358	0,0096533	0,0544131	0,0052086
38	0,0056000	0,1160320	0,0173600	0,0683155	0,0103958	0,0571248	0,0050409
39	0,0063000	0,1305360	0,0195300	0,0768550	0,0116953	0,0640622	0,0052291
40	0,0051000	0,1056720	0,0158100	0,0622159	0,0094676	0,0537543	0,0054853
TERAZİ SPORU-TEST SETİ							
41	0,0055000	0,1139600	0,0170500	0,0670956	0,0102102	0,0573489	0,0054166
42	0,0067000	0,1388240	0,0207700	0,0817346	0,0124379	0,0698802	0,0051163
43	0,0052000	0,1077440	0,0161200	0,0634358	0,0096533	0,0544445	0,0053097
44	0,0059000	0,1222480	0,0182900	0,0719753	0,0109528	0,0608048	0,0053895
45	0,0061000	0,1263920	0,0189100	0,0744151	0,0113240	0,0630491	0,0052509
46	0,0055000	0,1139600	0,0170500	0,0670956	0,0102102	0,0577630	0,0053582
47	0,0056000	0,1160320	0,0173600	0,0683155	0,0103958	0,0584346	0,0054047
48	0,0059000	0,1222480	0,0182900	0,0719753	0,0109528	0,0619367	0,0053534
49	0,0067000	0,1388240	0,0207700	0,0817346	0,0124379	0,0704810	0,0051643
50	0,0063000	0,1305360	0,0195300	0,0768550	0,0116953	0,0651135	0,0051204

ÖZGEÇMİŞ

Serkan Bucak, 17.09.1982 de Ş.Urfa' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul Güngören'de tamamladı. 2000 yılında Dumlupınar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği bölümüne girdi. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne yatay geçiş yaptı ve 2005 yılında mezun oldu. 2005-2007 yılları arasında Kurumsal Yazılım ve Danışmanlık Ltd. Şti. nde mühendis olarak çalıştı. Şu anda Kurumsal Yazılım ve Danışmanlık Ltd. Şirketinde Yazılım Danışmanı olarak görev yapmaktadır.