



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

**ALTI SİGMA VE YAPAY SİNİR AĞLARININ TEKSTİL SEKTÖRÜNDE
KARŞILAŞTIRMALI BİR UYGULAMASI**

Ümit YILMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

BURSA-2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA VE YAPAY SİNİR AĞLARININ TEKSTİL SEKTÖRÜNDE
KARŞILAŞTIRMALI BİR UYGULAMASI

Ümit YILMAZ

Doç.Dr. Seda ÖZMUTLU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA VE YAPAY SİNİR AĞLARININ TEKSTİL SEKTÖRÜNDE
KARŞILAŞTIRMALI BİR UYGULAMASI

Ümit YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez .../.../201... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Seda
ÖZMUTLU
Danışman

Prof.Dr.Erkan
IŞIĞIÇOK

Yrd.Doç.Dr.Ali Yurdun
ORBAK

ÖZET

İkibinsekiz yılının son aylarında dünyayı saran ekonomik durgunluk ve enerji birim giderlerinde meydana gelen artış, işletmeleri kalitelerini düşürmeden maliyet minimizasyonuna itmiş ve bu doğrultuda iyileştirme çalışmalarına yön vermiştir.

Bu çalışmada, tekstil sektöründe faaliyetini sürdüren bir firmanın üretim sürecinde meydana gelen hataların minimize edilmesi amacıyla altı sigma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kalite kontrol sürecinde tespit edilen hataların üretim sürecinde tekrarlanmaması amacıyla ikibinsekiz yılında gerçekleşen vardiya tipi, işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, dokumacı yaşı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı, hav oranı ve hata miktarı değerleri derlenmiştir. Sonrasında regresyon analizi ile belirtilen verilerin hata oluşumuna etkileri değerlendirilerek regresyon denkleminde ulaşılmıştır. Elde edilen regresyon denkleminde bağılı olarak optimum girdi değerlerinin bulunabilmesi için GAMS programı kullanılmıştır. Daha sonra veriler girdi ile çıktı değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapay sinir ağları ile analiz edilmiştir. Regresyon analizinden GAMS programı kullanılarak optimum girdi değerlerinin oluşumu sonrasında ulaşılan performans kriterleriyle yapay sinir ağları yöntemleriyle elde edilen performans kriterleri karşılaştırılarak yöntemlerin etkinliği incelenmiştir.

Sonuç olarak, istenilen değerlere yüzde yüz oranında ulaşıırken, işletme iyileşme yolunda önemli bir yol katetmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, Hata, Regresyon Analizi, Tekstil, Yapay Sinir Ağları

ABSTRACT

Economic recession covering all the world in the last few months of two thousand eight and the increase in the energy unit expenses caused business enterprises to make expenditure minimization with no loss in quality and caused efforts for improvement in terms of this matter.

In this work, six sigma application was fulfilled with the aim to minimize the defects that occurred during the production process of a firm maintaining its business in the textile sector. With the aim of not repeating the defects determined during quality control process in the process of production, the elements that was fulfilled in the year two thousand eight such as shift type, plant humidity, plant temperature, outdoor temperature, machine type, machine speed, weaver age, colour type, surface type, yarn type, quantity of production, dimension style, number of width, weight in grams, number of weft, fluff proportion, and amount of defects were arranged. Afterwards, regression equation was obtained by evaluating the effects of data determined through regression analysis on the emerging of defects. GAMS program was used to be able to find optimum input rates depending on regression equation obtained before. Then, in order to examine the relationship between input and output variables, data was analyzed with artificial neural networks. By comparing the performance criteria that was reached after the formation of optimum input rates through the use of GAMS program of regression analysis with the performance criteria that was obtained with the artificial neural network method, the efficiency of methods were examined.

Consequently, while reaching the intended rates in proportion of 100%, the business enterprise got far in terms of improvement.

Key words: Six Sigma, Defect, Regression Analysis, Textile, Artificial Neural Networks

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Altı Sigma.....	3
2.1.1. Altı sigmanın tanımı	3
2.1.2. Altı sigmanın tarihsel gelişimi.....	4
2.1.3. Altı sigmanın altı ilkesi.....	6
2.1.4. Altı sigmanın hedefleri	7
2.1.5. Altı sigmanın yararları.....	10
2.2. İstatistiksel Açıdan Altı Sigma	11
2.2.1. Sigma	11
2.2.2. Değişkenlik	15
2.3. Altı Sigma Organizasyonu ve Yol Haritası	17
2.3.1. Altı sigmada roller ve sorumlulukları.....	17
2.3.2. Altı sigma uygulama modeli ve safhaları	18
2.4. Altı Sigma Çalışmalarında Kullanılan İstatistiksel Yöntemler	27
2.4.1. Tanımlama safhasında kullanılan yöntemler	28
2.4.2. Ölçme safhasında kullanılan yöntemler.....	29
2.4.3. Analiz safhasında kullanılan yöntemler.....	30
2.4.4. İyileştirme safhasında kullanılan yöntemler	34
2.4.5. Kontrol safhasında kullanılan araçlar	34
2.5. Yapay Sinir Ağları	35
2.5.1. Yapay sinir ağlarının tanımı	35
2.5.2. Yapay sinir ağlarının temel özellikleri	36
2.5.3. Yapay sinir ağlarının tarihsel gelişimi.....	38

2.5.4. Yapay sinir ağlarının avantajları ve dezavantajları	39
2.5.5. Yapay sinir ağlarının yapısı	40
2.5.6. Yapay sinir ağlarının temel elemanları	41
2.5.7. Yapay sinir ağları mimarisi	48
2.5.8. Yapay sinir ağları modelleri	51
2.5.9. Yapay sinir ağlarında öğrenme	54
2.5.10. Yapay sinir ağlarında geliştirme ve eğitme	63
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	70
3.1. Firma Tanıtımı	70
3.2. Uygulama Safhaları	70
3.2.1. Tanımlama	71
3.2.2. Ölçme.....	83
3.2.3. Analiz.....	86
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	107
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	109
KAYNAKLAR	111
EKLER.....	118
ÖZGEÇMİŞ.....	130
TEŞEKKÜR	131

KISALTMALAR DİZİNİ

ADALINE – Yinelemeli Doğrusal Sinir Ağı

ANOVA – Tek Değişkenli Varyans Analizi

ART – Adaptif Rezonans Teorisi

ASL – Alt Spesifikasyon Limiti

ÇKA – Çok Katmanlı Algılayıcılar

DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve, Control

HTEA – Hata Türleri ve Etkileri Analizi

İPK – İstatistiksel Proses Kontrol

LVQ – Öğrenmeli Vektör Kuantalama

MADALINE – Çoklu Yinelemeli Doğrusal Sinir Ağı

MSE – Hata Kareleri Ortalaması

PUKÖ – Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al

TÖAİK – Tanımlama, Ölçme, Analiz Etme, İyileştirme, Kontrol Etme

ÜSL – Üst Spesifikasyon Limiti

VIF – Varyans Şişirme Faktörleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Sigma Düzeyine Karşılık Gelen Hata Oranları.....	8
Şekil 2.2: Sigma Seviyesine Göre Hatalı Üretimdeki Azalma Yüzdesi	12
Şekil 2.3: Ortalamanın 1,5 Sigma Kaymasının Etkileri.....	13
Şekil 2.4: TÖAİK Safhaları.....	19
Şekil 2.5: TÖAİK Çevrimi: Altı Sigma Gelişim Süreci	19
Şekil 2.6: TÖAİK Yönteminin Süreç Haritası	27
Şekil 2.7: Yapay Sinir Ağı Modeli.....	40
Şekil 2.8: Biyolojik Sinir Hücresi ve Yapısı.....	42
Şekil 2.9: Bir Nöronun Matematiksel Yapısının Açıklanması.....	43
Şekil 2.10: Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu	46
Şekil 2.11: Basamak Aktivasyon Fonksiyonları	46
Şekil 2.12: Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu	47
Şekil. 2.13: Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu.....	48
Şekil 2.14: Tek Katmanlı Sinir Ağı	49
Şekil 2.15: Tek Katmanlı Sinir Ağının Kısaltılmış Gösterimi.....	50
Şekil 2.16: Üç Katmanlı Sinir Ağının Kısaltılmış Gösterimi	51
Şekil 2.17: İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı.....	52
Şekil 2.18: Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı	53
Şekil 2.19: Verileri Ezberleyen ve İyi Genellemeye Ulaşan Ağlardaki Hata Eğrileri....	69
Şekil 3.1: Dokuma İşletmesi Proses Haritası	75
Şekil 3.2: Atkı Hatası Oluşumu Üzerine Hazırlanmış Balık Kılçığı Diyagramı	82
Şekil 3.3: Hatalı Üretim Miktarları ile Oluşturulan Pareto Grafiği	86
Şekil 3.4: İşletme Sıcaklığı Normal Dağılım Grafiği.....	88
Şekil 3.5: İşletme Nemi Normal Dağılım Grafiği	88
Şekil 3.6: Dış Sıcaklık Normal Dağılım Grafiği	88
Şekil 3.7: Tezgah Hızı Normal Dağılım Grafiği	88
Şekil 3.8: Dokumacı Yaşı Normal Dağılım Grafiği.....	88
Şekil 3.9: Üretim Miktarı Normal Dağılım Grafiği	88
Şekil 3.10: En Sayısı Normal Dağılım Grafiği	89

Şekil 3.11: Gramaj Normal Dağılım Grafiği	89
Şekil 3.12: Atkı Sayısı Normal Dağılım Grafiği.....	89
Şekil 3.13: Hav Oranı Normal Dağılım Grafiği.....	89
Şekil 3.14: Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu.....	99
Şekil 3.15: Momentumlu Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu	101
Şekil 3.16: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu	102
Şekil 3.17: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu	104
Şekil 3.18: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu.....	105
Şekil 3.19: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağının R Grafiği.....	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1: $\pm 1,5$ Sigmalık Sapma Sonucu Değişen Kusurlu/Kusursuz Oranları	14
Çizelge 2.2: Merkezden Uzaklık ve Sigma Seviyelerine Göre Milyonda Hata Sayısı ...	15
Çizelge 2.3: Tanımlama Süreci Takip Tablosu.....	20
Çizelge 2.4: Tanımlama Sürecinin Hedefleri ve Çıktıları.....	21
Çizelge 2.5: Ölçme Süreci Takip Tablosu	22
Çizelge 2.6: Ölçüm Safhasının Hedefleri ve Çıktıları	23
Çizelge 2.7: İyileştirme Safhasının Hedefleri ve Çıktıları.....	25
Çizelge 2.8: Altı Sigma Safhalarında Kullanılan Veri Madenciliği Teknikleri.....	33
Çizelge 2.9: Toplayıcı Fonksiyonları.....	45
Çizelge 2.10: Ağ Türleri ve Başarılı Oldukları Alanlar.....	65
Çizelge 2.11: Uygulama Tipleri ve Kullanılabilir Yapay Sinir Ağları	66
Çizelge 3.1: Proje Beyanı.....	76
Çizelge 3.2: Hata Kodları ve Açıklamaları	77
Çizelge 3.3: Kaynaklarına Göre Gruplanan Hata Kodları ve Açıklamaları.....	78
Çizelge 3.4: Yıllara Göre Üretim ve Hatalı Ürün Miktarı	78
Çizelge 3.5: Beyin Fırtınası Birinci Tur Oylama Sonuçları.....	80
Çizelge 3.6: Beyin Fırtınası İkinci Tur Oylama Sonuçları	81
Çizelge 3.7: 2008 Yılında Meydana Gelen Hatalı Ürün Miktarı (Atkı Sayısı)	85
Çizelge 3.8: Sürekli Bağımsız Değişkenlerin Normallik Testi Sonuçları.....	87
Çizelge 3.9: Veriler için Hipotez Testleri	90
Çizelge 3.10: Regresyon Test Sonuçları	92
Çizelge 3.11: Genel Regresyon için Test Sonuçları.....	92
Çizelge 3.12: Veri Seti için ANOVA Tablosu.....	92
Çizelge 3.13: Veri Seti için Katsayılar Tablosu.....	93
Çizelge 3.14: Adımsal Regresyon Analizi için Test Sonuçları.....	94
Çizelge 3.15: Adımsal Regresyon Analizi Sonrası Veri Seti için ANOVA Tablosu	94
Çizelge 3.16: Adımsal Regresyon Analizi Sonrası Veri Seti için Katsayılar Tablosu ...	95
Çizelge 3.17: GAMS Çözümlemesi ile Ulaşılan Optimal Sonuç	96
Çizelge 3.18: Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları.....	98

Çizelge 3.19: Momentumlu Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları	100
Çizelge 3.20: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları	102
Çizelge 3.21: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları	103
Çizelge 3.22: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları.....	105
Çizelge 4.1: Yapılan Analizler Sonrası Elde Edilen Performans Kriterlerinin Kıyas Tablosu.....	107

1. GİRİŞ

Globalleşen dünyada endüstriyel rekabet koşullarının iyice çeşitlendiği günümüzde, yaşanan ekonomik kriz ile birlikte tüketiciler daha da bilinçlenerek gereksinimleri dışında tüketmemeye özen göstermektedirler. Durum böyle olunca üreticiler, ürünlerin satış fiyatlarında indirim giderek tüketimi cazip hale getirmeye çalışmaktadırlar. Yapılacak indirimin limit sınırları üreticinin üretim maliyetleri ile doğru orantılı olarak değiştiğinden, üreticinin odaklanması zorunlu olduğu nokta kalite kaybına gidilmeksizin maliyetlerini düşürme eğilimidir. Bu rotada, işletmelerin can simidi, yapılan çalışmalarla etkinliğini kanıtlamış altı sigma yöntemi olacaktır.

Sanayi işletmeleri, ürünlerini, bir sistem döngüsünde birbirleriyle doğrudan veya dolaylı olarak ilişki halinde bulunan birçok bileşenin etkileşimi altında üretmektedir. Bu bileşenler; insan, makine, malzeme, yöntem ve çevre olarak ifade edilebilir. Bileşenlerin birbirleri ile temas halinde buldukları her nokta, üretimde hata potansiyeli içermektedir. Hedef bu hata noktalarını pasifize ederek verimliliği artırmaktır.

Altı sigma yöntemi ile çalışanların teknik ve bilimsel analizler hakkında bilgi sahibi olmalarının yanı sıra bu analizleri yapmaya yarayan araçları kullanma yetenekleri de artmaktadır. Bu sayede sorumlu oldukları süreçlerin iyileştirilmesinde rol oynayacak projeleri etkin bir şekilde sürdürebilmektedirler. Böylece kaliteli insan kaynağına harcanan maliyetler belli bir periyot içerisinde azalmakta ve bu giderler işletme karı olarak geri dönmektedir. Özellikle tekstil sektöründe eğitim harcamalarına ayrılan bütçenin azlığı, iyileştirme çalışmaları önünde bir darboğaz oluşturmaktadır.

Bu tez çalışması, tekstil sektöründe havlu ve türevlerinin üretildiği bir dokuma işletmesinde üretim sürecini ele almaktadır. Bu çalışmanın ana amacı; vardiya tipi, işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, dokumacı yaşı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranı değerlerini, altı sigma araçları, regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemlerini kullanarak üretim sürecinde meydana gelmesi muhtemel hatalı atkı sayısı oluşumunu tespit etmeye çalışmaktır. Böylece elde edilecek bu veriler sürecin kontrol altında tutulmasında etkili olacaktır.

Çalışmanın bir diğler amacı ise bu modeller geliştirilirken kullanılacak olan regresyon analizi ve yapay sinir ağıları yöntemlerinin bir karşılaştırmasını ortaya koymaktır. Bu karşılaştırma ile yöntemlerin birbirlerine olan üstünlükleri veri seti üzerinde çalışılarak, belli performans parametreleri üzerinden tespit edilecektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Altı Sigma

Altı sigma aralarında global devlerin de olduğu sayısız Őirketler tarafından dđnyanın birçok yerinde uygulanan bir kalite yđnetim sistemidir. Bu sistemi hakkıyla uygulayan Őirketler, hata oranlarını neredeyse sđfira indirerek mđŐterilerinin gđzünde, rakipleri karşısında sarsılmaz bir konum elde etmektedir.

2.1.1. Altı sigmanın tanımı

Gđnđmizde altı sigma baŐlıđı altında pazarlaması yapılan, aslında yalın bir altı sigma dđzeneđi değil, kontrol dışı değişkenliğin kđcđltđlmesi, hataların ۆnlenmesi yolunda verilen sistemli bir çaba anlamına gelmektedir. Altı sigma gđnđmize dek kalite yđnetimi, toplam kalite yđnetimi, mđkemellik anlayıŐı, başarılı kurum oluşturma adına verilen emeğin, kazanılan birikimlerin, deneyimlerin, istatistiksel yđntemlerin bilinçli ve istekli kullanımı eŐliđinde başarı yolunda kullanılması çabasıdır (Kasa 2003).

Altı sigma yaklaŐımını seçen Şirketlerin sağladıkları olađanđstđ baŐarılar nedeniyle bu yđntem, pek çok yazar ve yđnetim bilimcinin ilgi odağı haline gelmiştir. Altı sigmanın ne olduğuna dair pek çok tanımlama mevcuttur.

İŞ dđnyası altı sigmayı genellikle “mđhendis ve istatistikçiler tarafından ۆrđn ve proseslerin ince ayarını yapmak için kullanılan ileri derecede teknik bir yđntem” olarak tanımlamaktadır (alıŐkan 2006).

Honeywell CEO’su Dave Cote’ye gđre altı sigma; içerisinde kuvvetli araçların bulunduğu bir teknik program gibi gđrđnse de, aslında bđtđnđyle yđnetimsel ve kđltđrel değişim programıdır (Polat ve ark. 2003).

Popđler istatistiksel analiz programları satan Minitab Inc., altı sigmayı “Finansal ۆlđlebilir sonuçlara odaklanarak israfı azaltmak, mđŐteri memnuniyetini arttırmak ve

süreçleri iyileştirmek için kullanılan bilgi temelli bir yöntem” olarak tanımlamaktadır (Goh ve Xie 2004).

Temel olarak bakıldığında, her iki tanım da doğru olmakla beraber eksik kaldıkları noktalar bulunmaktadır. Altı sigma için bu tanımların benzeri birçok tanımlama yapmak mümkündür. Yapılabilecek en kapsamlı ve güzel tanımlardan birisini Pande ve diğerleri yayınladıkları *The Six Sigma Way* isimli kitaplarında “İşte başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaştırmak için kapsamlı ve esnek bir sistemdir. Altı sigmayı işleten benzersiz mekanizma, müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir.” şeklinde yapmışlardır (Pande ve ark. 2000).

Altı sigma kavramı, iş mükemmelliği felsefesi, işletme stratejisi, istatistiksel süreç yeterliliği ölçümü, bir sürecin müşteri beklentilerini karşılamaya yeterli olup olmadığının ölçümü ve değişkenleri azaltmak amaçlı tasarlanan taktikler odaklı bir yönetsel faaliyet olarak tanımlanmaktadır. Süreç ise bir parçanın bitmiş hale getirilişi veya bir montajın tamamlanması gibi belirli bir sonuca ulaşan faaliyetler dizisidir (Kobu 1998).

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı üzere, altı sigma felsefesinin arka planındaki fikir, işletme süreçlerindeki sapmayı sürekli olarak azaltmak ve her ürün, hizmet ve işlemsel süreçten kaynaklanan hataların veya başarısızlıkların ortadan kaldırılmasını hedeflemektir. Ayrıca, altı sigma işletme problemlerinin temel nedenlerini analiz etme ve çözmeye dönük yüksek performanslı ve veri temelli bir yaklaşımdır.

2.1.2. Altı sigmanın tarihsel gelişimi

Altı sigma yönteminin 1980’li yılların ortalarında Motorola tarafından geliştirildiği söylenmesine karşın, içinde kullanılan tekniklerin yaklaşık 100 yıllık bir geçmişi bulunmaktadır (Altın 2006):

- 1900 ve 1920'li yıllar arasında Frederick W. Taylor'un geliştirdiği Bilimsel Yönetim ve İstatistik Teorileri,
- Henry Ford'un seri üretim hatlarını 84 ayrı istasyona ayırarak Tam zamanında Üretim ve Yalın Üretim uygulamalarını ilk olarak kullanması,
- Walter Shewhart ve Joseph M. Juran'ın 1920 ve 1924 arasındaki kalite çalışmaları sonucunda üretim süreçlerindeki kaliteyi değerlendirmek üzere geliştirdikleri Kontrol Grafikleri ve Modern İstatistiksel Proses Kontrol Yöntemleri,
- 1950'li yıllarda Japon kalitesinin en bunalımlı dönemlerini yaşadığı zamanlarda, Japonlara danışmanlık desteği sağlayarak Japon kalite devriminin yapılmasına büyük katkı sağlayan Dr. W. Edwards Deming, Dr. Joseph M. Juran ve Dr. Armand Feigenbaum'un uygulamaları ve sonuçta Japonların üstün rekabet gücüne ulaştığı 1970'li yıllardır.

15 Ocak 1987 tarihinden sonra Motorola'da başlayan altı sigma yolculuğu mükemmellik için mücadele veren birçok şirkete yayılmıştır. Bu yayılma sürecinde, altı sigma kapsam olarak genişlemiş ve problem çözüm tekniği olmaktan çıkıp kalite stratejisi ve hatta ileri düzeyde bir kalite felsefesi haline gelerek evrim geçirmiştir (Brady 2005).

Bu yıllarda Motorola tarafından, Japon kalite fikirleri ve sistemlerinin süreçlerde uygulanması amacıyla geliştirilmiş olan altı sigma kısa süre sonra şirket süreçlerini ve ürünlerini iyileştirmek için Texas Instruments, Allied Signal, General Electric, Boeing, Sony gibi firmaların kullandığı bir kalite ve proje yönetim sistemi haline gelmiştir.

Çok geçmeden diğer firmalar da hem hizmet hem de üretim sektöründe kârlılıklarının arttırılmasında altı sigmayı kullanmaya başlamışlardır. Amerika'da Motorola ve General Electric başta olmak üzere; Johnson & Johnson, American Express, Citibank, Sun Microsystems v.b.; Avrupa'da Nokia, Siemens, ABB, Bosch, Ericsson v.b.; Uzakdoğuda Kodak, LG, Hyundai, Honda v.b. firmalar üretim ve hizmet süreçlerinde altı sigmayı kullanan dünya çapında firmalardır (Polat ve ark. 2003).

2.1.3. Altı sigmanın altı ilkesi

Kabul edilmiş ve kanıtlanmış kalite prensip ve tekniklerinin etkili ve ciddi bir anlamda oluşturulması ve uygulanması olan altı sigmanın, toplam kalite yönetimi ilkelerinin istatistiksel araçlarla kuvvetlendirilmiş ilkeleri vardır.

Altı sigmanın temel ilkelerini aşağıdaki altı başlık halinde toplamak mümkündür (Turan ve ark. 2008):

- Müşteri odaklılık: Altı sigma için müşteri odaklı olmak önemlidir. Tüm performans ölçümleri müşteri ile başlar. Ölçüm ve değerlendirmelerde müşterilerin bugünkü ve gelecekteki muhtemel ihtiyaçları dikkate alınmalıdır. Altı sigmanın uygulanmasının temeli firmanın ana müşterilerini tespit etmesiyle başlar. Müşterilerin asıl olarak firmamızdan ne istediklerini öğrenmek, istek ve ihtiyaçlarının zaman içerisinde nasıl değiştiğinin tespit edilmesi, altı sigma uygulama sürecinde büyük önem taşımaktadır.
- Yönetimin katkısı: Altı sigmanın başarısı için, yöneticilerin çalışanları bir aile gibi görmesi, yeni, sürekli ve iddialı hedefler oluşturması ve bu hedeflerin arkasında durması, dinamik, duyarlı ve proaktif bir yönetim tarzı benimseyip, uygulamasını gerekmektedir.
- Herkesin aktif katılımı: Altı sigmanın başarısı için işletmenin tedarikçilerinden, çalışanlarına kadar herkesin, bu geliştirme ve yönetim sürecine katılması ve katkıda bulunması gereklidir.
- Süreç odaklı yönetim ve sürekli gelişme: Süreçler altı sigmanın temel eylem yerleridir ve başarının anahtarlarıdır. Hataların önceden, oluşmadan, süreçlerde tespit edilmesi ve büyümeden önlenmesi asıldır. Altı sigmanın uygulama başarısının temelinde müşterilere değer yaratan işletmenin sahip olduğu ürün, hizmet, destek ve bilgi yönetim, paylaşım ve değerlendirme süreçlerinin tespiti yatar.
- Verilere dayalı yönetim: İşletme yöneticileri genelde kararlarını verilere dayalı değil de, tecrübe, içgüdü ve varsayımlara dayanarak vermektedirler. Altı sigmanın temeli hataların bulunması ve ortadan kaldırılması için sadece tecrübe veya içgüdülerle

değil, kapsamlı ve karmaşık verilere de dayanarak, istatistiksel analizler sonucunda karar verilmesidir.

- Başarısızlığa karşı hoşgörü: Altı sigma uygulayan her işletme, başarısızlığa karşı hoşgörülü olmalı, uzun süren mükemmele ulaşma sürecinde çalışanların risk almasını teşvik etmelidir.

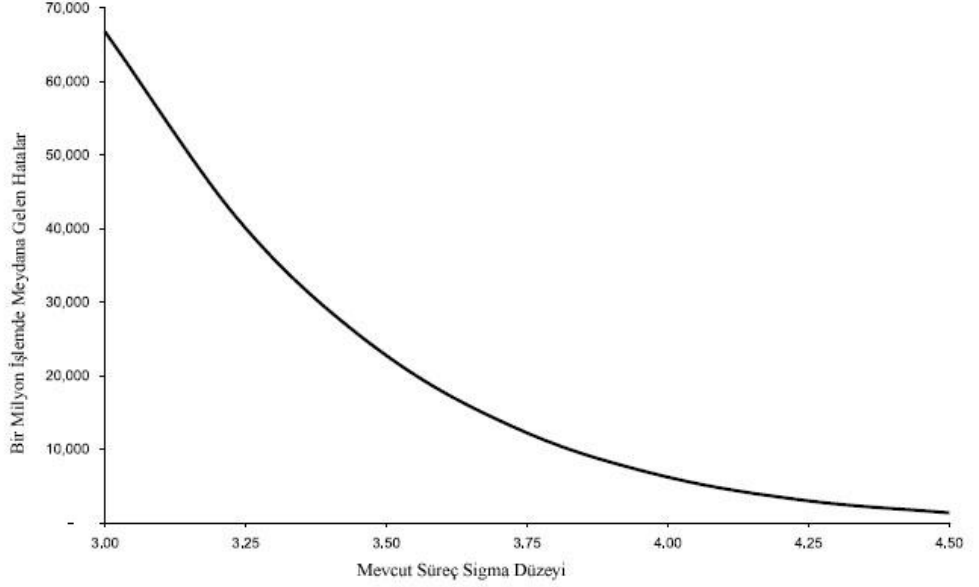
2.1.4. Altı sigmanın hedefleri

Altı sigma felsefesi, meydana gelen hataların ve maliyetlerin azaltılması, iş süreçlerinin iyileştirilmesi, müşteri memnuniyet seviyesinin, firma prestijinin ve personel yetkinliğinin artması gibi birçok amacı içermektedir. Altı Sigma uygulama süreci neticesinde, olası sorun ve hatalar ortaya çıkarılmakta, bunlar düzeltilerek sürecin en kusursuz biçimini alması için gayret gösterilmektedir.

2.1.4.1. Hataların azaltılması

Altı sigma performansına ulaşmadaki hedef, bir sürecin altı sigmasının yani değişkenliğin standart sapmalarının müşterinin talepleri doğrultusunda belirlenmiş sınırlar içerisinde çekilmesi yoluyla, değişkenliği azaltmak ya da daraltmaktır. Bu, pek çok ürün, hizmet ve süreç için çok büyük ve son derecede değerli bir iyileştirme anlamına gelir.

Sigma seviyesi ile hata oranı arasındaki ilişki grafiği Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Sigma Düzeyine Karşılık Gelen Hata Oranları

KAYNAK: Pyzdek, T. 2003. The Six Sigma Handbook. The McGraw-Hill Companies, New York. 7.p

2.1.4.2. Kalitenin artırılarak maliyetlerin azaltılması

İşletme yöneticilerinin temel amaçları arasında, üretilen ürünün maliyetlerini düşürerek karlılığı artırmak yer almaktadır. Kalite uygulamaları veya kalite iyileştirme çabalarının temel hedeflerinden biri de bu maliyetleri en aza indirmeye çalışmaktır. Bu doğrultuda; kalitenin artırımıyla, spesifikasyonlara tam olarak uyumlu olmayan ürünün yeniden işleme, müşteri iadesi, onarım gibi maliyetlerde bir düşüş öngörülmektedir. Üretilen üründe kalite artırımıyla elde edilen hatasız üretimden kaynaklanan maliyet artışı, üretilen mamülün gerekli koşulları sağlaması için yeniden işlenmesi maliyetinin çok altında gerçekleşecektir. Kalitenin artırılması, maliyeti düşürmesinin yanı sıra üretim ve ürün kalitesinin artırmayı, müşteri memnuniyetini sağlamayı, pazar payını artırmayı tüm üretim süreçlerinin kontrol altına almayı da beraberinde getirmektedir.

2.1.4.3. Kritik müşteri taleplerinin karşılanması

Odak müşteri grupları oluşturularak yapılacak olan odak görüşmeleri yolu ile müşterilerin ihtiyaçları belirlenebilir. Müşteri istekleri farklı düzeylerde karşımıza çıkmaktadır (Guinta ve Praizler 1993):

- Beklenenler: Bunlar müşterilerin ürünün veya hizmetin bir parçası olduğunu düşündükleri, varsaydıkları özelliklerdir. Örneğin, yeni bir otomobil satın aldığımızda bunun minimum güvenlik gereklerine uyduğu varsayılır.
- Konuşulanlar: Müşterilerin ürün veya hizmette bulunmasını istediklerini söyledikleri belirli özelliklerdir. Bu özellikler yazılı veya sözlü olarak iletilebilirler.
- Konuşulmayanlar: Müşterilerin ürün veya hizmetlere ilişkin olarak dile getirmedikleri özelliklerdir.
- Heyecanlandırıcılar: Bir ürün veya hizmetin beklenmeyen özellikleri bu grupta değerlendirilebilir. Örnek vermek gerekirse, Japonların 80'li yıllarda otomobillere koydukları bardak tutucuları bu gruba girer. Sonraları ABD'de de otomobil üreticileri müşterilerinin ne istediklerini sormuşlar ve müşterilerin bardak tutucuları ilk sırada istediklerini görmüşlerdir. Zaman içinde bardak tutucuları otomobillerde standart bir ekipman durumuna gelmiştir.

2.1.4.4. Süreçleri iyileştirme ve geliştirme

Süreç yeterliliği arttıkça ürün kalitesi artmakta ve kalitenin artmasıyla maliyet ve çevrim zamanı azalmaktadır. Altı sigma bu noktada, tüm süreçleri tanımlama, kontrol ve optimize etme yaklaşımı ile işletmenin altı sigma başarısına ulaşmasına sağlamaktadır. Süreçleri tanımlamak, sürekli bir çabadır ve bu süre içerisinde örgüt bazı yatırımlara gitmeli, bunun için zaman ve para harcamalıdır (<http://www.qualitydigest.com/dec97/html/sixsigma.html>, 2009).

Altı sigma performansını gerçekleştirmek için temelde yapılması gerekenler, süreçlerin analizi ve iyileştirilmesidir. Gerekli yerde radikal kararlar alınarak yeni süreçler geliştirilebilir. Altı sigma, süreç iyileştirmelerde 5 safhalı bir yöntem izlenmektedir (Ertuğrul 2004):

- Problemin Tanınması: Altı sigma projelerinin amaç ve kapsamının tanımlandığı safhadır.
- Performans Ölçümü: Harcanacak emek ve kaynakların boşa gitmemesi için mevcut durumun tüm yönleriyle açıklayan bilgilerin toplandığı safhadır.
- Fırsatların Analizi: Performans ölçümünde elde edilen bilgilerin yorumlandığı ve öncelikli problemlerin belirlendiği safhadır.
- Süreç İyileştirme: Problemleri görülen safhanın etkilerinin adım adım azaltıldığı safhadır.
- Kontrol: İyileştirme planının ve sonuçlarının değerlendirildiği safhadır. Edinilen kazançların sürdürülmesi ve artırılması için neler yapılması gerektiğini ortaya koyar.

2.1.5. Altı sigmanın yararları

Uygulaması oldukça zor bir sistemin uluslararası firmalar nezdinde kabul görmesinin sebepleri araştırıldığında, ilk fark edilen konu, bu sistemin firmalara sağladığı yararların ilk yatırım maliyetinin çok üzerinde olmasıdır. Küreselleşen dünya şartlarında ürünü ve/veya hizmeti en hızlı, en ucuz ve müşteri isteklerini en iyi karşılayacak şekilde sunabilen firmalar hayatta kalacaktır. Bu nedenle, firmalar maliyetlerini düşürmek zorundadır. Maliyetleri azaltmak için çalışanları işten çıkartmak ise doğru bir çözüm değildir. En iyi çözüm, firmanın işleyişini yeniden yapılandırmak ve verimliliği artırmaktır. Doğru yapılandırma sonucunda, belli bir işi yapmak için gerekli insan sayısı kendiliğinden azalacak ve çalışan sayısındaki bu düşüş, en katı personel indirimi uygulamalarıyla bile elde edilemeyecek ölçüde olacaktır (Druker 1995).

Altı sigma kalite seviyesinin iyileştirilmesi amacıyla son yıllarda kullanılan önemli bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımı kullanan ve organizasyonlarına uygulayan kuruluşlar rekabet üstünlüğünün artırılmasında veya korunmasında büyük yararlar sağlamaktadırlar.

Altı sigma projeleri doğru ve etkin uygulandığında kuruluşa yüksek oranda kazanç ve yarar sağlar. Altı sigmanın yararları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Maliyetleri düşürür.
- Verimliliği artırır.
- Pazar payını büyütür.
- Kurum kültürünü değiştirir.
- Tüketici sadakatini artırır.
- Çevrim süresini azaltır.
- Hataları azaltır.
- Ürün ve hizmetleri iyileştirir.

2.2. İstatistiksel Açıdan Altı Sigma

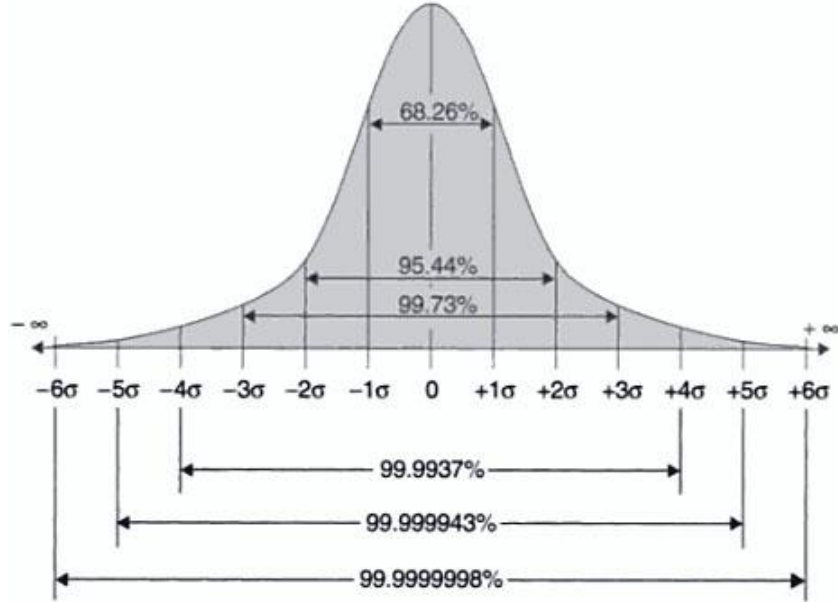
İstatistiksel açıdan sigma, bir topluluktaki standart sapmayı tanımlamak için kullanılan istatistik ölçüm birimidir. Verilerin değişkenliğini veya yayılımını ölçer. Altı sigma da bir değişkenlik ölçümüdür. Mükemmele ne kadar yaklaşıldığını, verilerin ne kadarının müşterilerin beklentilerini karşıladığını göstermektedir. Sigma seviyesi ne kadar yüksekse hataların sayısı o kadar az, müşterilerin beklentilerini karşılayan süreç sayısı o kadar yüksektir.

2.2.1. Sigma

Sigma, istatistiksel açıdan bir sürecin, ortalaması etrafındaki değişkenliğini sembolize eder. Bu durum istatistik biliminde Standart Sapma olarak da adlandırılır. Standart sapmanın karesi (σ^2) varyans olarak adlandırılır ve değişkenliğin temel ölçütü kabul edilir (Kasa 2003).

Sigma seviyesi ise, süreç yeterliliğini yansıtan istatistiksel bir birimdir. Dağılımın merkezinden iki yana doğru oluşan standart sapmadır. Sigma seviyesi, aynı zamanda ürün başına hata, milyon ürün başına hatalı ürün, hata olasılığı gibi tanımlarla yakından ilişkilidir. (http://www.danismend.com/konular/stratejiyon/str_6_sigma.htm, 2009). Sigma seviyesi ne kadar yüksekse süreçle ilgili hata sayısı, maliyet, hurda miktarı ve çevrim zamanı da o kadar düşük olacaktır.

Altı sigma tekniğindeki amaç, prosesteki değişkenliğin azaltılıp standart sapması küçültülerek Alt Spesifikasyon Limiti ve Üst Spesifikasyon Limiti arasına iki yönde 6 standart sapmayı ($\pm 6\sigma$) sığdırmak ve bir milyon işlemdeki hatalı ürün sayısını 3,4 seviyesine indirmektir (Desphande ve ark. 1999). Bu açıklamalar doğrultusunda sigma seviyesine göre hatalı üretimdeki azalma yüzdesi Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

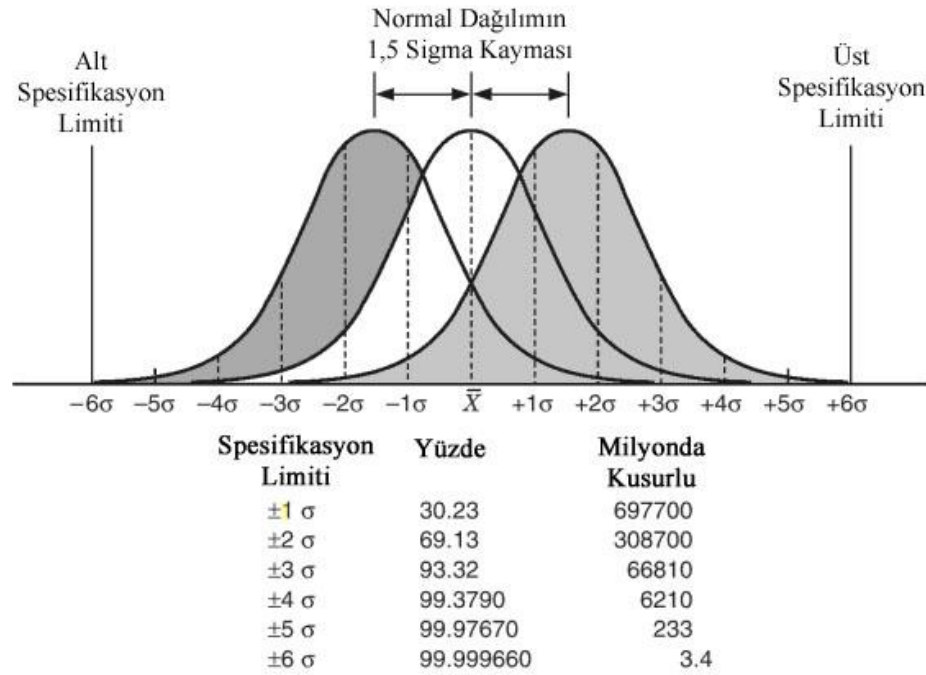


Şekil 2.2: Sigma Seviyesine Göre Hatalı Üretimdeki Azalma Yüzdesi

KAYNAK: Kan, S.H. 2003. Metrics and models in Software Quality Engineering. Second Edition. Addison-Wesley, New York. 67.p

2.2.1.1. Ortalamanın 1,5 sigma kayması ve sonuçları

Motorola tarafından 1,5 sigma kayma (milyonda 3.4 hata) olarak önerilen ve kullanılan altı sigma tanımı, altı sigma kalite seviyesi açısından endüstri standardı (normal dağılımın milyonda 0,002 hatasına karşı) haline gelmiştir. Ayrıca, üretim dağılımı 1,5 sigma kaydığında, normal eğrinin kesişim noktaları ve spesifikasyon limitleri bir uçta 4,5 ve diğer uçta 7,5 sigma olmaktadır. Tüm uygulamalarda 7,5 sigma dışındaki alan sıfır olduğundan, Motorola altı sigmasının merkezilenmiş normal dağılımın tek taraflı 4,5 sigma'ya denk düştüğü söylenebilir (Kan 2003). Ortalamanın 1,5 sigma kaymasına karşılık gelen milyonda kusurlu sayıları Şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3: Ortalamanın 1,5 Sigma Kaymasının Etkileri

KAYNAK: Breyfogle, F.W., J. M. Cupello and B. Meadows. 2001. Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing and Implementing the Strategy that Yields Bottom-Line Success. John Wiley & Sons Inc., Canada. 40.p

Altı sigma yönteminde, belirli bir sigma özelliği dışındaki yüzde hesaplanırken, hesaplanan ortalamanın değerini 1,5 sigma değiştirmek sureti ile bu hesaplama yapılır. Çünkü deneyimler göstermiştir ki, süreç ortalaması teknik tolerans aralığı ortasından $\pm 1,5$ sigma sapabilmektedir. Bu durumda olası kusurlu yada kusursuz oranları da değişmektedir; değişen bu değerler Çizelge 2.1’de karşılaştırmalı olarak görülmektedir (Kasa 2003).

Çizelge 2.1: $\pm 1,5$ Sigmalık Sapma Sonucu Değişen Kusurlu/Kusursuz Oranları

Adı	Tolerans Aralığı Genişliği	Milyonda					
		Toplam Kusurlu		Toplam Kusursuz			
		Süreç Ortalaması		Süreç Ortalaması			
		Ortada	$\pm 1,5\sigma$ Sapmalı	Ortada		$\pm 1,5\sigma$ Sapmalı	
Sayısı	Sayısı	Sayısı	%	Sayısı	%		
1 σ	2 σ	317311	697672	682689	68,27	302328	30,23
1,5 σ	3 σ	133614	501350	866386	86,63	498650	49,87
2 σ	4 σ	45500	306771	954500	95,45	691229	69,12
2,5 σ	5 σ	12420	158727	987581	98,76	841273	84,13
3 σ	6 σ	2700	66810	997300	99,73	933190	93,32
3,5 σ	7 σ	465,3	22750	999535	99,53	977250	97,73
4 σ	8 σ	63,3	6210	999937	99,99	993790	99,38
4,5 σ	9 σ	6,8	1350	999993	99,999	998650	99,87
5 σ	10 σ	0,6	233	999999	99,9999	999767	99,98
6 σ	12 σ	0,000000002	3,4	999999998	99,999999	999997	99,9997

KAYNAK : Kasa, H. 2003. Altı Sigma Gerçeği. Kalder Altı Sigma Deneyim Paylaşım Sempozyumu, İstanbul. s.33–34

Altı sigma düzeyinde süreç yeteneğine ulaşıldığında, hatalı oranını milyonda 3,4 düzeyine inebilmektedir. Süreç ortalamasının $\pm 1,5 \sigma$ kadar sapabileceği, dolayısıyla milyonda 3,4 hata sayısına ulaşılacağı Motorola tarafından ortaya konulmuştur. Çizelge 2.2’de süreç ortalamasının tolerans aralığı ortasından sapma seviyeleri ve sigma seviyelerine göre milyonda hata oranları verilmektedir. Kültürel bir değişim ve

karlılıkta önemli bir sıçrama ile hataları azaltmak ve yok ederek müşteri memnuniyetini artırmak, altı sigma programının en önemli amacıdır.

Çizelge 2.2: Merkezden Uzaklık ve Sigma Seviyelerine Göre Milyonda Hata Sayısı

Sigma / Kalite Seviyesi							
Merkezden Uzaklık	3 σ	3,5 σ	4 σ	4,5 σ	5 σ	5,5 σ	6 σ
0	2700	465	63	6,8	0,57	0,034	0,002
0,25 σ	3577	666	99	12,8	1,02	0,1056	0,0063
0,5 σ	6440	1382	236	32	3,4	0,71	0,019
0,75 σ	12288	3011	665	88,5	11	1,02	0,1
1 σ	22832	6433	1350	233	32	3,4	0,39
1,25 σ	40111	12201	3000	577	88,5	10,7	1
1,5 σ	66803	22800	6200	1350	233	32	3,4
1,75 σ	105601	40100	12200	3000	577	88,4	11
2 σ	158700	66800	22800	6200	1300	233	32

KAYNAK: Henderson, K.M. and J.R. Evans. 2000. Successful Implementation of Six Sigma : Benchmarking General Electric Company. MCB University Press, 7(4):262

2.2.2. Değişkenlik

İstatistikte değişkenlik, verilerin ne ölçüde birbirlerinden farklı veya ne ölçüde birbirlerine benzer olduklarını anlatan bir kavramdır. Verilerin değerleri birbirlerine yakın olduğunda değişkenlik az, buna karşılık bu değerler birbirlerinden uzak olursa değişkenlik fazladır.

Değişkenlik, yadsınamaz bir olgudur, önemli olan süreç parametrelerindeki değişkenliğin büyüklüğüdür. Bu süreçteki hataları azaltmak ve süreç verimliliğini artırmak için, sürecin ortalamasını hedef değere çekmek, değişkenliği de azaltmak gerekmektedir. Proseslerdeki değişkenliğin ve hataların azaltılması ile altı sigma çıktıları daha hızlı ve daha sağlam ürün tasarımı, daha verimli ve yeterli üretim prosesleri ve daha güvenli iş performanslarıdır (Sanders 2000).

Günlük hayatta değişkenliğin az olması istikrar sözcüğü ile ifade edilebilir. Bir işletmede değişkenliğe yol açan sebepler; tedarikçiler, girdiler, süreçler ve çevrenin etkileri olarak sıralanabilir.

Ürün veya hizmet sunan şirketlerin, daha kaliteliye ulaşmaları önündeki en büyük engelin, süreçlerde oluşan değişkenlikler olduğu gerçeği, bundan yıllar önce, en büyük kalite gurularından olan W. Edward Deming tarafından ortaya konulmuştur. İkinci Dünya Savaşı sonrasında, Japon endüstrisinde sıçramayı sağlayan felsefe, Deming'in üretim süreçlerinde değişkenliklerin analiz edilerek minimize edilmesi yaklaşımıdır. Bu da kavramının en önemli ana fikridir.

Son üründe oluşan değişkenlikler hatalı ürünlere neden olmaktadır. Amaç ise son üründeki hataya neden olan değişkenlikleri azaltmaktır. Bu amaçla son ürüne müdahale edilemeyeceği için, prosesin önemli girdileri ile oynanarak, son üründeki değişkenliğin azaltılmasına çalışılmalıdır. Girdi değişkenliklerini küçülterek çıktı ürünündeki hataları yok etmek hedeflenmelidir. Bu önemli az girdilerin doğru belirlenmesi halinde, çıktı değişkenliğini girdiler cinsinden ifade eden bir matematiksel model oluşturulur. Bu model her zaman için %100 doğru bir denklem olmamasına karşın, istatistik sayesinde elde edilen, işletmenin faaliyetlerini daha iyi yapmasını sağlayacak faydalı bir denklem olabilir

(http://www.kalder.org.tr/preview_content.asp?contID=752&tempID=1®ID=2, 2009).

Değişkenliğin, iki temel kaynağı vardır (Işığışık 2005):

- Genel nedenler,
- Özel nedenler.

Proses değişiminin oluşumunu sağlayan genel neden; bir veya birden fazla kaynağın etkisiyle rassal olarak ortaya çıkar ve şu özelliklere sahiptir:

- Her zaman ortaya çıkabilir.
- Önceden tahmin edilebilir.
- Birbirinden bağımsız değişimlerdir.

Prosesin doğal değişkenliğini ifade eden genel nedenler; üretim faktörlerinin tümünde rassal olarak ortaya çıkan, tek başlarına etkileri zayıf olan ve küçük farklılıklar yaratan ortak nedenlerdir.

Özel nedenler ise şu özelliklere sahiptir:

- Üretim faktörlerinin bir kısmında ortaya çıkar.
- Tek başlarına önemli derecede etkileri vardır.
- Bazı özel durumlarda ve az sayıda ortaya çıkar.
- Giderilmesi mümkün olan nedenlerdir.

Değişkenliğin özel nedenleri, bir olay veya faaliyetin sonucunda ve rassal olmayan bir kaynaktan ortaya çıkar ve her proses için farklılık gösterir. Bu nedenle, önceden tahmin edilemeyen düzensiz nedenler olarak da ifade edilir.

2.3. Altı Sigma Organizasyonu ve Yol Haritası

Bir altı sigma organizasyonu; günlük yönetim faaliyetlerinde altı sigma araçlarını kullanan, süreç performansında ve müşteri memnuniyetinde gelişme gösteren firma olarak tanımlanmaktadır. Altı sigmanın başarısı herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle altı sigma organizasyonlarında tüm çalışanlara aldıkları eğitimlere göre unvanlar, yetki ve sorumluluklar verilir. Bu unvanlar altı sigmanın uygulandığı organizasyonların yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne bağlı olarak değişebilir. Bu rollerin bir kısmı uzakdoğu savaş tekniği olan karateden gelmektedir.

2.3.1. Altı sigmada roller ve sorumlulukları

Altı Sigma Yürütme Kurulu: Altı sigma ilk safhası için vizyon oluşturmak, organizasyonun stratejik araçlarını ve ölçülerini tanımlamak, işletme hedeflerini

oluşturmak, altı sigma yöntemi ve araçlarının kullanılmasının geliştirilmesine yardım edecek atmosferi işletmede oluşturmak yürütme kurulunun görevleri arasındadır.

Sponsor (Şampiyon) : Siyah kuşakları seçer ve danışmanlık yaparlar. Proje tanımlaması, önceliklendirilmesi ve proje kapsamının tanımlanmasında önderlik ederler. Siyah kuşakların önündeki engelleri kaldırır ve kaynak tahsis ederler.

Uzman Siyah Kuşaklar: Altı sigma kavramı ve araçları konusunda uzmandırlar. Yöntem ve araçları düzgün bir şekilde kullanmalarını sağlamak için Siyah kuşakları eğitirler. Siyah kuşaklara ve yeşil kuşaklara danışmanlık ve hocalık yaparlar. Eğitim malzemelerinin bakımını yaparlar ve gerekli ise güncellerler. Altı sigma idaresi, proje yönetimi ve proje seçimi konularında şampiyonlara asistanlık ederler.

Siyah Kuşaklar: Altı sigma projelerinin liderliği, yönetimi ve tamamlanmasından sorumludurlar. Takım üyelerine altı sigma yöntemini ve araçlarını öğretirler. Proje imkanlarını tanımlamada ve proje detay ve kapsamını geliştirmede asistanlık ederler. Gelişimi proje şampiyonuna raporlarlar. Bilgiyi diğer siyah kuşaklar ve organizasyona iletirler.

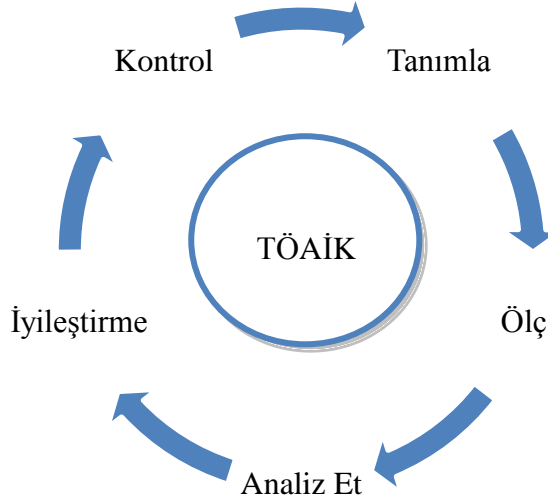
Yeşil Kuşaklar: Altı sigma yönteminin ve araçlarının bir kısmı için eğitilirler. Genelde kendi sorumluluk alanındaki küçük kapsamlı projelerde yer alırlar. Siyah kuşak takımı içerisinde verimli bir takım üyesi olabilirler.

2.3.2. Altı sigma uygulama modeli ve safhaları

“Tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol” (Define, measure, analyze, improve, control – DMAIC) modelini kullanan altı sigma, süreçlerin iyileştirilmesine, tasarım ve yönetime odaklanır.

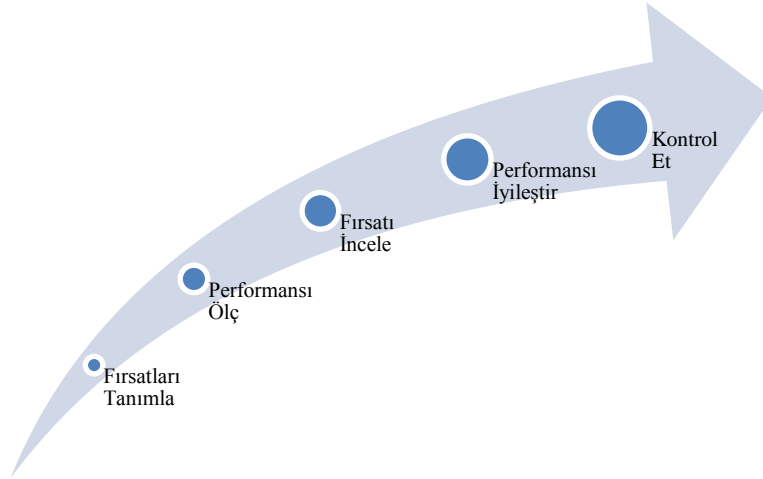
Farklı işletmelerde görülen çeşitli modellerin çoğu altı sigma gelişim çalışmalarına rehber olabilmektedir. Bu modellerin hepsi Edward Deming’in geliştirdiği, veri tabanlı süreç iyileştirme temel mantığını tanımlayan ‘planla, uygula, kontrol et, önlem al’ çevrimine dayanmaktadır. Temel olarak PUKÖ (planla, uygula, kontrol et, önlem al) modelinden büyük bir farklılık göstermeyen TÖAİK modelinde sadece ölçme ve iyileştirme süreçleri özel olarak vurgulanmış ve bu süreçler ayrı birer

aşama olarak ifade edilmiştir. Eğer işletmenin daha önceden kullandığı ve benimsediği başka modeller mevcutsa onlar da altı sigmaya uyarlanabilir (Sevi 2006). Şekil 2.4’de TÖAİK safhaları, Şekil 2.5’te de altı sigma gelişim süreci gösterilmiştir.



Şekil 2.4: TÖAİK Safhaları

KAYNAK: Basu, R. and J.N. Wright. 2003. Quality Beyond Six Sigma. Butterworth-Heinemann, Great Britain. 48.p



Şekil 2.5: TÖAİK Çevrimi: Altı Sigma Gelişim Süreci

KAYNAK: Basu, R. and J.N. Wright. 2003. Quality Beyond Six Sigma. Butterworth-Heinemann, Great Britain. 48.p

2.3.2.1. Tanımlama

Bu safhada ilgili projenin kapsamı ve amacı tanımlanır. Tanımlama safhasında proje ekibi ve program oluşturulur, müşteriler ile ihtiyaçları ve beklentileri belirlenir ve doğrulanır. Bu durum maddeler halinde şöyle sıralanabilir (Eckes 2003):

- Altı sigma ekibinin işini yapabilmesi için, bir amaç ve motivasyon sağlayan bir tüzük oluşturmak.
- Müşteri ihtiyaçları ve beklentilerini belirlemek,
- Bir yüksek düzey süreç haritası çıkarmak.

Bir projenin konusu belirlendikten sonra, tanımlama safhasında kullanılacak takip tekniklerinin belirlenmesi için Çizelge 2.3'ten yararlanılabilir.

Çizelge 2.3: Tanımlama Süreci Takip Tablosu

Adımlar	Sorulacak Soru	Kullanılacak Teknik
Fırsatların belirlenmesi	Neden buradayız?	Problemin belirlenmesi
	Amacımız nedir?	Amaç ağacı
	Organizasyonun veya takımın değerleri ile ortak bir çalışma yaptığımızdan nasıl emin olabiliriz?	Proje/takım tutanağı
	Ne kadar zamanımız var?	Proje planı
Proje alanı	Müşterilerimiz kimler ve ne istiyorlar?	Müşteri istekleri
	Tedarikçilerden neler istiyoruz?	Tedarikçi istekleri
	Sistemimiz nasıl çalışıyor?	Değer akış şeması
	Sorun nerede ve ne zaman oluştu?	Sorun belirleme çalışması
	Sorun hangi sıklıkla meydana geliyor?	Pareto analizi

KAYNAK: <http://www.honeywell.com>, Erişim Tarihi: 10.01.2009. Konu: DMAIC

Tanımlama safhasında en çok kullanılan araçlar şunlardır:

- Proje Yönetimi,
- Kano Model,

- Proses Akış Şeması,
- Sebep-Sonuç Diyagramı,
- Örnek Edinme,
- Yakınlık Diyagramı,
- Kritik Kalite Faktörleri Ağacı'dır.

Tanımlama safhasında ulaşılabilecek bilgiler müşteriler hakkında bilgi toplama çalışmalarının yürütüleceği ikinci aşamaya temel oluşturma için önemlidir. Bu safhanın hedefler ve çıktıları Çizelge 2.4'te özetlenmektedir.

Çizelge 2.4: Tanımlama Sürecinin Hedefleri Ve Çıktıları

Hedefler	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> • Süreç etkinliği/yeterliliğinin hassas olarak ölçülebileceği ve müşteri memnuniyetinin önceden garantileneceği gerçek müşteri değerlendirmeleri üzerine kurulu performans standartları oluşturmak, • Sürekli uygulanan müşterinin sesi veri toplama programına hizmet edecek sistem ve stratejileri oluşturmak ve geliştirmek. 	<p>Her bir çıktı ve süreç için müşteri memnuniyetini belirleyen etkenlerin iki ana kategoride açık ve eksiksiz olarak tanımlanması:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Müşterinin işine yarayacak nihai ürün yada hizmetle doğrudan bağlantılı (kalite gurularının kullanıma uygunluk olarak adlandırdığı) çıktı gereksinimleri, • İşletmenin müşterilerle ilişkilerini nasıl yürütmesi gerektiğini tanımlayan hizmet gereksinimleri.

KAYNAK: Pande, P.S. , R.P. Neuman and R.R. Cavanagh. 2004. Six Sigma Yolu GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri (Türkçesi Nafiz Güder ve Güneş Tokçan). Klan Yayınları, İstanbul. 103.s

2.3.2.2. Ölçme

Ölçmeden iyileştirme yapmak yanlış bir karardır. Var olan sistemin ölçülmesi ve mevcut durumla müşteri ihtiyaçlarının ne şekilde karşılandığının öğrenilmesi önemlidir. Amaç(lar)a yönelik gelişmeyi izlemeye yardımcı olacak geçerli ve güvenilir ölçümleri yerleştirmek gerekir (Pyzdek 2003).

Ölçme safhasının amacı; gelişme için fırsatı tanımlamak ve en önemli performansı nitelendirmektir. Gelişme için değişiklikler yapıldığında, iste değişimin verimliliği kanıtlanır.

Bu safhadaki en kritik faktör ise neyin yada nelerin ölçüleceğinin doğru belirlenmesidir. Aksi takdirde harcanacak emek ve kaynakların karşılığı, hiçbir anlamı olmayacaktır.

Ölçme safhasında kullanılacak takip tekniklerinin belirlenmesi için Çizelge 2.5'ten yararlanılabilir.

Çizelge 2.5: Ölçme Süreci Takip Tablosu

	Sorulacak Soru	Kullanılacak Teknik
Mevcut durumun analizi	Hangi girdiler performansı etkiliyor?	Müşteri-Süreç matrisi
	Hangi girdiler çıktıları etkiliyor?	Detaylı akış şeması
	Süreç ne kadar?	Ürün akış şeması
	Mevcut sürecin maliyeti ne kadar?	Süreç maliyet tekniği
	Hangi işler ofis içinde dolaşılıyor?	Fiziksel dizilim
	Hangi işler bölümler arası dolaşılıyor?	Fonksiyonel süreç haritası
	Kaç farklı değişken var?	Histogram
	İstenilen sonucu belirleme	Çevrim zamanını nasıl azaltabiliriz?
Çeşitliliği azaltmak için ulaşılabilecek hedef nedir?		Kontrol tablosu

KAYNAK: <http://www.honeywell.com>, Erişim Tarihi: 10.01.2009. Konu: DMAIC

Ölçme safhasında en çok kullanılan araçlar şunlardır:

- Veri Toplama Planı,
- Çetele Diyagramı,
- Frekans Poligonları,
- Ölçüm Sistemi Analizi (Tekrar Edebilme ve Yeniden Üretebilme),
- Pareto Şeması,
- Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA),
- Süreç Yeterliliği ve Süreç Sigması,
- Kontrol Grafikleri'dir.

Çizelge 2.6'da ölçüm safhasında ulaşılmak istenen hedefler ve çıktılar gösterilmektedir.

Çizelge 2.6: Ölçüm Safhasının Hedefleri ve Çıktıları

Hedefler	Çıktılar
Tanımlanabilir müşteri gereksinimlerini dikkate alarak her bir sürecin performansını doğru olarak değerlendirmek, kilit çıktıları ve hizmet özelliklerini ölçmek	<ul style="list-style-type: none"> Referans ölçüleri-mevcut süreç performansının niceliksel değerlendirilmesi, Yeterlilik ölçüleri-gereksinimleri karşılamak için mevcut süreç/çıktının yeterliliğinin değerlendirilmesi: Bu işlem birbirinden farklı süreçlerin kıyaslanabilmesi için her bir sürecin sigma puanının belirlenmesi de kapsamaktadır. Ölçüm sistemleri: Müşteri odaklı performans standartlarını değerlendirmeye yönelik mevcut ölçüm programları için yeni yada zenginleştirilmiş yöntem ve kaynaklar.

KAYNAK: Pande, P.S. , R.P. Neuman and R.R. Cavanagh. 2004. Six Sigma Yolu GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri (Türkçesi Nafiz Güder ve Güneş Tokçan). Klan Yayınları, İstanbul. s.104-105

2.3.2.3. Analiz

Sistemin ya da sürecin mevcut performansı ile arzu edilen hedef arasındaki boşluğu ortadan kaldırmak için yöntemleri saptamak adına sistem analiz edilir. Mevcut ana hatlar belirleyerek başlanır. Veriyi anlamanıza yardımcı olması için kesifçi ve betimsel veri analizler kullanılır. Analizlere rehberlik etmesi için istatistik araçlar kullanılır (Pyzdek 2003).

Bu safhanın amacı problemin asıl nedenlerini tanımlamak ve bunların nedenlerini doğrulamaktır. Dolayısıyla bu safhanın çıktısı test edilen ve doğrulanan bir hipotez olacaktır. Bu safhada doğrulanan neden/nedenler bir sonraki safhanın girdisini oluşturur (Breyfogle 1999).

Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen verilerin ve süreçlerin süreç haritalarını, hataların temel nedenlerini ve iyileştirme fırsatlarını tespit etmek amacıyla gerçekleşen performans ile potansiyel performans arasındaki fark bu safhada karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma esnasında çeşitli istatistiksel araçlarla değişik analizler yapılmaktadır. Bu bağlamda, ortalama, standart sapma, medyan ve oran gibi özetleyici istatistiksel değerler kullanılarak ana kütle parametreleri için güven aralıkları hesaplanmakta ve anlamlılık testleri yapılmaktadır (Gürsakar ve Oğuzlar 2003).

Analiz safhasında yaygın olarak kullanılan araçlar:

- Yakınlık Diyagramı,
- Beyin Fırtınası,
- Sebep-Sonuç Diyagramı,
- Örnekleme,
- Hipotez Testleri,
- Regresyon Analizi,
- Dağılım Diyagramları'dır.

2.3.2.4. İyileştirme

İyileştirme safhası, analiz safhasında bulunan probleme yol açan temel nedenler üzerinde durmayı amaçlamakta ve tanımlama safhasında belirlenen iyileştirme hedeflerine ulaşmak için bu tür problemleri ortadan kaldırmayı hedeflemektedir (Banuelas ve Antony 2004).

Sistem sürekli geliştirilir. Bir şeyleri daha iyi, daha ucuz yada daha hızlı yapmak için yeni yollar bulmak konusunda keşfedici çalışmalar yapılır. Yeni yaklaşım için proje yönetimini ve diğer planlama ve yönetim araçları kullanılır. Gelişimi geçerli ve devamlı kılmak için istatistik yöntemler kullanılır (Pyzdek 2003).

Proje sonucunda iyileştirmeye gidildiği, proje hedeflerine dönük iyileştirme plan ve stratejilerinin devreye alındığı çalışmaları içerir. Yöntemin problem çözümünde çok etkin faydaları olan deney tasarımları sayesinde önemli süreç girdilerinin optimizasyonu

sağlanarak, süreç çıktısının mükemmele yaklaştırılmaya çalışıldığı aşamadır (Polat ve ark. 2003).

İyileştirme safhasında nedenleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çözümler geliştirilir, uygulanır ve değerlendirilir. Bu safhada amaç, verileri kullanarak ortaya konulan çözümün, problemi çözdüğü ve gelişme için yol gösterici olduğunu göstermektir (Anonim 2001).

Çizelge 2.7'de iyileştirme safhasının hedefleri ve çıktıları ana hatlarıyla ortaya konulmaktadır.

Çizelge 2.7: İyileştirme Safhasının Hedefleri ve Çıktıları

Hedefler	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> İyileşme potansiyeli yüksek alanları belirlemek; gerçek analizler ve yaratıcı düşüncenin de yardımıyla süreç esaslı çözümler gerçekleştirmek, Yeni çözüm ve süreçleri etkin biçimde kullanmak, ölçülebilir ve sürdürülebilir kazançlar elde etmek. 	<ul style="list-style-type: none"> İyileştirme öncelikleri: Potansiyel altı sigma projelerinin etki ve olabilirlikleri dikkate alınarak değerlendirilmesi. Süreç iyileştirmeleri belli temel nedenlere yönelik çözümler (sürekli veya adım adım iyileşme). Yeni veya yeniden tasarlanmış süreçler: Yeni talepleri karşılamak, yeni teknolojileri benimsemek veya çalışma hızında, hassasiyetinde ve maliyet performansında artış sağlamak üzere oluşturulan yeni çalışmalar ve iş akışları.

KAYNAK: Pande, P.S. , R.P. Neuman and R.R. Cavanagh. 2004. Six Sigma Yolu GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri (Türkçesi Nafiz Güder ve Güneş Tokçan). Klan Yayınları, İstanbul. 103.s

2.3.2.5. Kontrol

Kontrol safhası, gözlem ve kontrol sistemlerinin tanımlanması ve devreye alınması, standart ve prosedürlerin geliştirilmesi, istatistiksel süreç kontrolünün

tamamlanması, süreç yeterliliğinin sağlanması, sağlanan karın, maliyet tasarruflarının, gerçekleşmesi, ve projenin kapatılıp ilgili dokümantasyonun sonuçlandırılması adımlarını bünyesinde barındırır.

Bu safhanın amacı uygulanan iyileştirme planını ve elde edilen sonuçları değerlendirmek ve elde edilen kazançların sürdürülmesi ve arttırılması için yapılması gerekenleri ortaya koymaktır. İyileştirmenin altı sigma düzeyinde kalıcı olması sürekliliğinin sağlanmasını gerektirmektedir. Bu da gerçekleştirilen süreçlerin standardizasyonu ile sağlanmaktadır. Kontrol safhasının çıktısı ise; iyileştirilen sürecin son durumu, sağlanan kazançlar ve ortaya çıkan fırsatlardır (<http://www.altisigma.com/index.php?name=News&file=article&sid=65&theme=Printer>, 2009).

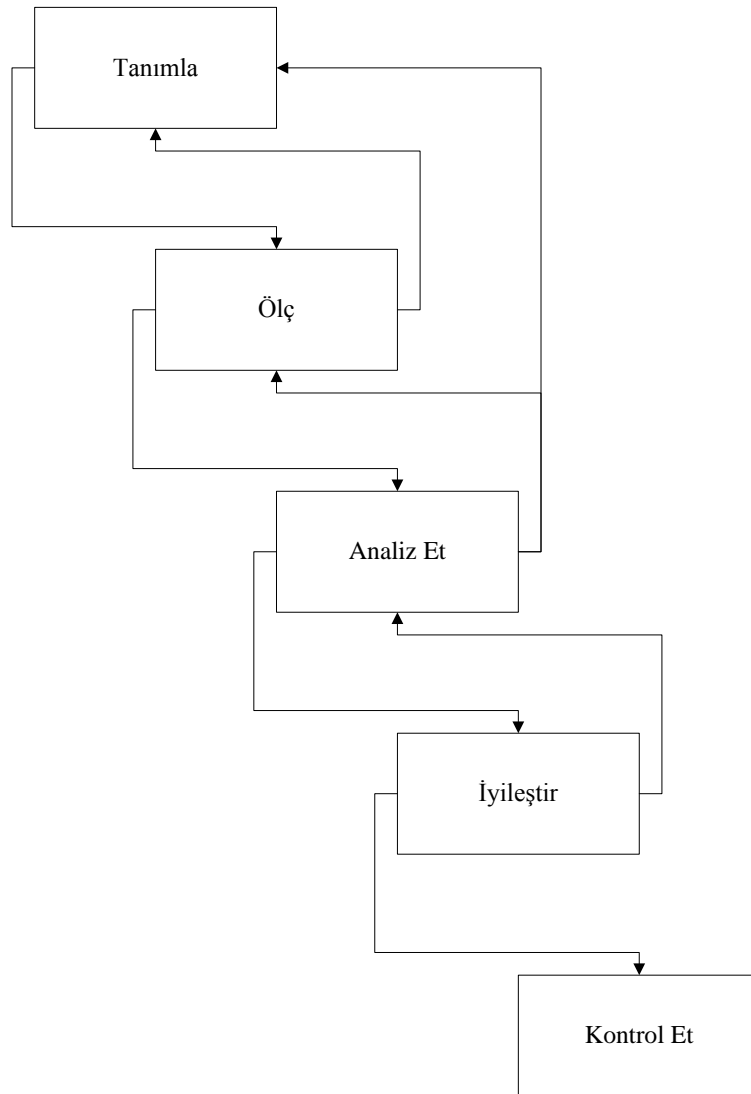
Bu safhada yaygın olarak kullanılan araçlar şunlardır:

- Ölçülebilir Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri
 - $\bar{X} - R, \bar{X} - S$ Grafikleri
 - Ortanca Değer Diyagramları
- Sayılabilir Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri
 - p Diyagramları
 - np Diyagramları
 - c Diyagramları
 - u Diyagramları
- Diğer Kontrol Grafikleri
 - CUSUM Kontrol Grafikleri
 - EWMA Grafiği
- Zaman Serileri yöntemleridir.

2.4. Altı Sigma Çalışmalarında Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

Altı sigma organizasyonlarında yaygın olarak kullanılan araçlar; Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol safhalarıdır. Altı sigma için kullanılan araçların sırası ve detaylı içerikleri organizasyondan organizasyona göre farklılık göstermektedir. Bununla birlikte bu araçların mantıksal ilerleyişi her firmada aynı olmalıdır.

Altı sigma problem çözme modelinde Şekil 2.6'ya benzer bir yol izlenmektedir.



Şekil 2.6: TÖAIK Yönteminin Süreç Haritası

2.4.1.Tanımlama safhasında kullanılan yöntemler

Beyin fırtınası: Beyin fırtınası, 1930'larda ABD'de Alex F. Osborn isimli bir araştırmacının, iş görenlerin hayal gücünü geliştirmeye ilişkin çalışmaları esnasında oluşturduğu, bir grup çalışması yöntemidir. Amaç, hiçbir engelleme olmaksızın olabildiğince hayal gücüne dayalı öneriler oluşturmaktır. Her bir grup üyesi, hiçbir engelleme olmaksızın dilediğince öneri geliştirebilir ve söyleyebilir. Her öneri, diğer üyeler tarafından bir uyarıcı olarak kabul edilir ve ortaya atılan öneriyi nitelik olarak geliştirmeleri beklenir. Oturum süresince eleştiri kabul edilemez (Ertuğrul 2004).

Yakınlık diyagramı: Yakınlık diyagramı, beyin fırtınası yönteminde oluşturulan fikirlerin gruplanarak alternatif çözümler üretilmesinde kolaylık sağlar. Genellikle beyin fırtınası yöntemi sonrasında izlenen bir yöntem olan yakınlık diyagramı, oluşan fikirlerin sentezinin yapılmasında ve değerlendirilmesi sırasında kullanılır.

Ağaç Diyagramı: Ağaç diyagramı, beyin fırtınası yönteminde ortaya çıkan fikirler arasındaki bağlantıyı ve hiyerarşiyi göstermek amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntem; müşteri değeri, spesifik müşteri gereksinimleri, daha az kurulum maliyetleri, daha az sürekli maliyetler gibi baslıca müşteri ihtiyaçlarının bağdaştırılmasında kullanılmaktadır.

Proje Beyanı: Proje beyanı, altı sigma projelerine başlamadan önce gerçekleştirilecek olan proje ile ilgili tüm detayları içeren bir beyanattır. Bu beyanat, proje amacını, proje hedeflerini, problemin tanımı, proje çıktıları, proje ekibi vb. bilgileri içerir. Bu beyanatın her projeden önce doldurulması projenin başarısı ve değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Böylece tüm ekip ve yöneticiler proje ile ilgili olarak ortak bir dil kullanmış olmaktadır.

Kalite fonksiyonu yayılımı: Kalite yayılımı, müşterinin ihtiyaçlarını kalite ihtiyaçlarına dönüştürme, imal edilen bir ürün için tasarım kalitesini belirleme ve her bir parçanın kalitesi ile proses elemanları arasındaki ilişkileri sistematik bir şekilde yaymaktır (Güllü ve Ulcay 2002).

2.4.2. Ölçme safhasında kullanılan yöntemler

Veri toplama formları: Veri toplama önce operasyonel tanımın yapılmasıyla başlar. Bu tanımın yapılmasının sebebi toplanacak olan verinin tutarlılığı ve güvenilirliğini sağlamak ve herkesi aynı şeyi ölçmesini sağlamaktır. Ölçümlerde kullanılan belirli kriterlerin tanımı, veri toplama yöntemi, toplanacak veri miktarı, veri toplamaktan sorumlu olan kişi sorularının cevabını içeren operasyonel tanım; herkesin aynı anlamı çıkarmasına, baştan itibaren tutarlılık ve güvenilirliğe, ve ölçümde neyin dahil olup olmadığını yani ölçüm alanını tanımlar.

Histogram: Histogramlar frekanslı serilerdir. Frekanslı serilerin grafikleri bir koordinat sistemi üzerine çizilebilir. Yatay ekseninde değişkenin aldığı değerler (sınıf aralıkları), dikey ekseninde ise frekanslar yer almaktadır. Sınıf aralıkları ve frekansların değerleri bu eksenlerde belirlendikten sonra, sınıf aralıklarının alt ve üst sınırlarından frekans değerlerine kadar birer dikme çizilir ve sınıflı serilerde sınıfların frekanslarının sınıf aralığında düzgün dağıldığı kabul edildiğinden, çizilen dikmeler yatay eksene paralel bir çizgi ile birleştirilerek dikdörtgen elde edilir. Bu dikdörtgenler histogramı oluşturmaktadır (Aczel 1995).

Pareto analizi: Pareto grafiği kesikli verileri analiz etmede kullanılmaktadır. Pareto grafiği İtalyan iktisatçı Wilfredo Pareto'dan almaktadır. Pareto grafiği en büyükten en küçüğe doğru gözlemlenen karakteristiklerin sıklığını gösteren bir grafikdir. Bu araç sonuçların %80'inin nedenlerin %20'si tarafından belirlendiğini ifade eden 80/20 kuralı olarak da adlandırılmaktadır. Pareto grafiği en iyi çözüm için bir problemle nasıl mücadele edileceğinin kararlaştırılmasına yardımcı olmaktadır (Guerrero ve Davila 2001).

Hata Türü ve Etkileri Analizi: Hata Türü ve Etki Analizi, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türü ve etki Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır (Akın 1996).

Ölçüm Sistemleri Analizi: Ölçüm Sistemleri Analizi, ölçüm cihazından ve ölçüm cihazının kullanımından doğan varyasyonu bulma, mühendislik toleransı ile

ölçüm varyasyonunun miktarını karşılaştırma ve ölçüm prosesini iyileştirerek toplam değişkenliği azaltmayı amaçlar (<http://www.ekonometriderengi.org/bildiriler/o18s3.pdf>, 2009).

2.4.3. Analiz safhasında kullanılan yöntemler

Regresyon analizi: Altı sigma projelerinde $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots)$ şeklinde oluşturulan model, girdi değişkenlerinin çıktı değişkeni üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışır. Bu modelde, çıktı değişkenin sürekli olmasına karşılık girdi değişkenlerinin de sürekli olması durumunda, regresyon analizi ile etkileşimin yönü, şiddeti, fonksiyonel biçimi ve her bir değişkenin etkisi belirlenebilir. Regresyon için yol haritası şöyledir (Işığışok 2005):

Çıktı veri türü = sürekli (Y) → Girdi veri türü = sürekli (X) → Regresyon

Çıktı veri türü = sürekli (Y) → Girdi veri türü = ayrık (X'ler) → Çoklu Regresyon

Regresyon analizi bir bağımlı değişken ile bir bağımsız (basit regresyon) veya birden fazla bağımsız (çoklu regresyon) değişken arasındaki ilişkilerin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması süreci olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli birçok durum için elverişli olabilmektedir. Ancak gerçek hayatta birçok modelin açıklaması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır (Subaşı ve Beycioğlu 2009).

Çoklu regresyon modeli;

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \dots \beta_k x_k \quad (2.1)$$

olarak tanımlanır. Burada y , bağımlı değişkeni; x_1, x_2, \dots, x_k bağımsız değişkenleri ve $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ regresyon katsayılarını göstermektedir.

Bazı durumlarda mevcut açıklayıcı değişkenler, yanıt değişkenindeki toplam değişimi açıklamada yetersiz kalabilir. Böyle durumlarda regresyon modeline yeni açıklayıcı değişken ya da değişkenler eklenebilir. Bazı durumlarda ise mevcut açıklayıcı değişkenlerden bazıları yanıt değişkenindeki toplam değişimi açıklamada istatistiksel

olarak etkileri ya da katkıları bulunmadığından çoklu lineer regresyon modelinden silinebilir ya da çıkarılabilir (Chatterjee ve ark. 2000).

Çoklu lineer regresyon modelindeki açıklayıcı değişken sayısının artması durumunda ileriye doğru seçim, geriye doğru ayıklama ya da adımsal regresyon gibi yöntemler uygulanabilir (Miller 2002). En iyi regresyon modelinin belirlenmesinde adımsal yöntemler uygulandığında klasik yöntemdeki kriterler uygulanır.

Çoklu regresyon analizi yapılabilmesi için bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantının (multicollinearity) olmaması gerekir. Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan yüksek VIF (Variance Inflation Factor) değerleri bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı olduğunu göstermektedir ($VIF \geq 10$) (Erdem 2007).

Çoklu bağlantı sorununu aşmak için önerilen yöntemlerden birisi bağımsız değişkenlerden birinin veya bir kaçının denklemden çıkarılmasıdır. Bu konuda adımsal (stepwise) regresyon analizi yönteminden yararlanılmıştır. Adımsal regresyon analizi, bağımlı değişkene en fazla etki eden bağımsız değişkenleri denkleme almakta, diğer değişkenleri denklemden çıkarmakta ve oluşan yeni regresyon denkleminde çoklu bağlantı sorunu çözülebilmektedir (Erdem 2007).

Hipotez testleri: Altı sigma projelerinde ileri sürülen hipotezler, test edilmesi beklenen araştırma hipotezi niteliğindedir. Altı sigma projelerinde, hipotez testlerine çıktının sürekli, girdinin ise kesikli olması durumunda başvurulur. Tek bir faktörün iki seviyesinin olması durumunda z veya t (parametrik değil ise mann whitney u) testine başvurulurken, ikiden fazla seviyenin olması durumunda ise F (parametrik değil ise Kruskal-Wallis) testi uygulanır (Işığışok 2005).

Hipotez testi, farklı gruplar arasında anlamlı bir değişkenliğin olup olmadığına yardımcı olur. Yaygın olarak TÖAİK yönteminin analiz safhasında, bağımsız süreç girdi değişkenlerinin, çıktı değişkenlerinde anlamlı farklar oluşturup oluşturmadığının anlaşılmasını sağlar.

Genel olarak iki tip hipotez kurulması söz konusudur.

- Ana kütleliğin belirli bir frekans fonksiyonu olduğu varsayılır.
- Ana kütleliyi karakterize eden belirli bir değerin olduğu varsayılır.

Hipotez kurulduktan sonra rasgele bir örnekleme yapılır. Bu örneklemeden elde edilen değerlerden yararlanılarak red (sıfır) hipotezi kabul ya da red edilir. Bu işleme test işlemi adı verilir. Hipotez testi sıfır hipotezinin kabulü veya reddi için ortaya konulan bir karar kuralıdır.

Test işleminde karşıt nitelikte iki hipotez vardır:

H_0 =Sıfır Hipotezi

H_1 =Alternatif Hipotez

Altı sigma uygulamalarında kullanılan hipotez testlerinde şu yedi adım izlenir (Işığışık 2005):

- Hipotezler ifade edilir: H_0 ve H_1 hipotezleri sözel olarak ve parametrik biçimde ifade edilir.
- Anlamlılık seviyesi seçilir: Altı sigma uygulamalarında %5 anlamlılık seviyesi kullanılır. Bu anlamlılık seviyesi, doğru olan sıfır hipotezinin reddedilme olasılığını ifade ederken, sıfır hipotezinin reddedilmemesine %95 güvenileceğini gösterir.
- Örneklem hacmi belirlenir: Örneklem hacmi (n) en az 10, mümkünse 20 veya daha fazla olmalıdır. İdeali ise, 30'un üzerinde olmasıdır.
- Red bölgesi belirlenir: Red bölgesinin büyüklüğü ve konumu anlamlılık seviyesine, dağılımın türüne ve testin yönüne bağlıdır.
- Örneklem istatistiği hesaplanır: Anakütleden çekilen örneklemelere dayanarak örneklem ortalaması, oranı, varyansı, vb. istatistikler hesaplanır.
- Test istatistiği hesaplanır: Verilerin dağılımına, varyansın bilinip bilinmemesine ve örneklem hacmine göre, z testi, t testi, F testi veya parametrik olmayan test için test istatistiği hesaplanır.
- İstatistiksel karar verilir: Test istatistiği ile kritik değer karşılaştırılır ve test istatistiğinin kritik değerden büyük olması durumunda H_0 hipotezi reddedilir ve H_1 hipotezi kabul edilir.

Veri madenciliği: Altı sigma, kesintisiz sistemler içerisindeki varyasyonu indirgemek için güçlü istatistik araçlarıyla desteklenen, başarıya şartlanmış bir problem çözme yaklaşımıdır. Veri madenciliği ise yapay sinir ağları, karar ağacı ve regresyon

analizi gibi çeşitli modelleme tekniklerini kullanan, verinin geniş bir hacminden bilinmeyen bilgiyi bulmak için kullanılmaktadır. Veri madenciliği temelli altı sigma yöntemi, sürdürülen altı sigma projelerinde büyük bir veri setinin etkin ve verimli bir şekilde işlenmesini sağlar (Jang and Jeon 2009).

Çizelge 2.8’de görüldüğü gibi Veri madenciliği teknikleri, altı sigma projelerinin ölçme, analiz ve iyileştirme safhalarında kullanılmaktadır.

Çizelge 2.8: Altı Sigma Safhalarında Kullanılan Veri Madenciliği Teknikleri

Safha	Öge	Fonksiyon	Yararlar
Ölçme	Veri işleme	Büyük bir veri seti kolayca işlenir.	İyileştirilen veri kalitesi için etkin veri işleme
Analiz	Araştırma analizi	Görselleştirme yöntemi kullanan etkileşimli araştırma analizi	Büyük değişkenlere ve etkileşimli grafik analizine ulaşılmasını kolaylaştırır.
	Hayati azınlık tespiti	Hayati azınlık, değişken seçimi, karar ağacı ve regresyon kullanılarak tespit edilir.	İstatistiksel hipotezler kararlı hale getirilerek; nesnel yöntemler vasıtasıyla hayati azınlığın türetimi ve yorumlanması kolaylaştırılır.
	Modelleme	Doğrusal olmayan ve karmaşık ilişkileri modellemek için regresyon, karar ağacı ve yapay sinir ağları kullanılır.	Daha kesin ve geliştirilmiş bir model geliştirilmesini kolaylaştırır.
		Çeşitli değerlendirme araçlarıyla en uygun model seçilir.	Çeşitli model değerlendirme ve grafiksel analiz.
İyileştirme	Optimizasyon	Proses kontrol sınır düzeyi, etkileşimli gruplama düğüm (IGN) algoritması ile bulunur.	Veri madenciliği algoritması ile optimal kontrol aralığı belirlenir.
		Simülasyon	Tecrübe gözetmeksizin optimal aralık veya düzey belirlenir.

KAYNAK: Jang, G. and J. Jeon. 2009. A Six Sigma Methodology Using Data Mining: A Case Study on Six Sigma Project for Heat Efficiency Improvement of a Hot Stove System in a Korean Steel Manufacturing Company. Communications in Computer and Information Science, 35(3):72-80

2.4.4. İyileştirme safhasında kullanılan yöntemler

Deney tasarımı: Deneysel tasarım teknikleri, deneyden elde edilen bilgilerin minimum maliyetle maksimize edilmesi ile ilgilidir. Proses iyileştirme ve geliştirmede yaygın kullanılmaya başlayan deneysel tasarım tekniklerinin kullanılması şu sonuçları doğurur (Montgomery 1991):

- Azalan değişkenlik ve hedef ihtiyaçlara çok yakın uygunluk,
- Geliştirilmiş süreç randımanları,
- Geliştirme süresinin azalması,
- Azalan maliyetler .

Kaizen: Kaizen, Japon yönetiminde tek başına önemli bir kavram olup, Japon işletmelerinin rekabetteki başarısında önemli bir güç ve performanslarını en iyi açıklayan ilkelerden birisidir. geliştirme, iyileştirme ve özellikle “sürekli iyileşme” anlamında kullanılan Kaizen sözcüğü Japonca’da “Değişim” anlamını taşıyan “Kai” ve “İyi” anlamına taşıyan “Zen” kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur (Serin ve Aytakin 2009).

Kaizen yönteminin amacı, gereksiz her şeyi ortadan kaldırmak yoluyla maliyetleri düşürmek ve kalite ile karlılığı artırarak piyasada kalmak olduğuna göre bunu gerçekleştirebilmek için gereksiz şeylerin bilinmesi gerekmektedir.

2.4.5. Kontrol safhasında kullanılan araçlar

İstatistiksel proses kontrol: Ölçümleri kararlı bir sistemde, altı sigma dönüşümü esnasında süreci analiz etmek anlamlı değildir. Ancak bu uygulama, varyasyon ve israf kaynağının tanımlanmasına yardımcı olabilir. Bu gibi varyasyonların nedenlerinin ortadan kaldırılması, süreçlerin etkin bir biçimde yeniden tanımlanmasında büyük kolaylık sağlamasının yanı sıra uygulanan organizasyonlarda iyileştirilmiş biçimde üretimi gerçekleştirir.

Altı sigma çalışmasında genellikle kullanılan araç ve yöntemlerden özellikle birisi, istatistiksel proses kontrol, varyansın kaynağının tanımlanması gibi süreçleri

inceler. İstatistiksel proses kontrol bu görevleri yapmak için istatistiksel yöntemleri uygular.

İstatistiksel proses kontrol, istatistik tekniklerinin veri toplamak, analiz etmek, yorumlamak ve çözümler getirmek üzere kalite problemlerine uygulanması olarak tanımlanmaktadır. İstatistiksel proses kontrol, üretimin önceden belirlenmiş kalite özelliklerine uygunluğunu ve kusurlu ürün üretiminin en aza indirgenmesini sağlayıcı bir nitelik taşımaktadır (Elevli ve Behdioğlu 2006). İstatistiksel proses kontrolün amacı değişimin özel nedenlerini ortadan kaldırarak prosesi kontrol altında tutmaktır.

Kıyaslama (Benchmarking): Kıyaslama tekniği, ölçülebilen ve gözlemlenebilen her şeyin kıyaslama çalışmasına temel olabileceğinden hareketle, en iyi uygulamaların araştırılması ve işletmelere uyarlanması süreci olarak tanımlanmaktadır (Efil 2002). Kıyaslama, sistematik bir süreçtir, işletmelerin mal, hizmet ve süreçlerinde iyileştirme sağlamak, sektöründe en iyi olarak bilinen uygulamalara ulaşmak, onları geçmek, ürün ve süreçleri geliştirmek gibi amaçlarla yapılmaktadır.

2.5. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin işleyişinin incelenerek modellenmesi ve edinilen bilgilerin bilgisayarda uygulanması için algoritmalara dökülmüş halidir. Günümüzde hızla gelişen bilgisayar teknolojisi ile yapay sinir ağları uygulamaları artmıştır (Efe ve Kaynak 2000). Yapay sinir ağlarının insan zekasını taklit edebilme özelliğinden dolayı yani ortama uyum sağlaması ve öğrenme kabiliyetinden dolayı bir çok uygulama ortamı bulmuştur.

2.5.1. Yapay sinir ağlarının tanımı

Yapay zekanın bir dalı olan yapay sinir ağları, biyolojik beyini taklit etmeye çalışan büyük paralel hesaplama mekanizmalarıdır. Bunlar bilgiyi birbiriyle bağlantılı ağırlıklarında depolarlar. Bu değişken ağırlıklar düğümleri (nöronları) paralel ve ardışık

bir biçimde birleştirirler. Tüm mekanizma hiyerarşik olarak girdi vektörünü düğümler ve ağırlıklar doğrultusunda işleyerek çıktı vektörüne ulaştırır (Smith 1994).

Haykin (2009) yapay sinir ağlarını, bilgiyi depolamak için doğal eğilimi olan basit birimlerden oluşan paralel dağıtılmış bir işlemci olarak tanımlamıştır. Yapay sinir ağları veya sinir sistemleri, deneysel bilgiyi alan, depolayan ve kullanan fiziksel hücreli sistemlerdir (Zurada 1992).

İlk ticari yapay sinir ağının geliştiricisi olan Dr. Robert Hecht-Nielsen'e göre yapay sinir ağları: "Dışarıdan gelen girdilere dinamik olarak yanıt oluşturma yoluyla bilgi işleyen, birbiriyle bağlantılı basit elemanlardan oluşan bilgi işlem sistemidir" (Caudill 1987).

Bu tanıma yakın bir tanım da yapay sinir ağı yazınında çok tanınan Teuvo Kohonen'e ait bir tanımdır. Yapay sinir ağlarının uyarlanabilir elemanların yoğun bir şekilde paralel olarak bağlanmasıyla oluşan ve gerçek dünyadaki cisimlerle aynen biyolojik sinir sisteminin yaptığı gibi ilişkide bulunabilmeleri için hiyerarşik organizasyonları düzenlenmiş yapılar olduğuna dikkat çeker (Arslan ve İnce 1994).

Yapay sinir ağları şu amaçlar için kullanılabilir (Smith ve Gupta 2002):

- Tarihsel çalışma verilerinin gözlemlerine dayanarak gelecekteki olaylarla ilgili kestirimler yapmayı öğrenmek,
- Çalışma verilerinde gözlemlenmiş olan öncelikli tanımlanmış grupların karakteristiklerini gruplandırmayı öğrenmek,
- Çalışma verileriyle doğal grup arasındaki benzerlikleri kümelemeyi öğrenmek.

2.5.2. Yapay sinir ağlarının temel özellikleri

Genel anlamda yapay sinir ağları tümüyle birbirine bağlantılı pek çok sayıda sinyal ya da bilgi işleme birimlerinden oluşmuş bir hesaplama sistemidir ve aşağıdaki özelliklere sahiptir:

a. Paralel çalışma: Yapay sinir ağlarında tüm işlem elemanları eş zamanlı çalıştıkları için çok hızlı çıktı üretirler.

b. Doğrusal olmama: Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen yapay sinir ağları da doğrusal değildir ve bu özellik tüm ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile yapay sinir ağları, doğrusal olmayan karmaşık problemlere çözüm getirmektedir.

c. Genelleme: Yapay sinir ağları, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de belirtilen tepkiyi üretme kabiliyetine sahiptir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir yapay sinir ağları, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakteri verirler. Eğitilmiş bir ağa girişin sadece bir kısmı verilse bile, ağ hafızadan bu girişe en yakınına seçerek tam bir giriş verisi alıyormuş gibi kabul eder ve buna uygun bir çıkış değeri üretir. Veri yapay sinir ağlarına, eksik, bozuk veya daha önce hiç karşılaşmadığı şekilde verilse bile, ağ kabul edilebilir en uygun çıkışı üretecektir. Bu özellik ağın genelleştirme özelliğidir.

d. Öğrenme: Yapay sinir ağları ile bilgisayarlar ve/veya makineler öğrenebilir. Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermeye çalışırlar. Böylelikle kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak daha önce görmediği örnekler hakkında bilgiler üretebilirler.

e. Bilginin saklanması: Yapay sinir ağlarında bilgi ağın bağlantılarında saklanmaktadır. (Erdem ve Uzun 2005).

f. Hata toleransı: Yapay sinir ağları, çok sayıda işlemci elemanların bağlantısı paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki tüm bağlantılara dağılmıştır. Giriş verisinde bulunabilecek herhangi bir gürültü, bütün ağırlıklar üzerine dağıtıldığından dolayı, gürültü etkisi tolere edilebilir. Girişlerde eksik bir bilgi sistemin tamamının çalışmasını engellemez. Geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri daha fazladır.

g. Uyarlanabilirlik: Yapay sinir ağları ağırlıkları, uygulanan probleme göre değiştirilir. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağları, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir. Değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile yapay sinir ağları, uyarlamalı örnek tanıma, işaret işleme, sistem tanımlama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır (Öztemel 2003).

h. Kendi ilişkisini oluşturma: Yapay sinir ağları verilere göre kendi ilişkilerini kendisi oluşturabilir. Bünyesinde sabit bir denklem içermez (Aydoğmuş ve Çöteli 2005).

i. Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirlik: Yapay sinir ağları daha çok algılamaya dönük bilgileri işlemede kullanılırlar. Bilgiye dayalı işlemlerde genellikle uzman sistemler kullanılır. Bazı durumlarda bu iki sistem birleştirilerek daha başarılı sonuçlar üreten bir sistem elde edilebilir.

j. Dereceli bozulma: Hatalara karşı toleranslı oldukları için sistemin bozulması da dereceli olur. Yani klasik programlarda sistemde bir hata var ise sistem tamamen çalışmaz duruma geçer, yorum yapamayacağı için kısmi de olsa bilgi üretemez. Fakat yapay sinir ağları eldeki verilerle, sağlam olan hücrelerle bilgi üretmeye çalışırlar.

2.5.3. Yapay sinir ağlarının tarihsel gelişimi

1943 yılında McCulloch ve Pitts (1943) tarafından yayınlanan “sinir aktivitesindeki düşüncelere ait bir mantıksal hesap” konulu makale Neumann’a sayısal bilgisayarların geliştirilmesi konusunda esin kaynağı olmuştur. Bu tarihlerden itibaren bilim adamları ilk yapay sinir hücresinin yapısını oluşturarak, yapay sinir hücreleri ile her türlü mantıksal ifadeyi formüle etmenin mümkün olduğunu gösterdiler.

Donald Hebb (1949), yapay hücrelerden oluşan bir yapay sinir ağının değerlerini değiştiren ve “Hebbian öğrenme kuralı” olarak adlandırılan bir öğrenme kuralı geliştirdi. 1954 yılında Farley ve Clark rassal ağlar (Random Networks) ile adaptif tepki üretme kavramını ortaya koydu. Rosenblatt (1958) tarafından geliştirilen algılayıcı model (perceptron), çok katmanlı algılayıcıların temelini oluşturarak, yapay sinir ağları tarihinin önemli bir parçasını oluşturmuştur.

Yapay sinir ağlarının mühendislik alanındaki ilk uygulama adımları Widrow ve Hoff (1960) tarafından geliştirilen ADALINE (Adaptive Linear Neuron) modeliyle başlamıştır. 1970’lerin sonlarında ADALINE modelinin iki tabakalı olarak oluşturulmasıyla elde edilen MADALINE (Multiple ADALINE) modeliyle ses tanıma, karakter tanıma ve kontrol, hava tahmini gibi çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Grossberg 1970'li yıllardan itibaren yapay sinir ağları'nın mühendislik uygulamalarındaki kolaylığını gösterdi ve Carpenter ile beraber Adaptif Rezonans Teorisini (ART) geliştirdi. 1970'lerin sonlarında Fukushima (1980) geliştirdiği Neocognitron modeliyle görsel şekil ve örüntü tanımayı gerçekleştirdi. Hopfield (1982, 1985) yaptığı çalışmalarla, yapay sinir ağlarının genelleştirilebileceğini ve bilgisayar programlama vasıtasıyla çözümü zor problemlere çözümler üretilebileceğini gösterdi. Broomhead ve Lowe (1988) radyal tabanlı fonksiyonlar modeli ile filtreleme problemlerinde oldukça iyi sonuçlar almışlardır. Bu fonksiyonların geliştirilmiş şekilleri, Probabilistik Ağlar (PNN) ve Genel Regresyon Ağları (GRNN) Specht (1988, 1991) tarafından açıklanmıştır.

2.5.4. Yapay sinir ağlarının avantajları ve dezavantajları

Yapay sinir ağları yönteminin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar (Elmas 2003):

Avantajları:

- Yapay sinir ağları önceki deneyimlerden öğrenebilir, bir kez eğitildiklerinde yeni bir veri kümesine hemen cevap verebilir. Bir örnekten hareket ederek diğer örnekleri açıklayabilir.
- Yapay sinir ağları matematiksel modele ihtiyaç duymaz. Yapay sinir ağı yazınında verilerin yapay sinir ağının eğitiminde kullanılması için gerekli bir varsayıma rastlanmamıştır.
- Yapay sinir ağları verilerden hareketle bilinmeyen ilişkileri akıllıca hemen ortaya çıkarabilir. Ağların bu özelliği, uygulama açısından önemlidir.
- Geleneksel bilgisayar sistemleri, sistemde oluşacak hatalara karşı çok hassastır. Sistemde meydana gelebilecek en ufak bir hata, sonuca ulaşmama ya da sonuçlarda büyük hataya yol açabilmektedir. Ancak yapay sinir ağlarının bir veya birkaç nöronunun zarar görmesi sistemi geleneksel bilgi işlem teknolojilerinde olduğu kadar etkilemez.
- Ağ ağırlık katsayısı ve yapısı gibi kendi parametreleri değiştiğinde somut bir problemin çözümü için kendini adapte edebilme özelliğine sahiptir.

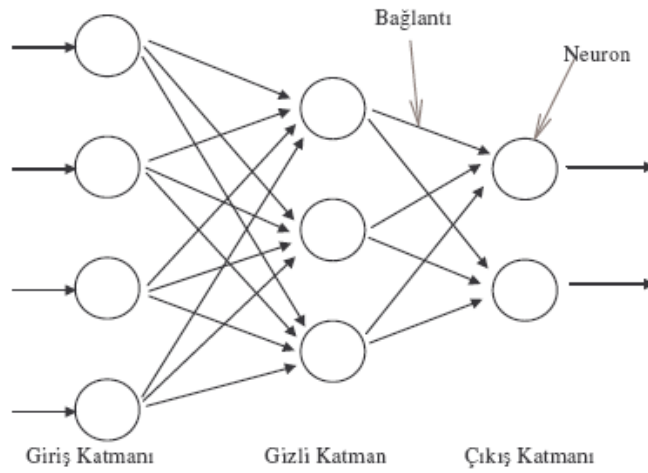
- Ağlar doğrusal değildir. Bu nedenle karmaşık problemleri doğrusal tekniklerden daha doğru çözebilirler. Bu problemleri ve davranışları matematiksel olarak çözmek zordur.

Dezavantajları:

- Bir problemin çözümünde çok uygun bir çözüm bulamayabilirler ya da hata yapabilirler. Bunun sebebi, ağı eğitecek bir fonksiyonun bulunmamasıdır. Bazı durumlarda fonksiyon bulunsa bile yeterli veri bulunamayabilir.
- Eğitilmek için uzun bir zamana ihtiyaç duyarlar ve bundan dolayı zaman ve para maliyeti yüksektir.
- Farklı sistemlere uyarlanması zor olabilir.
- Ağın kalitesi ve kapasitesi, uygulamadaki hızı ile orantılıdır. Öyle ki, düğümlerin sayısındaki artış bile zamanın daha çok artmasına sebep olabilir.

2.5.5. Yapay sinir ağlarının yapısı

Yapay sinir ağları, yapay nöronların bir araya gelerek oluşturdukları, girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanı olmak üzere 3 tabakadan oluşur. Bu tabakalar Şekil 2.7’de görülmektedir.



Şekil 2.7: Yapay Sinir Ağı Modeli

KAYNAK: <http://www.hindawi.com/journals/wcn/2008/132729.fig9.html>, Erişim Tarihi: 01.12.2009. Konu: A Multilayer Neural Network.

Girdi Katmanı: Girdi katmanı en az bir girdi elemanının bulunduğu bölümdür. Bu katmanda veriler herhangi bir işleme tabi tutulmadan girdileri ile aynı değerde çıktı üretirler.

Ara Katmanlar: Girdilerin belirli işlemlere tabi tutulduğu bölgedir. Seçilen ağ yapısına göre işlem katmanının yapısı ve fonksiyonu da değişebilir. Tek bir katmandan oluşabileceği gibi birden fazla katmandan da oluşabilir.

Çıktı Katmanı: Çıktı katmanı en az bir çıktıdan oluşur ve çıktı ağ yapısında bulunan fonksiyona bağlıdır. Bu katmanda işlem gerçekleştirilir ve üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir.

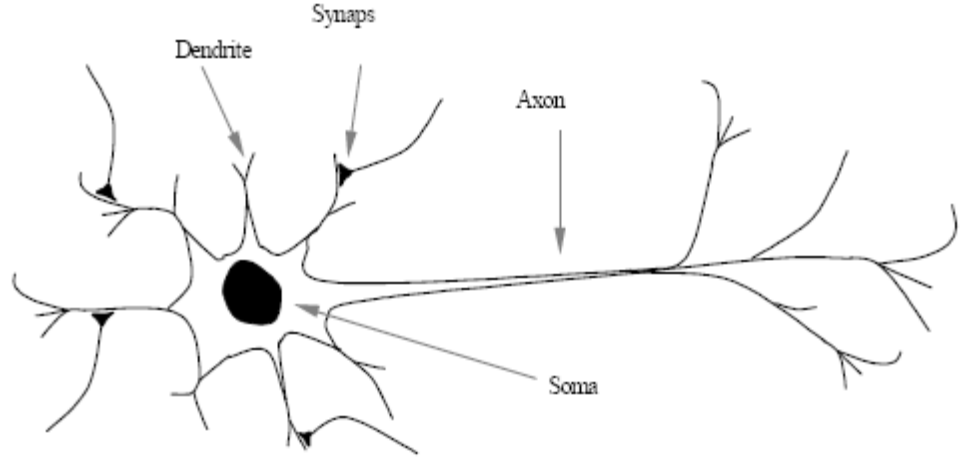
2.5.6. Yapay sinir ağlarının temel elemanları

Yapay sinir ağları biyolojik sinir ağlarının modellenmesi olduğu için yapay sinir ağlarının çalışmasını anlayabilmek için öncelikle biyolojik sinir sisteminin yapısına bakmak gerekmektedir. Biyolojik sinir sisteminin yapı taşı olan sinir hücreleri nöronlar, yapay sinir ağlarının da yapı taşıdır.

2.5.6.1. Biyolojik sinir hücresi

Beyin nöron adı verilen birçok sinir hücresinin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. İnsan bünyesinde yer alan tüm diğer hücreler belli bir süre sonunda ölürlere ve yerlerine yenisi üretilirken nöronlar kendiliklerinden ölmezler. Bu durum belki de bilgilerin nasıl kalıcı olduğunu da açıklamaktadır. İnsan vücudunda yaklaşık olarak 10^{11} nöron bulunmaktadır (Kohonen 1988).

Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ (network) olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunur. Beyin aslında, bu sinir toplamı olarak görülmektedir(Şen 2004). Nöron yapısının, bilginin işlenmesinde önemli etkisi vardır. Bu yapılar Şekil 2.8'de görülmektedir.



Şekil 2.8: Biyolojik Sinir Hücresi ve Yapısı

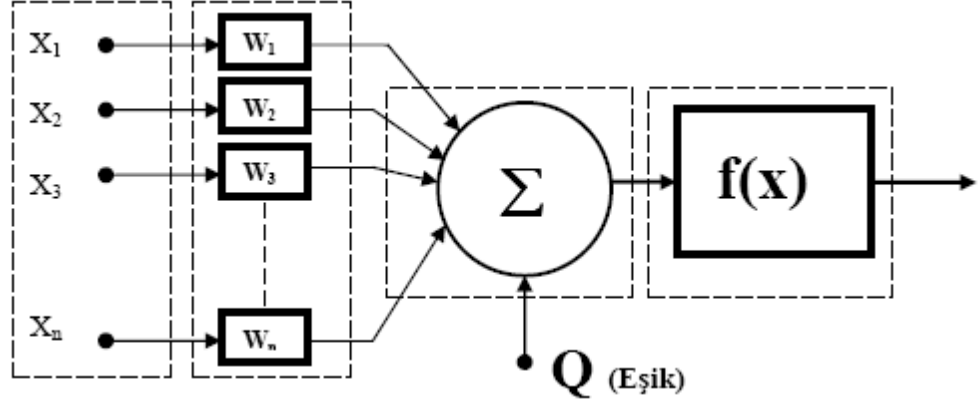
KAYNAK: <http://dev.emcelettronica.com/introduction-to-artificial-neural-networks-ann>, Erişim Tarihi: 01.12.2009. Konu: Biological Neural Cell and Structure

Nöron sinir sisteminin temel işlem elemanıdır. Sinir hücresi; çekirdek (nucleus-soma), dendritler, aksonlar (axon) ve sinapsler (synapse) olmak üzere 4 temel bileşenden meydana gelir. Dendritler, diğer hücrelerden aldığı bilgileri hücrenin çekirdeğine iletir. Aksonlar ise elektriksel darbeler şeklindeki bilgiyi hücreden dışarı taşıyan organeldir. Aksonların bitimi, ince yollara ayrılabilir ve bu yollar, diğer hücreler için dendritleri oluşturur. Buradaki bağlantı elemanına da sinaps (synapse) denir (Fırat ve Güngör 2004).

2.5.6.2. Yapay sinir hücresi

Nöronlar sinir ağlarını oluşturan, tek başına ele alındıklarında çok basit işlevlere sahip işlemcilerdir. Bir nöron yapısı içerisinde üç ana bölüm bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla sinapsisler, toplayıcı ve aktivasyon fonksiyonudur. Şekil 2.9’da görüldüğü gibi, nöron girdileri sinaptik bağlantılar üzerindeki ağırlıklar ile çarpılarak bir toplayıcıya uygulanmakta ve elde edilen toplam, nöronun aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek

çıkışlar hesaplanmaktadır. Eşitliklerin ilkinde ağırlıklı toplamın oluşturulması, ikincisinde ise çıkışın hesaplanması görülmektedir.



Şekil 2.9: Bir Nöronun Matematiksel Yapısının Açıklanması

KAYNAK: Fırat M., M. Güngör. 2004. Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. İMO Teknik Dergi, 219:3267-3282

$$s = w_1 u_1 + w_2 u_2 + w_3 u_3 + \dots + w_n u_n - Q = a_0 + \sum_{i=1}^n w_i u_i - Q \quad (2.2)$$

$$y = f(s) \quad (2.3)$$

Her bir girdideki değişim, nöron çıkışında belirli bir değişime neden olmakta ve bu değişim genliği, girdinin etki derecesini belirleyen bağlantı kazançlarına, toplayıcının eşik değerine ve nöron aktivasyon fonksiyonunun tipine bağlı olmaktadır. Burada w_i ile gösterilen kazançlar ağırlık olarak, Q değeri eşik olarak, $f(s)$ fonksiyonu olarak isimlendirilmektedir. Eşitliklerden de görüldüğü gibi eşik değerinin girdilerden bağımsız olmasından dolayı bütün girdilerin sıfır olduğu durumlarda nöron çıkışında yani $f(0)$ yerine $f(s)$ değeri gözlenir ki bu da, belirtilen şartlar altında nöron çıkışının sıfır olması zorunluluğunu ortadan kaldırır. Eşik değerinin kullanımı, pratikte +1 ya da -1 değerine sahip bir girdinin Q ağırlığına sahip bir bağlantı ile toplayıcıya girdi şeklinde ele alınır (Efe ve Kaynak 2000).

i. Girdiler

İstenen sonucu üretmek için ağa sokulan verilerdir. Dış ortamdan girebileceği gibi bir başka nöronun da çıktısı olabilirler.

ii. Ağırlıklar

Yapay sinir hücresine giren her bir verinin hücre içinde hangi oranda hangi ağırlıkta değerlendirileceğini belirleyen değerlerdir. Ağırlıkların sayısal değerinin negatif ya da pozitif olması, ağa etkisinin negatif ya da pozitif yönde olduğunu işaret eder (Öztemel 2003). Bir hücrenin ağırlığı sabit olabileceği gibi değişken de olabilir. Eğitim sırasında hücrenin ve / veya tüm ağın ağırlıkları yeniden belirlenir.

iii. Toplama fonksiyonu (Toplayıcı)

Toplama fonksiyonu bir nörona gelen net girdiyi hesaplamada kullanılır. Yaygın olarak kullanılan bu ağırlıklı toplam fonksiyonundan farklı olarak çeşitli toplam fonksiyonları (çarpım, maksimum, minimum, çoğunluk ve kümülatif) kullanılabilir. yapay sinir ağları uygulamalarında standart olarak uygulanabilecek en iyi sonucu veren bir toplama fonksiyonu söz konusu değildir. Araştırmanın özelliğine göre deneme yanılma yoluyla uygun toplama fonksiyonu tespit edilir.

Çeşitlerine göre toplayıcı fonksiyonlar Çizelge 2.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.9: Toplayıcı Fonksiyonları

Net Giriş	Açıklama
Toplam Net Girdi = $\sum_{i=1}^n X_i W_i$	Girdiler kendilerine ait ağırlıklar ile çarpılıp daha sonra hepsi toplanır.
Çarpım Net Girdi = $\prod_i X_i W_i$	Girdiler kendilerine ait ağırlıklar ile çarpılıp daha sonra da birbirleri ile çarpılır.
Maksimum Net Girdi = $\text{Max}(X_i W_i), i = 1 \dots j$	Tüm girdiler kendilerine ait ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra aralarından en büyük değer alınır.
Minimum Net Girdi = $\text{Min}(X_i W_i), i = 1 \dots j$	Tüm girdiler kendilerine ait ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra aralarından en küçük değer alınır.
Çoğunluk Net Girdi = $\sum_{i=1} sgn(X_i W_i)$	Tüm girdiler kendilerine ait ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif olanların sayısı bulunur. Hangisi daha çok ise hücrenin net girdisi o kabul edilir.
Kümülatif Toplam Net Girdi = $\text{Net}(\text{eski}) + \sum_{i=1} X_i W_i$	Hücreye uygulanan tüm girdiler toplanır ve daha önceki toplama eklenir.

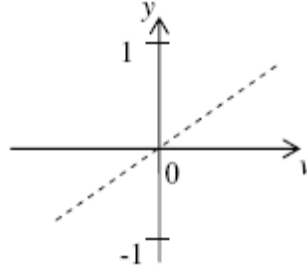
KAYNAK: Öztemel, E. 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 238.s

iv. Aktivasyon fonksiyonları

Aktivasyon fonksiyonu gelen girdilerin toplandıktan sonra işleme tabi tutulduğu ve nöronun çıktısını hesaplayan fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonunun amacı, söz konusu nöronları belirlenmiş bir çıkış aralığı içinde sınırlamaktır.

a) Doğrusal aktivasyon fonksiyonu

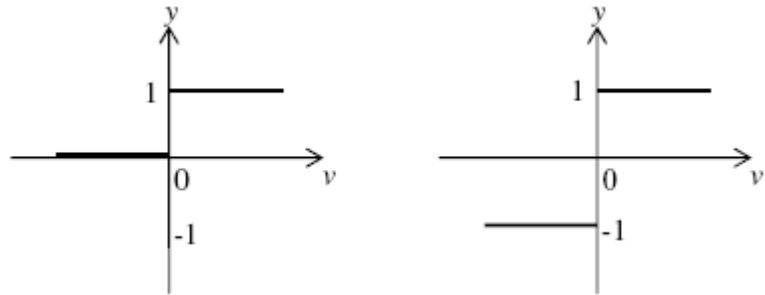
Doğrusal aktivasyon fonksiyonu, nöronun girişini doğrudan çıkışlara aktaran bir fonksiyondur. Daha çok klasik işaret işleme ve istatistiksel regresyon analizinde kullanılan doğrusal aktivasyon fonksiyonu $y = Av$ olarak formüle edilir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10: Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

b) Basamak aktivasyon fonksiyonu

Basamak aktivasyon fonksiyonu, fonksiyonun değerinin belirli bir eşik değerin üzerinde olması ya da olmaması durumuna göre $[0,1]$ veya $[-1,1]$ değerlerini verir. Basamak aktivasyon fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 2.11'de verilmiştir.

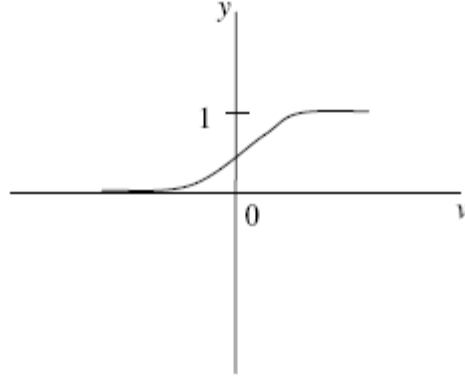


Şekil 2.11: Basamak Aktivasyon Fonksiyonları

$$y = f(v) = \begin{cases} 1 & v \geq 0 \\ 0 & v < 0 \end{cases} \text{ veya } y = f(v) = \begin{cases} +1 & v \geq 0 \\ -1 & v < 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

c) Sigmoid aktivasyon fonksiyonu

Sigmoid Aktivasyon fonksiyonu, literatürde tek kutuplu aktivasyon fonksiyonu olarak da bilinir. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biridir. Sigmoid aktivasyon fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 2.12’de verilmiştir.

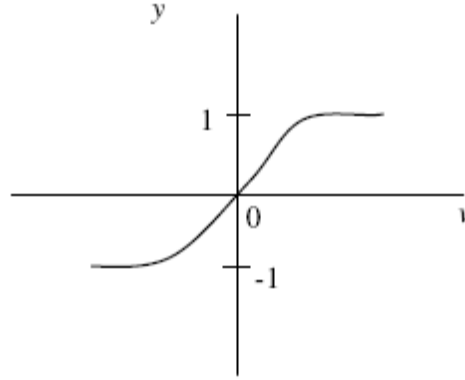


Şekil 2.12: Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

$$y = \frac{1}{1+e^{-v}} = \frac{1}{2} (\tanh(v/2) + 1) \quad (2.5)$$

d) Tanjant hiperbolik fonksiyon

Tanjant Hiperbolik Fonksiyonu, giriş uzayının genişletilmesinde etkin olan bir aktivasyon fonksiyonudur. Tanjant Hiperbolik aktivasyon fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 2.13’de verilmiştir.



Şekil. 2.13: Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu

$$y = \frac{1-e^{-2v}}{1+e^{2v}} \quad (2.6)$$

v. Hücrenin çıktısı

Etkinlik fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı, dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir. Bir yapay sinir hücresinden çıkan çıktı değeri vardır. Aynı değer birden fazla hücreye girdi olarak gitmektedir.

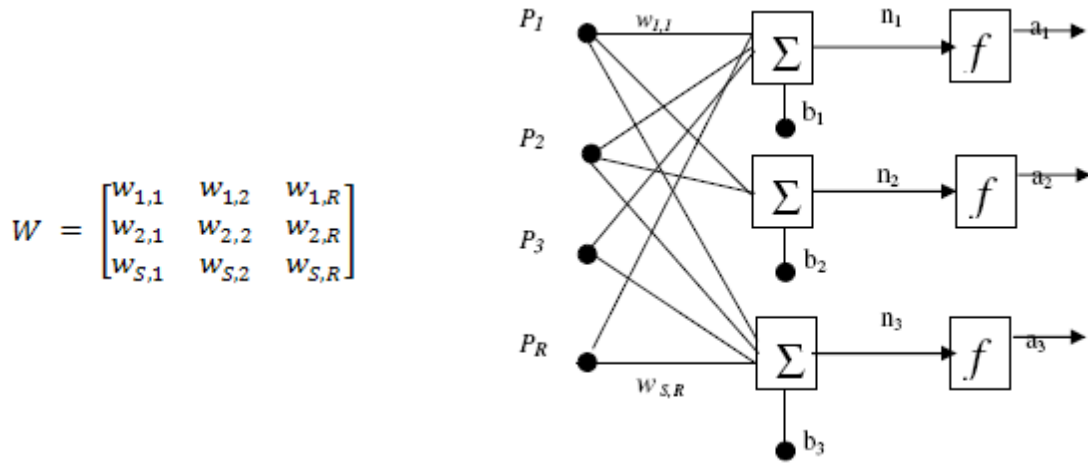
2.5.7. Yapay sinir ağları mimarisi

Bir sinir ağı modeli, bir ağ içerisinde birbiriyle bağlantılı proses elemanlarından oluşur. Bir proses birimi (sinir hücresi) w ağırlığı ile almış olduğu sinyalleri, girdi fonksiyonuna bağlı olarak toplar ve aktivasyon fonksiyonunun çıktısına bağlı olarak çıktı sinyallerini üretir. Ardından çıktı sinyali, ağın topolojisine bağlı olarak diğer sinir hücrelerine girdi teşkil eder. Sinir hücrelerinde ağırlıkların ayarlanması, performansı arttırmak içindir (Lippman 1987). Bu uyarılma yeteneği veya öğrenme, karar verme, karışık problem çözümü ve bunun gibi bir çok sayısal zeka faaliyetlerinin temelidir.

Bir sinir ağının birden fazla girdisi olsa bile bazen yeterli olmayabilir. Paralel çalışan ve adına katman dediğimiz bu sinir gruplarına gereksinim vardır.

2.5.7.1. Tek katmanlı sinir ağı

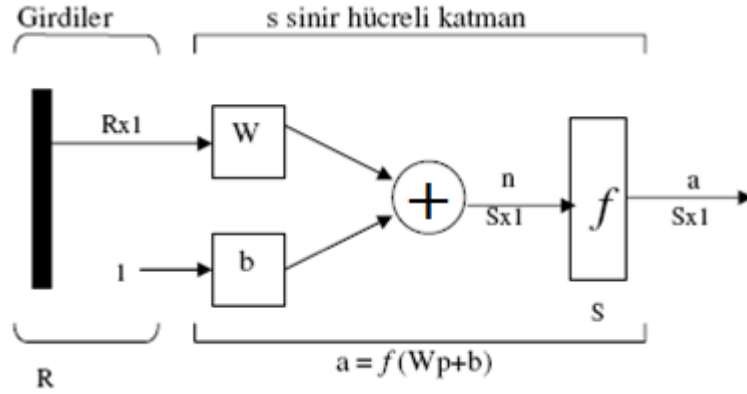
Şekil 2.14 ve 2.15'te tek katmanlı yapay sinir ağının elemanları gözükmemektedir. Her bir R girdisi, her bir sinir ile ilişkilendirilmiştir ve S boyutlu ağırlık matrisi mevcuttur. Bir katman, ağırlık matrisi, transfer fonksiyonu, a çıktı vektörünü içerir. Girdi vektörü p 'nin her elemanı, w ağırlık matrisi ile her sinire bağlantılıdır. Yani, her girdinin bir ağırlığı söz konusudur. Her sinir, b_i sayısal, bir toplayıcı, bir f transfer fonksiyonu ve bir a_i çıktısına sahiptir. Hepsi birlikte a çıktı vektörünü oluştururlar. Tartışmasız bir konu, bir katmanın girdi sayıları, sinir sayılarından farklıdır ($R \neq S$). Her bir katmanın transfer fonksiyonu birbirinden farklı olabilir. Tek katmanlı sinirleri farklı transfer fonksiyonlarına atayabiliriz. Aşağıdaki sinir hücreleri aynı girdiye sahip olmasına rağmen farklı çıktılar üretir. Girdi vektörünün elemanları W ağırlık matrisi ile ağa giriş yaparlar.



Şekil 2.14: Tek Katmanlı Sinir Ağı

KAYNAK: <http://www.teknohaber.net/makale.php?id=70225>, Erişim Tarihi: 01.12.2009. Konu: Yapay Sinir Ağları ve MATLAB ile Kullanımı

Burada satırlar sinirleri, sütunlar da p ağırlığının girdi kaynağını tanımlar. $w_{2,1}$, 2. sinir hücresinin 1. kaynak ile olan ilişkisini tanımlar. S sinir hücresine sahip, R girdisi olan tek katmanlı sinir ağının kısaltılmış şekli aşağıdaki gibidir.



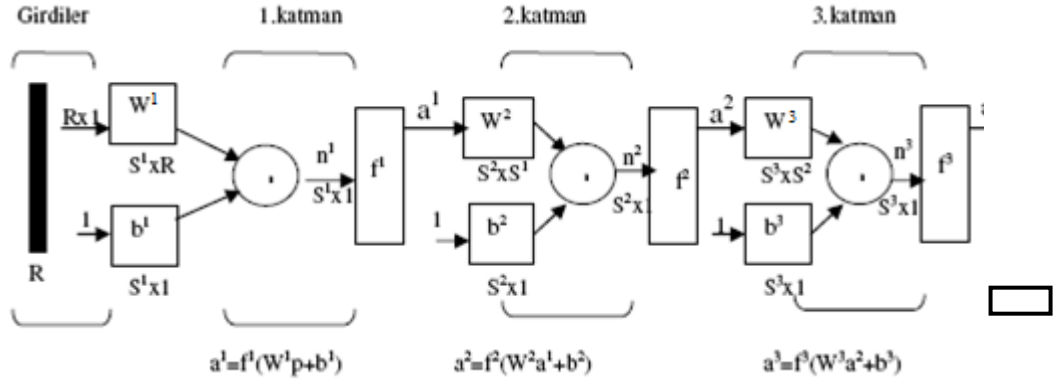
Şekil 2.15: Tek Katmanlı Sinir Ağının Kısaltılmış Gösterimi

KAYNAK: <http://www.teknohaber.net/makale.php?id=70225>, Erişim Tarihi: 01.12.2009. Konu: Yapay Sinir Ağları ve MATLAB ile Kullanımı

Şekil 2.15'te, p girdi vektörünün boyutu R 'dir. W , $S \times R$ boyutlu matristir. a ve b , S boyutlu vektörlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi, bir katman, girdi vektörleri, toplama ve transfer fonksiyonları ve çıktılarından oluşmaktadır.

2.5.7.2. Çok katmanlı sinir ağı

Doğrusal olarak ayrılabilen fonksiyonlar için, algılayıcılar uygunken, gerçek hayatta karşılaşılan bir çok problemin temel özelliği olan doğrusal ayrılamama özelliğine sahip olanlar için çok katmanlı yapay sinir ağları kullanımı gereklidir (Piramithu ve ark. 1993). Şekil 2.16'da üç katmanlı sinir ağı gösterilmiştir. Girdi, çıktı ve üç gizli katmandan oluşmaktadır.



Şekil 2.16: Üç Katmanlı Sinir Ağının Kısaltılmış Gösterimi

Gizli katman sinir ağının hesaplama süresini yavaşlatabilir ancak, çok önemli denge sağlayan avantajları vardır. Çok katmanlı sinir ağı, karar bölgesi doğrusal olmayan ve karışık sınıflama problemlerinin çözümü için gereklidir (Schalkoff 1997). Çok katmanlı sinir ağı, tek katmanlı sinir ağına göre daha güçlüdür. Örneğin, iki katmanlı bir ağın birinci katmanında sigmoidal fonksiyon, ikinci katmanında doğrusal fonksiyona sahip olması, tek katmanlı ağ yapısına göre eğitim aşamasında yaklaşımlar daha rahat olacaktır. Bu noktada bir ağın özelliklerinin belirlenmesi önemli bir süreçtir. Birinci olarak, ağın girdi ve çıktı sayılarını belirlemek gerekmektedir. Eğer ağa, 4 dış etken etki ediyorsa, girdi sayısı 4 olacaktır. Benzer şekilde ağdan 7 çıktı üretilecek ise, 7 tane sinir hücresi olmalıdır. Sonuç olarak çıktı sinyallerinin istenilen karakteristikleri transfer fonksiyonu seçimine yardımcı olacaktır. Çıktıların -1 veya 1 olma durumunda, sert geçişli transfer fonksiyonu kullanılmalıdır. Böylece tek katmanlı sinir ağının mimarisi tanımlanmış olur. İki katmandan fazla olması durumunda, dış problemler gizli katman içerisinde ki sinir hücreleri sayısını kolayca söyleyemeyecektir. Aslında, gizli katman içerisinde olması gereken optimal sinir hücre sayısını tahmin etmek çok kolay değildir.

2.5.8. Yapay sinir ağları modelleri

Yapay sinir ağları, farklı hücrelerin birbirleri ile farklı şekillerde bağlanmalarından oluşmaktadır. Hücrelerin bağlantı şekilleri, öğrenme kuralları ve

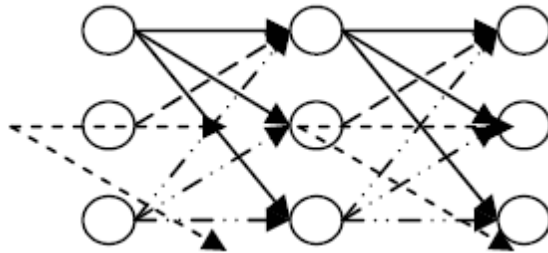
aktivasyon fonksiyonlarına göre yapay sinir ağı farklılaşmaktadır (Narendra ve Parthasarathy 1990).

2.5.8.1. İleri beslemeli yapay sinir ağı

Yapılan çalışmalara göre işletme uygulamalarında en çok kullanılan modellerin başında ileri beslemeli sinir ağı gelmektedir. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında sinyaller sadece tek bir yönde, girdi katmanından çıktı katmanına doğru yönelir. Bir katmandan elde edilen çıktı değeri, aynı katmandaki sinirleri etkilemez. İleri beslemeli ağlarda, sinirler yalnızca bir sonraki katmanda bulunan sinirlerle bağlantıya sahiptir. Bu modellerde ağın çıktısı, tamamen ağa giren girdilere bağlıdır. İleri beslemeli ağlar herhangi bir dinamiklik özelliği taşımazlar ve gösterdikleri özellik bakımından doğrusal ve doğrusal olmayan kararlı problem alanlarında uygulanmaları mümkündür (Cichocki ve Unbehaven 1993, Güneri ve Apaydın 2004).

İleri beslemeli ağlarda eğer ardışık katmanlar ile hesaplama birimi arasında tüm mümkün bağlantılar sağlanırsa, bitişik katmanlar arasında çok sıkı bir bağlantı vardır. Bu nedenle son katmandaki hesaplama birimlerinden biri çıktı katmanı olarak atanır (Anthony ve Bartlett 2002).

İleri beslemeli yapay sinir ağı yapısı Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17: İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı

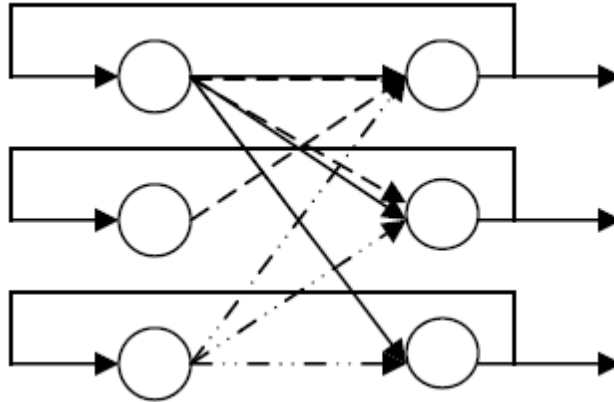
KAYNAK: Kaya, İ. S. Oktay, O. Engin. 2005. Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 21 (1-2): 92-107.

2.5.8.2. Geri beslemeli yapay sinir ağı

Geri beslemeli yapay sinir ağı genellikle danışmasız öğrenme kurallarının uygulandığı ağlarda kullanılmaktadır. Geri beslemeli ağlarda bir tür geri besleme işlemi vardır. Bu ağ yapılarında sinyalin yönü girdi katmanından çıktı katmanına doğrudur. Ancak aynı zamanda, bir katman üzerinde yer alan sinirler, kendisinden, katmandaki diğer sinirlerden ya da diğer katmanlardaki sinirlerden sinyal alabilmektedir. Bu sebeple geri beslemeli ağlarda bir sinirin çıkışı, sinirin o andaki girdileri ve ağırlık değerleriyle belirlenmesinin yanında bazı sinirlerin bir önceki süredeki çıkış değerlerinden de etkilenmektedir (Elmas 2003, Güneri ve Apaydın 2004).

Geri beslemeli ağları ileri beslemeli ağlardan ayıran temel özellik; bu tip mimariyle oluşturulan ağların dinamik doğrusal olmayan sistemleri, özellikle de doğrusal olmayan diferansiyel denklemleri modelleyebilmeleridir (Cichocki ve Unbehaven 1993).

Geri beslemeli yapay sinir ağı yapısı Şekil 2.18’de gösterilmiştir.



Şekil 2.18: Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı

KAYNAK: Kaya, İ. S. Oktay, O. Engin. 2005. Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 21 (1-2): 92-107.

2.5.9. Yapay sinir ağlarında öğrenme

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insanlar doğumlarından itibaren bir yaşayarak öğrenme süreci içerisine girerler. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Bu durum yapay sinir ağları için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur; başka bir deyişle, gerçekleşme girdi/çıkı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitime algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur.

2.5.9.1. Yapay sinir ağlarında öğrenme yöntemleri

Başlıca 3 farklı öğrenme tipi tanımlanmıştır.

i. Gözetimli (danışmanlı) öğrenme yöntemi

Gözetimli öğrenmede, yapay sinir ağı kullanılmadan önce eğitilmelidir. Eğitime işlemi, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunmaktan oluşur. Bu bilgiler genellikle eğitime kümesi olarak adlandırılır. Her bir giriş kümesi için uygun çıkış kümesi ağı sağlanmalıdır (Elmas 2003).

Gözetimli öğrenmede bir dış öğreticinin ağı her bir girdi için ağı üretmesi beklenen doğru sonuçları hedef çıktı olarak verdiği düşünülür. Bu öğrenmede ağı ürettiği çıktılar ile hedef çıktılar arasındaki fark hata olarak ele alınır ve bu hata minimize edilmeye çalışılır (Neilson 1989). Hata değeri istenen değerin altına düştüğünde tüm ağırlıklar sabitlenerek eğitim işlemi sonlandırılır.

ii. Gözetimsiz (danışmansız) öğrenme yöntemi

Gözetimsiz öğrenmede sadece girdi katmanındaki değerler kullanılmaktadır. Amaç, veri setindeki modelin ortaya çıkarılmasıdır. Sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Gözetimsiz olarak eğitilebilen ağlar, istenen ya da hedef çıkış olmadan giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlar. Burada ağ istenen dış verilerle değil, girilen bilgilerle çalışır. Bu tür öğrenmede gizli sınırlar dışarıdan yardım almaksızın kendilerini örgütlemek için bir yol bulmalıdırlar. Bu yaklaşımda, verilen giriş vektörleri için önceden bilinebilen performansını ölçebilecek ağ için hiçbir çıkış örneği sağlanmaz, yani ağ yaparak öğrenmektedir (Hanssens ve ark. 2001).

iii. Destekleyici (Takviyeli) Öğrenme Yöntemi

Yöntem gözetimli öğrenme yöntemine benzemekle birlikte, ağa hedef çıktılar yerine, ağın çıktılarının ne ölçüde doğru olduğunu belirten bir skor veya derece bildirilir (Neilson 1989).

2.5.9.2. Yapay sinir ağlarında öğrenme algoritmaları

Kullanılan çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Yapay sinir ağının mimarisine, karşılaşılan sorunun niteliğine göre farklılık gösteren bu öğrenme algoritmalarının yüzden fazla çeşidi bulunmakla beraber en çok kullanılan öğrenme algoritmaları:

- 1) Hebb,
- 2) Delta,
- 3) Geri Yayılma (Genelleştirilmiş Delta),
- 4) Kohonen,
- 5) Hopfield,
- 6) Enerji fonksiyon.

i. Hebb algoritması

1949 yılında Kanadalı psikolog Donald Hebb tarafından biyolojik temele dayalı olarak geliştirilmiş olan Hebb algoritması en eski ve en ünlü öğrenme algoritmasıdır. Bu öğrenme algoritması basit bir mantığa dayanmaktadır: Eğer nöron (A) başka bir nöron (B) girdi alıyorsa ve her ikisi de aktifse, (A) ve (B) arasındaki ağırlık artar.

ii. Delta algoritması

Delta algoritması ilk olarak Widrow ve Hoff tarafından geliştirilmiş daha çok mühendislik kökenli bir algoritmadır. Bu algoritma en küçük kareler kuralı (Least-Mean-Square Rule) olarak da bilinmektedir. Bu algoritma, hata karelerinin ortalamasını alarak, bu değerin en küçük olduğu çözümü bulmaya amaçlar (Widrow, 1990).

Delta algoritması hataların karesinin en küçük olduğu noktayı bulurken eğim düşme yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntemde, hata kareleri, koordinatlarını ağırlıkların oluşturduğu uzayda bir çanak oluşturmaktadır. Delta algoritması mevcut ağırlık vektörünü bulunduğu konumdan hatanın en küçük olduğu çanağın dibine doğru ilerletir (Caudill 1987).

iii. Geri yayılım algoritması

Geri yayılma algoritması veya bir başka adıyla Genelleştirilmiş Delta Algoritması belki de en çok kullanılan öğrenme algoritmasıdır. Hata ağdaki ağırlıkların bir fonksiyonu olarak görülür ve hataların kareleri ortalaması delta algoritmasında olduğu gibi eğim düşümü yöntemi kullanılarak, minimize edilmeye çalışılır (Caudill 1987).

a. Eğim tabanlı öğrenme algoritması

Eğim tabanlı öğrenim algoritmaları:

- Eğim düşme geri-yayılım öğrenme ağları,
- Momentumlu eğim düşme geri-yayılım öğrenme ağları,
- Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğim düşme geri-yayılım öğrenme ağları,
- Momentumlu ve uyarlanabilir öğrenme oranlı eğim düşme geri-yayılım öğrenme ağları.

Eğim düşme geri yayılım öğrenme ağları: Eğim düşme geri-yayılım öğrenme ağlarında, eğim azaldıkça ağın ara katmanındaki ağırlık değerleri ve eğilim yönü güncellenmektedir. MATLAB'daki `traingd` fonksiyonu ağın öğrenimi için kullanılmaktadır. `traingd` fonksiyonu ağ ara katmanındaki ağırlık değerlerinin, ağ girdilerinin ve transfer fonksiyonlarının türevleri olduğu sürece yakınsama işlemini sürdürmektedir. Bunun için geri besleme yöntemi kullanılmaktadır. Geri besleme yönteminde öğrenme oranı ile öğrenme performansı çarpımının ağırlık ve eğilim değişkeni x 'e göre türevi alınmaktadır (<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingd.html>, 2009).

$$dx = lr * dperf/dx \quad (2.7)$$

lr: learning rate (öğrenme oranı)

dperf: training performance (öğrenme performansı)

Ağın eğitimi aşığıdaki koşullardan herhangi birisi olduğuunda durdurulmaktadır:

- Tekrar sayısının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Ağ koşturma zamanının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Performans, hedeflenen değere ulaştığı zaman,
- Performans yakınsaması belirlenen alt değerin altına düştüğü zaman,
- Sonuç doğrulama performans parametresinin üst hata sayısına ulaştığı zaman.

Başarıyla hedeflenen durma değerlerine ulaşıncaya kadar test değerleri ile eğitilen ağ sınanır.

MATLAB programında, eğitim düşme algoritmasının hazır fonksiyon kümesinde tanımlı, kullanıcı tarafından ayarlanabilir parametreler vardır. Bunlar; iterasyon sayısı, hedef hata değeri, zaman, minimum eğitim değeri ve öğrenme oranı olarak sıralanabilir.

İterasyon sayısı, eğitim algoritmasının eğitim işlemini sonlandırmadan önce eğitim seti üzerinden kaç kere geçeceğini belirtir. Hedef hata değeri parametresi ile ağın ulaşması istenen hedef hata değeri kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Zaman parametresi ile eğitim işleminin kaç saniye boyunca sürdürüleceği belirtilir. Minimum eğitim parametresi ile eğitimin belirtilen bir eğitim değerinde durdurulması sağlanır. Öğrenme oranı parametresi, geriye yayılım algoritmasında ağın serbest parametrelerinin güncellenmesi esnasında, eğitimin performansını doğrudan etkilemektedir.

Momentumlu eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağı: Momentumlu eğitim düşme geri-yayılım öğrenme ağılarında eğitim azaldıkça ağın ara katmanındaki ağırlık değerleri ve eğilim yönü güncellenmektedir. MATLAB'daki "traingdm" fonksiyonu ağın öğrenimi için kullanılmaktadır. traingdm fonksiyonu ağ ara katmanındaki ağırlık değerlerinin, ağ girdilerinin ve transfer fonksiyonlarının türevleri olduğu sürece yakınsama işlemini sürdürmektedir. Bunun için geri besleme yöntemi kullanılmaktadır. Geri besleme yönteminde öğrenme oranı ile öğrenme performansı çarpımının ağırlık ve eğilim değişkeni x 'e göre momentumlu türevi alınmaktadır (<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingdm.html>, 2009).

$$dx = mc * dxprev + lr * (1 - mc) * dperf/dx \quad (2.8)$$

lr: learning rate (öğrenme oranı)

dperf: training performance (öğrenme performansı)

mc: momentum constant(momentum katsayısı)

dxprev: previous change of weight or bias(ağırlık veya eğilimin önceki değişimler)

Momentum sabiti, bir önceki ağırlık değerinin bir sonraki ağırlık değişiminde ne kadar etkili olacağını belirler. Momentum katsayısı ile ağırlık değişim değerinin, belirli bir oranda bir sonraki değişime eklenmesi sağlanır. Momentum katsayısı ile yapay sinir ağının eğitim sürecinde belirli bir hızlanma elde edilebilir.

Ağın eğitimi aşağıdaki koşullardan herhangi birisi oluştuğunda durdurulmaktadır:

- Tekrar sayısının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Ağ koşturma zamanının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Performans hedeflenen değere ulaştığı zaman,
- Performans yakınsaması belirlenen alt değerin altına düştüğü zaman,
- Sonuç doğrulama performans parametresinin üst hata sayısına ulaştığı zaman.

Başarıyla hedeflenen durma değerlerine ulaşıncaya kadar test değerleri ile eğitilen ağ sınanır.

Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağları:

Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağlarında eğitim azaldıkça ağın ara katmanındaki ağırlık değerleri ve eğilim yönü güncellenmektedir. MATLAB'daki `traingda` fonksiyonu ağın öğrenimi için kullanılmaktadır. “`traingda`” fonksiyonu ağ ara katmanındaki ağırlık değerlerinin, ağ girdilerinin ve transfer fonksiyonlarının türevleri olduğu sürece yakınsama işlemini sürdürmektedir. Bunun için geri besleme yöntemi kullanılmaktadır. Geri besleme yönteminde öğrenme oranı ile öğrenme performansı çarpımının ağırlık ve eğilim değişkeni x 'e göre türevi alınmaktadır

(<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingda.html>, 2009).

$$dx = lr * dperf/dx \quad (2.9)$$

lr: learning rate (öğrenme oranı)

dperf: training performance (öğrenme performansı)

Standart eğitim düşme algoritmalarında öğrenme oranı eğitim boyunca sabit tutulur. Algoritmanın performansı öğrenme oranının doğru seçilmesine doğrudan bağlıdır. Öğrenme oranı çok büyük seçilirse sistem osilasyon yapabilir ve dengesiz bir hale gelebilir. Öğrenme oranı çok küçük seçilirse algoritmanın istenen sonuca ulaşması uzun süre alabilir. Aslında optimum öğrenme oranını eğitimden önce belirlemek pratik bir yaklaşım değildir. Çünkü optimum öğrenme oranı eğitim süreci içerisinde değişiklik göstermektedir. Standart eğitim düşme tekniğinin performansı öğrenme oranı değişken yapılarak artırılabilir. Değişken öğrenme oranı ile eğitim düşme algoritmasında, temel eğitim düşme algoritmasından farklı olarak üç yeni parametre tanımlanmıştır. Performanstaki maksimum artım parametresi ile yeni hata değeri eski hata değerini bu parametrenin belirlediği oranın üzerinde geçerse yeni ağırlık değerleri kullanım dışı bırakılır.

Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenmenin her evresinde performans parametresi hedef değer doğrultusuna yakınsayacak şekilde azaltılır. Bunun tersine olarak öğrenme oranı artırılır. Eğer ağırlık performansı maksimum performansa artış değerinden fazla artarsa öğrenme parametre oranı düşürülme katsayısı oranında uyarlama yapılır.

Ağın eğitimi aşağıdaki koşullardan herhangi birisi oluştuğunda durdurulmaktadır.

- Tekrar sayısının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Ağ koşturma zamanının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Performans hedeflenen değere ulaştığı zaman,
- Performans yakınsaması belirlenen alt değerin altına düştüğü zaman,
- Sonuç doğrulama performans parametresinin üst hata sayısına ulaştığı zaman.

Başarıyla hedeflenen durma değerlerine ulaşıncaya kadar test değerleri ile eğitilen ağ sınanır.

Momentumlu ve uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağları: Momentumlu ve uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağlarında, eğitim azaldıkça ağın ara katmanındaki ağırlık değerleri ve eğilim yönü güncellenmektedir. MATLAB'daki traingdx fonksiyonu ağın öğrenimi için kullanılmaktadır. traingdx fonksiyonu ağ ara katmanındaki ağırlık değerlerinin, ağ girdilerinin ve transfer fonksiyonlarının türevleri olduğu sürece yakınsama işlemini

sürdürmektedir. Bunun için geri besleme yöntemi kullanılmaktadır. Geri besleme yönteminde öğrenme oranı ile öğrenme performansı çarpımının ağırlık ve eğilim değişkeni x 'e göre momentumlu türevi alınmaktadır (<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingdx.html>, 2009).

$$dx = mc * dxprev + lr * mc * dperf/dx \quad (2.10)$$

lr: learning rate (öğrenme oranı)

dperf: training performance (öğrenme performansı)

mc: momentum constant(momentum katsayısı)

dxprev: previous change of weight or bias(ağırlık veya eğilimin önceki değişimler)

Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğim düşme geri yayılım öğrenmenin her evresinde performans parametresi hedef değer doğrultusuna yakınsayacak şekilde azaltılır. Bunun tersine olarak öğrenme oranı arttırılır. Eğer ağırlık performans maksimum performans artış değerinden fazla artarsa öğrenme parametre oranı düşürülme katsayısı oranında uyarlama yapılır.

Ağın eğitimi aşağıdaki koşullardan herhangi birisi oluştuğunda durdurulmaktadır:

- Tekrar sayısının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Ağ koşturma zamanının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Performans hedeflenen değere ulaştığı zaman,
- Performans yakınsaması belirlenen alt değer altına düştüğü zaman,
- Sonuç doğrulama performans parametresinin üst hata sayısına ulaştığı zaman.

Başarıyla hedeflenen durma değerlerine ulaşıncaya kadar test değerleri ile eğitilen ağ sınanır.

b. Levenberg-marquardt öğrenme ağı

Levenberg-Marquardt öğrenim algoritması hızlı öğrenme amaçlı kullanılmakta olup Hessian matrisini hesaplamadan sonuca varmaya çalışmaktadır. Performans fonksiyonu karelerin toplamı (ağın ileri destekli öğrenimi) formunda olursa Hessian matrisi aşağıdaki gibi kestirilebilir. $H = J^T J$ ve yakınsama eğilimi $g = J^T e$ şeklinde hesaplanır.

J Jacobian matrisi ifade etmektedir. Öğrenim sürecindeki hataların, ağıdaki ağırlıklara ve eğime göre türevini ifade eder. e ağıdaki hatalar vektörüdür. Jacobian matrisi geri beslemeleri öğrenim tekniğiyle hesaplanabilir.

Bunun için Levenberg-Marquardt geri yayılım öğrenme ağılarında, performans $perf$ 'in Jacobian jx 'i hesaplanmaktadır. Ağıdaki her değişkenin değeri Levenberg-Marquardt kurallarına göre değiştirilir. MATLAB'daki `trainlm` fonksiyonu ağın öğrenimi için kullanılmaktadır. `trainlm` fonksiyonu ağ ara katmanındaki ağırlık değerlerinin, ağ girdilerinin ve transfer fonksiyonlarının türevleri olduğu sürece yakınsama işlemini sürdürmektedir.

(<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/trainlm.html>, 2009).

$$jj = jX * jX \quad (2.11)$$

$$je = jX * E \quad (2.12)$$

$$dX = -(jj + I * mu) / je \quad (2.13)$$

E parametresi denklemdaki tüm hataları ifade etmektedir. I ise identity matrixini ifade etmektedir. Denklemdaki adaptasyon değeri “mu” daha geniş ağıdaki değişken `mu_inc` ile arttırılmaktadır. Bu arttırma işlemi performans değerlerine indirgeninceye kadar devam eder. İstenilen ‘mu’ seviyesi sağlanınca ağıdaki ağırlıklar güncellenir ve ‘mu’ ‘mu_dec’ kadar azaltılır.

Ağın eğitimi aşağıdaki koşullardan herhangi birisi oluştuğunda durdurulmaktadır.

- Tekrar sayısının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Ağ koşturma zamanının üst sınırına ulaşıldığı zaman,
- Performans hedeflenen değere ulaştığı zaman,
- Performans yakınsaması belirlenen alt değer altına düştüğü zaman,
- ‘mu’ degeri ‘mu_max’ değerini aştığı zaman,
- Sonuç doğrulama performans parametresinin üst hata sayısına ulaştığı zaman.

Başarıyla hedeflenen durma değerlerine ulaşılnca test değerleri ile eğitilen ağ sınanır.

Çalışmada eğitim tabanlı öğrenme algoritmaları dışında veri setinin davranış şeklini tespit etmek amacıyla Levenberg-Marquardt geri-yayılım öğrenme ağı kullanılmıştır.

2.5.10. Yapay sinir ağlarında geliştirme ve eğitime

Geleneksel bilgisayar uygulamalarının geliştirilmesinde karşılaşılan durum, bilgisayarın belli bilgisayar dilleri aracılığıyla ve kesin yazım algoritmalarına uygun ifadelerle programlanmasıdır. Bu oldukça zaman alan, uyumluluk konusunda zayıf, teknik personel gerektiren, çoğu zaman pahalı olan bir süreçtir. Oysa biyolojik temele dayalı yapay zeka teknolojilerinden biri olan yapay sinir ağlarının geliştirilmesinde programlama, yerini büyük ölçüde eğitime bırakmaktadır.

2.5.10.1. Yapay sinir ağlarının geliştirilmesi aşamaları

Yapay sinir ağları uygulamasının başarısı, uygulanacak olan yaklaşımlar ve deneyimlerle yakından ilgilidir. Uygulamanın başarısında uygun yöntemi belirlemek büyük önem taşır. Yapay sinir ağının geliştirilmesi sürecinde ağın yapısına ve işleyişine ilişkin bu kararların verilmesi gerekir.

- Yapay Sinir Ağları Ağ Yapısının Seçimi,
- Öğrenme Algoritmasının Seçimi,
- Ara Katman Sayısının Belirlenmesi,
- Nöron Sayısının Belirlenmesi,
- Normalizasyon,
- Performans Fonksiyonunun Seçimi

Bu kararların doğru verilememesi durumunda, yapay sinir ağlarının bir fonksiyonudur. Toplam hesaplama karmaşıklığı ise, genellikle yapısal karmaşıklığın bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar ve bu hesaplamanın en aza indirilmesi amaçlanır. Bu hesaplama karmaşıklığının ölçülmesinde de genellikle yapay sinir ağları sisteminin toplam tepki süresi veya sisteme ait bir işlemci elemanın tepki süresi değeri temel alınır. Bunun yanında kapladığı hafıza ve zaman karmaşıklığı bazı uygulamalarda hesaplanmaktadır.

Bir yapay sinir ağlarının uygun parametrelerle tasarlanması durumunda yapay sinir ağları sürekli olarak kararlı ve istikrarlı sonuçlar üretecektir. Ayrıca sistemin tepki süresinin yeterince kısa olabilmesi için de ağ büyüklüğünün yeterince küçük olması gerekir. İhtiyaç duyulan toplam hesaplama da bu sayede sağlanmış olacaktır.

i. Yapay sinir ağları ağ yapısının seçimi

Yapay sinir ağlarının tasarımı sürecinde ağ yapısının seçilmesi, uygulama problemine bağlı olarak seçilmelidir. Hangi problem için hangi ağın daha uygun olduğunun bilinmesi önemlidir. Kullanım amacı ve o alanda başarılı olan ağ türleri Çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.10: Ağ Türleri ve Başarılı Oldukları Alanlar

Kullanım Amacı	Ağ Türü	Ağın Kullanımı
Tahmin	<ul style="list-style-type: none"> • ÇKA 	Ağın girdilerinden bir çıktı değerinin tahmin edilmesi.
Sınıflandırma	<ul style="list-style-type: none"> • LVQ • ART • Counterpropagation • Olasılıklı Sinir Ağları 	Girdilerin hangi sınıfa ait olduklarının belirlenmesi.
Veri İlişkilendirme	<ul style="list-style-type: none"> • Hopfield • Boltzman Makinesi • Bidirectional Associative Memory 	Girdilerin içindeki hatalı bilgilerin bulunması ve eksik bilgilerin tamamlanması.

Uygun yapay sinir ağları yapısının seçimi, büyük ölçüde ağda kullanılması düşünülen öğrenme algoritmasına da bağlıdır. Ağda kullanılacak öğrenme algoritması seçildiğinde, bu algoritmanın gerektirdiği mimaride zorunlu olarak seçilmiş olacaktır. Örneğin geri yayılım algoritması ileri beslemeli ağ mimarisi gerektirir.

Bir yapay sinir ağlarının karmaşıklığının azaltılmasında en etkin araç, yapay sinir ağları ağ yapısını değiştirmektir. Gereğinden fazla sayıda işlemci eleman içeren ağ yapılarında, daha düşük genelleme kabiliyeti ile karşılaşılır.

ii. Öğrenme algoritmasının seçimi

Yapay sinir ağları yapısının seçiminden sonra uygulama başarısını belirleyen en önemli faktör öğrenme algoritmasıdır. Genellikle ağ yapısı öğrenme algoritmasının seçiminde belirleyicidir. Bu nedenle seçilen ağ yapısı üzerinde kullanılabilecek öğrenme algoritmasının seçimi ağ yapısına bağlıdır. Yapay sinir ağının geliştirilmesinde kullanılacak çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Bunlar içinde bazı algoritmaların bazı tip uygulamalar için daha uygun olduğu bilinmektedir. Bu algoritmalar eğer uygun oldukları uygulama alanlarına göre sınıflandırılacak olursa, gruplar ve içinde yer alacak öğrenme algoritmaları Çizelge 2.11'deki gibi özetlenebilir.

Çizelge 2.11: Uygulama Tipleri ve Kullanılabilir Yapay Sinir Ağları

Uygulama Tipi	Yapay Sinir Ağı
Öngörü Tanıma	<ul style="list-style-type: none"> • Geri yayılım • Delta Bar Delta • Geliştirilmiş Delta Bar Delta • Yönlendirilmiş Rassal Tarama • Geri Yayılım İçinde Self Organizing Map • Higher Order Neural Networks
Sınıflandırma	<ul style="list-style-type: none"> • Learning Vektor Quantization • Counter-Propagation • Olasılıklı Yapay Sinir Ağları
Veri İlişkilendirme	<ul style="list-style-type: none"> • Hopfield • Boltmann Makinesi • Bidirectional Associative Memory • Spation-Temproal Pattern Recognition
Veri Kavramlaştırma	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptive Resonance Network • Self Organizing

Yapay sinir ağları belki de en çok öngörü amacıyla kullanılmaktadır. Öngörü için kullanılan yapay sinir ağları içinde de en yaygın olarak kullanılanı geri yayılım algoritmasıdır. Geri yayılım algoritması ileri beslemeli ve çok katmanlı bir ağ mimarisini gerektirmektedir.

iii. Ara katman sayısını belirleme

Yapay sinir ağlarının tasarımı sürecinde tasarımcının yapması gereken diğer işlemde, ağdaki katman sayısına karar vermektir. Çoğu problem için 2 veya 3 katmanlı bir ağ tatmin edici sonuçlar üretebilmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ yapılarını oluşturur. Girdi ve çıktı katmanlarının sayısı, problemin yapısına göre değişir. Katman sayısını belirlemenin en iyi yolu, birkaç deneme yaparak en uygun yapının ve yapının ne olduğuna karar vermektir.

Yapay sinir ağları, özellikle bir girdinin A veya B gibi herhangi bir sınıfa ait olup olmadığı araştırıldığında bu istatistiksel özelliklerini sergileyebilmektedirler. Yapay

sinir ağı eşik değerine sahip ve tek katmanlı bir yapı oluşturduğunda, doğrusal olarak ayrılabilen iki sınıflı örnekleme sınıflandırmak için kullanılabilir. İki katmandan oluşan bir ağ ise her bir katman girdi uzayını bir düzlemle böldüğünden, bir çok düzlemin oluşturduğu dışbükey açık veya dışbükey kapalı bir girdi uzayını bölümleyebilir. Üç katmanlı bir ağ girdi uzayını dışbükey olmayan ve parçalı bir biçimde bölümleyebilme yeteneği taşır (Bishop 1997).

iv. Nöron sayısının belirlenmesi

Ağın yapısal özelliklerinden birisi her bir katmandaki nöron sayısıdır. Katmandaki nöron sayısının tespitinde de genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Bunun için izlenecek yol, başlangıçtaki nöron sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın altına inmeden azaltmaktır. Bir katmanda kullanılacak nöron sayısı olabildiğince az olmalıdır. Nöron sayısının az olması yapay sinir ağının genelleme yeteneğini artırırken, gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine neden olur. Ancak gereğinden az nöron kullanılmasının verilerdeki örüntünün ağ tarafından öğrenilememesi gibi bir sorun yaratabilir.

Nörondaki fonksiyonların da karakteristik özellikleri de yapay sinir ağları nun tasarımında önemli kararlardan biridir. Nöronun geçiş fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağının verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Daha önce belirtildiği gibi sigmoid fonksiyonun çıktı aralığı 0 ve 1 arasında olurken, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıktısı -1 ve 1 aralığında oluşmaktadır. Eğer ağın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, eğer ortalama sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir.

v. Normalizasyon

Yapay sinir ağlarının en belirgin özelliklerinden olan doğrusal olmama özelliğini anlamlı kılan yaklaşım, verilerin bir normalizasyona tabi tutulmasıdır. Verilen normalizasyonu için seçilen yöntem yapay sinir ağları performansını doğrudan etkileyecektir. Çünkü normalizasyon, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamlarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlendirilmiş kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Genellikle verilerin $[0,1]$ veya $[-1,+1]$ aralıklarından birine ölçeklendirilmesi önerilmektedir. Ölçekleme verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı sınımlar içeren problemlerin yapay sinir ağları modellerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuzluk, kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabilir.

Veri kümesinin $[0,1]$ arasında bir ölçeklendirmeye tabi tutulabilmesi için o kümenin X_{min} X_{max} aralığı bulunur ve aşağıdaki formüle göre ölçeklendirme yapılabilir.

$$X_{yeni} = \frac{X - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2.14)$$

vi. Performans fonksiyonunun seçimi

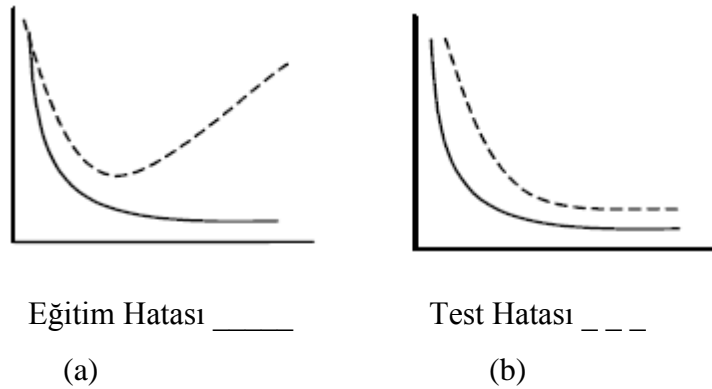
Öğrenme performansını etkileyen önemli hususlardan bir de performans fonksiyonudur. İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonu hata kareleri ortalamasıdır.(Mean Square Error).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{tahmin}(i) - x_{gercek}(i))^2 \quad (2.15)$$

2.5.10.2. Yapay sinir ağının eğitimi ve testi

Eğitim süreci sonucunda yapay sinir ağında hesaplanan hatanın kabul edilebilir bir hata oranına inmesi beklenir. Ancak hata kareleri ortalamasının düşmesi her zaman için yapay sinir ağının genellemeye ulaştığını göstermez. Yapay sinir ağının gerçek amacı girdi-çıkı örnekleri için genellemeye ulaşmaktır.

Genelleme, yapay sinir ağının eğitimde kullanılmamış ancak aynı evrenden gelen girdi-çıkı örneklerini ağın doğru bir şekilde sınıflandırabilme yeteneğidir. İstatistiksel açıdan genelleme bir uygun eğrinin bulunması veya doğrusal olmayan ara değer atama işi olarak görülebilir. Ancak ağ gereğinden fazla girdi-çıkı ilişkisini öğrendiğinde, ağ verileri ezberlemektedir. Bu durum genellikle gereğinden fazla gizli katman kullanıldığında verilerin sinaptik bağlantılar üzerinde saklanmasından veya gereğinden fazla veri kullanılarak eğitilmesinden kaynaklanmaktadır. Ezberleme, genellenen iyi gerçekleşmediğini ve girdi-çıkı eğrisinin düzgün olmadığını gösterir. Verilerin ezberlenmiş olması yapay sinir ağı için istenmeyen bir durum olup, verileri ezberleyen ağa ait eğitim hatası oldukça düşme, test verilerinde ise hata artma eğilimi gösterir. Bundan dolayı birçok yapay sinir ağı yazılımı ağın eğitim ve test verilerine ait hataları grafik olarak göstermektedir. Verileri ezberleyen ağ gerçek hayattaki örüntüyü iyi temsil edemeyeceği için kullanılamaz. Şekil 2.19'da a şeklinde ağ verileri ezberlediği için eğitim hatası azalma, test hatası ise artma eğilimi göstermektedir. Şekil 2.19'da b şeklinde ise ağ kabul edilebilir bir genellemeye ulaşmıştır.



Şekil 2.19: Verileri Ezberleyen ve İyi Genellemeye Ulaşan Ağlardaki Hata Eğrileri

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Firma Tanıtımı

1971 yılında, iki adet dokuma tezgâhı, beş personel ve yıllık 10 ton havlu üretim kapasitesiyle havlunun ilk üretildiği yer olan Bursa'da yola çıkan firma, bugün yıllık 10 bin ton havlu üretim kapasitesi ve Alışveriş Merkezleri ile Türk tekstil ve perakende sektörüne hizmete devam etmektedir. ABD, Kanada, Almanya, İngiltere, Rusya, Türkî Cumhuriyetleri, Suudi Arabistan, Yunanistan ve Dubai başta olmak üzere 20'den fazla ülkeye gerçekleştirdiği dış satım sonucu 32 milyon USD ülkemize döviz kazandırmaktadır. 250 milyon USD cirosu ile Türkiye'de sektörünün en büyük kuruluşudur. Üretim kapasitesi ve kalitesiyle havlu ve bornoz üretiminde dünyada ilk 10 içinde, Avrupa'da ise 4. sırada yer almaktadır.

Dokuma İşletmesinde giyim ve temizlik amacıyla kullanılan banyo havlusu, el havlusu, plaj havlusu, bornoz, peçete ve kese imalatı gerçekleştirilmektedir. Malzeme ve hammadde olarak dünya çapında yüksek kaliteli hammaddeler kullanan firmada, maliyetlerinde ve kalitesinde en yüksek standartlar sağlanmaktadır.

İşletmede 137 işçi ve 2'si endüstri mühendisi olacak şekilde 8 adet idari personel çalışmaktadır. Departmanlar bazında işçi dağılımı hakkında bilgi verilmesi gerekirse 94 kişi tezgah departmanında, 22 kişi konik çözü departmanında, 13 kişi seri çözü-haşıl departmanında ve 8 kişi kadifeleme departmanında görev almaktadır.

3.2. Uygulama Safhaları

Uygulama aşamasında, pamuklu havlu üretimi gerçekleştirilen bir dokuma işletmesinde, altı sigma ile üretim atkı hatalarının kontrol altına alınarak maliyet minimizasyonu hedeflenmiştir. İlk olarak üretim atkı hataları ve bu hataların oluşumunda etkili olabilecek parametreler altı sigma safhaları ve bu safhalarda kullanılan altı sigma araçları ile tespit edilmiş, daha sonra atkı hatası oluşumunda etkisi

olduğu tespit edilmiş olanlar ile regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Benzer analizler yapay sinir ağları ile gerçekleştirilmiş ve karışılaştırmalar yapılmıştır. Öncelikle hataların kaynağı altı sigma araçları ve teknikleriyle tespit edilip, daha sonra sorun yaratan kaynak için veri madenciliği yöntemlerinden uygun olanları seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Tanımlama

İç piyasa ve ihracat müdürlüklerinin firmalardan aldıkları müşteri isteklerini içeren sipariş formunda yer alan müşteri kritik kalite parametreleri desen, renk, gramaj, ebat ve yüzey görüntüsüdür. Gramaj ve ebat parametrelerinde istenen limitler arasında üretim gerçekleştirilmesinde problem çok nadir de olsa çıkarken, diğer  parametrede hatalara sıkça rastlanmaktadır.

İhracata yönelik gerçekleştirilen üretimde, siparişi alınan firmalarla yapılan anlaşmalar gereği, sipariş formunda yazan parametrelere uyumun olmadığı durumlarda, spesifikasyonlara uyum göstermeyen ürünler ilgili firmalar tarafından kabul edilemez. Eğer ürünün yüzey grselliğinde bir hata oluşmayıp problemin sadece örnek havludaki renk kombinasyonuna uyumun olmadığı durumlarda iç piyasa müdürlüğü ile mutabakata varılırsa, ürün 1. kalite olarak değerlendirilir. Aksi taktirde ürün 2. kalite kategorisine ayrılarak kilo ile satışa sevk edilir. İç piyasaya yönelik gerçekleştirilen üretimde ise, sipariş formunda geçen spesifikasyonlara uyum için yüzey görüntüsü ve desen olmazsa olmazlar arasında olup, renk, ebat ve gramaj için esneklik sözkonusudur.

Bu durumlardan ötürü müşteri isteklerini optimum düzeyde karşılamak amacıyla desen, renk ve yüzey görüntüsü hataları üzerine odaklanılmıştır. Meydana gelen bu hatalar kimi durumlarda siparişte talep edilen miktarı tamamlamayı engellemekte ve yeniden dokuma proseslerinin yapılmasına sebep olmaktadır. Bu durum zaman ve işçilik kaybına sebep olmaktadır. Ayrıca üretilen hatalı ürün 2. kalite olarak ayrıldığından dolayı ürün satışı esnasında kardan zarar edilmesine sebep olmaktadır.

Odaklanılan hatalar ve açıklamaları aşağıda açıklamalı olarak görülmektedir:

Leke: Dokuma makinesi yağının veya çevrede bulunan çeşitli likitlerin kumaş üzerine damlaması ve akması suretiyle mamul üzerinde lekeler oluşabilmektedir.

Örücü: Havluyu oluşturan yüzeyin kenarlarını oluşturan örücülerin iplikleri bazı durumlarda gevşek örme gerçekleştirir. Bu durum mamulün boyahane departmanında işlenmesi esnasında sorun oluşturmaktadır.

Desen: Desen kaynaklı hataları oluşturan etmenler desinatör hatası, hav düşüklüğü, taraz, bordürde taraz, bitleme ve zemin gözükmemesidir.

Desinatör hatası genellikle makinelere yanlış desen verme neticesinde gerçekleşir. Bazı durumlarda ise desende yanlış bölgelerde müdahaleler de bu durumu oluşturmaktadır. Hav düşüklüğü; atkı atılırken fazla atkının alınmasında tarak vuruşunun küçük olması sonucu hav düşüklüğü oluşabildiği gibi bordür giriş ve çıkışlarında da görülebilir. Kumaş eni doğrultusunda standart hav yüksekliğinden daha kısa hav bölgeleri oluşabilir. Taraz hatasında atkı sıklığında ani bir sapma gözlenir. Bu hata atkı sıklığının el ile ayarlanması esnasında eleman tarafından yapılabilir. Kumaş eni doğrultusunda boşluk şeklinde oluşur. Bordürde taraz, bordürde atkı eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Kumaş eni doğrultusunda bordür kısmında açıklık şeklinde görülür. Bitleme, hav veya zemin çözgü ipliklerinin özellikle kumaş kenarlarında gerginlik kaybı sonucunda oluşan hav yüksekliği farklılığı veya ön ve arka kısımdaki havların diğer yüze çıkmasından kaynaklanan hatadır. Kumaş eni ve boyu doğrultusunda görülebilir. Zemin gözükmemesi, tezgahın birinci ve ikinci atkılarının açık oluşundan ya da hav çözgüsünün istenenden kısa olmasından kaynaklanır.

Çektirme: Çektirme kaynaklı hataları oluşturan etmenler en boyunca çektirme, tel alırken çektirme ve cımbaz kenarından çektirmedir.

En boyunca çektirme, dokuma makinesinde hav çözgüsünün gergin olması veya zemin çözgü levendinin istenenden fazla hareket ettirilmesi sonucu oluşur. Kumaş eni doğrultusunda oluşur. Tel alırken çektirme, dokumacı elemanın kopan çözgü veya zemin ipliklerini gücü (nire) gözlerine takmak için; hav tellerini gerdirmesi sonucu oluşur. Kumaş eni doğrultusunda havsız görüntü oluşur. Cımbaz kenarında çektirme, hav veya zemin çözgüsünün çözgü hazırlamada fazla gergin sarılmasından, cımbaz çekiş

gücünün fazla olmasından veya tarak ayarının bozuk olmasından kaynaklanabilir. Kumaş eni doğrultusunda kenarlarda kısa çektirmeler şeklinde görülür.

İplik: İplik kaynaklı hataları oluşturan etmenler yanlış atkı ipi kullanımı ve abrajlı ipliktir.

Yanlış atkı ipi kullanımı, desen raporunda kullanılması gereken renkteki veya kattaki iplik yerine farklı bir atkı ipi kullanımından kaynaklanmaktadır. İplik abrajı ise atkı, zemin veya çözgü ipliğinin renginin farklı tonlarda olması ve renk düzgünsüzlüğü olan ipliklerin kullanılması sonucu oluşan hatadır. Kumaş eni ve boyu doğrultusunda oluşabilir.

Atkı: Atkı kaynaklı hataları oluşturan etmenler atkı patlağı ve atkı hatasıdır.

Atkı patlağı, kullanılan atkı ipliğinin mukavemetinin düşük olması sonucu kumaşın içerisinde atkı ipliğinin yer yer kopuk halde kumaşa dahil olmasından veya atkı ipliğinde gerginliğinin istenen değerden çok yüksek olması sonucu atkı atılması esnasında kopukluklar oluşmasından kaynaklanan hatadır. Kumaş eni doğrultusunda oluşur ve kumaş içinde atkı kopuk bir görüntü verir. Atkı hatası ise atkı sıklığının ayarlanması esnasında veya yanlış atkı atılması sonucu oluşan eksik veya fazla atkı ipliğinin kumaş içinde kalmasıdır. Kumaş eni doğrultusunda sürekli dolu ya da boş bir çizgi halinde bir görüntü verir.

Takılma: Takılma kaynaklı hataları oluşturan etmenler lamel takılması, yırtık ve yolunmadır.

Lamel takılması, hav çözgü ipliklerinin bir veya birden fazla kopması sonucu karışarak ve düzensiz şekilde lamellere takılarak hata oluşturmalarıdır. Kumaş boyu doğrultusunda oluşur. Bu kısımlar kumaş üzerinde hav yapmaz. Yırtık, cımbaz kenarında oluşan aşırı gerginlikten dolayı üretilen mamülün kenarlarında meydana gelir. Yırtığın oluşmadığı durumlarda yolunma durumu gerçekleşir.

Tezgah Arıza: Dokuma tezgahının temel mekanizmalarındaki problemlerden kaynaklanan hatadır. Kumaş üzerinde enine yönde oluşur ve farklı görüntülerde olabilir.

Tel Yolu: Hav veya zemin çözgü ipliklerinin kopması sonucu eksik iplikle dokunma işlemine devam edilmesidir. Çözgü ipliklerinin mukavemetinin düşük olmasından veya uygun olmayan düğümlerin atılması sonucu çözgü ipliğinin gücü

(nire) gözlerine takılması sonucu ipliğin kopmasıyla eksik iplikle dokuma işlemidir.Kumaş boyu doğrultusunda oluşur. Tel yolu kaynaklı hataları oluşturan etmenler küpe kopması, yanlış tel, bükümsüz tel, çift tel, tek tel ve serbest teldir.

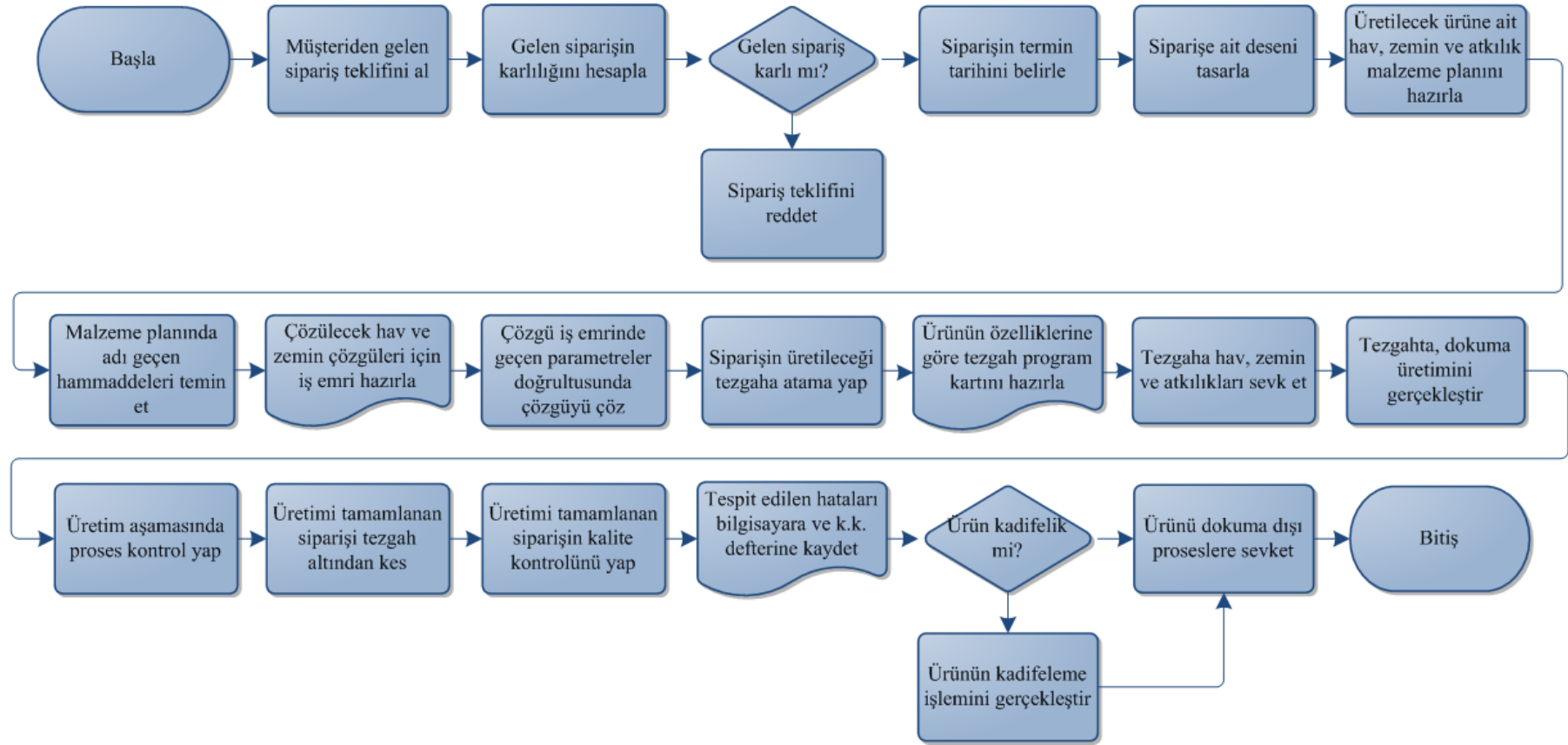
Yüzme: Yüzme kaynaklı hataları oluşturan etmenler bordürde yüzme, elektronik arıza ve bordürde atlamadır.

Bordürde yüzme, Keten ipinin kopması, çengel arızası ya da jakardaki arızadan kaynaklanabilir.Kumaş boyu doğrultusunda bordür kısmında atkının yapıya dahil olmamasından kaynaklanır. Elektronik arıza, dokuma makinesinin elektronik kaynaklı problemlerden oluşur. Kumaş boyu doğrultusunda bordür kısmında atkının yapıya dahil olmamasından kaynaklanır. Bordürde atlama, bordür atkılıklarının çok sık veya gevşek olmasından kaynaklanır.Kumaş eni doğrultusunda bordür kısmında atkının yapıya dahil olmaması şeklinde görülür.

Yapılan altı sigma projesinde, üretim süreci esnasında meydana gelen atkı hatalarının işletme tarafından hedeflenen %0,25 değerinin altına çekerek, son beş yıl verilerine dayanarak 4,23 olan sigma seviyesini daha üst seviyelere çıkarmaktır. Altı sigma proje planı neticesinde TÖAİK aşamaları için beş aylık bir süre yeterli görülmüştür.

Meydana gelen hataların kaynağının doğru şekilde tespit edilmesini kolaylaştırmak amacıyla işletmenin proses haritası oluşturulmuştur. Proses haritası Şekil 3.1'de görülmektedir.

Üretim süreci içerisinde meydana gelen üretim atkı hatalarının %0,25'in altına amacıyla Dokuma ve Planlama Müdürlüğü çalışanları arasında bir proje ekibi oluşturulmuştur. Proje beyanı Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Dokuma İşletmesi Proses Haritası

Çizelge 3.1: Proje Beyanı

TAKIM/PROJE BEYANI						
Proje Adı:		Üretim Sürecinde Meydana Gelen Atkı Hatalarının %0,25'in altına düşürülmesi.				
Tarih (Son Revizyon)		28.10.2009				
Hazırlayan:		Ümit Yılmaz				
Onaylayan:		Dokuma Müdürü				
İş Durumu:				İmkan Beyanı:		
İşletme içerisinde, üretim esnasında meydana gelen üretim hatalarının kontrol altına alınması.				İşletme içerisinde, üretim sürecinde meydana gelen atkı hatalarının milyonda 3,4 oranına düşürülememesi.		
				Kusur Tanımı: Üretim süreci esnasında makine, insan, çevre ve malzemelerin, atkı hatası oluşumuna olan etkisinin bilinemesinden dolayı üretim hatalarının kontrol altına alınamamasıdır.		
Hedef Beyanı:				Proje Kapsamı:		
Mevcut süreçte kusur oranını azaltarak iyileştirme sağlamak.				Süreç Başlangıç Noktası:		
				Süreç parametrelerinin belirlenmesi.		
				Süreç Bitiş Noktası:		
				Üretim atkı hatalarının %0,25'in altına düşürülmesi.		
Beklenen Tasarruflar/Faydalar: Hesaplanacaktır.						
Proje Planı:				Takım:		
Safha	Baş. Tarihi	Bit. Tarihi	Gerçek Bit.	İsim	Rol	Taahhüt (%)
Tanımlama	28.10.2009	28.11.2009	15.11.2009	Ümit Yılmaz	Takım Lideri	100
Ölçme	28.11.2009	28.12.2009	10.12.2009	A. K.	Takım Üyesi	100
Analiz	28.12.2009	28.01.2010	03.01.2010	A. O. A.	Takım Üyesi	100
İyileştirme	28.01.2010	28.03.2010	03.03.2010	A. Ka.	Takım Üyesi	100
Kontrol	28.03.2010	28.04.2010	28.04.2010	S. T.	Takım Üyesi	100
				A. T.	Takım Üyesi	100
				M. Y.	Takım Üyesi	100
				S. A.	Takım Üyesi	100

Yarı mamullerde görülen hataların türlerine göre kodları Çizelge 3.2'de görülmektedir.

Çizelge 3.2: Hata Kodları ve Açıklamaları

Hata Kodu	Açıklaması	Hata Kodu	Açıklaması	Hata Kodu	Açıklaması	Hata Kodu	Açıklaması
DKK001	Atkı hatası	DKK013	Atkı patlağı	DKK027	Boy dimisinde atlama	DKK301	Sarı leke
DKK002	Tel yolu hatası	DKK014	Tezgah arıza	DKK028	Gevşek kenar dimi	DKK303	Zemin gözükmemesi
DKK003	Lamel takılması	DKK015	En boyunca çektirme	DKK029	Boy dimisinde sökölme	DKK304	Yırtık
DKK004	Tel alırken çektirme	DKK016	Desen hatası	DKK031	Küpe kopması	DKK305	Takılma yolunma
DKK005	Taraz hatası	DKK017	Yanlış atkı ipliğı	DKK033	Elektronik arıza	DKK306	Kadifesizlik
DKK006	Hav düşüklüğü	DKK018	Çözgü hatası	DKK034	Açma-kapama sakatı	DKK307	Kenar örücü hatası
DKK007	Bordürde taraz	DKK019	Yabancı elyaf	DKK035	Çift tel (kalın tel)	DKK308	Orta bıçak kayması
DKK008	Yarım atkı	DKK020	Yağılı ip	DKK099	Bordürde atlama	DKK309	Kadife dökölmesi
DKK009	Cımbar kenarından çektirme	DKK021	Serbest iplik (lastik)	DKK103	İplik abrajı	DKK312	Zemin rengi farklı
DKK010	Yanlış tel (tahar hatası)	DKK022	Bordürde çektirme	DKK109	Bant halinde leke	DKK314	Tek kat iplik
DKK011	Bitleme metre	DKK025	Bordürde yüzme	DKK111	Ebat hatası	DKK315	Yanlış tel
DKK012	Bitleme nokta	DKK026	En dimisinde atlama	DKK300	Siyah leke	DOK313	Bükümsüz tel

Hata kodları, kaynaklarına göre Çizelge 3.3'teki gibi gruplandırılmıştır.

Çizelge 3.3: Kaynaklarına Göre Gruplanan Hata Kodları ve Açıklamaları

Hata Tipi	Hata Adı
1	Leke (Yağ, Sarı, Siyah)
2	Örücü (Kenar, Gevşek Kenar, Bıçak Kayması)
3	Desen (Desinatör, Hav Düşüklüğü, Taraz, Bordürde Taraz, Bitleme, Zemin Gözükmesi)
4	Çektirme (En boyunca, tel alırken, cımbaz kenarı)
5	İplik (Yanlış, abraj)
6	Atkı (Patlak, Yarım)
7	Takılma (Lamel, yırtık, yolunma)
8	Tezgah arıza
9	Tel Yolu(küpe, yanlış, bükümsüz, çift, tek, serbest)
10	Yüzme (Bordürde, elektronik, bordürde atlama)

İşletmenin kalite hedeflerinde üretimdeki sakatların atkı cinsinden onbinde 25'i geçmemesi hedeflenmiştir. İşletmenin hedefi bu durumda altı sigma seviyesini tutturmuş değildir. Son 5 yılda gerçekleşmiş olan hatalı atkı sayısı oranları ile üretim miktarları Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4: Yıllara Göre Üretim ve Hatalı Ürün Miktarı

Yıl	Üretilen Atkı Miktarı	Hatalı Atkı Miktarı	Hatalı Atkı Oranı (Onbinde)	Sigma Seviyesi
2004	8.838.609.508	22.400.757	25,34	4,30
2005	9.228.072.688	33.954.723	36,80	4,18
2006	9.566.786.355	33.140.345	34,64	4,20
2007	9.728.218.391	35.947.406	36,95	4,18
2008	10.635.828.678	25.748.201	24,21	4,32
Ortalama	9.599.503.124	30.238.286	31,50	4,23

Elde edilen bu veriler ışığında altı sigma proje ekibi, takım lideri başkanlığında konuyla ilgili bir toplantı düzenlenmiştir. Gerçekleştirilen ilk toplantıda, beyin fırtınası

teknikleriyle atkı hataları üzerine hangi konulara yoğunlaşılması gerektiğinin tespit edilmesine karar verilmiştir.

Oturum esnasında tüm katılımcılar konuyla ilgili tespit ve önerilerini bildirmiş, bu tespit ve öneriler karatahtaya yazılmıştır. Beyin fırtınası esnasında bildirilen öneriler sıralanmıştır:

- Jakara bağlı olarak hareket alan keten ipinin kopması sonrası tezgahın durmaması.
- Çözgü ipliklerinin haşılama sonrası üzerinde haşıl tabakasının oluşması.
- En kesme bıçaklarının kolayca körelmesi.
- Tezgahların yağlanması sonrası makinenin bekletilmemesi.
- Çözgü leventlerinin beklemesi esnasında ortamdaki uçuntuları toplayarak lekelenmesi.
- İşbağlama elemanlarının çözgü bağlama esnasında hav ve zemin çözgülerini gergin sarmaları.
- Çuvallarda ipliğin özelliklerini içeren kart olmasına rağmen her bobinde bu bilginin olmamasından dolayı atkılık ipliklerinin birbirine karışması.
- Boyahanedey boyanan ipliklerin abraj kontrolünden sağlıklı bir şekilde geçirilmemesi.
- Atkılık ipliklerinin mukavemetinin zayıf olması.
- İşletme binasının izolasyonu olmamasından dolayı işletme sıcaklık ve nem değerlerinin dış sıcaklığa göre sapma göstermesi.
- Tezgahların periyodik bakımlarının yapılmaması.
- Tezgah dokumacılarının hata oluşumu üzerine yeterli bilgiye sahip olmaması.
- 116 tezgahta gerçekleştirilen üretim esnasında üretilen havluların altlarının yalnızca bir kişi tarafından kontrol edilmesi.
- Cımbarların altına kumaş konması.

- Çözgü usta yardımcılarının çözgü çözüme esnasında iplikleri birbirine karıştırmaları.
- Kullanılan kesat ipliklerinin düğümlerinin lamellere takılması.
- Kenarlarda bulunan örücülerin yeterli olmaması.
- Tezgah parkurunun yenilenmemesi.

Yazma işlemi tamamlandıktan sonra en önemli görülen 10 adet tespit ve öneri benzer öneriler birleştirilmek kaydıyla karatahtaya Çizelge 3.5'te olduğu gibi yazılır ve oylama gerçekleştirilir. Her üye beşer oy vermiştir.

Çizelge 3.5: Beyin Fırtınası Birinci Tur Oylama Sonuçları

Öneri No	Öneri	Aldığı Oy
1	Jakara bağlı olarak hareket alan keten ipinin kopması sonrası tezgahın durmaması.	XXX/
2	Tezgahların yağlanması sonrası makinenin bekletilmemesi.	X
3	İşbağlama elemanlarının çözgü bağlama esnasında hav ve zemin çözgülerini gergin sarmaları.	X/
4	Çuvallarda ipliğin özelliklerini içeren kart olmasına rağmen her bobinde bu bilginin olmamasından dolayı atkılık ipliklerinin birbirine karışması.	X/
5	Boyahanede boyanan ipliklerin abraj kontrolünden sağlıklı bir şekilde geçirilmemesi.	/
6.	İpliklerin mukavemetinin zayıf olması.	XXX/
7	İşletme binasının izolasyonu olmamasından dolayı işletme sıcaklık ve nem değerlerinin dış sıcaklığa göre sapma göstermesi.	XX
8	Tezgahların periyodik bakımlarının yapılmaması.	XX/
9	116 tezgahta gerçekleştirilen üretim esnasında üretilen havluların altlarının yalnızca bir kişi tarafından kontrol edilmesi.	/
10	Kullanılan kesat ipliklerinin düğümlerinin lamellere takılması.	X

Yapılan ilk tur oylamanın sonucunda başparmak kuralına bağlı olarak üç veya daha az oy alan önerilerin elenmesine karar verilmiştir. Dolayısıyla 2,3,4,5,9,10 numaralı öneriler elenmiştir. Geriye kalan öneriler ikinci tur oylamayla elimine

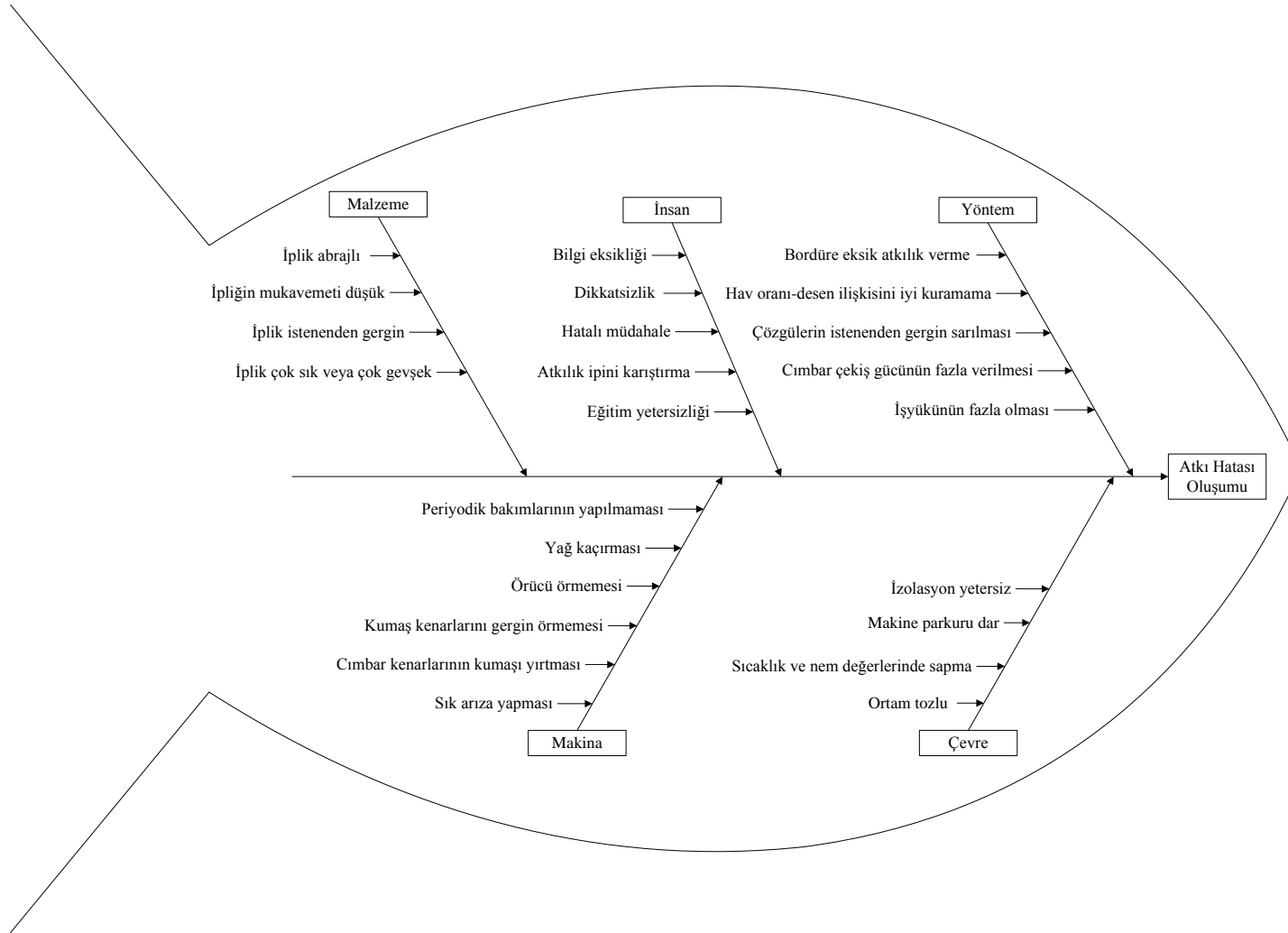
edilmiştir. Bu turda kalan öneri miktarı dördtür ve tüm üyeler ikişer adet oy vermiştir. İkinci tur oylama sonucu Çizelge 3.6'da görülmektedir.

Çizelge 3.6: Beyin Fırtınası İkinci Tur Oylama Sonuçları

Öneri No	Öneri	Aldığı Oy
1	Jakara bağlı olarak hareket alan keten ipinin kopması sonrası tezgahın durmaması.	XXX
6	İpliklerin mukavemetinin zayıf olması.	XXX
7	İşletme binasının izolasyonu olmamasından dolayı işletme sıcaklık ve nem değerlerinin dış sıcaklığa göre sapma göstermesi.	X
8	Tezgahların periyodik bakımlarının yapılmaması.	XX

Oylamalar sonucunda, atkı hatası oluşumunda sebep olan üç temel probleme ulaşılmıştır. Bunlar 1, 6 ve 8 numaralı önerilerdir. Geriye üç adet öneri kaldığından dolayı oylama sona erdirilmiştir.

Beyin fırtınası esnasında atkı hatası oluşumu üzerine etkisi olan parametreler üzerine yapılan tespitler balık kılçığı diyagramı üzerinde, makine, malzeme, yöntem, insan ve çevre ana başlıkları altında kategorilendirilmiştir. Atkı hata oluşumu üzerine yapılmış balık kılçığı diyagramı Şekil 3.2'de görülmektedir. İyileştirme aşamasında yapılacak ilk adım bu etkenlerin ortadan kaldırılması amacıyla tedarikçiler, teknik bakım elemanları ve işletme çalışanlarının içerisinde bulunan takımlar kurularaktır.



Şekil 3.2: Atkı Hatası Oluşumu Üzerine Hazırlanmış Balık Kılıcı Diyagramı

3.2.2. Ölçme

Altı sigma projesinin ölçme safhasında verilerin toplanması, toplanan verilerin hazırlanması ve bu verilerin pareto analizi yardımıyla öndeğerlendirmesi gerçekleştirilecektir.

3.2.2.1. Verilerin toplanması

Veri toplama aşaması öncesi takım üyeleri arasında yapılan beyin fırtınası çalışmasıyla yapılacak analizde kullanılacak veriler üzerine tartışılmıştır. Beyin fırtınası esnasında yapılacak analizde tezgah temizlik programı, çözgü bağlama programı, hata bildirimleri, dokuma örneklemeleri, uygunsuzluk bilgileri, kopuş dağılımı, duruş süreleri, sıcaklık ve nem değerleri, personel isimleri, personel yaşları, hatalı üretim miktarları, gün, vardiya, tezgah numarası, tezgah tipi, tezgah hızı, stok kodu, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranı verilerinden yararlanılması öngörülmüş, beyin fırtınası turları sonucunda tezgah temizlik programı, çözgü bağlama programı, hata bildirimleri, dokuma örneklemeleri, uygunsuzluk bilgileri, kopuş dağılımı, duruş sürelerinin atkı hatası oluşumu üzerine etkisi olmadığı kanısına varılarak bunların kayıtlarının tutulmaması kararına varılmıştır.

Çalışmada dokuma işletmesi için bir yıl süreyle toplanmış olan 106.304 adet yığın veriden yararlanılmıştır.

2008 yılı içerisinde gerçekleşmiş olan günlük sıcaklık ve nem değerlerine Teknik Müdürlük departmanından, personel isimleri ve doğum tarihleri Personel Müdürlüğü'nden, ürüne göre hatalı üretim miktarları Kalite Kontrol Müdürlüğü'nden, gün, vardiya, tezgah numarası, tezgah tipi, tezgah hızı, üretilen ürünün özelliklerini taşıyan stok kodu, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranı gibi bilgiler ile üretim miktarları da Dokuma Müdürlüğü'nden tedarik edilerek bilgisayar ortamına geçirilmiştir.

Toplanmış ham verilerin bir kısmı Ek-1'de verilmiştir.

3.2.2.2. Verilerin hazırlanması

Toplanan verilerden analizde kullanılması gereksiz görülenler silinmiş olup kimi veriler kategorik olarak kodlanmıştır. Analize katkısı olmayan ancak kayıta alınmış olan ürün giriş tarihi, desen kodu, üretim miktarlarından metre, adet ve kg değerleri, hata miktarlarından metre, adet ve kg değerleri, hataları iptal eden kişiler ve görevleri analiz verilerinden çıkarılmıştır.

Birbiriyle aynı değerleri içeren sütunlardan tezgah numaraları yerine makine tipi, dokumacı adları yerine dokumacı yaşları, stok kodu yerine iplik, renk ve yüzey tipi analizde bırakılmıştır. Çalışmalarda, tezgah numaraları yerine makine tipinin yer verilmesi kararının verilmesinin sebebi, işletmede 116 adet tezgah bulunması durumudur. 116 adet tezgah, analize değişken olarak sokulamadığından dolayı kullanılmamıştır. Ayrıca tezgahların tekil olarak kronik problemlere sahip olmaması da bu kararın alınmasında etkilidir. Çalışmalarda, dokumacı adları yerine dokumacı yaşlarının yer verilmesi kararının verilmesinin sebebi, yapılan analiz esnasında işletmede 66 adet dokumacı görev almakta ve bu dokumacılar her ay farklı grup tezgahlarda çalışmaktadır. Analizin ay bazında değil de yıl bazında gerçekleştirildiğinden dolayı dokumacı adları yerine dokumacı yaşlarının analizde kalması yeterli görülmüştür. Gözlemlerde eksik veriler bulunduğu takdirde ilgili satırlar analizden çıkarılmıştır.

Çalışmada vardiya, makine, renk, yüzey, ip ve ebat tipleri kategorik verilerdir. Bu veriler numaralandırılmak üzere analize sokulmuştur.

Çalışmada 16 adet girdi ile 1 adet çıktı tipi olmak üzere toplam 17 değişken bulunmaktadır. Bu girdiler; vardiya tipi, işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, dokumacı yaşı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranıdır. Çıktı ise hatalı atkı sayısıdır.

Çalışmanın girdisini oluşturan parametrelerin birimlerini eşitlemek amacıyla, bu puanların tümü doğrusal bir dönüştürme ile belli bir standart ölçeğe çevrilir. Bu amaçla, z puanı olarak bilinen standart ölçek kullanılır. Bu dönüştürme işlemi,

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (3.1)$$

şeklinde hesaplanır.

Verilerin son halinin bir kısmı Ek-2’de verilmiştir.

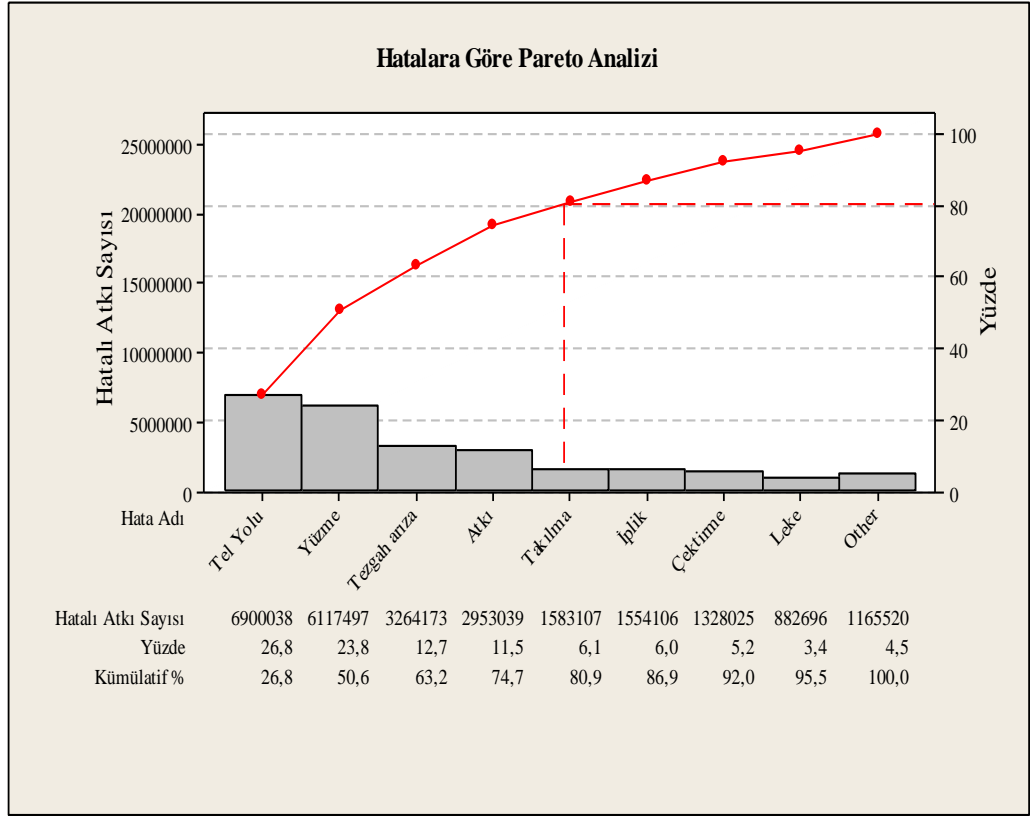
3.2.2.3. Verilerin ön değerlendirilmesi

Leke, örücü, desen, çektirme, iplik, atkı, takılma, tezgah arıza, tel yolu ve yüzme kaynaklı hataların neticesinde 2008 yılında meydana gelen ikinci kalite ürünlerin atkı cinsinden miktarı Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7: 2008 Yılında Meydana Gelen Hatalı Ürün Miktarı (Atkı Sayısı)

Hata Tipi	Hata Adı	Hatalı Atkı Sayısı
1	Leke	882.696
2	Örücü	548.223
3	Desen	617.297
4	Çektirme	1.328.025
5	İplik	1.554.106
6	Atkı	2.953.039
7	Takılma	1.583.107
8	Tezgah arıza	3.264.173
9	Tel Yolu	6.900.038
10	Yüzme	6.117.497
	Toplam	25.748.201

Çizelge 3.7’de görüldüğü üzere en fazla ikinci kalite ürün kategorisine ayrılacak hata grubunun 6.900.038 adet atkı ile tel yolu kaynaklı hatanın başrolü oynadığı görülmektedir.



Şekil 3.3: Hatalı Üretim Miktarları ile Oluşturulan Pareto Grafiği

Şekil 3.3'te verilmiş olan pareto analizi incelendiğinde hataların en büyük yüzdesinin %26,8 ile tel yolu hatasına ait olduğu görülmektedir. İkinci sırada %23,8 ile yüzme hatası gelmektedir. %12,7 ,%11,5 ve %6,1 yüzdeleriyle tezgah arıza, atkı hataları ve takılma üçüncü, dördüncü ve beşinci sıradadır. Bu tip hataların toplam hata sayısının, işletmedeki toplam hata sayısının yüzde seksenini oluşturduğu görülmektedir. Hata sayısının yüzde seksenini oluşturan bu hataların öncelikli olarak incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu hataların ortadan kaldırılması işletme kalitesinde oldukça büyük bir gelişme sağlayacaktır.

3.2.3. Analiz

Altı sigma projesinin analiz safhasında verilerin normallik testleri, hipotez testleri, regresyon analizi ve yapay sinir ağları uygulamaları gerçekleştirilecektir.

3.2.3.1. Normallik testleri

Çalışmada bir yıl süreyle toplanmış olan 106.304 adet yığın veriden, hata ile sonuçlanmış 4664 veri yardımıyla sürekli değişkenler olan işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, tezgah hızı, dokumacı yaşı, üretim miktarı, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranları Kolmogorov Smirnov testinden geçirilmiştir. Kategorik değişkenler olan vardiya tipi, makine tipi, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi ve ebat tipi sürekli olmadıklarından normal dağılım göstermeyeceklerinden analize tabi tutulmamışlardır.

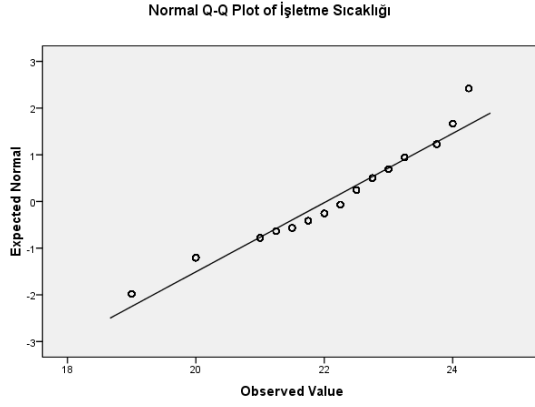
Kolmogorov Smirnov test sonuçları Çizelge 3.8'de görülmektedir.

Çizelge 3.8: Sürekli Bağımsız Değişkenlerin Normallik Testi Sonuçları

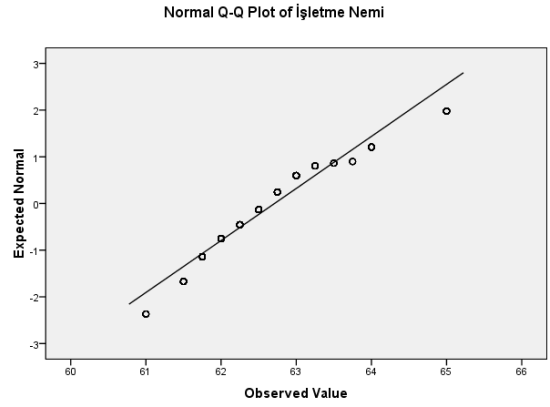
Test : Kolmogorov Smirnov			
H_0 : Verilerin dağılımı normal dağılıma uymaktadır ($p>0,05$).			
H_1 : Verilerin dağılımı normal dağılıma uymamaktadır ($p\leq 0,05$).			
Sürekli Bağımsız Değişkenler	Anlamlılık Düzeyi (p)	Hipotez	
		H_0	H_1
İşletme Nemi	0	Red	Kabul
İşletme Sıcaklığı	0	Red	Kabul
Dış Sıcaklık	0	Red	Kabul
Tezgah Hızı	0	Red	Kabul
Dokumacı Yaşı	0	Red	Kabul
Üretim Miktarı	0	Red	Kabul
En Sayısı	0	Red	Kabul
Gramaj	0	Red	Kabul
Atkı Sayısı	0	Red	Kabul
Hav Oranı	0	Red	Kabul

Normallik testi sonuçlarına göre tüm sürekli bağımsız değişkenler, kesikli bağımsız değişkenlerin de olduğu gibi normal dağılıma uymamaktadır.

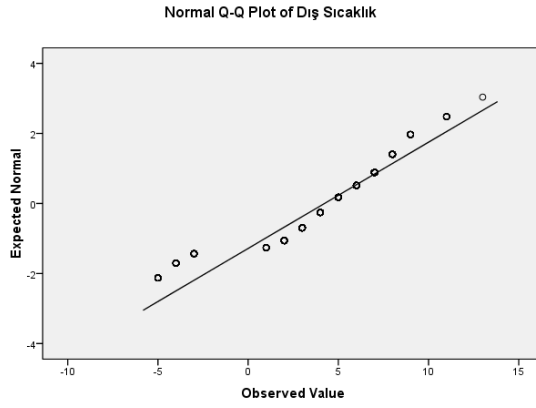
Sürekli bağımsız değişkenlerin normal dağılım göstermediği Şekil 3.4- Şekil 3.13'te görülmektedir.



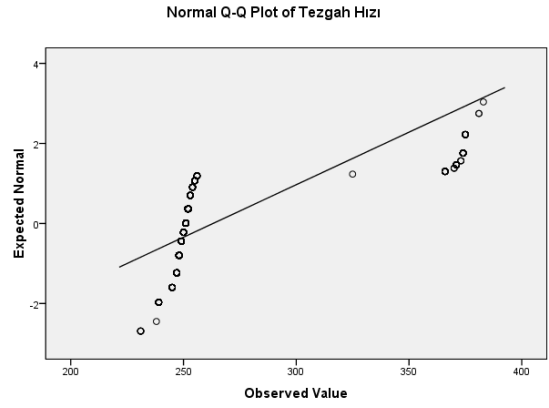
Şekil 3.4: İşletme Sıcaklığı Normal Dağılım Grafiği



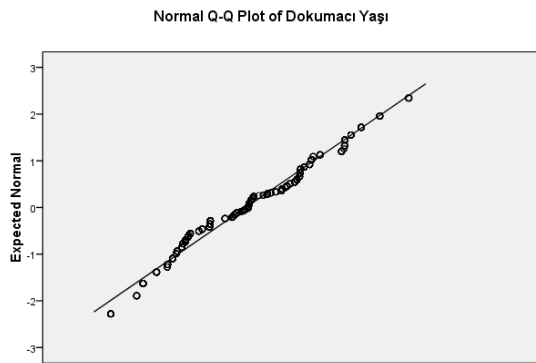
Şekil 3.5: İşletme Nemi Normal Dağılım Grafiği



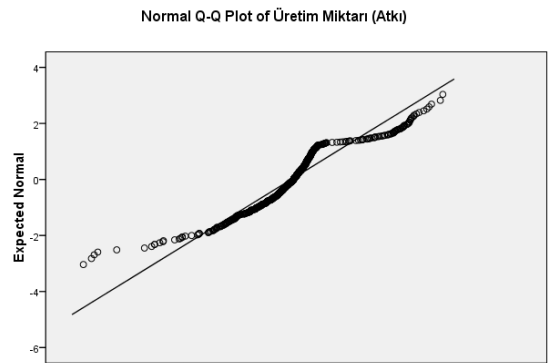
Şekil 3.6: Dış Sıcaklık Normal Dağılım Grafiği



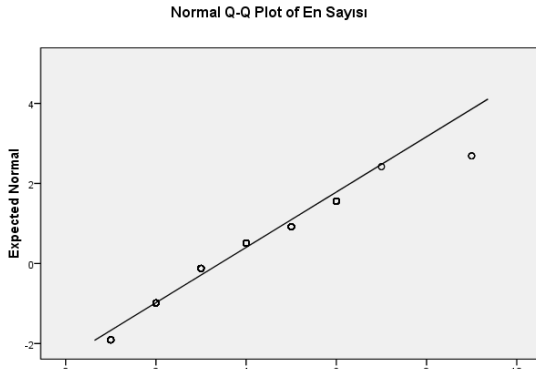
Şekil 3.7: Tezgah Hızı Normal Dağılım Grafiği



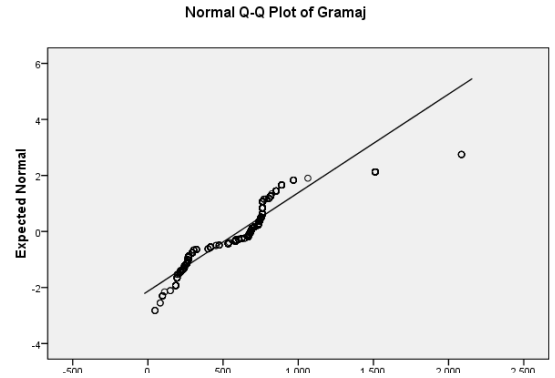
Şekil 3.8: Dokumacı Yaşı Normal Dağılım Grafiği



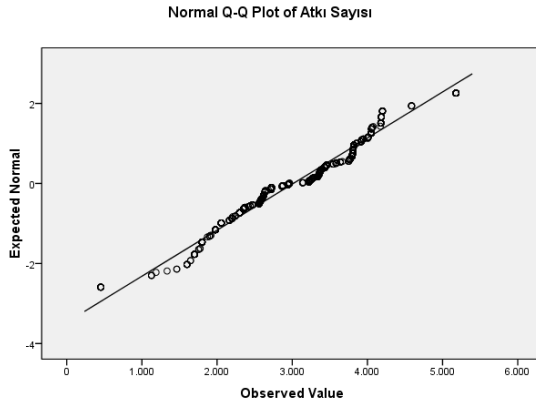
Şekil 3.9: Üretim Miktarı Normal Dağılım Grafiği



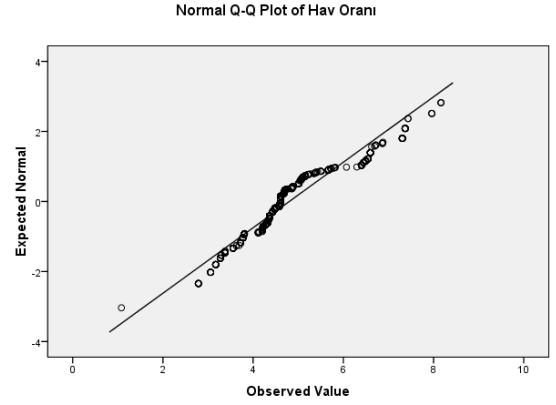
Şekil 3.10: En Sayısı Normal Dağılım Grafiği



Şekil 3.11: Gramaj Normal Dağılım Grafiği



Şekil 3.12: Atkı Sayısı Normal Dağılım Grafiği



Şekil 3.13: Hav Oranı Normal Dağılım Grafiği

3.2.3.2.Hipotez testleri

t testi, hipotez testlerinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. İki farklı örneklem grubunun ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını araştırmak için kullanılır. Yapılan normallik testi neticesinde tüm bağımsız değişkenler normal dağılım göstermediğinden dolayı sürekli bağımsız değişkenler Mann-Whitney testine, kesikli bağımsız değişkenler ise Ki-kare bağımsızlık testine tabi tutulmuştur. Sürekli değişkenlerin Mann-Whitney testine tabi tutulmasının sebebi, bu testin t testinin parametrik olmayan alternatifi olmasıdır. Bu testin verinin dağılımı konusunda bir koşul olmadığından dolayı test daha cazip bir hal almıştır. Bu testler işletmede bir yıl boyunca toplanmış 106.304 veri ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan hipotez testleri ile vardiya tipi,

işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, dokumacı yaşı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranlarının hata oluşumu ile olan ilişkiler incelenmiştir. Hata oluşumu yapılan üretim sonrasında hata olup olmamasına göre (hata var/hata yok) kategorize edilmiştir. Hipotez testlerinin ardından elde edilen yorumlar Çizelge 3.9'da özetlenmiştir.

Çizelge 3.9: Veriler için Hipotez Testleri

Non-Parametrik Testler	Mann-Whitney Testi / * Ki-kare Bağımsızlık Testi		
H_0	Hata oluşumu ile Q arasında anlamlı bir ilişki yoktur ($p>0,05$).		
H_1	Hata oluşumu ile Q arasında anlamlı bir ilişki vardır ($p\leq 0,05$).		
Q	p	H_0	H_1
Vardiya Tipi*	0,362	Kabul	Red
İşletme Nemi	0	Red	Kabul
İşletme Sıcaklığı	0	Red	Kabul
Dış Sıcaklık	0	Red	Kabul
Makine Tipi*	0	Red	Kabul
Tezgah Hızı	0	Red	Kabul
Dokumacı Yaşı	0,392	Kabul	Red
Renk Tipi*	0	Red	Kabul
Yüzey Tipi*	0	Red	Kabul
İp Tipi*	0	Red	Kabul
Üretim Miktarı	0	Red	Kabul
Ebat Tipi*	0	Red	Kabul
En Sayısı	0	Red	Kabul
Gramaj	0	Red	Kabul
Atkı Sayısı	0	Red	Kabul
Hav Oranı	0	Red	Kabul

Yapılan Mann-Whitney testinin sonucunda, vardiya tipi ve dokumacı yaşı dışındaki bağımsız değişkenlerin hatalar üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Non-parametrik hipotez testleri sonucunda, işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranının hata oluşumu üzerine etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Hata oluşumu üzerine etkili olan bağımsız değişkenler, altı sigmanın analiz safhasında regresyon analizi sonrası denkleme giren bağımsız

değişkenlerin doğrulanması, analiz aşamasında ise hata oluşumu üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler üzerinde sapmalara neden olacak parametrelerin kontrol altına alınması üzerine önbilgi verecektir.

3.2.3.3. Regresyon analizi

Çalışmada bir yıl süreyle toplanmış olan 106.304 adet yığın veriden, hata ile sonuçlanmış 4664 veri yardımıyla regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Tüm bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenin beraber ele alınacağı regresyon analizi yapılmadan önce; tüm bağımsız değişkenler tek tek bağımlı değişken ile regresyon analizi yapılmıştır. Bu sayede her bir bağımsız değişkenin, hata oluşum miktarı üzerindeki ağırlığına ulaşılmaya çalışılmıştır. β , regresyon denklemi katsayılarını ve q bağımsız değişken sayısını göstermek üzere,

$$\begin{aligned} H_0 : \beta_i &= 0 & i = 1, \dots, q \\ H_1 : \beta_i &\neq 0 & \text{en az bir } i \text{ için,} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Her bir bağımsız değişkenin tek tek bağımlı değişken ile yapıldığı regresyon analizlerinin test sonuçları Çizelge 3.10'da görülmektedir.

Çizelge 3.10'da bağımsız değişkenlere ait veriler incelendiğinde, $F_{hesap} > F_{tablo(1,4662,0.05)} = 3.84$ bulunmuştur ve regresyon doğrusuna uyumun anlamlı olduğu söylenir. Ayrıca p değeri de 0.05'ten küçük olduğu için bu tüm hipotezimizi destekler ve bağımsız değişkenlerle hata oluşumu arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlıdır.

Çizelge 3.10'da görüldüğü üzere tüm bağımsız değişkenler için ayrı ayrı çoklu regresyon yapıldığında bulunan belirlilik katsayıları oldukça yüksek çıkmıştır. Tüm bağımsız değişkenler hipotez testinden geçmiş ve H_0 reddedilmiştir.

Bu çalışmalardan sonra tüm bağımsız değişkenlerin denkleme gireceği genel bir regresyon analizi çalışması gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür.

Yapılan regresyon analizi sonrasında ulaşılan tablolar Çizelge 3.11, Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.13'te görülmektedir.

Çizelge 3.10: Regresyon Test Sonuçları

	Vardiya Tipi	İşletme Nemi	İşletme Sıcaklığı	Dış Sıcaklık	Makine Tipi	Tezgah Hızı	Dokumacı Yaşı	Renk Tipi	Yüzey Tipi	İp Tipi	Üretim Miktarı	Ebat Tipi	En Sayısı	Gramaj	Atkı Sayısı	Hav Oranı
Çoklu R	0,908	0,908	0,904	0,902	0,912	0,918	0,903	0,893	0,913	0,913	0,918	0,915	0,890	0,920	0,911	0,896
Çoklu R²	0,824	0,824	0,818	0,814	0,831	0,843	0,816	0,798	0,834	0,834	0,842	0,837	0,793	0,846	0,830	0,803
Düz. R²	0,824	0,824	0,818	0,814	0,831	0,843	0,816	0,798	0,834	0,834	0,842	0,837	0,793	0,846	0,830	0,803
F	21794,2	21870,6	20969,4	20411,5	22925,8	24982,4	20683,1	18399,8	23437,7	23488,7	24835,1	23979,5	17842,0	25545,4	22717,6	19034,6
p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tahminin Std. Hatası	1,3632	1,3611	1,3849	1,4003	1,3349	1,2878	1,3927	1,4601	1,3227	1,3215	1,2910	1,3101	1,4780	1,2757	1,3400	1,4404

Çizelge 3.11: Genel Regresyon için Test Sonuçları

Model	R	R ²	Düzenlenmiş R ²	Tahminin Std. Hatası
1	0,953	0,908	0,908	0,98650

Çizelge 3.12: Veri Seti için ANOVA Tablosu

Değişkenlik Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Regresyon	44640,067	16	2790,004	2866,881	0,00
Hata	4522,388	4647	0,973		
Toplam	49162,454	4663			

Çizelge 3.13: Veri Seti için Katsayılar Tablosu

Model		Std.laştırılmamış Katsayılar		Std.laştırılmış Katsayılar	t	Sig.	Korelasyon İstatistikleri	
		B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
(sabit)		0	0,014		0,009	0,993		
vardiyetipi	x1	0,053	0,014	0,053	3,681	0,000	0,095	10,474
isletmenemi	x2	0,068	0,015	0,068	4,420	0,000	0,084	11,903
isletmesic	x3	0,035	0,015	0,035	2,246	0,025	0,083	12,108
dissic	x4	0,012	0,016	0,012	0,756	0,450	0,081	12,279
maktipi	x5	-0,000097	0,029	0,000	-0,003	0,997	0,023	42,975
tezgahhizi	x6	0,128	0,030	0,128	4,256	0,000	0,022	45,987
dokyasi	x7	0,022	0,014	0,022	1,527	0,127	0,095	10,544
renktipi	x8	-0,860	0,018	-0,086	-4,695	0,000	0,059	16,941
yuzeytipi	x9	-0,480	0,019	-0,048	-2,547	0,011	0,055	18,230
iptipi	x10	0,111	0,021	0,111	5,351	0,000	0,046	21,747
ure.mik	x11	0,083	0,018	0,083	4,689	0,000	0,062	16,019
ebattipi	x12	0,256	0,025	0,256	10,107	0,000	0,031	32,375
ensayisi	x13	0,197	0,021	0,197	9,423	0,000	0,045	22,017
gramaj	x14	0,054	0,031	0,054	1,778	0,076	0,021	47,267
atkisay	x15	0,091	0,022	0,091	4,125	0,000	0,041	24,598
hav.oran	x16	0,021	0,019	0,021	1,125	0,260	0,054	18,420

Yapılan analiz sonrasında elde edilen regresyon denklemi aşağıdaki gibidir.

$$Y = 0.053 X_1 + 0.068 X_2 + 0.035 X_3 + 0.012 X_4 + (-9,7E-005) X_5 + 0.128 X_6 + 0.022 X_7 - 0.086 X_8 - 0.048 X_9 + 0.111 X_{10} + 0.083 X_{11} + 0.256 X_{12} + 0.197 X_{13} + 0.054 X_{14} + 0.091 X_{15} + 0.021 X_{16} \quad (3.3)$$

Yapılan analiz sonrasında elde edilen sonuçlara bakıldığında, birçok değişkene ilişkin hesaplanan sigma değeri 0.05 anlam seviyesi değerinden daha büyük olduğu için bu değişkenlerin katsayıları istatistiksel olarak anlamsız olduğu, yani modele katkısının olmadığı sonucuna ulaşılır. VIF değerleri çok yüksek olduğundan modelde güçlü çoklu doğrusal bağlantı olduğu söylenebilir.

Çoklu doğrusal bağlantı problemi çıktığından dolayı, çalışma, adımsal regresyon analizi ile tekrardan analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.14, Çizelge 3.15 ve Çizelge 3.16'da görülmektedir.

Çizelge 3.14: Adımsal Regresyon Analizi için Test Sonuçları

Model	R	R ²	Düzenlenmiş R ²	Tahminin Std. Hatası
1	0,92	0,846	0,846	1,27573
2	0,946	0,895	0,895	1,05462
3	0,949	0,901	0,9	1,02452
7	0,952	0,906	0,906	0,9951

Çizelge 3.15: Adımsal Regresyon Analizi Sonrası Veri Seti için ANOVA Tablosu

Değişkenlik Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
1	Regresyon	41575,067	1	41575,067	25545,414	0,000
	Hata	7587,388	4662	1,627		
	Toplam	49162,454	4663			
2	Regresyon	43978,417	2	21989,209	19770,635	0,000
	Hata	5184,037	4661	1,112		
	Toplam	49162,454	4663			
3	Regresyon	44271,165	3	14757,055	14059,254	0,000
	Hata	4891,289	4660	1,050		
	Toplam	49162,454	4663			
7	Regresyon	44550,034	5	8910,007	8998,056	0,000
	Hata	4612,420	4658	0,99		
	Toplam	49162,454	4663			

Çizelge 3.16: Adımsal Regresyon Analizi Sonrası Veri Seti için Katsayılar Tablosu

Model	Std.laştırılmamış Katsayılar		Std.laştırılmış Katsayılar		t	Sig.	Korelasyon İstatistikleri		
	B	Std. Hata	Beta	Tolerans			VIF		
1	(sabit)		0,004	0,019		0,199	0,840		
	gramaj	x14	0,920	0,006	0,920	159,830	0,000	1,000	1,000
2	(sabit)		0,001	0,015		0,043	0,970		
	gramaj	x14	0,582	0,009	0,582	67,053	0,000	0,300	3,331
	ensayisi	x13	0,404	0,009	0,404	46,485	0,000	0,300	3,331
3	(sabit)		0,000	0,015		0,029	0,980		
	gramaj	x14	0,419	0,013	0,419	32,484	0,000	0,128	7,794
	ensayisi	x13	0,333	0,009	0,333	35,300	0,000	0,240	4,167
	tezgahhizi	x6	0,238	0,014	0,238	16,700	0,000	0,105	9,531
7	(sabit)		0,000	0,015		0,011	0,990		
	ensayisi	x13	0,231	0,011	0,231	20,758	0,000	0,163	6,122
	tezgahhizi	x6	0,200	0,014	0,200	14,491	0,000	0,105	9,493
	ebattipi	x12	0,300	0,013	0,300	23,119	0,000	0,120	8,367
	iptipi	x10	0,118	0,014	0,118	8,311	0,000	0,100	10,040
	atkisay	x15	0,148	0,013	0,148	11,030	0,000	0,113	8,889

Lineer regresyon analizini adımsal regresyon analizi ile çözümlenmemizin ardından elde ettiğimiz tablo Çizelge 3.16'da görülmektedir.

Aynı zamanda analiz sonrasında program tarafından önerilen analiz sonrası elde edilen R^2 değeri 0,906 çıktığından dolayı denklemin başarılı olduğu görülmektedir.

$F_{hesap}=8998,056 > F_{tablo}(5,4658,0.05)= 2.216016$ bulunmuştur ve regresyon doğrusuna uyumun anlamlı olduğu söylenir. Ayrıca p değeri de 0.05'ten küçük olduğu için regresyon doğrusuna olan uyumun anlamlı olduğunu desteklemektedir.

Çizelge 3.16'da verilen değişkenler için VIF değerlerinin 1 ile 10 arasında olması durumunda çoklu bağlantının olmadığı belirtildiğinden dolayı, test sonuçlarına göre, 1., 2., 3. ve 7. modellerde incelenen özellikler arasında çoklu bağlantı bulunmamaktadır.

Katsayılar kısmında VIF değerinin bulunduğu kısımda 10 ve 10'dan daha küçük değeri olma koşulunu sağlayan ve bu koşul neticesinde en büyük R^2 değerine sahip olan

modelin 7. model olduğu tespit edilmiştir. Bu modele ait regresyon denklemi aşağıda görülmektedir.

$$Y = 0.200 X_6 + 0.118 X_{10} + 0.300 X_{12} + 0.231 X_{13} + 0.148 X_{15} \quad (3.4)$$

Bu aşamada adımsal regresyon yöntemi kullanılarak ele alınan 16 bağımsız değişkenden hangilerinin hatalı atkı sayısı oluşumu üzerinde anlamlı oldukları tespit edilmeye çalışılmıştır. Adımsal regresyon analizi sonucunda, beş değişken modele girmiştir. Söz konusu değişkenler tezgah hızı (X_6), ip tipi (X_{10}), ebat tipi (X_{12}), en sayısı (X_{13}) ve atkı sayısı (X_{15}) değişkenleridir. Diğer 11 değişken ise, bu teknikle model dışına atılmıştır.

Regresyon denklemine bağlı olarak bağımlı değişkeni en azlayacak bağımsız değişken değerlerinin bulunabilmesi için GAMS programı kullanılmıştır. Oluşturulan modelde MIP (Karmaşık Tamsayı Programlama) algoritması kullanılmış, tezgah hızı, ip tipi, ebat tipi, en sayısı ve atkı sayısı girdileri farklı kombinasyonlarda kullanılmış ve regresyon denkleminin değişimine neden olmuştur. GAMS programında yazılmış kod Ek-3'te gösterilmiştir. Elde edilen sonuç ise Çizelge 3.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17: GAMS Çözümlemesi ile Ulaşılan Optimal Sonuçlar

Değişkenler	Optimal Sonuç (Normalleştirilmiş)	Optimal Sonuç
Tezgah Hızı (devir/dk)	2,958	376,000
Atkı Sayısı (adet)	-2,950	453,000
v1	0	0
v2	0	0
Parametreler	Optimal Sonuç (Normalleştirilmiş)	Optimal Sonuç
En Sayısı	-0,29	3
Ebat Tipi	0,1	5
İp Tipi	0,5	2

Çizelge 3.17'de görüldüğü üzere optimal sonuç (normalleştirilmiş) sütunundaki veriler normal dağılım grafiği altında aldığı z değerini göstermektedir. Bu veriler normalleştirilmemiş haline getirilirse, tezgah hızının 376 devir/dk, atkı sayısının 453, en

sayısının üç, ebat tipinin silgi (beş) ve ip tipinin çift kat (iki) olduğu durumda çıktı değerinin sıfır olduğu duruma ulaşılır.

Normalize edilmiş en sayısı, ip tipi ve ebat tipi verileri kategorik olarak; tezgah hızı ve atkı sayısı ise belirli limitler içerisinde analize sokulmuştur. Amaç fonksiyonu, hatalı atkı sayısını minimize etmek olduğundan, hedeflenen amaç değeri sıfırdır. Yapılan analizde istenen sıfır optimal değerine ulaşılmış, yani hedeflenen değere mevcut girdilerin (tezgah hızı, ip tipi, ebat tipi, en sayısı ve atkı sayısı) ayarlanması ile ulaşılmıştır.

3.2.3.4. Yapay sinir ağı uygulaması

Bu çalışmada girdiler olan; vardiya tipi, işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, dokumacı yaşı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranı ile çıktı olan hatalı atkı sayısı arasındaki ilişkiyi modellemek üzere bir yapay sinir ağı uygulaması tasarlanmıştır. Yapay sinir ağı, MATLAB'ın yapay sinir ağları ile ilgili araç setinden faydalanılarak kurulmuştur.

Veriler, eğitim ve test veri seti olarak ikiye bölünmüştür. Petrovsky ve ark. (2002), Machi ve ark. (2004), Kalra ve ark. (2005), Emamgholizahed (2008) ve Najah ve ark. (2009) yaptıkları çalışmalarda veri setinin %70'ini yapay sinir ağlarının eğitimi, %30'unu ise yapay sinir ağlarının testi için kullanmışlardır. Bu çalışmalar ışığında çalışmada bu oranlara göre veri seti bölünmüştür. Çalışmada bir yıl süreyle toplanmış olan 106.304 adet yığın veriden, hata ile sonuçlanmış 4664 adet veriden rasgele seçilmiş 3265 adedi yapay sinir ağlarının eğitimi için ve geriye kalan 1399 veri de eğitilmiş yapay sinir ağlarının testi için kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarına girdi ve çıktı olarak verilen değerler, farklı tiplerde ve çok değişik ölçeklerde olduğundan verilerin tamamı -1 ile +1 aralığına normalize edilmiştir. Bahsi geçen girdiler; vardiya tipi, işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, dokumacı yaşı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı ve hav oranıdır. Çıktı ise hatalı atkı sayısıdır.

Çalışmada geriye yayımlı çok katmanlı yapay sinir ağı oluşturulmaktadır. Arakatmanda bulunan nöron sayısı 1 ile 15 arasında değişmektedir. Çıktı katmanındaki nöron sayısı da, tek sonuç tahminlendiğinden, 1 olarak verilmiştir. Arakatman aktarım fonksiyonu, logsig; çıktı katmanının aktarım fonksiyonu ise lineerdir.

Çalışmanın hata hedefi, 0 olarak belirlenmiştir. Bu hata değerine ulaşıncaya kadar, tüm eğitim verileri yapay sinir ağına tekrar tekrar verilmektedir. Bu değere ulaşıldığında, eğitim tamamlanır ve sonlandırılır. Hata hedefine daha önce ulaşılamazsa, eğitim verisi ağı 10000 kere verilecektir. Diğer tüm parametreler MATLAB'da standart tanımlandığı haliyle bırakılmıştır.

Çalışmada beş ayrı öğrenme algoritması kullanılmıştır.

Eğim düşme geri yayılım öğrenme algoritması

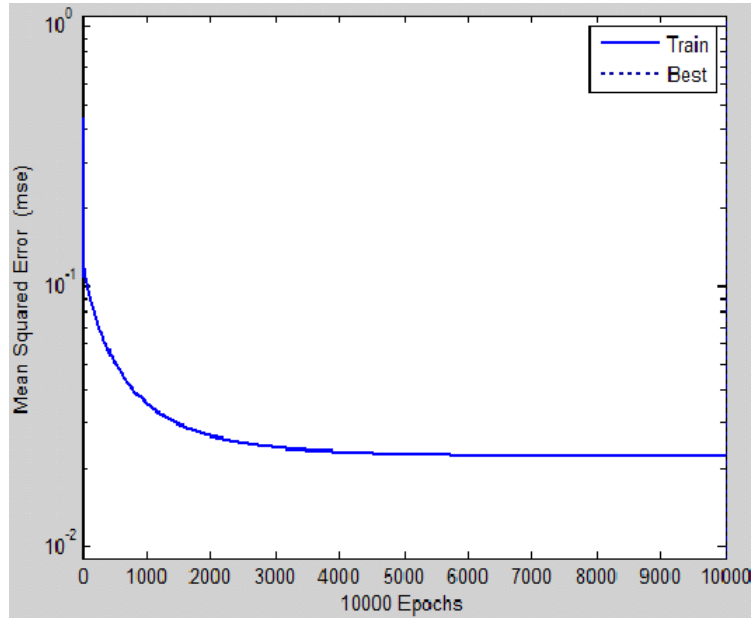
Eğim düşme geri yayılım öğrenme ağının öğrenim sonuçları Çizelge 3.18'de görülmektedir. MATLAB programında yazılmış kod Ek-4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.18: Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları

Ara Katman Nöron Sayısı	Performans (MSE)	Devir	Eğim	R	R ²
1	0,02310	10000	0,00035361	0,11067	0,01225
2	0,02310	10000	0,00105780	0,11462	0,01314
3	0,02370	10000	0,00252470	0,03619	0,00131
4	0,02280	10000	0,00141080	0,16839	0,02836
5	0,02350	10000	0,00313590	0,07531	0,00567
6	0,02270	10000	0,00243750	0,17443	0,03043
7	0,02330	10000	0,02817700	0,14384	0,02069
8	0,02250	10000	0,00140060	0,20058	0,04023
9	0,02300	10000	0,00287090	0,17161	0,02945
10	0,02390	10000	0,00456320	0,11407	0,01301
11	0,02210	10000	0,00161290	0,2333	0,05443
12	0,02250	10000	0,00386790	0,23111	0,05341
13	0,02410	10000	0,00452770	0,12301	0,01513
14	0,02320	10000	0,00509610	0,17806	0,03171
15	0,02290	10000	0,00445830	0,20686	0,04279

Yapılan analizler neticesinde eğitim düşme geri-yayılım öğrenme ağı öğrenim sonucunda istenilen performans hedefine ulaşamamıştır. İstenilen ve ulaşılan performans değeri Şekil 3.14'te görülmektedir. Hedefe en yakın durumun gerçekleştiği ara katmanda bulunan nöron sayısının 11 olduğu analizdir. Ara katman nöron sayısının 11 olduğu durumda hata kareler ortalaması 0,02210, R^2 değeri ise 0,05443 olarak bulunmuştur.

Eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağı, veri seti ile çalışmada hata oluşumu kestiriminde kullanılamaz durumdadır.



Şekil 3.14: Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu

Momentumlu Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

Momentumlu eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağının öğrenim sonuçları Çizelge 3.19'da görülmektedir. MATLAB programında yazılmış kod Ek-5'te gösterilmiştir.

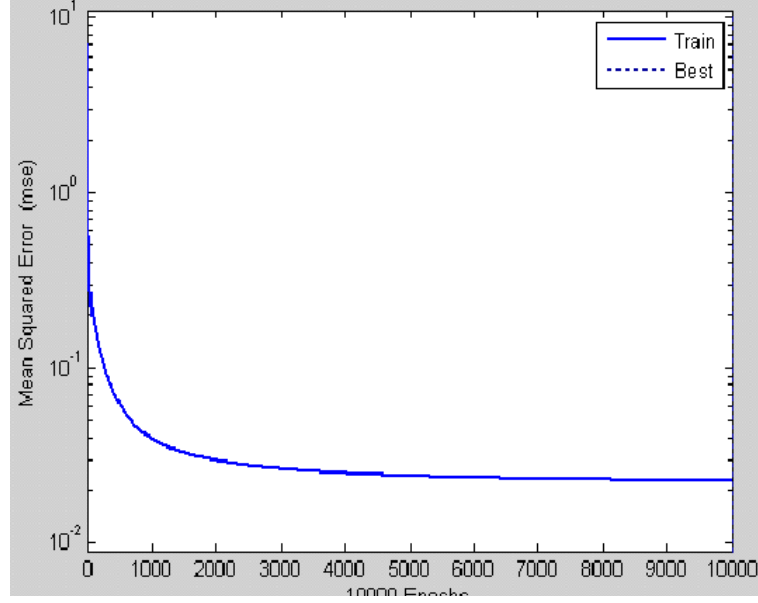
Yapılan analizler neticesinde momentumlu eğitim düşme geri-yayılım öğrenme ağı öğrenim sonucunda istenilen performans hedefine ulaşamamıştır. İstenilen ve ulaşılan performans değeri Şekil 3.15'te görülmektedir. Hedefe en yakın durumun gerçekleştiği

ara katmanda bulunan nöron sayısının 11 olduğu analizdir. Ara katman nöron sayısının 11 olduğu durumda hata kareler ortalaması 0,02260, R^2 değeri ise 0,04535 olarak bulunmuştur.

Momentumlu eğim düşme geri yayılım öğrenme ağı, veri seti ile çalışmada hata oluşumu kestiriminde kullanılamaz durumdadır.

Çizelge 3.19: Momentumlu Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları

Ara Katman Nöron Sayısı	Performans (MSE)	Devir	Eğim	R	R^2
1	0,02310	10000	0,00052358	0,11936	0,01425
2	0,02340	10000	0,00219450	0,01897	0,00036
3	0,02340	10000	0,00284650	0,04922	0,00242
4	0,02310	10000	0,00039899	0,12116	0,01468
5	0,02340	10000	0,00301980	0,08145	0,00663
6	0,02330	10000	0,00252380	0,11762	0,01383
7	0,02370	10000	0,00385010	0,12892	0,01662
8	0,02290	10000	0,00200540	0,145	0,02103
9	0,02300	10000	0,00342280	0,15687	0,02461
10	0,02340	10000	0,00456700	0,16901	0,02856
11	0,02260	10000	0,00352760	0,21295	0,04535
12	0,02310	10000	0,00367350	0,1805	0,03258
13	0,02380	10000	0,00513860	0,1405	0,01974
14	0,02280	10000	0,00358020	0,208	0,04326
15	0,02370	10000	0,00509900	0,13596	0,01849



Şekil 3.15: Momentumlu Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu

Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

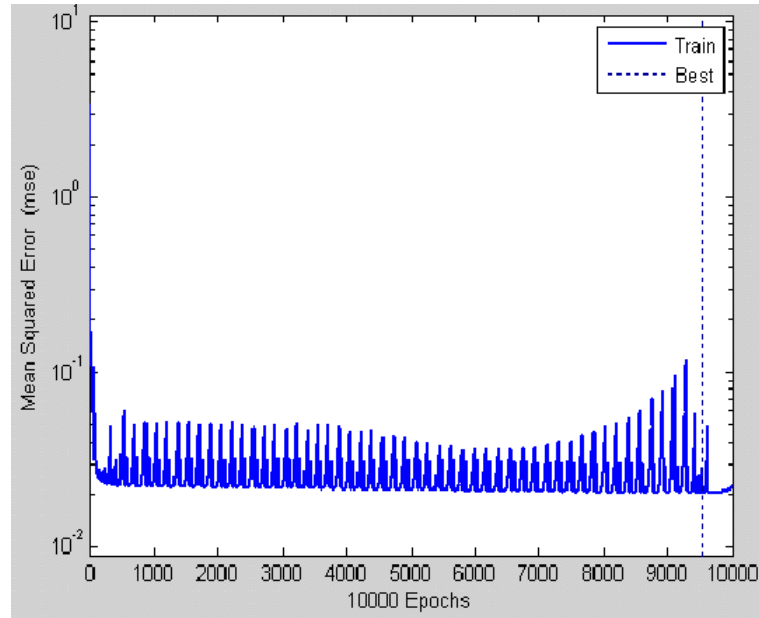
Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğim düşme geri yayılım öğrenme ağının öğrenim sonuçları Çizelge 3.20'de görülmektedir. MATLAB programında yazılmış kod Ek-6'da gösterilmiştir.

Yapılan analizler neticesinde uyarlanabilir öğrenme oranlı eğim düşme geri-yayılım öğrenme ağı öğrenim sonucunda istenilen performans hedefine ulaşamamıştır. İstenilen ve ulaşılan performans değeri Şekil 3.16'de görülmektedir. Hedefe en yakın durumun gerçekleştiği ara katmanda bulunan nöron sayısının 10 olduğu analizdir. Ara katman nöron sayısının 10 olduğu durumda hata kareler ortalaması 0,02030, R^2 değeri ise 0,13592 olarak bulunmuştur.

Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğim düşme geri yayılım öğrenme ağı, veri seti ile çalışmada hata oluşumu kestiriminde kullanılamaz durumdadır.

Çizelge 3.20: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları

Ara Katman Nöron Sayısı	Performans (MSE)	Devir	Eğim	R	R ²
1	0,02190	10000	15863867,2	0,00907	0,00008
2	0,02110	10000	0,12717000	0,32155	0,10339
3	0,02180	10000	0,03749200	0,26837	0,07202
4	0,02200	10000	0,12470000	0,23732	0,05632
5	0,02140	10000	0,25880000	0,28175	0,07938
6	0,02060	10000	0,05568600	0,35276	0,12444
7	0,02160	10000	0,26350000	0,27061	0,07323
8	0,02190	10000	0,06589700	0,25554	0,06530
9	0,02110	10000	0,04294400	0,32356	0,10469
10	0,02030	10000	0,09656400	0,36867	0,13592
11	0,02070	10000	0,06153800	0,3465	0,12006
12	0,02190	10000	0,09869900	0,25589	0,06548
13	0,02170	10000	0,05644000	0,27012	0,07296
14	0,02140	10000	0,05064800	0,29673	0,08805
15	0,02120	10000	0,03912100	0,3108	0,09660



Şekil 3.16: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu

Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

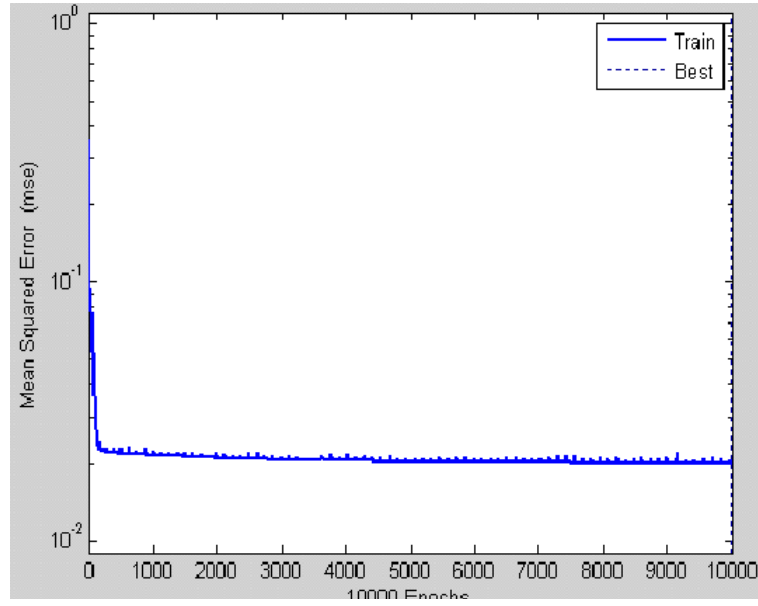
Momentumlu ve uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağının öğrenim sonuçları Çizelge 3.21'de görülmektedir. MATLAB programında yazılmış kod Ek-7'de gösterilmiştir.

Yapılan analizler neticesinde momentumlu ve uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağı öğrenim sonucunda istenilen performans hedefine ulaşamamıştır. İstenilen ve ulaşılan performans değeri Şekil 3.17'de görülmektedir. Hedefe en yakın durumun gerçekleştiği ara katmanda bulunan nöron sayısının 5 olduğu analizdir. Ara katman nöron sayısının 5 olduğu durumda hata kareler ortalaması 0,01990, R² değeri ise 0,15058 olarak bulunmuştur.

Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğitim düşme geri yayılım öğrenme ağı, veri seti ile çalışmada hata oluşumu kestiriminde kullanılamaz durumdadır.

Çizelge 3.21: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları

Ara Katman Nöron Sayısı	Performans (MSE)	Devir	Eğitim	R	R ²
1	0,02050	10000	0,01247000	0,3507	0,12299
2	0,02040	10000	0,00016008	0,36093	0,13027
3	0,02150	10000	0,00409120	0,2888	0,08341
4	0,01999	10000	0,02327600	0,3875	0,15016
5	0,01990	10000	0,01554600	0,38804	0,15058
6	0,02060	10000	0,05975800	0,34834	0,12134
7	0,02090	10000	0,00358660	0,32863	0,108
8	0,02000	10000	0,00648540	0,38482	0,14809
9	0,02040	10000	0,01214400	0,3579	0,12809
10	0,02100	10000	0,00031866	0,32409	0,10503
11	0,02080	10000	0,08413500	0,33625	0,11306
12	0,02070	10000	0,00320990	0,34268	0,11743
13	0,02030	10000	0,00051154	0,36708	0,13475
14	0,02040	10000	0,00277460	0,35851	0,12853
15	0,02090	10000	0,00175130	0,32981	0,10877



Şekil 3.17: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu

Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağları

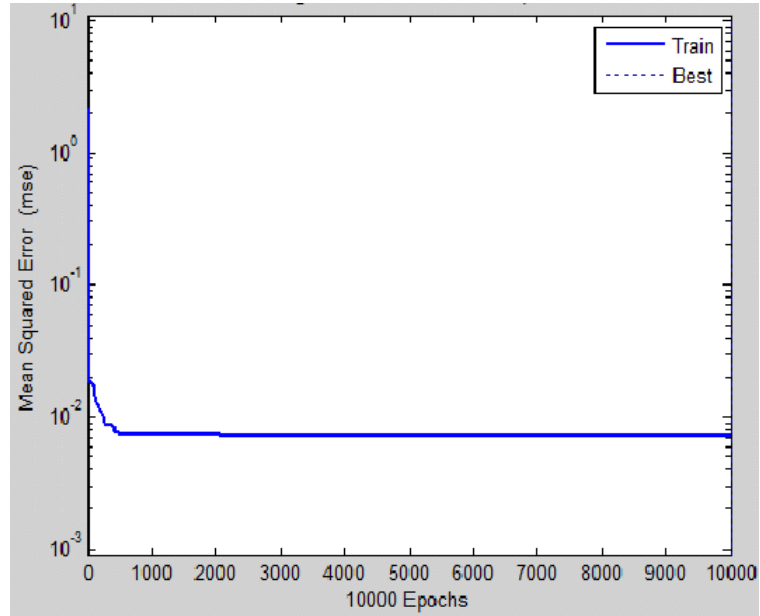
Levenberg-Marquardt öğrenme ağının öğrenim sonuçları Çizelge 3.22'de görülmektedir MATLAB programında yazılmış kod Ek-8'de gösterilmiştir..

Yapılan analizler neticesinde Levenberg-Marquardt öğrenme ağı öğrenim sonucunda istenilen performans hedefine ulaşamamıştır. İstenilen ve ulaşılan performans değeri Şekil 3.18'de görülmektedir. Hedefe en yakın durumun gerçekleştiği ara katmanda bulunan nöron sayısının 14 olduğu analizdir. Ara katman nöron sayısının 14 olduğu durumda hata kareler ortalaması 0,00720, R^2 değeri ise 0,69279 olarak bulunmuştur.

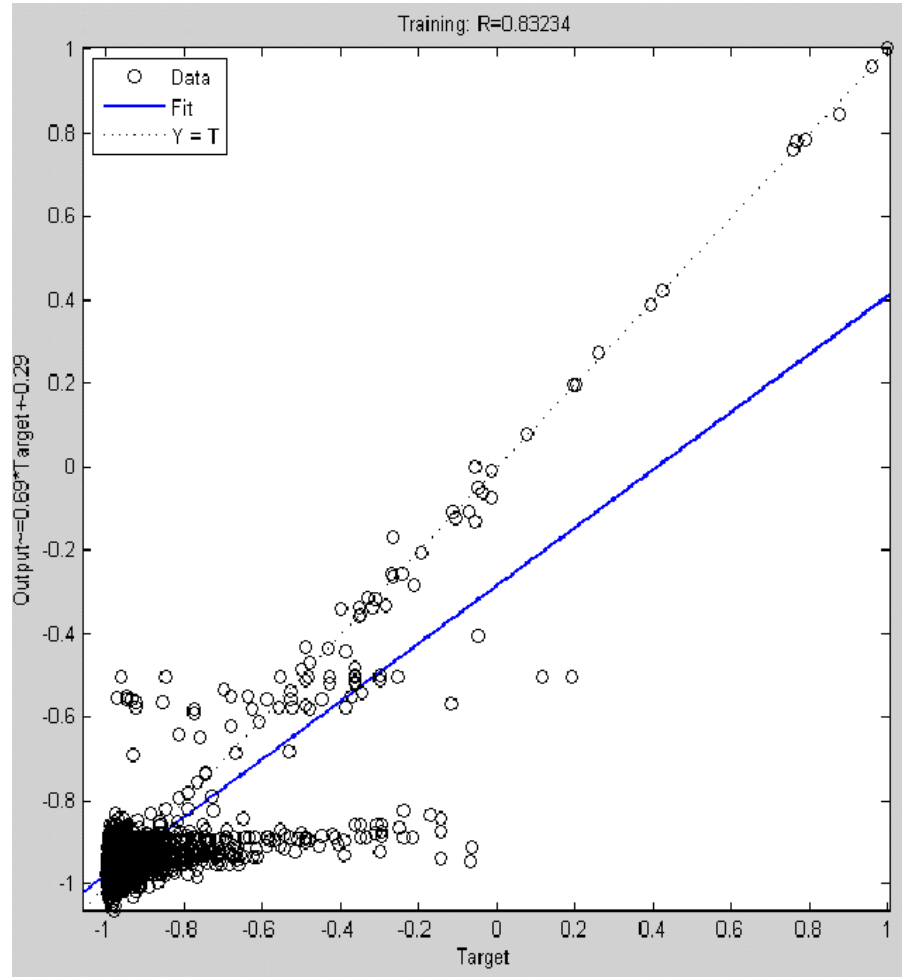
Uyarlanabilir öğrenme oranlı eğim düşme geri yayılım öğrenme ağı, veri seti ile çalışmada hata oluşumu kestiriminde kullanılamaz durumdadır. Ancak modelin Şekil 3.19'daki R grafiği incelenirse diğer modellere göre daha doğrusal olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.22: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağının Öğrenim Sonuçları

Ara Katman Nöron Sayısı	Performans (MSE)	Devir	Eğim	R	R ²
1	0,02000	150	0,00000000	0,38056	0,14483
2	0,01860	10000	0,00000017	0,45319	0,20538
3	0,01600	10000	0,00000032	0,56126	0,31501
4	0,01880	10000	0,00000057	0,44349	0,19668
5	0,01580	10000	0,00000716	0,57064	0,32563
6	0,01560	10000	0,00000087	0,57936	0,33566
7	0,01670	10000	0,00000149	0,53464	0,28584
8	0,01320	10000	0,00015208	0,65931	0,43469
9	0,01230	10000	0,00000053	0,68916	0,47494
10	0,01580	10000	0,00000059	0,57215	0,32736
11	0,00949	10000	0,00000146	0,77132	0,59493
12	0,01430	10000	0,00000099	0,62436	0,38983
13	0,01130	10000	0,00001813	0,71979	0,5181
14	0,00720	10000	0,00000065	0,83234	0,69279
15	0,01660	10000	0,00000369	0,53874	0,29024



Şekil 3.18: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağının Yakınsama Durumu



Şekil 3.19: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağının R Grafiği

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Yapılan analizler neticesinde elde edilen sonuçların yöntemlere göre kıyası Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1: Yapılan Analizler Sonrası Elde Edilen Performans Kriterlerinin Kıyas Tablosu

	AR	GDSR	Yapay Sinir Ağları				
			ED	MED	UÖOED	MUÖOED	LM
MSE	0,99	0	0,0221	0,0226	0,0203	0,0199	0,0072
R	0,952	1	0,2333	0,21295	0,36867	0,38804	0,83234
R²	0,906	1	0,05443	0,04535	0,13592	0,15058	0,69279

GR : Genel Regresyon

AR : Adımsal Regresyon

GDSR : GAMS Destekli Adımsal Regresyon

ED : Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

MED : Momentumlu Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

UÖOED : Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

MUÖOED : Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

LM : Levenberg Marquardt Öğrenme Ağları

Yapılan analizlerin performans değerleri temel alınarak irdelendiğinde; adımsal regresyon analizi sonrasında elde edilen regresyon denklemindeki çıktıyı en azlayacak girdi değerleri GAMS programı yardımıyla denkleme verilerek hedeflenen sıfır hata

değerine ulaşılmış ve bu neticede adımsal regresyon analizinde elde edilen MSE değeri 0,99'dan 0'a düşerken ; R ve R^2 değerleri sırasıyla 0,952 ve 0,906'dan 1'e yükselmiştir.

Yapay sinir ağları çatısı altında uygulanan eğim tabanlı geri yayılım öğrenme ağları ve Levenberg-Marquardt öğrenme ağları ile elde edilen performanslar, başarı oranına göre, kötüden iyiye olacak şekilde Momentumlu Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları, Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları, Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları, Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları ve Levenberg Marquardt Öğrenme Ağları şeklinde sıralanabilir.

Veri seti yapay sinir ağlarının ilgili algoritmaları ile analiz edildiğinde; Adımsal Regresyonda elde edilmiş regresyon denkleminin GAMS programı ile elde ettiği performans değerlerinden, daha kötü bir sonuç elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tekstil sektöründe havlu ve türevlerinin üretildiği bir dokuma işletmesinde üretim sürecinde meydana gelen hatalar altı sigmanın TÖAİK uygulama araçlarının bir kısmı ile irdelenmiş ve analiz çalışmaları Regresyon ile Yapay Sinir Ağları yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle işletmede karşılaşılan üretim hataları tanımlanmış, kaynaklarına göre aynı çatı altında toplanmış, ardından hata oluşumunda etkisi olabilecek işletme, işgören ve hammadde koşulları gözlemlenmiştir.

Tanımlamanın sonrasında ölçme safhasında, elde edilen veriler bir önhazırlık aşamasından geçirilerek hata oluşumunda hiçbir etki oluşturmayacağı öngörülen tezgah numarası, dokumacı ismi gibi gereksiz verilerle eksik bilgi içeren kısımlar veri setinden çıkarılmıştır. Ayıklanan veriler bilgisayar ortamında yorumlanabilmesi için nümerik olarak kodlanmış ve çalışmanın girdisini oluşturan parametrelerin birimleri eşitlenmiştir.

Analiz kısmı içerisinde gerçekleştirilen normallik testleri, hipotez testleri ve regresyon analizleri için SPSS, Yapay Sinir Ağları analizleri içinse MATLAB programı kullanılmıştır. Veriler öncelikle normallik testinden geçirilmiş ve hepsinin normal dağılıma uygun olmadıkları tespit edilmiştir. Yapılan normallik testi neticesinde tüm bağımsız değişkenler normal dağılım göstermediğinden dolayı bağımsız değişkenler öncelikle Non-Parametrik testlerden Mann-Whitney hipotez testine tabi tutulmuştur. Ancak 30'dan fazla birey büyüklüğüne sahip olan örneklerde p değeri, bu örneklemin normal dağılmış gibi temel alınarak hesaplanabildiğinden bağımsız değişkenler parametrik testlerden bağımsız örneklem t testine de sokulmuştur. Her iki yöntemle bağımsız değişkenlerin hata oluşumu üzerindeki etkileri incelenmiş ve bağımsız değişkenlerin tümü regresyon analizine sokulmuştur. Yapılan genel regresyon sonucu çoklu bağlantı problemi ile karşılaşılmış ve adimsal regresyon analizi yöntemiyle yeni bir regresyon denklemine ulaşılmıştır. Ulaşılması hedeflenen bağımlı değişkeni tespit etmek amacıyla GAMS programı kullanılarak sıfır hataya, dolayısıyla hata kareleri ortalamasının sıfır ve R^2 değerinin 1 olduğu bir neticeye ulaşılmıştır.

Aynı veriler Yapay Sinir Ağları'nda eğitim tabanlı geri yayılım öğrenme algoritmaları (Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları, Momentumlu Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları, Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları, Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları) ve Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması yardımıyla ayrı ayrı analiz edilmiştir. Adımsal regresyon analizi ile elde edilmiş regresyon denkleminde, GAMS programı ile çıktığı en azlayacak girdi değerlerinin düzenlenmesi ile elde edilen performans değerlerine en yakın performans değerine Levenberg-Marquardt öğrenme ağları ile ulaşılmıştır. Levenberg Marquardt öğrenme ağları ile elde edilen MSE, R ve R² değerleri sırasıyla 0,0072 , 0,83234 ve 0,69279'dur.

Yapılan çalışma sonrasında atkı hatası üzerinde en çok tezgah hızı, atkı sayısı, en sayısı, ebat tipi ve ip tipinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Altı sigma projesinin iyileştirme safhasında bu beş bağımsız değişken üzerinde odaklanılarak hatanın adım adım azaltılması yoluna gidilmesi uygun bulunmuştur.

Gelecekteki çalışmalarda, çalışanlara iş paylaşımının eşit hale getirilmesi, işletmenin fiziksel koşullarının uygun hale getirilmesi ve işletme tarafından toplanan verilerin kontrolden ziyade iyileştirme çalışmalarında kullanılması gerekmektedir. Verilerin toplanmasında otomasyon sistemine ağırlık verilirse, elde edilen veriler daha sağlıklı olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACZEL, A. 1995. Statistics: Concepts and Application. Von Hoffman Press Inc., USA. 19.p
- AKIN, B. 1996. İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri. Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul. 37.s
- ALTIN, N. 2006. Altı Sigma ve Bir Örnek Olay Çalışması. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme ABD, 6.s
- ANONİM. 2001. Six Sigma Pocket Guide. Rath&Strong Management Consultants. Massachusetts. 151.p
- ANTHONY, M., P. L. BARTLETT. 2002. Neural Network Learning: Theoretical Foundations. Cambridge University Press, USA, 75.p
- ARSLAN, A., R. İNCE. 1994. The Neural Network Based Design of Edge Supported Reinforced Concrete Slabs. Artificial Intelligence and Object Oriented Approaches For Structural Engineering: 91-97
- AYDOĞMUŞ, Z., R. ÇÖTELİ. 2005. Yapay Sinir Ağları Yardımıyla İzolatör Yüzeyinde Potansiyel Tahmini. F.Ü.Fen ve Müh.Bil.Dergisi, 17(2):239-246
- BANUELAS, R. and F. ANTONY. 2004. Six Sigma or Design For Six Sigma. The TQM Magazine, 16(4):253
- BASU, R. and J.N. WRIGHT. 2003. Quality Beyond Six Sigma. Butterworth-Heinemann, Great Britain. p.48-93
- BISHOP, C. M. 1997. Neural Networks for Pattern Recognition Clarendon Press, Oxford, p.122-124
- BRADY, J. E. 2005. Six Sigma and The University: Teaching, Research and Meso-Analysis. Doctorate Dissertation, The Ohio State University Industrial and Systems Engineering, 15.p
- BREYFOGLE, F.W., J. M. CUPELLO and B. MEADOWS. 2001. Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing and Implementing the Strategy that Yields Bottom-Line Success. John Wiley & Sons Inc., Canada. 34.p
- BREYFOGLE, F.W. 1999. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. Wiley & Sons Inc., Canada. p.81-277

- BROOMHEAD, D. S., D. LOWE. 1988. Multivariate Functional Interpolation and Adaptive Networks. *Complex Systems*, 2:321 – 355
- CAUDILL, M. 1987. Neural Network Primer Part 1. *AI Expert*, Dec.:46-52
- CHATTERJEE, S. and A.S. HADI. 2006. *Regression Analysis by Example*. John Wiley&Sons, New York, 151.p
- CICHOCKI, A., R. UNBEHAVEN. 1993. *Neural Networks for Optimization and Signal Processing*. John Wiley&Sons, England, p.64-66.
- ÇALIŞKAN, G. 2006. Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(17):67–73
- DESPHANDE, P.B., S. L. MAKKER, M. GOLDSTEIN. 1999. Boost Competitiveness via Six Sigma. *Chemical Engineering Progress*, September:65-70
- DRUKER, P.F. 1995. *Gelecek İçin Yönetim*. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul. 205.s
- ECKES, G. 2003. *Six Sigma for Everyone*. John Wiley & Sons Inc., New Jersey. 29.p
- EFE, M. Ö., O. KAYNAK. 2000 .*Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları*. Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 141 s.
- EFİL, İ. 2002. *İşletmelerde Yönetim ve Organizasyon*. Alfa Basımevi, İstanbul. p.285
- EMAMGHOLIZADEH, S. 2008. Neural Networks for Predicting Flow Discharge in the Balarood River. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology*, 289-295.
- ELEVLİ, S. ve S. BEHDİOĞLU. 2006. İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri ile Kömür Kalitesindeki Değişkenliğin Belirlenmesi. *Madencilik Dergisi*, 45(3):20
- ELMAS, Ç. 2003. *Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)*. Seçkin Yayınları, Ankara, s.63-96.
- ERDEM, O.A., E. UZUN. 2005. Yapay Sinir Ağları ile Türkçe Times New Roman, Arial ve El Yazısı Karakterleri Tanıma. *Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der.*, 20(1): 13-19
- ERDEM, R. 2007. Örgüt Kültürü Tipleri ile Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişki: Elazığ İl Merkezindeki Hastaneler Üzerinde Bir Çalışma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2(2):63-79
- ERTUĞRUL, İ. 2004. *Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri*. Ekin Kitabevi, Bursa. s.56–284

- FARLEY, B. G., W. A. CLARK. 1954. Simulation Of Self-Organising Systems By Digital Computer. Institute of Radio Engineers Transactions on Information Theory, 4:76-84
- FIRAT M., M. GÜNGÖR. 2004. Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. İMO Teknik Dergi, 219:3267-3282
- FUKUSHIMA, K. 1980. Neocognitron: A Self-organizing Neural Network Model for a Mechanim of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position. Biological Cybernetics, 36:193–202
- GOH, T. N. and M. XIE. 2004. Improving on the Six Sigma Paradigm. TQM Magazine, 16(4):235-240
- GROSSBERG, S. 1970. Some Networks That Can Learn, Remember, and Reproduce Any Number of Complicated Space-Time Patterns. Studies in Applied Mathematics, 49:135–166
- GUERRERO, C. and E. DAVILA. 2001. The Six Sigma Strategy: A Presentation to Upper Management. California State University Dominquez Hills, 32.p
- GUINTA, L.R. and N.C. PRAIZLER. 1993. The QFD Book, Amacom, New York. p.14–35
- GÜLLÜ, E. ve Y. ULCAIY. 2002. Kalite Fonksiyonu Yayılımı ve Bir Uygulama. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7(1):71-91
- GÜNERİ, N., A. APAYDIN. 2004. Öğrenci Başarılarının Sınıflandırılmasında Lojistik Regresyon Analizi ve Sinir Ağları Yaklaşımı. Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi, 1:170 – 188
- GÜRSAKAL, N. ve A. OĞUZLAR. 2003. Altı Sigma. VİPA A.Ş., Bursa. 58.s
- HANSSENS D. M., L.J. PARSONS, R.L. 2001. Market Response Models Econometric and Time Series Analysis. Kluwer Academic Pub, New York, 226.p
- HAYKIN, S. 2009. Neural Networks and Learning Machines. Prentice Hall, New Jersey. 2. p
- HEBB, D. O. 1949. The Organization of Behaviour, Wiley, New York.
- HENDERSON, K.M. and J.R. EVANS. 2000. Successful Implementation of Six Sigma : Benchmarking General Electric Company. MCB University Press, 7(4):262
- HOPPFIELD, J. J., D. W. TANK. 1985. Neural Computation of Decisions in Optimization Problems, 52:141-152

- HOPPFIELD, J. J. 1982. Neural Networks and Physical Sytems with Emergent Collective Computational Abilities. Proc. of the Natural Academy of Science USA, 79:2554-2558
- IŞIĞIÇOK, E. 2005. Altı Sigma Kara Kuşaklar İçin Hipotez Testleri Yol Haritası. Sigma Center Yönetim Hizmetleri Yayınları, Bursa. s.16-288
- JANG, G. and J. JEON. 2009. A Six Sigma Methodology Using Data Mining: A Case Study on Six Sigma Project for Heat Efficiency Improvement of a Hot Stove System in a Korean Steel Manufacturing Company. Communications in Computer and Information Science, 35:72-80
- KALRA, R., M. C. DEO, R. KUMAR and V. K. AGARWAL.2005. Artificial Neural Network to Translate Offshore Satellite Wave Data to Coastal Locations, Elsevier Ocean Engineering, 32(16): 1917-1932
- KAN, S. H. 2003. Metrics and models in Software Quality Engineering.Second Edition. Addison-Wesley, New York. 67.p
- KASA, H. 2003.Altı Sigma Gerçeği. Kalder Altı Sigma Deneyim Paylaşım Sempozyumu, İstanbul. s.33-34
- KAYA, İ. S. OKTAY, O. ENGİN. 2005. Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 21 (1-2): 92-107
- KOBU, B. 1998. Üretim Yönetimi. İÜ İşletme Fakültesi Yayınları, İstanbul. 331.s
- KOHONEN, T. 1988. An Introduction to Neural Networks. Neural Networks, 1:3-16
- LIPPMANN, R.P. 1987. An Introduction To Computing With Neural Nets, IEEE ASSP Magazine, April:4-22
- MCCULLOCH, W.S. W.PITTS. 1943. A Logical Calculus Of The Ideas Imanent In Nervous Activity”, Bull Math Biophysics, 5:115-133
- MILLER, A. J. 2002. Subset Selection in Regression. Chapman and Hall / CRC Press, Florida, 215.p
- MONTGOMERY, D.C. 1991. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons Inc, New York. 3.s
- NAJAH, A., A. ELSHAFIE, O. A. KARIM and O. JAFFAR. 2009. Prediction of Johor River Water Quality Parameters Using Artificial Neural Networks. European Journal of Scientific Research, 28(3):422-435.

- NARENDA, K.S., K. PARTHASARATHY. 1990. Identification and Control Dynamic Systems Using Neural Networks. IEEE Trans. Neural Networks, Mar. 1:4-27
- NEILSON, R. 1989. Neurocomputing. Addison-Wesley Pub. Comp., Massachusetts, p.48-49
- ÖZTEMEL, E. 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 238.s
- PANDE, P.S. , R.P. NEUMAN ve R.R. CAVANAGH. 2004. Six Sigma Yolu GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri (Türkçesi Nafiz Güder ve Güneş Tokçan). KlanYayınları, İstanbul. s.103-121
- PANDE, P.S. , R.P. NEUMAN and R.R. CAVANAGH. 2000. The Six Sigma Way-How GE, Motorola and Other Top Companies are Winning Their Performance. The McGraw-Hill Companies, USA. 72.p
- PANDE, P.S. and L. HOLPP. 2002. What is Six Sigma?. The McGraw-Hill Companies, USA. p.52-53
- PETROVSKY, N., S. K. TAM, V. BRUSIC, G. RUSS, L. SOCHA and V. B. BAJIC. 2002. Use of Artificial Neural Networks in Improving Renal Transplantation Outcomes. *G r a f t*, 5(1):6-13
- PIRAMUTHU, S., C.M. KUAN, M.J. SHAW. 1993. Learning Algorithms For Neural-Net Decision Support, *ORSA Journal on Computing*, 5(4): 361-373
- POLAT, A., B. CÖMERT ve T. ARITÜRK. 2003. Altı Sigma (Mükemmellik Modeli) Nedir?. S.P.A.C. Danışmanlık Yayınları, Ankara. s.15-94
- PYZDEK, T. 2003. The Six Sigma Handbook. The McGraw-Hill Companies, New York. 238.p
- ROSENBLATT, F. 1958. The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. *Psychological Review*, 65:386-408
- SANDERS, D. 2000. A Discussion of Strategies for Six Sigma Implementation. Six Sigma Associates, Knoxville. 303.p
- SCHALKOFF, R.J. 1997. Artificial Neural Network. The McGraw Hill, New York, 422.p
- SERİN, H. ve A. AYTEKİN. 2009. Yüksek Öğretimde Toplam Kalite Yönetimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15):83-93
- SEVİ, D. 2006. Altı Sigma Kalite Yaklaşımının İşletme Maliyetlerine Etkisinin Araştırılması ve Bir Üretim İşletmesindeki Uygulama Sonuçlarının İrdelenmesi. *Yüksek*

- Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme ABD, 19. s
- SPECHT, D. 1991. A General Regression Neural Network. IEEE Trans Neural Networks, 2(6):568-576
- SPECHT, D. 1988. Probabilistic Neural Networks for Classification, Mapping or Associative Memory. The International Conference on Neural Networks, 1:525-530
- SUBAŞI, S. ve A. BEYÇİOĞLU. 2009. Vibrasyon Süresine ve Birim Ağırlığa Bağlı Olarak Beton Basınç Dayanımının Farklı Yöntemlerle Tahmin Edilmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
- SUKA, M., S. OEDA, T. ICHIMURA, K. YOSHIDA and J. TAKEZAWA. 2004. Comparison of Proportional Hazard Model and Neural Network Models in a Real Data Set Of Intensive Care Unit Patients, Medinfo 2004: 741-745
- ŞEN, Z. 2004. Yapay Sinir Ağları İlkeleri. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 185.s
- ŞİMŞEK, M. 2004. Toplam Kalite Yönetimi. Alfa Yayınları, İstanbul. s.273–277
- THOMSETT, M.C. 2005. Getting Started in Six Sigma. John Wiley & Sons Inc., New Jersey. 97.p
- TURAN, A. H., H. ŞENKAYAS ve C. BAŞALOĞLU. 2008. Altı Sigma'nın Kobilerde Farkındalılığı, Ayırt Edici Faktörler ve Uygulama Karakteristikleri: Aydın İlinde Ampirik Bir Değerlendirme. Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 10(2):57-78
- WIDROW, B., M. A. LEHR. 1990. 30 Years of Adaptive Neural Networks: Perceptron, Madaline, and Backpropagation. Proceedings of the IEEE, 78(9):1417
- WIDROW, B, M. E. HOFF. 1960. Adaptive Switching Circuits. IRE WESCON Conventional Record, 96-104
- ZURADA, J.M. 1992. Introduction to Artificial Neural Systems. West Publishing Company, New York, XV.p
- <http://www.altisigma.com/index.php?name=News&file=article&sid=65&theme=Printer>, Erişim Tarihi: 10.01.2009. Konu: Six Sigma Vizyonu
- http://www.danismend.com/konular/stratejiyon/str_6_sigma.htm, Erişim Tarihi: 20.02.2009. Konu: Stratejik Altı Sigma
- <http://dev.emcelettronica.com/introduction-to-artificial-neural-networks-ann>, Erişim Tarihi: 01.12.2009. Konu: Biological Neural Cell and Structure

- <http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o18s3.pdf>, Erişim Tarihi: 20.01.2009.
Konu: İstatistiki Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı
- <http://www.hindawi.com/journals/wcn/2008/132729.fig9.html>, Erişim Tarihi:
01.12.2009. Konu: A Multilayer Neural Network
- <http://www.honeywell.com>, Erişim Tarihi: 10.01.2009. Konu: DMAIC
- http://www.kalder.org.tr/preview_content.asp?contID=752&tempID=1®ID=2
Erişim Tarihi: 10.01.2009 Konu: A. Polat Tasarım Sürecinde Altı Sigma, Altı Sigma
Metodu'nun Toplam Kalite Yönetimi ve Tasarım Süreçlerindeki Yeri
- <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingd.html>, Erişim
Tarihi: 01.12.2009. Konu: Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları
- <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingdm.html>, Erişim
Tarihi: 01.12.2009. Konu: Momentumlu Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları.
- <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingda.html>, Erişim
Tarihi: 01.12.2009. Konu: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım
Öğrenme Ağları
- <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/traingdx.html>, Erişim
Tarihi: 01.12.2009. Konu: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme
Geri Yayılım Öğrenme Ağları
- <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/trainlm.html>, Erişim
Tarihi: 01.12.2009. Konu: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağları
- <http://www.teknohaber.net/makale.php?id=70225>, Erişim Tarihi: 01.12.2009. Konu:
Yapay Sinir Ağları ve MATLAB ile Kullanımı
- <http://www.qualitydigest.com/dec97/html/sixsigma.html>, Erişim Tarihi: 10.01.2009
Konu: Mario Perez Wilson Six Sigma Strategies: Creating Excellence in the Workplace

EKLER

EK 1: Ham Verilerden Bir Kesit	119
EK 2: Derlenen Verilerden Bir Kesit	121
EK 3: Adımsal Regresyon Analizinin Girdi Değerlerinin En Azlandığı GAMS Kodu	123
EK 4: Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağı MATLAB Kodu	125
EK 5: Momentumlu Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağı MATLAB Kodu.....	126
EK 6: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağı MATLAB Kodu	127
EK 7: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağı MATLAB Kodu	128
EK 8: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağı MATLAB Kodu	129

EK 1: Ham Verilerden Bir Kesit

Tarih	Vardiya	İşletme Nemi	İşletme Sıcaklığı	Dış Sıcaklık	Tezgah	Tezgah Adı	Tezgah Hızı	Dokumacı Adı	Yaşı
29.01.2008	B	61,5	24	4	DOK049	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	252	BURHAN ÖZKURT	36
18.01.2008	C	61,5	22,75	4	DOK109	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	251	EMİN BURUK	48
19.01.2008	B	62,75	23	4	DOK024	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	245	FETİ KAYA	41
21.01.2008	B	63	22	7	DOK030	JAKARLI SULZER TEZGAH 260	374	MUHAMMET ŞENTEPE	29
21.01.2008	C	62,25	22,5	3	DOK030	JAKARLI SULZER TEZGAH 260	374	MUHAMMET GÜMÜŞ	30
23.01.2008	C	62	22,75	3	DOK043	ARMÜRLÜ PİGNONE TEZGAH 360	247	İMDAT YENER	36
24.01.2008	C	62,75	22,5	4	DOK043	ARMÜRLÜ PİGNONE TEZGAH 360	247	İMDAT YENER	36
26.01.2008	A	62,75	23,25	9	DOK043	ARMÜRLÜ PİGNONE TEZGAH 360	247	SEYFETTİN CABA	44
26.01.2008	B	62,5	22,5	8	DOK043	ARMÜRLÜ PİGNONE TEZGAH 360	247	SALİH ÇAĞLAYAN	28
07.01.2008	B	64	20	-4	DOK007	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	252	NECATİ BALABAN	37
10.01.2008	A	64	20	3	DOK008	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	251	HAKAN KASIM	33
10.01.2008	A	64	20	3	DOK088	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	255	HASAN SÜMER	50
10.01.2008	C	64	20	2	DOK028	JAKARLI SULZER TEZGAH 260	371	MUHAMMET GÜMÜŞ	30
10.01.2008	C	64	20	2	DOK043	ARMÜRLÜ PİGNONE TEZGAH 360	247	İMDAT YENER	36
12.01.2008	A	64	20	5	DOK028	JAKARLI SULZER TEZGAH 260	371	A.YILDIRIM SOYLU	36
12.01.2008	A	64	20	5	DOK082	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	255	RECEP ÖKSÜZ	35
12.01.2008	B	65	19	-3	DOK094	ARMÜRLÜ PİGNONE TEZGAH 360	251	YENER ÇAYIR	32
12.01.2008	B	65	19	-3	DOK109	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	251	VEDAT BİLİK	24
12.01.2008	C	64	20	2	DOK028	JAKARLI SULZER TEZGAH 260	371	MUHAMMET GÜMÜŞ	30
14.01.2008	A	62,75	22,75	6	DOK082	JAKARLI PİGNONE TEZGAH 360	255	RECEP ÖKSÜZ	35

Stok Kodu	Stok Adı	Metre	Atkı	Adet	Kg	Ebat	En Sayısı	Gramaj	Atkı Sayısı	Hav Oranı	Hata Türü	Hatalı Adet
H.İB.K.Ç.S.T0422501.XX	SİLGİ NAVİGARE DEFENDER (54	107900	86	73	SİLGİ	3	853	3765	4,3	DKK013	2
H.TB.İ.Ç.H.K0183401.VA	HAVLU HANZADE 2001 HAM V	28	86600	147	36	HAVLU	5	242	2586	4,3	DKK001	10
H.TB.K.Ç.S.W0399801.V	SİLGİ BRIGHT DOTS 90*168 3 E	32	61200	55	42	SİLGİ	3	763	3360	4,6	DKK001	3
H.İB.K.Ç.S.H0426001.XX	SİLGİ COLOURFUL DOTS 162*9	78	153300	78	59	SİLGİ	1	762	1977	4,4	DKK001	4
H.İB.K.Ç.S.H0426001.XX	SİLGİ COLOURFUL DOTS 162*9	60	118000	60	45	SİLGİ	1	762	1977	4,4	DKK001	5
H.İB.İ.Ç.H.M1055009.XX	HAVLU JAZZ(SOMON-BEYAZ)	45	107900	273	51	HAVLU	6	185	2370	3,4	DKK001	6
H.İB.İ.Ç.H.M1055009.XX	HAVLU JAZZ(SOMON-BEYAZ)	45	106700	270	50	HAVLU	6	185	2370	3,4	DKK001	78
H.İB.İ.Ç.H.M1055009.XX	HAVLU JAZZ(SOMON-BEYAZ)	37	89700	227	42	HAVLU	6	185	2370	3,4	DKK001	6
H.İB.İ.Ç.H.M1055009.XX	HAVLU JAZZ(SOMON-BEYAZ)	44	104200	264	49	HAVLU	6	185	2370	3,4	DKK001	6
H.TB.K.Ç.K.G1005932.V	KUPON EPONJ(17) 145*100 2 EN	50	90800	101	71	KUPON	2	708	1700	4,6	DKK002	10
H.İB.K.Ç.P.D0216102.XX	PLAJ SHELL SCUL(ORANJ 70*1	36	89500	96	56	PLAJ	4	581	3588	5,2	DKK002	1
H.TB.İ.T.P.D0303502.VA	PLAJ ROSE 70*148 4 EN	33	89000	85	45	PLAJ	4	534	4185	6,5	DKK002	3
H.TB.İ.Ç.S.ST191201.VA	SİLGİ HANZADE 2001 100*138 2	42	126400	57	43	SİLGİ	2	753	4050	4,5	DKK002	1
H.TB.İ.Ç.H.M1018701.VA	HAVLU CİNDY 45*88 6 EN	47	104700	294	57	HAVLU	6	194	2055	3,7	DKK002	2
H.TB.İ.Ç.S.ST191201.VA	SİLGİ HANZADE 2001 100*138 2	48	145100	65	49	SİLGİ	2	753	4050	4,5	DKK002	2
H.TB.K.Ç.S.W0399901.V	SİLGİ RELIF AQUA 90*168 3 EN	59	112600	100	76	SİLGİ	3	763	3372	4,6	DKK002	3
H.TB.İ.T.K.G1110115.VA	KUPON EPONJ/TEKYÜZ 138*10	51	97300	102	41	KUPON	2	400	1900	5,8	DKK002	4
H.TB.İ.Ç.H.K0183401.VA	HAVLU HANZADE 2001 HAM V	31	95700	162	39	HAVLU	5	242	2586	4,3	DKK002	4
H.TB.İ.Ç.S.ST191201.VA	SİLGİ HANZADE 2001 100*138 2	47	143200	65	49	SİLGİ	2	753	4050	4,5	DKK002	2
H.TB.K.Ç.S.W0399901.V	SİLGİ RELIF AQUA 90*168 3 EN	59	112000	100	76	SİLGİ	3	763	3372	4,6	DKK002	2

EK 2: Derlenen Verilerden Bir Kesit

Vardiya Tipi	Vardiya Tipi-1	Vardiya Tipi-2	Vardiya Tipi-3	İşletme Nemi	İşletme Sıcaklığı	Dış Sıcaklık	Makine Tipi	Makine Tipi-1	Makine Tipi-2	Makine Tipi-3	Tezgah Hızı	Dokumacı Yaşı	Renk Tipi	Renk Tipi-1	Renk Tipi-2	Yüzey Tipi	Yüzey Tipi-1	Yüzey Tipi-2
2	0	1	0	65	20,5	17	3	0	0	1	373	28	1	1	0	2	0	1
1	1	0	0	63,25	23,25	15	3	0	0	1	374	36	1	1	0	2	0	1
2	0	1	0	62,25	22,25	3	3	0	0	1	366	36	1	1	0	2	0	1
2	0	1	0	64,25	22,5	26	3	0	0	1	374	38	1	1	0	2	0	1
3	0	0	1	62,5	22,75	23	3	0	0	1	374	30	1	1	0	2	0	1
2	0	1	0	62,25	22,75	11	1	1	0	0	255	36	1	1	0	1	1	0
2	0	1	0	62,75	22,25	15	1	1	0	0	255	36	1	1	0	1	1	0
2	0	1	0	63,5	22,25	24	1	1	0	0	253	40	1	1	0	1	1	0
2	0	1	0	62,75	23,75	9	1	1	0	0	255	36	1	1	0	1	1	0
3	0	0	1	63	22,75	8	1	1	0	0	255	43	1	1	0	1	1	0
3	0	0	1	62,25	22	12	1	1	0	0	255	43	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	63,25	22,5	14	1	1	0	0	239	38	1	1	0	2	0	1
3	0	0	1	61,75	23	18	1	1	0	0	239	33	1	1	0	2	0	1
3	0	0	1	62,5	23,25	25	3	0	0	1	373	35	1	1	0	2	0	1
1	1	0	0	64	20	5	1	1	0	0	249	39	1	1	0	2	0	1
2	0	1	0	65	19	-3	1	1	0	0	249	31	1	1	0	2	0	1
2	0	1	0	63,5	23,75	-3	3	0	0	1	331	28	1	1	0	2	0	1
2	0	1	0	62	21,75	5	1	1	0	0	248	35	1	1	0	2	0	1
1	1	0	0	62,5	22,75	11	1	1	0	0	251	46	1	1	0	2	0	1
2	0	1	0	62,5	24	-3	3	0	0	1	366	36	1	1	0	2	0	1

İp Tipi	İp Tipi-1	İp Tipi-2	Üretim Miktarı (Atkı)	Ebat Tipi	Ebat Tipi-1	Ebat Tipi-2	Ebat Tipi-3	Ebat Tipi-4	Ebat Tipi-5	Ebat Tipi-6	Ebat Tipi-7	Ebat Tipi-8	Ebat Tipi-9	En Sayısı	Gramaj	Atkı Sayısı	Hav Oranı	Hatalı Atkı	Hata Yok/Hata Var	Hata Var	Hata Yok
1	1	0	156200	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	750	2000	6,2	156000	2	1	0
2	0	1	149500	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	775	1700	4,3	153000	2	1	0
2	0	1	144000	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	762	1977	4,4	146298	2	1	0
2	0	1	137000	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	775	1700	4,3	139400	2	1	0
2	0	1	133900	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	775	1700	4,3	137700	2	1	0
1	1	0	111300	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	232	2469	5,7	111105	2	1	0
1	1	0	110000	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	232	2469	5,7	108636	2	1	0
2	0	1	107800	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	417	3009	3,1	108324	2	1	0
1	1	0	106200	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	232	2469	5,7	106167	2	1	0
1	1	0	110100	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	232	2469	5,7	106167	2	1	0
1	1	0	105300	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	232	2469	5,7	93822	2	1	0
2	0	1	94000	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1512	5799	3,8	92784	2	1	0
2	0	1	101500	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1512	5799	3,8	86985	2	1	0
1	1	0	150000	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	750	2000	6,2	84000	2	1	0
2	0	1	106900	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	853	3582	4,3	72834	2	1	0
2	0	1	104000	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	853	3582	4,3	69252	2	1	0
2	0	1	145400	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	762	1977	4,4	69195	2	1	0
2	0	1	103100	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	889	3516	5,1	66804	2	1	0
2	0	1	105100	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	741	3795	4,4	64515	2	1	0
2	0	1	120600	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	762	1977	4,4	61287	2	1	0

EK 3: Adımsal Regresyon Analizinin Optimize Edildiği GAMS Kodu

\$ONTEXT

Ümit Yılmaz

\$OFFTEXT

Sets

i /1*2/

j /1*4/

j1 /1*5/;

Parameters

ensayisi(j1)/1 -0.98,2 -0.29,3 0.4,4 1.09,5 1.79/

iptipi(i)/1 0.5, 2 -2.01/

ebattipi(j)/1 -1.14, 2 -0.52,3 0.1,4 1.96/

betas(j1) /1 0.200,2 0.118,3 0.300,4 0.231,5 0.148/ ;

Variables tezgahhizi, atkisay, z,v1,v2 ;

Binary variables b,b1,b2;

positive variables v1,v2;

Equations

amac amac fonksiyonu

eq0

eq1 tezgah hızı için alt limit

eq2 tezgah hızı için üst limit

eq3 atkı sayısı için alt limit

eq4 atkı sayısı için üst limit

eq5

eq6

eq7 ;

```

eq0..  sum(j1,betas("1")*ensayisi(j1)*b(j1))+  betas("2")*tezgahhizi  +
sum(j1,betas("3")*ebattipi(j)*b1(j))+          sum(i,betas("4")*iptipi(i)*b2(i))+
atkisay*betas("5")+v1-v2=e=0;

```

```

eq1.. tezgahhizi =g= -1.11;

```

```

eq2.. tezgahhizi =l= 3.94;

```

```

eq3.. atkisay =g= -2.95;

```

```

eq4.. atkisay =l= 3.14;

```

```

eq5.. sum(j1,b(j1)) =e= 1 ;

```

```

eq6.. sum(j,b1(j)) =e= 1 ;

```

```

eq7.. sum(i,b2(i)) =e= 1;

```

```

amac..z=e=v1+v2;

```

```

model regresyonsonucu /ALL/ ;

```

```

solve regresyonsonucu using MIP minimizing z;

```

```

display b.l, tezgahhizi.l,b1.l, b2.l, atkisay.l, z.l;

```


EK 4: Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağı MATLAB Kodu

```
mse = 0; y=0; yp=0;
input=[traindata(:,1);traindata(:,2);traindata(:,3);traindata(:,4);traindata(:,5);traindata(:,6);traindata(:,7);traindata(:,8);traindata(:,9);traindata(:,10);traindata(:,11);traindata(:,12);traindata(:,13);traindata(:,14);traindata(:,15);traindata(:,16)];
target=[traindata(:,17)];
[input,minp,maxp,target,mint,maxt] = premmx(input,target);
net=newff(minmax(input),[1,1],{'logsig','purelin'},'traingd');
net.trainParam.goal = 0;
net.trainParam.epochs = 10000;
[net,tr]=train(net,input,target);
for i=1:1399
y=testdata(i,1:16);
y=trammmx(y',minp,maxp);
output=sim(net,y);
yp=postmnmx(output,mint,maxt);
mse=abs((testdata(i,17)-yp)./testdata(i,17));
end
```

EK 5: Momentumlu Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağı MATLAB Kodu

```
mse = 0; y=0; yp=0;
input=[traindata(:,1);traindata(:,2);traindata(:,3);traindata(:,4);traindata(:,5);traindata(:,6);traindata(:,7);traindata(:,8);traindata(:,9);traindata(:,10);traindata(:,11);traindata(:,12);traindata(:,13);traindata(:,14);traindata(:,15);traindata(:,16)];
target=[traindata(:,17)];
[input,minp,maxp,target,mint,maxt] = premmnmx(input,target);
net=newff(minmax(input),[1,1],{'logsig','purelin'},'traingdm');
net.trainParam.goal = 0;
net.trainParam.epochs = 10000;
[net,tr]=train(net,input,target);
for i=1:1399
y=testdata(i,1:16);
y=tramnmx(y',minp,maxp);
output=sim(net,y);
yp=postmnmx(output,mint,maxt);
mse=abs((testdata(i,17)-yp)./testdata(i,17));
end
```

EK 6: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağı
MATLAB Kodu

```
mse = 0; y=0; yp=0;
input=[traindata(:,1);traindata(:,2);traindata(:,3);traindata(:,4);traindata(:,5);traindata(:,6);traindata(:,7);traindata(:,8);traindata(:,9);traindata(:,10);traindata(:,11);traindata(:,12);traindata(:,13);traindata(:,14);traindata(:,15);traindata(:,16)];
target=[traindata(:,17)'];
[input,minp,maxp,target,mint,maxt] = premnmx(input,target);
net=newff(minmax(input),[1,1],{'logsig','purelin'},'traingda');
net.trainParam.goal = 0;
net.trainParam.epochs = 10000;
[net,tr]=train(net,input,target);
for i=1:1399
y=testdata(i,1:16);
y=tramnmx(y',minp,maxp);
output=sim(net,y);
yp=postmnmx(output,mint,maxt);
mse=abs((testdata(i,17)-yp)./testdata(i,17));
end
```

EK 7: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım
Öğrenme Ağı MATLAB Kodu

```

mse = 0; y=0; yp=0;
input=[traindata(:,1)';traindata(:,2)';traindata(:,3)';traindata(:,4)';traindata(:,5)';traindata(:,6)';traindata(:,7)';traindata(:,8)';traindata(:,9)';traindata(:,10)';traindata(:,11)';traindata(:,12)';traindata(:,13)';traindata(:,14)';traindata(:,15)';traindata(:,16)'];
target=[traindata(:,17)'];
[input,minp,maxp,target,mint,maxt] = premmx(input,target);
net=newff(minmax(input),[1,1],{'logsig','purelin'},'traingdx');
net.trainParam.goal = 0;
net.trainParam.epochs = 10000;
[net,tr]=train(net,input,target);
for i=1:1399
y=testdata(i,1:16);
y=tramnmx(y',minp,maxp);
output=sim(net,y);
yp=postmnmx(output,mint,maxt);
mse=abs((testdata(i,17)-yp)./testdata(i,17));
end

```

EK 8: Levenberg-Marquardt Öğrenme Ağı MATLAB Kodu

```
mse = 0; y=0; yp=0;
input=[traindata(:,1);traindata(:,2);traindata(:,3);traindata(:,4);traindata(:,5);traindata(:,6);traindata(:,7);traindata(:,8);traindata(:,9);traindata(:,10);traindata(:,11);traindata(:,12);traindata(:,13);traindata(:,14);traindata(:,15);traindata(:,16)];
target=[traindata(:,17)];
[input,minp,maxp,target,mint,maxt] = premmx(input,target);
net=newff(minmax(input),[1,1],{'logsig','purelin'},'trainlm');
net.trainParam.goal = 0;
net.trainParam.epochs = 10000;
[net,tr]=train(net,input,target);
for i=1:1399
y=testdata(i,1:16);
y=trammmx(y',minp,maxp);
output=sim(net,y);
yp=postmnmx(output,mint,maxt);
mse=abs((testdata(i,17)-yp)./testdata(i,17));
end
```

ÖZGEÇMİŞ

Ümit Yılmaz 27.06.1983 tarihinde Bursa'da doğmuştur. İlköğrenimini Bursa Hanife Murat İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini Bursa Çınar Lisesi'nde tamamlamıştır. 2001 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde başladığı mühendislik eğitimini tamamlamıştır. Yüksek Lisans eğitimine 2007 yılında Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış, 2008 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na yatay geçiş yapmıştır.

17.07.2006-10.11.2007 tarihleri arasında Özdilek AVM. ve Tekstil A.Ş. İnegöl Dokuma Müdürlüğü'nde Vardiya Amirliği görevini yürütmüştür. 12.10.2007 tarihinden bu yana Özdilek AVM. ve Tekstil A.Ş. Bursa Dokuma Müdürlüğü'nde Bilgi İşlem Sorumlusu olarak çalışmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bana her türlü yardım, destek ve anlayışını esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. Seda Özmutlu'ya, eşi sayın Doç. Dr. H. Cenk Özmutlu'ya, istatistik konusunda bilgilerini benle paylaşan sevgili arkadaşım Aykut Özlü'ye, yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen sınıf arkadaşlarım Melek Çelik ve Ömer Nuri Çam'a ve Özdilek Planlama Müdürlüğü'nde MRP II Proje Sorumlusu olarak görev yapan Andaç Kılınç'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca eğitimim boyunca bana her zaman destek olan sevgili eşim Özlem ve aileme de teşekkürlerimi sunarım.