

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Alev ASLANGİRAY

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNDE
BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA

İşletme Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2011

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Alev ASLANGİRAY

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNDE
BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ

İşletme Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2011

Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Alev ASLANGIRAY'ın bu çalışması, jürimiz tarafından İşletme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

: Prof. Dr. Orhan KURUÖZÜM

Üye (Danışmanı)

: Yrd. Doç. Dr. Rökleme AKYIL

Üye

: Yrd. Doç. Dr. Emre İ. GETİN

Tez Konusu: İstatistiksel Süreç Kontrolünde Bulanık Mantık Yordama ve Bir Uygulama

Onay : Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi 20/04/2011

Mezuniyet Tarihi 25/04/2011

Prof. Dr. Mehmet ŞEN
Müdür

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
ÖNSÖZ	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ

1.1. Kalite ve Kalite Kontrol Kavramları	3
1.1.1 Kalitenin Özellikleri ve Boyutları	5
1.1.2. Kalite Kavramının Değişim ve Gelişimi	8
1.1.3. Kalite Kontrol	11
1.2. Kalite Kontrol Teknikleri	13
1.2.2. Akış Diyagramı	15
1.2.3. İşaret Çizelgesi / Çetere Tablosu	16
1.2.4. Pareto Diyagramı/ Analizi	16
1.2.5. Neden- Sonuç (SebeP- Sonuç) Diyagramı	17
1.2.6. Histogram	18

1.2.7. Dağılım Diyagramı	19
1.2.8. Kontrol Grafikleri	20
1.3. İstatistiksel Süreç Kontrolü	20
1.3.1. Kalite Kontrol Grafikleri	22
1.3.2. Kontrol Grafiklerinin Sınıflandırılması	26
1.3.2.1. Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri	27
1.3.2.2. Özellikler İçin Kontrol Grafikleri	29
1.3.3. Süreç Yeterlilik Analizi	35
1.4. Tekstil Sektöründe İSK ve Uygulama Örnekleri	37

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK MANTIK KAVRAMI VE BULANIK KONTROL GRAFİKLERİ

2.1. Belirsizlik ve Bulanıklık Kavramları	39
2.2. Bulanık Mantık	40
2.2.1. Bulanık Mantığı Hazırlayan Gelişmeler	41
2.2.2. Bulanık Mantık Kavramı	42
2.2.3. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları	43
2.2.4. Bulanık Sistemler ve Bulanık Kümeler	46
2.2.5. Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları	56
2.3. Bulanık Kontrol Grafikleri	57
2.3.1. Bulanık Kontrol Grafikleri Konusunda Yapılan Çalışmalar	58
2.3.2. Bulanık Temsil Değerleri	60
2.3.3. Bulanık \bar{X} ve \bar{R} Kontrol Grafikleri	61
2.3.4. Bulanık $\bar{X} - \bar{S}$ Kontrol Grafiği	63
2.3.5. α -kesim bulanık p kontrol grafikleri	64

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KONTROL GRAFİKLERİNİN BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE UYGULAMASI

3.1.	Çalışmada İzlenen Metodoloji	68
3.2.	İşletme ve Üretim Süreci Hakkında Genel Bilgi	70
3.3.	Birim Başına Düşen Kusur Sayısı Kontrol Grafiği	71
3.4.	Bulanık Kontrol Grafikleri	79
3.4.1.	Bulanık Mod (Tepe Değeri) Yaklaşımı	86
3.4.2.	α -Seviyeli Bulanık Değişim Aralığı Orta Değer Yaklaşımı	91
3.4.3.	α -Seviyeli Bulanık Orta Değer Yaklaşımı	93
3.4.4.	Direk Bulanık Yaklaşım	97
	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	105
	KAYNAKÇA	108
	EKLER	
	Ek-1 Hambez Kalite Kontrol Formu	112
	Ek-2 Dokuma İşlemi Sonrası Karşılaşılabilecek Hata Tanımları	113
	Ek-3 (a) Ekim Ayı 5200/160 Ranforce Kumaşı İle İlgili Hata Sayıları	114
	Ek 3 (b) Ekim Ayı 3500/240 Ranforce Kumaşı Verileri	116
	Ek-3 (c) Ekim Ayı 9570/315 Ranforce Kumaşı Verileri	117
	Ek-4 (a) Kasım Ayı 5200/160 Ranforce Kumaş Verileri	119
	Ek-4 (b) Kasım Ayı 3500/240 Ranforce Kumaşı Verileri	120
	Ek-4 (c) Kasım Ayı 9570/315 Ranforce Kumaşı Verileri	121
	Ek-5 (a) Ekim Ayı 9570/315 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları	122
	Ek-5 (b) Ekim Ayı 3500/240 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları	124
	Ek-6 (a) Kasım Ayı 5200/160 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları	125

Ek-6 (b) Kasım Ayı 3500/240 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları	127
Ek-6 (c) Kasım Ayı 9570/315 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları	128
Ek-7 (a) Ekim Ayı 3500/249 Ranforce İçin Ağırlıklı Hata Sayıları	129
Ek-7(b) Kasım Ayı 3500/249 Ranforce İçin Ağırlıklı Hata Sayıları	130
Ek-8 (a) Farklı α Değerleri İçin Hesaplanmış Olan ua^α ve ud^α Değerleri (Ekim Ayı)	131
Ek-8 (b) Farklı α Değerleri İçin Hesaplanmış Olan ua^α ve ud^α Değerleri (Kasım Ayı)	132
Ek-9 Direk Bulanık Yaklaşım Ekim Ayı İçin Gerekli Hesaplamalar	133
Ek-10 Direk Bulanık Yaklaşım Kasım Ayı İçin Gerekli Hesaplamalar	139
ÖZGEÇMİŞ	145

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Kalite Döngüsü	5
Şekil 1.2 Tasarım Kalitesinde Maliyetler	6
Şekil 1.3 Uygunluk Kalitesini Etkileyen Maliyetler	6
Şekil 1.4 Örnek Pareto Diyagramı	17
Şekil 1.5 Örnek Neden- Sonuç Diyagramı	18
Şekil 1.6 Histogram Örneği	19
Şekil 1.7 Dağılım Diyagramı Örneği	19
Şekil 1.8 Süreç Kontrolünün Üretim Sistemi İçerisindeki Yeri	21
Şekil 1.9 Kontrol Grafiğinin Genel Yapısı	25
Şekil 1.10 Kontrol Sınırları İçerisinde Gözlemlenebilecek Durumlar	34
Şekil 1.11 $\mu + 3\sigma$ İçin Normal Dağılım Eğrisi	35
Şekil 2.1 Tipik Bir Bulanık Sistem (Aytaç, 2006, s.48)	46
Şekil 2.2 (a) - (b) Yaşlılar Kümesinin Kesin Ve Bulanık Kümelerle Gösterimi	48
Şekil 2.3 Yaş Kesin Kümesinde Tanımlı Yaşlı Kesin Kümesi	48
Şekil 2.4 Yaş Kümesinde Tanımlı Yaşlı Bulanık Kümesi	48
Şekil 2.5 Üçgen Üyelik Fonksiyonu	51
Şekil 2.6 Yamuk Üyelik Fonksiyonu	51
Şekil 2.7 Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu	51
Şekil 2.8 Yükseklik Metodunun Gösterimi	55
Şekil 2.9 Ağırlık Merkezi Yönteminin Gösterimi	55
Şekil 2.10 \bar{M} ve M_j Değerlerinin Üçgensel Bulanık Sayı Olarak Gösterimi	65
Şekil 2.11 α -kesim Kontrol Limitleri	66
Şekil 3.1 Çalışmada İzlenen Algoritmik Adımlar	69

Şekil 3.2 Ekim Ayı 5200/ 160 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği	74
Şekil 3.3 Normal Dağılım ve Kontrol Grafiği İlişkisi	75
Şekil 3.4 Kasım Ayı 5200/ 160 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği	76
Şekil 3.5 Ekim Ayı 3500/ 240 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği	77
Şekil 3.6 Kasım Ayı 3500/ 240 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği	77
Şekil 3.7 Ekim Ayı 9570/315 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği	78
Şekil 3.8 Kasım Ayı 9570/315 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği	78
Şekil 3.9 Hambez İçin Belirlenmiş Kalite Sınırları	80
Şekil 3.10 Kontrol Sınırlarının Gösterimi	84
Şekil 3.11 Bulanık Orta Değerinin Gösterimi	94
Şekil 3.12 Direkt Bulanık Yaklaşım Sonucu Örnek Alanının Limit Değerlerinin Oluşturduğu Alanlara Göre Alabileceği Farklı Durumlar	97
Şekil 3.13 Direkt Bulanık Yaklaşımında A_{out}^u 'ın Hesaplanması İçin Kullanılan Algoritma	100
Şekil 3.14 Direk Bulanık Yaklaşımında A_{out}^L 'ın Hesaplanması İçin Kullanılan Algoritma	100

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Kalite Tanımları	4
Tablo 1.2 Kalite Kavramının Değişim ve Gelişimi	9
Tablo 1.3 Kalite Kontrolünün Amaçları	11
Tablo 1.4 Kalitede Kimlik Değişimi	13
Tablo 1.5 Kalite Kontrol Teknikleri	14
Tablo 1.6 Kalite Tekniklerinin Kullanım Alanları	15
Tablo 1.7 Örnek Bir İşaret/Çetere Çizelgesi	16
Tablo 1.8 Pareto Diyagramı İçin Veri Çizelgesi	17
Tablo 1.9 Kontrol Fonksiyonunun Yönetimi	22
Tablo 1.10 Kontrol Grafiklerinin Sınıflandırılması	26
Tablo 1.11 Cp ve Cpk İndislerinin Karar Noktaları	36
Tablo 1.12 Tekstil Sektöründe İSK Çalışmaları	37
Tablo 2.1 Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar	43
Tablo 2.2 Bulanık Mantık Denetiminin Endüstriyel Uygulamaları	45
Tablo 2.3 Bulanık Kontrol Grafiklerinin Kullanımı	60
Tablo 2.4. Geleneksel Shewhart Kontrol Grafikleri ve Bulanık Kontrol Grafikleri Arasındaki Karşılaştırma	67
Tablo 3.2 Ekim Ayı 5200/160 Ranforce Kumaşı Verilerine Ait Alt-Üst Kontrol Sınırları	73
Tablo 3.3 Farklı Kalitedeki Hambezler için Belirlenmiş Aralık Değerleri	79
Tablo 3.4 Farklı α Değerleri İçin Belirlenmiş Olan Sınırlar	82
Tablo 3.5 Hesaplanmış Kontrol Limitleri	83
Tablo 3.6 Hesaplanmış Yeni α -Kesim Kontrol Limitleri	84

Tablo 3.7 Farklı α Değerleri İçin Hesaplanmış Kontrol Sınırları	85
Tablo 3.8 Karşılaşılan Hatalar ve Hatalara Verilen Ağırlık Değerleri	86
Tablo 3.9 Hesaplanmış Bulanık Kontrol Grafiği Sınır Değerleri	88
Tablo 3.10 Ekim Ayı İçin Bulanık Mod Yaklaşımı Kararları	89
Tablo 3.11 Kasım Ayı İçin Bulanık Mod Yaklaşımı Kararları	90
Tablo 3.12 α Dereceli Bulanık Değişim Aralığı Orta Değer Yaklaşımı Ekim Ayı Sonuçları	92
Tablo 3.13 α Dereceli Bulanık Değişim Aralığı Orta Değer Yaklaşımı Kasım Ayı Sonuçları	93
Tablo 3.14 α -Değerli Bulanık Orta Değer Yaklaşımı Sonuçları	95
Tablo 3.15 α -Değerli Bulanık Orta Değer Yaklaşımı Sonuçları	96
Tablo 3.16 Direkt Bulanık Yaklaşım Sonucu Ekim Ayı Süreç Kararları	101
Tablo 3.17 Direkt Bulanık Yaklaşım Sonucu Kasım Ayı Süreç Kararları	102
Tablo 3.18 Klasik Kontrol Grafikleri İle Bulanık Kontrol Grafikleri Karşılaştırması (Ekim)	103
Tablo 3.19 Klasik Kontrol Grafikleri İle Bulanık Kontrol Grafikleri Karşılaştırması (Kasım)	104

KISALTMALAR LİSTESİ

İSK	İstatistiksel Süreç Kontrolü
ASQC	Amerikan Kalite Kontrol Derneği
EOQC	Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu
DIN	Alman Standartlar Enstitüsü
JIS	Japon Sanayi Standartları Komitesi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TKK	Toplam Kalite Kontrolü
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
JUSE	Japon Bilim Adamları Derneği
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
DFA	Direkt Bulanık Yaklaşım
LCL	Alt Kontrol Limiti
UCL	Üst Kontrol Limiti
CL	Orta Çizgi

ÖZET

İstatistiksel Süreç Kontrol (İSK) çalışmalarında, kontrol edilecek kalite karakteristiği kontrol grafiğinin seçimi açısından önemli bir yapıya sahiptir. Kontrol edilen kalite karakteristiği belirsizse klasik kontrol grafiği kalite özelliklerini açıklamada ve süreci değerlendirmede yetersiz kalacaktır. Bu çalışmada süreç kontrol grafiklerinin oluşturulmasında bulanık mantığın kullanımı ve bulanık kalite kontrol grafiklerinin bir uygulama ile gösterimi amaçlanmıştır.

Çalışmanın birinci ve ikinci bölümlerini İSK, Bulanık mantık ve Bulanık kontrol grafikleri hakkındaki teorik bilgiler; üçüncü bölümünü ise Denizli ilinde yer alan bir tekstil firmasında (USBAR Tekstil Tic. A.Ş.) yapılan uygulama oluşturmuştur. İSK çalışmalarına yakın zamanda başlayan firmadan iki aylık gözlem değerleri alınmış ve analizler bu veriler üzerinden yapılmıştır. Kontrol grafiklerinin çizimi klasik kontrol grafikleri ve bulanık kontrol grafikleri olmak üzere iki ana kategoride yapılmıştır. Veri setine uygunluğu nedeniyle klasik kontrol grafiklerinin çiziminde u-kontrol grafikleri kullanılmıştır. Bulanık kontrol grafiklerinde ise belirsizlik içeren dilsel ifadelerden hareketle bulanık mod, bulanık orta değer, bulanık değişim aralığı yaklaşımları ve yeni bir yaklaşım olarak Gülbay ve Kahraman (2006) tarafından önerilen “Direkt Bulanık Yaklaşımı (DBY)” uygulanmıştır. Bu yaklaşımlar α -kesim ile geliştirilip; bulanık verilerin taşıdığı özelliklerin kaybolmaması için bulanık ortamda değerlendirilmiştir.

Çalışmanın son bölümlerinde çizilen grafiklerin sonuçları bir arada verilip; karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonucu u-kontrol grafiklerinde kontrol dışı nokta sayısının bulanık kontrol grafiklerine göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca u-grafiklerindeki “kontrol altında” ve “kontrol dışı” kararlarına alternatif olarak “kısmen kontrol altında” ve “kısmen kontrol dışı” gibi kararlar verilebilmektedir. Bulanık kontrol grafikleri ile hatalar işletmede kullanılan dilsel ifadelere göre ağırlıklandırılmış olup karar vermede istenilen esnekliğin sağlanabildiği görülmüştür.

ABSTRACT

FUZZY LOGIC APPROACH IN STATISTICAL PROCESS CONTROL AND AN APPLICATION

On the study of Statistical Process Control (SPC), the control chart selection is important to control the quality characteristic. If the quality characteristic is uncertain, classical control chart will be inadequate to explain and evaluate the process quality. In this study, to establish the process control charts the use of fuzzy logic and to display fuzzy control charts with an application is aimed.

In the first and second part of the study has included the theoretical information of SPC, fuzzy logic and fuzzy control charts; in the third part of the study has included of the application consisted of a textile company located in Denizli. Values were two-month observation has been taken from the company has recently began the work of SPC and analysis has been made based on these data. Plotting control charts and fuzzy control of classical control charts were made in two main categories. Because of appropriateness of the data set the u-control charts are used for drawing graphs of classical control. Fuzzy control charts, including the linguistic expressions of uncertainty motion fuzzy mode, fuzzy median, fuzzy midrange and a new approach to change in the range by Gülbay and Kahraman (2006) proposed by the "Direct Fuzzy Approach (DBY)" was applied. These approaches have been developed with α -cut; fuzzy data in fuzzy environment, carried traits were assessed as not to lose.

The results of the last parts of the study, a combination of graphics, whether drawn, comparisons were made. Comparisons of control points as a result of the u-control charts were greater than the statistics of fuzzy control. In addition, u-graphics decisions such that "under control" and "out of control", as an alternative "partially under control" and "partially out of control" can be given such decisions. Fuzzy control charts marked used in business decision making was weighted according to the desired the linguistic expressions, may have been provided flexibility in decision-making was required.

ÖNSÖZ

İstatistiksel süreç kontrolünde bulanık mantık yaklaşımı konulu tez çalışmam boyunca fikirlerimi sürekli destekleyen ve yaklaşımlarıyla bana ışık tutan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ'e, çalışmalarım sırasında işletmelerinin kapısını bana açan, Tekstil Mühendisi Serdar BASEV'e, manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim Nilgün KAYACAN ve Eylem ASLANGİRAY'a, bugüne değin beni her konuda destekleyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

GİRİŞ

Günümüz rekabet ortamında işletmelerin birbirlerine göre avantajlı olmalarını sağlayan en önemli araçlardan biri kalitedir. İstatistiksel tekniklerden yararlanarak ürün kalitesini gösteren ve kontrol eden metoda İstatistiksel Süreç Kontrolü (İSK) denilmektedir. Kontrol grafikleri İSK tekniklerinden biridir. Kontrol grafikleri belirlenen niteliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için sürecin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Kontrol grafiklerinin uygulamaları, ilk olarak 1920'lerde W.A. Shewhart tarafından başlatılmış ve günümüzde farklı disiplinlerle bütünleştirilerek gelişimini sürdürmektedir.

İSK çalışmalarında, kontrol edilecek kalite karakteristiği kontrol grafiğinin seçimi açısından önemlidir. Kontrol edilen kalite karakteristiği sayısı birden fazla ve kalite ile ilgili özellikler dilsel ifadelerle belirleniyorsa klasik kontrol grafiği kalite özelliklerini açıklamada ve süreci değerlendirmede yetersiz kalacaktır. Çünkü klasik kontrol grafiklerinin oluşumunda değişkenlere ait verilerin kesin ve tam bilindiği varsayılır. Ancak günlük hayatta karşılaşılan problemler her zaman kesin ve net bilgilerle ifade edilmeyebilir. Kesin ve tam bilginin olmadığı süreçlerin kontrolü için kullanılacak iki yöntem vardır; bunlardan birincisi karar vermenin rassal yapısını inceleyen olasılık teorisi, ikincisi insan düşüncesinin öznelliğini temsil eden bulanık kümeler teorisidir.

Zadeh (1965) tarafından geliştirilen bulanık kümeler teorisi, belirsizliğin modellenmesinde kullanılır. Kalite ile ilgili özellikler dilsel ifadelerle belirlendiğinde süreci kontrol etmenin yollarından biri de bulanık kontrol grafikleri olacaktır. Kontrol grafiklerinde bulanık kümeler teorisinin kullanılması Wang ve Raz (1990) ile başlanmış olup, Kanagawa vd. (2003) ile geliştirilmiştir. Gülbay ve Kahraman (2006) ise "Direkt Bulanık Yaklaşım (DFA)" adını verdikleri yeni bir yöntem geliştirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, süreç kontrol grafiklerinin oluşturulmasında bulanık mantığın kullanımı ve bulanık kalite kontrol grafiklerinin bir uygulama ile gösterimidir. Bu amaçla öncelikli olarak birinci bölümde kalite ve kalite kontrol kavramı ile kalite kontrol tekniklerine yer verilmiştir. Kalite ve istatistik bilimi arasındaki ilişki vurgulanarak istatistiksel süreç kontrol tekniklerinden kontrol grafikleri incelenmiştir.

İkinci bölümde belirsizlik ve bulanık mantık kavramlarına değinilmiş, bulanık mantığı hazırlayan gelişmeler ve bulanık mantığın hangi alanlarda kullanıldığı örneklerle açıklanmıştır. Bulanık mantık ile ilgili temel kavramlardan bahsedilerek bulanık kontrol grafikleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde çalışmada izlenen metodoloji verilip; Denizli ilinde yer alan bir tekstil firmasındaki (USBAR Tekstil Tic. A.Ş.) üretim süreci anlatılarak firmadan alınan iki aylık gözlem değerleri ile u-kontrol grafikleri çizilmiştir. Kesin ve tam bilginin olmadığı durumlarda uzmanların tecrübelerine dayanılarak kararlar alınmaktadır. Süreçte mevcut olan belirsizliklerin ve dilsel değişkenlerin tespit edilmesi ile bulanık küme teorisine dayanan bulanık kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Bulanık kontrol grafikleri çizilirken; bulanık mod değeri, bulanık orta değer, bulanık değişim aralığı yaklaşımları ve Gülbay ve Kahraman (2006) tarafından geliştirilen “Direkt Bulanık Yaklaşımı (DBY)” uygulanmıştır. Bu yaklaşımlar α -kesim ile geliştirilip; bulanık verilerin taşıdığı özelliklerin kaybolmaması için bulanık ortamda değerlendirilmiştir. Son olarak kullanılan yöntemlerin sonuçları bir arada verilip; karşılaştırmalar yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ

Günümüzde işletmelerin, faaliyet gösterdikleri pazarda pay sahibi olabilmeleri, sahip olabildikleri payı koruyabilmeleri ve marka olabilmeleri için üretim yönetimi ve müşteri ilişkilerinde başarılı olmaları ve bununla birlikte fiyat ve kalite yönünden rakiplerinden üstün olmaları gerekmektedir. Bu nedenle, kalite kavramı ve kaliteye yönelik uygulamalar her geçen gün önem kazanmaktadır. Ürün ya da hizmetin beklenen kaliteye sahip olup olmadığı, değişen teknolojinin kaliteyi ve maliyetleri nasıl etkilediği, planlanan çalışmaların uygulanmasıyla kalitenin gelişip gelişmediği ve maliyetler üzerindeki etkisi ancak kalite kontrol uygulamaları ile ortaya çıkarılabilir.

Kaliteye verilen önemle birlikte süreçlerde yapılan tüm iyileştirmeler ve standartlara uyum çalışmaları, ürünlere kalite ve hatasız üretim, müşteriye ise beklentilerin ve tatminin sağlanması şeklinde yansımaktadır. Çalışmanın bu bölümünde kalite ve kalite kontrol kavramları; bunların özellikleri, kalitenin tarihsel gelişim ve değişim süreci, istatistiksel süreç kontrolü ve kontrol grafiklerine ilişkin bilgiler verilir; tekstil sektöründe yapılan kalite kontrol uygulama örnekleri ile bu uygulamaların sektör için önemi vurgulanmıştır.

1.1. Kalite ve Kalite Kontrol Kavramları

Kalite kavramı, tüketicinin bulunduğu sosyal ve ekonomik çevre, yaşadığı ülke ve buna bağlı olan coğrafi etkenler, teknoloji, dini yapı ve gelenekler, yaş ve buna benzer farklı özelliklere bağlı olarak değişen öznel bir kavramdır. Bu sebeple kalite farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Genel olarak bir malın veya hizmetin algılanan yetkinlik düzeyi olarak tanımlanabilen kalite kavramına ait farklı tanımlar Tablo 1.1'de yer almaktadır.

Kalite kavramı karşılaştırmalara dayanarak hakkında yorum yapılabilen bütünsel bir kavramdır. Bütünsel olması; kaynakların verimli kullanımını, ürün ve hizmetin kullanım uygunluğunu, müşteri gereksinimlerine uygun üretim ve hizmet anlayışını egemen kılmasını beraberinde getirir ve böylece işletmelerin kamusal sorumluluklarını gerçekleştirmelerini sağlar.

Tablo 1.1 Kalite Tanımları

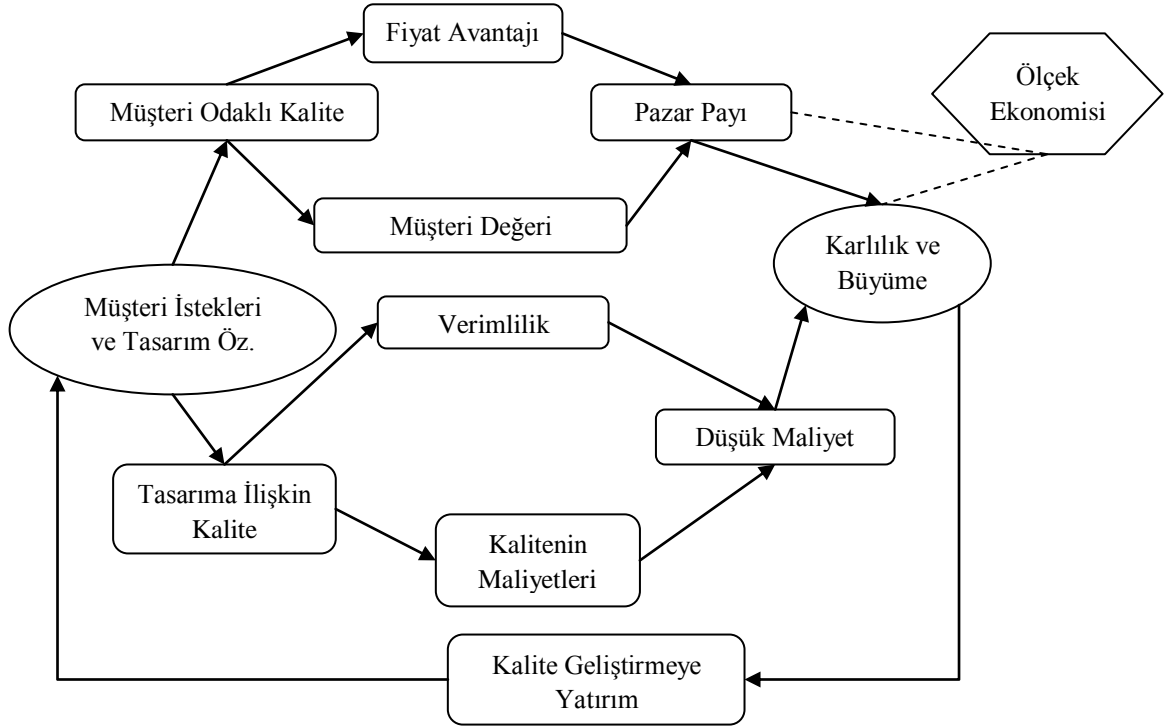
Kalite Tanımları
<p>Kalite İle İlgili Kuruluşların Tanımları;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Amerikan Kalite Kontrol Derneği (ASQC); Bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerinin tümü, • Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu (EOQC); Belirli bir malın veya hizmetin, tüketicinin isteklerine uygunluk derecesi, • Alman Standartlar Enstitüsü (DIN); Bir ürünün öngörülen ve şart koşulan gereklere uyum yeteneği, • Japon Sanayi Standartları Komitesi (JIS); Ürün ya da hizmeti ekonomik bir yoldan üreten ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemi.
<p>Kalite İle İlgili Çalışmalar Yapan Bilim Adamlarına Göre Tanımlamalar;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taguchi (1965); Kalite ürünün toplumda neden olduğu minimal zarardır, • Deming (1968); Kalite gereksinimleri tatmin edebilme kapasitesidir, • Gilmore (1974); Kalite özel bir ürünün, özel bir müşterinin gereksinimlerini karşılama derecesidir, • Crosby (1979); Kalite ihtiyaçlara uygunluktur, • Feigenbaum (1983); Kalite bir ürünün tasarım ya da özelliklere uygunluk derecesidir, • Price (1985); Kalite ilk defada doğruyu yapmaktır, • Deming (1986); Kalite mevcut ve gelecekteki müşteri gereksinimlerinin karşılanması için gayret etmektir, • Juran (1988); Kalite kullanıma uygunluktur, • Kono (1993); Kalite insan gereksinimlerinin karşılanması ve hatta aşılmasıdır, • Kavakoğlu (1990); Yaratılan kalite, müşterinin gerçek gereksinimini müşteriden de iyi bilip bunu karşılamaktır.
<p>Standartlarda Kalite Tanımları</p> <ul style="list-style-type: none"> • TSE (TS-ISO 9005); Bir ürün ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek gereksinimleri karşılama yeteneğine dayanan özelliklerin toplamıdır.

Kaynak: Doğan, 2000, <http://enm.blogcu.com/kalite-uygulamalarinin-isletmelerin-rekabet-gucune-etkisi-4/9091643>

Tablo 1.1’de verilmiş farklı tanımlamalardan da anlaşılacağı üzere kalite, ancak ürünün fonksiyonuna diğer bir deyişle hizmet ettiği amaca göre bir anlam taşıyabilir. Dolayısı ile kaliteyi çok genel olarak amaca uygunluk derecesi şeklinde tanımlamak mümkündür. Burada amaç ürünü kullanacak olan kişinin gereksinmesine ve ödeme olanaklarına göre belirlenir. O halde bir mamulün kalitesinden söz edilebilmesi için öncelikle iki temel faktörün yani fonksiyon veya kullanım amacının ve fiyatının göz önüne alınması gerekir (Kobu, 1987, s.11).

1.1.1. Kalitenin Özellikleri ve Boyutları

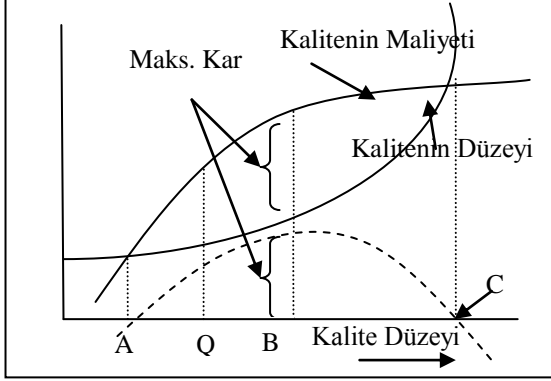
Endüstriyel kuruluşlar, daha öncede ifade edildiği gibi pazar payını kaybetmemek için kalitesiz ürün üretmemeye özen göstermektedirler, bu sebeple kalite kavramı üretim sürecinden sonra takılan bir aksesuardan çok daha fazlasını ifade etmektedir. Şekil 1.1'de görüldüğü üzere kalitenin üretim sürecinde yaratılabilmesi için, bütünsel bir kalite sistemi gerçekleştirilmelidir. Müşteri odaklı kalite, fiyat avantajı ve müşteri değerleri ile birlikte pazar payında artış sağlayacaktır. Düşük maliyet ve pazar payındaki artış karlılık ve büyümeyi beraberinde getirecektir. Bu bütünselliğin sağlanması işletmenin performansına bağlıdır. Diğer bir deyişle kalite işletmenin performansının bir göstergesidir.



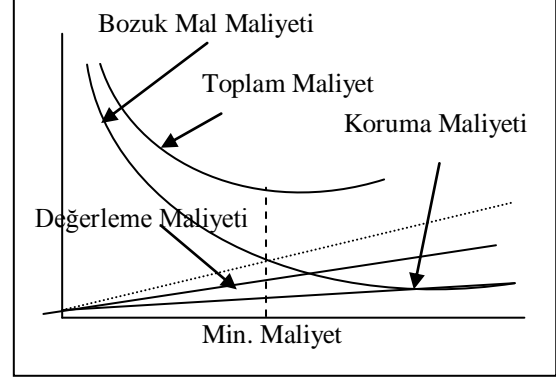
Şekil 1.1 Kalite Döngüsü (Doğan, 2000, <http://enm.blogcu.com/kalite-uygulamalarinin-isletmelerin-rekabet-gucune-etkisi-4/9091643>)

Kalitenin iki yönü vardır. Birincisi tasarım kalitesi, ikincisi ise uygunluk kalitesidir. Tasarım kalitesi mamulün fiziksel yapısını, kimyasal özelliğini, performans özelliklerini içine alan bir boyut olup; ağırlık hacim, biçim, şekil ve dayanıklılık gibi ölçülerle belirlenir. Tasarım kalitesi ile belirlenen spesifikasyonlara, üretim esnasında uyma derecesi uygunluk kalitesidir. Kalitenin özelliklerine değinmeden önce kaliteyi oluşturan her iki unsurunda işletmeye belirli bir kalite maliyeti yüklediğini vurgulamak gerekir. Tasarım kalitesi; ürünün tasarım aşamasından ilk örnek aşamasına kadar ki kalite maliyetlerini içine alır. Bozuk mal yüzdesi azaldıkça ve kalite etkinliği arttıkça; tamir, onarım ve iade masrafları, işçilik kayıpları

ve müşteri şikâyetleri azalacaktır. Buna karşılık ölçme, değerlendirme, koruyucu ve önleyici kalite maliyetleri artış gösterecektir. Şekil 1.2 ve Şekil 1.3 tasarım ve uygunluk kalitelerini özetlemektedir.



Şekil 1.2 Tasarım Kalitesinde Maliyetler
(Kobu, 1987, s.22)



Şekil 1.3 Uygunluk Kalitesini Etkileyen Maliyetler
(Kobu, 1987, s.23)

Şekil 1.2’de kalitenin maliyeti tüketicinin ürüne verdiği değer A ve C noktalarında kesişmektedir. Bu noktaların dışında tüketici ürünü tercih etmeyecektir. En uygun bölge bu noktalar arasındadır. Şekil 1.3’de ise değerlendirme maliyeti ile bozuk mal maliyeti bir noktada kesişir ki bu nokta toplam maliyeti minimum yapan noktadır. Kalite için önemli olan iki temel unsur doğru yönetildiği sürece katlanılan maliyetlerde önemli ölçüde azalmaktadır.

Kalitenin özellikleri şu şekilde özetlenebilir (Efil, 1999,s.18);

- Kalite önlemedir: Sorunlar ortaya çıkmadan önce çözümlerini oluşturur, ürün ve hizmetlerin yapısına tasarım yoluyla üstünlük ve kusursuzluk katar.
- Kalite müşteri tatminidir: Ürün ve hizmetlerin ne kadar iyi olduğu konusundaki son kararının verdiği memnuniyettir.
- Kalite verimliliklidir: İşlerini yapabilmek için gerekli eğitimden geçen, gereksinim duyduğu araç-gereç ve talimatlarla desteklenen personelden elde edilir.
- Kalite esnekliktir: Talepleri karşılamak için değişmeyi göze almak ve bu konuda istekli olmaktır.
- Kalite etkili olmaktır: İşleri çabuk ve doğru olarak yapmaktır.
- Kalite bir programa uymaktır: İşleri zamanında yapmaktır.
- Kalite bir süreçtir: Süregelen bir gelişmeyi kapsar.

- Kalite bir yatırımdır: Uzun dönemde bir işi ilk defada doğru olarak yapmak, hatayı sonradan düzeltmekten daha ucuzdur.

Kalite oluşturmaya çalışırken; kalitenin değişik açılardan algılanmasına yardım eden çeşitli boyutlar vardır. Kalitenin çeşitli açılardan incelenmesinde en kapsamlı çalışmalardan birini yapan Garvin, tüketicinin algıladığı kaliteyi sekiz boyutta incelemektedir (Top, 2009, s.15);

1. Performans: Bir ürünün temel işlev özellikleri anlamına gelen performans, örneğin bir otomobil için hız, konfor; bir televizyon için renk, ses, görüntü vb. özellikler olabilmektedir. Hizmet işletmelerinde ise performans servis hızı ve bekleme zamanının azlığı ile ölçülebilir. Ürünün performans özellikleri genellikle ölçülebilen özellikleri içerdiği için benzer ürünler arasında performans açısından nesnel bir sınıflandırma yapılabilmektedir.
2. Özellikler: “Özellik” kelimesi bir ürünün temel fonksiyonunu tamamlayan kavram olarak nitelendirilebilir. Kalitenin bu boyutu için, havayolu şirketinin uçuşlarda verdiği ücretsiz ikramlar; çamaşır makinesinin pamuklu ya da yünlü programı örnek olarak sayılabilir.
3. Güvenilirlik: Ürünün kullanım ömrü içerisinde kendisinden beklenen tüm fonksiyonları tam olarak yerine getirip getirmediğinin ölçütüdür. Ölçülebilen bir özellik olan güvenilirlik, ortalama ilk bozulma zamanı, bozulma süreleri arasındaki dönem vb. olabilir. Kalitenin güvenilirlik boyutu, bozulma sürecinde geçen zaman önem kazandıkça ve bakım/onarım maliyetleri arttıkça daha belirleyici bir faktör olmaktadır.
4. Uygunluk: Uygunluk ürünün tasarımının ve işleyiş özelliklerinin önceden belirlenmiş standartlara uyup uymama derecesidir. Uygunluk, kalitenin teknik boyutu hakkında tüketici veya kullanıcıya fikir vermektedir. Aynı zamanda uygunluk, istatistiksel kalite kontrolde ürünle ilgili özelliklerin nominal değerden sapma oranıdır. Bu oran hedeflenen nominal değere ne kadar yakın olursa ürün, tasarım spesifikasyonlarını o derece iyi karşılar ve uygunluk açısından kaliteli bir ürün olarak algılanır.
5. Dayanıklılık: Bir ürün veya hizmetin kullanım ömrünün uzunluğudur. Genellikle alıcılar ürün dayanıklılığının belli koşullarda test edilerek yazılı olarak onaylanmasını istemektedirler. Teknolojik açıdan dayanıklılık, bir ürünün deformasyona uğrayıncaya kadar olan kullanım süresini ifade etmektedir. Örneğin, bir elektrik ampulünün lityum teli yandığında değiştirilmesi gerekmektedir. Tamiri olanaksızdır.

6. Hizmet Görme Yeteneği: Kalitenin altıncı boyutu hizmet görme yeteneği, yani hız, çabukluk, nezaket, yeterlilik, ehliyet ve tamir edebilme kolaylığı olarak ifade edilmektedir. Tüketiciler ürünün bozulma olasılığı ile birlikte, ürünün serviste kaldığı süreyi, servisin randevularına ne kadar sürede cevap verdiği, servis personelinin ilgisi ve servisin sorunlara doğru çözümler bulabilme özelliklerine de önem vermektedirler. Ürünle ilgili problemlere doğru cevaplar ve çözümler bulunamaması, şirketin şikâyetleri ele alma süreci, tüketicilerin ürün ve hizmet kalitesini değerlendirmelerini etkilemektedir.
7. Estetik: Estetik, tüketicilerin beş duyusuna hitap eden ürün özellikleridir. Başka bir deyişle, ürünün kullanıcının beklentilerine uygun bir estetik yapıyı sağlayabilmesidir. Renk, ambalaj, biçim gibi özellikler ürünün performansını doğrudan etkilememekle beraber, tüketici beğenilerine yönelik estetik özellikler olarak nitelendirilebilir.
8. Algılanan Kalite: Tüketiciler her zaman ürünün tüm özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi sahibi değildirler ve böyle durumlarda dolaylı bir takım ölçütler karar vermelerinde önemli rol oynamaktadır. Reklam faaliyetlerinde yaratılan ürün imajı, marka imajı gibi faktörler ürün kalitesinin tüketici tarafından olumlu veya olumsuz algılanmasında oldukça önemlidir. Örneğin; televizyon üretimi konusunda uzun yıllar önderlik yapmış bir firmanın yeni çıkartacağı bir ürünün de, bu markaya güvenen tüketicilerin büyük bir bölümü tarafından kaliteli olarak algılanmasını sağlayacaktır.

Her dönem kendine özgü kalite açılımları geliştirmiştir. Kalitede bu güne kolay gelinmemiştir. Kalite anlayışı zaman içinde değişim ve gelişim göstermiştir ve göstermeye de devam etmektedir. Bu sebeple çalışmanın ilerleyen bölümünde kalitenin geçirdiği tarihsel süreç incelenecektir.

1.1.2. Kalite Kavramının Değişim ve Gelişimi

Kalite ile ilgili kayıtlar M.Ö. 2150 yılına kadar gerilere gider. Ünlü Hammurabi yasalarının 229'uncu maddesinde; "Eğer bir inşaat ustası bir kişi için ev yapar ve bu evi yeterince sağlam yapmaz ve ev, sahibinin üstüne çökerek onun ölümüne neden olursa kötü yapımdan dolayı (kalitesizlikten) o ustanın başı uçurulur" gibi yaptırımsal ifadelere rastlanmaktadır (Bolat, 2000, s.4).

Türklerde de kalite kavramının literatüre girişı oldukça eskidir. Kalite kontrolü 13. yüzyılda Ahi Evran tarafından kurulan esnaf örgütleri ve ahilik ocakları ile sıkı bir şekilde

uygulanmaya başlamıştır. Alım satım işlerinde ortak davranma, kazançta belirli katılımlar biçiminde ortaklık ve standartlaşma gibi kalite konularında temel kalite ilkeleri geliştirmişlerdir. Köylere kadar yayılan bu kurumlar ve kuruluşlar üyelerine ve çalışanlarına çalışma zevki, meslek disiplini, iş ve kalitede dürüstlük gibi değerleri kazandırmıştır (Top, 2009, s.8).

Kalite kavramıyla ilgili düşüncelerin kaynağı üretimdeki kalite olgusuna dayanmaktadır. Üretim kalitesi ve standartları ile ilgili çalışmaların çoğu 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başında hızlanmıştır. Tablo 1.2’de bu çalışmalarla ilgili bilgiler yer almakta olup; bilgiler kalite anlayışının zamanla uğradığı değişikliği göstermektedir.

Tablo 1.2 Kalite Kavramının Değişim ve Gelişimi

<p>1700’ler</p> <p>1700-1900 Kalite daha çok zanaatkarların kişisel çabalarıyla belirlenmekteydi. Eli Whitney, standardizasyon ve montaj hattında birbiri ile değiştirilebilir parçaların tanıtımını yapar.</p>
<p>1800’ler</p> <p>1875 Amerikalı makine mühendisi Frederick W. Taylor (1836-1915) işleri daha küçük ve daha kolay yapılabilir parçalara ayırarak, daha karmaşık ürünlerin ve süreçlerin uygulanmasında ki ilk uygulamayı yapar. Daha sonra Frank Bunker Gilbert (1868-1924) ve Henry Laurence Gantt (1861-1919) yönetim bilimi açısından Taylor’a katkıda bulunurlar.</p>
<p>1900’ler</p> <p>1900-1930 Henry Ford montaj hattında üretkenlik ve kaliteyi geliştirmek için özgün çalışma metotları uygular ve hatsız montaj, kontrol ve süreç muayenesi kavramını geliştirir.1901 İlk standartlar laboratuvarı Büyük Britanya’da kurulur.</p> <p>1907-1908 AT&T sistematik muayene ile ürün ve malzeme testlerine başlar ve 1920’de şirket, muayene ve testleri yapmak, ürün güvenilirliğini ve kaliteyi sağlamak için kalite departmanlarını kurar. B.P. Dudling İngiltere’de General Elektrik firmasında, elektrik ampullerinin kalite kontrolü için ilk kez istatistiksel metotları kullanır</p> <p>1924 Aslen fizikçi olan Walter A. Shewhart, Bell Telefon Laboratuvarı’nda ilk kez kontrol grafiklerini kullanmaya başlar. 1928 kabul edilebilir örnekleme yöntemi, H.F. Dodge ve H.C. Ronning tarafından Bell Telefon Laboratuvarları’nda geliştirilir.</p> <p>İngiltere’de kraliyet istatistik kurumu “Endüstriyel ve Zirai Araştırma Bölümü”nü kurar ve 1935’de İngiliz Standartları 600 kullanıma girer.</p> <p>1940-1943 Amerika savaş birimi süreç bilgilerini analizde kontrol grafiklerinin kullanımı için bir rehber yayınlar. Büyük Britanya’da istatistiksel metotlar ve kalite kontrol üzerine tedarik ve danışmanlık bakanlığı kurulur.</p> <p>1945 Japon Standartları Birliği Kurulur. 1946 Farklı kalite kurumlarının birleşmesi ile “Amerikan Kalite Kontrol Kurumu” kurulur. “Japon Bilim Adamları ve Mühendisleri Birliği (JUSE)” kurulur ve 1948 Prof. Genichi Taguchi Japonya’da ilk deneysel tasarım çalışmalarına başlar. 1949 Japonya’da Endüstriyel Standardizasyon Kanunu yürürlüğe girer.</p>

1950'ler

1950 Prof. Dr. Kaoru Ishikawa sebep sonuç diyagramlarını tanıtır. Eugene Grant ve A.J. Duncan tarafından istatistiksel kalite kontrolde klasik testler ortaya konulur.

1957 Dr. Joseph M. Juran ve Frank M. Gryna'nın Kalite Kontrol El Kitabı ilk defa yayılır. Aynı yıl Amerikalı Dr. Armond V. Feigenbaum Toplam Kalite Kontrolle ilgili ilk makalesini yayınlar.

1959 J. Stuart Hunter editörlüğünde Technometrics (fizik, kimya ve mühendislik bilimleri için istatistik dergisi) kurulur. 1959'de S. Robert, üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama kontrol grafiklerini tanıtır.

1960'lar

1961 Dr. Armond V. Feigenbaum "Toplam Kalite Kontrolü" kitabının ilk baskısını yayınlar. Aynı yıl "Kalite ve Verimlilik Uluslararası Konseyi" Büyük Britanya'da İngiliz verimlilik konseyinin bir bölümü olarak kurulur. 1962'de Prof. Kaoru Ishikawa tarafından 1950'li yıllardan beri yürütülen çalışmalar, Kalite Kontrol Çemberleri kavramı ile birlikte sunulur.

1965 Japonya'da kayıtlı kalite çemberi sayısı 3700'e ulaşır. İstatistiksel kalite kontrol kursları "Endüstri Mühendisliği" akademik programlarında yaygın olmaya başlar. Philip B. Crosby tarafından geliştirilen "Sıfır Hata Programları" belirli Amerikan sanayi kollarında tanıtılmaya başlanır.

1970'ler

Büyük Britanya'da NCQP ve "Kalite Güvence Enstitüsü" birleşerek "İngiliz Kalite Kurumu"nu meydana getirirler. Kuzey Amerika'da "Kalite Çemberleri" ile ilgilenilmeye başlanır.

1980'ler

Endüstriyel dizayn metodu tanıtılır ve büyük organizasyonlar tarafından adapte edilir. 1984 Amerikan İstatistik Kurumu (ASA) kalite ve verimlilik üzerine AdHoc komitesi kurulur.

1986 Masaaki Imai, "Kaizen-Japonya'nın Rekabetçi başarısının Anahtarı" kitabını yayınlar ve. Kaizen değişim yönetiminde temel ilkelerden biri olarak kabul edilir.

1990'lar

1991 Amerikan Motorola şirketi sürekli gelişme için "Altı Sigma" yaklaşımını kullanmaya başlar. Dünyada ISO 9000 sertifikaları büyük ilgi görmeye başlar.

2000'ler

Kalite ödüllerine olan ilgi ve itibar artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde Toplam Kalite Kontrol çalışmaları yaygınlaşmaya başlamıştır.

Kaynak: Montgomery (2001, s.9-11) ve Gümüšoğlu (2000, s.5-9) alınan bilgilerden derlenmiştir.

Kalitenin tanımlarından biri de önceden belirlenmiş standartlara uygunluk olduğuna göre, kaliteyi ölçmek ve ölçüm sonuçlarının standartlarla olan farklılıklarını tespit etmek gerekir. Ölçüm sonuçları ve standartlar arasındaki farklılık kaliteyi önemli derecede etkilemektedir. Kalitenin ölçümünün ve standartlara uyumunun denetimi kalite kontrol fonksiyonunu oluşturur.

1.1.3. Kalite Kontrol

Kalite kontrolü, Milletlerarası Standartlar Teşkilatı (ISO) tarafından şöyle tarif edilmektedir (Kartal, 1999, s.2-3); Geniş anlamda, “*Kalite Kontrolü; kaliteyi korumak, geliştirmek ve üretimi alıcının tatmin olacağı en ekonomik seviyede sürdürmek için uygulanan bir işlemler dizisidir*”. Dar anlamda ise; “*Kalite Kontrolü, bir malın spesifikasyonlarına uygunluğunu denetlemek, doğrulamak işlemidir*”.

Kalite kontrol süreci, üretim performansı ile ilgili plan ve ürün özelliklerinin belirlenmesini, standartlardan sapmaların hesaplanmasını, olumsuz sapmaların düzeltilmesini veya etkilerinin azaltılmasını sağlayacak düzeltici eylemlerle standartların iyileştirilmesini ve standartlar arası uyumun sağlanmasını öngörür (Top, 2009, s.20-21).

Bir ürünün beklenen kalite seviyesine erişebilmesi için eldeki olanaklar çerçevesinde işletme politikaları, üretim yöntemleri, yararlanılabilir teknolojik imkânlar göz önüne alınmaktadır. İşletmeler istenen kalite seviyesini yakalamak ve sürdürmek için kalite kontrolünden faydalanılmaktadır. Kalite kontrolünün amaçları Tablo 1.3’teki gibidir.

Tablo 1.3 Kalite Kontrolünün Amaçları

Tüketici isteklerini mümkün olan en ekonomik düzeyde karşılayan mamulü üretmek.	Gelişmiş kalite standartları oluşturmak.
<ul style="list-style-type: none"> • İşin başlangıçta doğru yapılmasını sağlamak, • Mamul kalite düzeyini arttırmak, • Daha ucuz ve kolay işlenebilir malzeme araştırmak, • Üretimdeki darboğazları gidermek, • İşçilik maliyetini azaltmak, • Malzeme kayıplarını ve ıskartayı azaltmak, • Çalışan- yönetici ilişkilerini geliştirmek, • Müşteri şikâyetlerini tespit edip, azalmasını sağlamak, • İç piyasada yerli mamule güvenin artmasını sağlamak; dış piyasada rekabet gücü kazanmaya çalışmak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaliteyi ilgilendiren maliyet, performans ve güvenilirlikle ilgili standartları oluşturmak, • Mamul kalitesinin standartlara uyumunu sağlamak, • Gerekli düzeltici kararların alınmasını sağlamak, • Yeni yöntem ve teknolojik imkânları araştırmak.

Kalite kontrolü hakkında bahsedilmesi gereken bir diğer konu ise kalite ve istatistik bilimi arasındaki ilişkidir. Bu ilişkinin öneminden bahsetmeden önce kalite uygulamalarında meydana gelen değişimden söz etmek gerekir. Kalite anlayışının zaman içinde değişime uğradığı daha önceki konularda bahsedilmişti. Buna bağlı olarak kalite uygulamaları da

zaman içinde değişime uğramıştır. Bu değişimin dört farklı aşamada gerçekleştiği söylenebilir.

Kalite kontrolün oluşmasını sağlayan ilk aşama muayene ile hataların tespiti aşamasıdır. Bu aşama ile hatalı ürünlerin tespiti sağlanmıştır ki bu bakımdan muayene aşaması tüketiciyi koruyan bir aşamadır. Bunun üzerine üretici kendisini koruyan bir sistem ihtiyacı duymuş ve kalite kontrol aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada standartlar geliştirilmiş, standartlardan sapmalar istatistiksel metotlarla tespit edilmeye başlanmıştır. Bir diğer aşama kalite kontrol sürecinin geniş bir aşaması olarak kabul gören Toplam Kalite Kontrolü (TKK) aşamasıdır.

TKK, tüketici ihtiyaç, beklenti ve isteklerinden başlayarak satış ve satış sonrası hizmetleri de içine alan ve müşterinin tam tatminini hedef alarak kalite amaçlarına erişmek için sürdürülen tüm faaliyetlerdeki sistematik bir bütünlüğü ifade eder (Top, 2009, s.21). Kalite uygulamalarının ulaştığı son aşama ise Toplam Kalite Yönetimi (TKY) aşamasıdır. Bu aşamada süreç ve insan odaklı yönetim anlayışı gelişmiş olup sürekli gelişme hedeflenmiştir. Bu dört aşama Tablo 1.4'de daha ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Kalite kontrol uygulamalarında bahsedilen aşamalarda, kalitenin ölçülmesi ve sürekliliğinin sağlanması açısından istatistiksel metotlardan yararlanılmaktadır. Üretim sürecinde gerçekleşen aksaklıkların ve ürün özelliklerinde meydana gelen değişimin (standarttan sapma) iki temel sebebinin olduğu söylenebilir. Bunlardan biri tesadüfi, diğeri ise sistematik değişimlerdir. Bu değişimlerin kontrolü istatistiksel yöntemlerle yapılabilmektedir.

Kalite kontrol faaliyetlerinin uygulanmasında istatistiksel yöntemler iki amacın yerine getirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Bunlardan ilki işletmeye giren ve işletmeden çıkan hammadde, yarı mamul ve mamul malzemelerin kontrol edilmesi ve denetlenmesidir. Diğeri ise üretim süreçlerinin belirlenen noktalarındaki üretimi kontrol etmektir. İstatistiksel süreç kontrolü bu bağlamda hata ve kusurların en aza indirilmesinde, standartlara bağlılığın ve uygunluğun denetlenmesinde bir araçtır (Top, 2009, s.22).

Kalite kontrol uygulamalarında istatistiğin önemli olduğu bir diğer hususta şudur; ürünlerin tek tek kontrol edilmesi, yani %100 muayene, çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Zira bu muayene oldukça masraflı olmakla beraber, bazı hallerde bütün birimlerin tahrip edilmesine sebep olmaktadır. Bu durumda örneklemeye gidilir. İmalattan belirli sayıda ürün alınır ve bunların kontrolü neticesinde üretim hakkında karar verilir. Örnekleme için ne kadar örnek

alınması gerektiği ve alınan örnek büyüklüğünün sonucu etkileyip etkilemediği sorularına istatistiksel metotlarla yanıt verilebilmektedir. Böylelikle istatistiğin, kalite kontrolünde kullanılan en önemli araç olduğu söylenilebilir (Kartal, 1999, s.4).

Tablo 1.4 Kalitede Kimlik Değişimi

Belirleyici Özellikler	Muayene	İstatistiksel Kalite Kontrolü	Toplam Kalite Kontrolü	Toplam Kalite Yönetimi
Temel İlke	Meydana Çıkarma	Kontrol	Eşgüdüm, işletme	Süreç ve insan odaklılık, süreç geliştirme
Kaliteye Bakış Açısı	Çözülmesi gereken bir problem	Çözülmesi ve işlenmesi gereken bir problem	Tasarım aşamasında yaratılan unsur, kalitesizlik ise ortaya çıkmadan önlenmesi gereken bir problem	Koşulsuz müşteri tatmini
Vurgu	Standart ürün	Muayenenin azaltıldığı standart ürün	Tüm üretim hattında tasarımdan pazarlamaya tüm hatlarda ve fonksiyonel gruplarda kalitesizliğin azaltılması	Başta yönetim süreçleri olmak üzere tüm süreçlerde kalitenin paylaşılan vizyon olması ve birey kalitesinin artırılması
Yöntem	Örnekleme ve Ölçme	İstatistiksel araçlar ve teknikler	Programlar ve sistemler	Yönetim anlayışı ve sistemi
Kalite Uzmanlarının Rolü	Muayene	Sorunu saptama ve istatistiksel yöntemlerin uygulanması	Kalitenin ölçülmesi, planlanması ve programı	Kalitenin oluşturulmasında sinerjinin sağlanması
Kalite Sorumlusu	Muayene bölümü	Üretim ve mühendislik bölümü	Üst yönetim, tüm bölümler	Üst yönetim, tüm bölümler ve işletmedeki tüm bireyler
Temel Yaklaşım	Kalitede muayene	Kalitede kontrol	Kalitede yapılanma	Yaratılan kalite

Kaynak: Doğan, 2000, <http://enm.blogcu.com/kalite-uygulamalarinin-isletmelerin-rekabet-gucune-etkisi-4/9091643>

Tablo 1.4’de de anlaşılacağı gibi giderek değişen müşteri beklentileri ve buna bağlı olarak değişen kalite anlayışı ile birlikte muayene ile sağlanmaya çalışılan kalite denetim sisteminde istatistik bilimine ihtiyaç duyulmuştur. Kalite ile ilgili uygulamalarda istatistiksel yöntemlerin yanı sıra birçok araç ve teknik kullanılmaktadır.

1.2. Kalite Kontrol Teknikleri

Kalite kontrol teknikleri, ürün ve kalite geliştirme adına gerçekleştirilecek TKY ve eş zamanlı mühendislik uygulamaları çerçevesinde yürütülen çalışmalara çözüm üretmekte

kullanılan araçlardır. Bu araçlar, üretim sürecinde kalite geliştirmeye katkıda bulunmak ve aynı zamanda ürün geliştirme çalışmalarında kullanılırlar (Taptık ve Keleş, 1998, s.52).

Kalite ve ürün geliştirme sürecinde kullanılacak teknik sayısı oldukça fazladır. Ancak gerek uygulamada, gerekse yönetim aşamalarında çok daha sık karşılaşılan uygulamalar JUSE tarafından ortaya konulmuştur. Tablo 1.5'te yedi kalite (7K) ve yedi yönetim (7Y) olarak kategorize edilmiş bu araçlara yer verilmiştir.

Tablo 1.5 Kalite Kontrol Teknikleri

7 Kalite Aracı (7K)	7 Yönetim Aracı (7Y)
Akış Diyagramları	Afinite Diyagramı
Sebepler-Sonuç Diyagramı	İlişkiler Diyagramı
Histogram	Ağaç Diyagramı
Veri Toplama (Çetele) Diyagramı	Süreç Karar Diyagramı
Pareto Analizi	Matris Diyagramı
Kontrol Kartları/ Grafikleri	Matris- Veri Analizi
Dağılım Diyagramı	Ok Diyagramları

Kaynak: Taptık ve Keleş, 1998, s.55

Tablo 1.5'te sınıflandırılmış kalite kontrol tekniklerinin yanı sıra beyin fırtınası, ağırlıklı oylama, anketler, önceliklendirme matrisi, Gantt grafikleri vb. birçok yöntem kalite geliştirme aracı olarak literatürde yer almaktadır. Ancak çalışmanın bu bölümünde bu yöntemlerden en çok kullanılanlarına kısaca değinilecektir.

Kalite kontrol teknikleri özellikle uygulama sürecinde problemlerin belirlenmesine ve çözülmesine yönelik bilgi ve veri üretimini kolaylaştırmak ve sistematik bir biçimde bu bilgileri değerlendirme amacına yönelik tasarlanmışlardır. Söz konusu teknikler sayısal ve görsel nitelikleri yardımı ile olayların kolay anlaşılmasına ve yorumlanmasına olanak verirler. Bu tekniklerin kullanım alanları Tablo 1.6'da belirtilmiştir.

Tablo 1.6 Kalite Tekniklerinin Kullanım Alanları

Amaç	Kullanılacak Teknik
Sorunlarda öncelik sırasının belirlenmesi.	<ul style="list-style-type: none"> • Akış Diyagramı • İşaret Çizelgesi • Pareto Diyagramı • Beyin Fırtınası • Nominal Grup Tekniği
Sorunun ne olduğu, nerede meydana geldiği, ne zaman meydana geldiği ve etki alanının belirlenmesi.	<ul style="list-style-type: none"> • İşaret Çizelgesi • Pareto Diyagramı • Histogram
Sorunun olası bütün nedenlerinin saptanması.	<ul style="list-style-type: none"> • İşaret Çizelgesi • Pareto Diyagramı • Dağılım Diyagramı • Neden- Sonuç Diyagramı • Beyin Fırtınası
Sorunun ana nedenlerinin saptanması.	<ul style="list-style-type: none"> • İşaret Çizelgesi • Pareto Diyagramı • Dağılım Diyagramı • Nominal Grup Tekniği • Beyin Fırtınası
Etkin ve uygulanabilir çözümün geliştirilmesi ve uygulama planının hazırlanması.	<ul style="list-style-type: none"> • Beyin Fırtınası • Çubuk Grafikleri • Yönetim Değerlendirmesi
Çözümün uygulamaya konması ve gerekli prosedürlerle grafiklerin düzenlenmesi	<ul style="list-style-type: none"> • Pareto Diyagramı • Histogram • Kontrol Grafiği

Kaynak: Doğan, 2000, <http://enm.blogcu.com/kalite-uygulamalarinin-isletmelerin-rekabet-gucune-etkisi-5/9091650>

1.2.1. Akış Diyagramı

Akış diyagramları, bir ürünün ve/veya sürecin oluşumunda takip edilen adımların ucuca eklenmesi ile ürünlerin ve/veya süreçlerin oluşum öykülerinin oluşturulmasına yarayan bir kalite aracıdır. Akış Diyagramları; makro akış diyagramları, dikey akış diyagramları, İş akış diyagramları, geliştirme akış diyagramları olarak farklı sınıflara ayrılabilir (Taptık ve Keleş, 1998, s.63). Akış diyagramı, süreçte geliştirilebilecek faaliyetlerin kolayca belirlenebilmesini ve çalışanların süreci daha kolay anlamasını sağlar.

1.2.2. İşaret Çizelgesi / Çetere Tablosu

Frekans dağılımı da denilen basit bir veri gruplama yöntemidir. İşaret çizelgesinin temel amacı, dağınık bir şekilde toplanan verilerden ilk bakışta daha fazla bilgi elde etmek üzere verilerin alt ve üst sınırları belirlenerek sınıflara ayrılması, bu sınıflar arasında kalan üretim miktarının sayılması ve uygun şekilde hazırlanmış bir forma işlenmesi esasına dayanır. İşaret çizelgesi kusurlu ürünlerin dağılımı, sınıflandırılması hakkında da bilgi sağlanması ve verilerin dağılımlarının görülmesine yardımcı olur. İşaret Çizelgesi için kullanılacak formlar kalite karakteristiklerini ve imalatın yapısına göre düzenlenmelidir. Basit bir yöntem olması nedeniyle hemen her türlü üretim ve süreçte kullanılabilir. İşaret Çizelgesi, olayların ne kadar sıklıkta tekrarlandığına yanıt vermek için en basit yöntemdir (Yücel, 2007, s.8).

Bir otomobilin montajı sırasında ortaya çıkan uygunsuzluklara ilişkin işaret çizelgesi Tablo1.7'de örnek olarak verilmiştir.

Tablo 1.7 Örnek Bir İşaret/Çetere Çizelgesi

İşaret Çizelgesi		
Ürün No: Otomobil 405		
Kontrol Sayısı: 1000 adet		
Uygunsuzluk Tipleri		Çetere Toplam
Çatlak	////////	10
Çizik	////.....////	42
Leke	////	6
Gerilme	////...../	104
Aralık	//	14
Küçük Delik	//////////	20
Diğerleri	////////// ///	4
Toplam		200

Kaynak: Yücel, 2007, s.8

1.2.3. Pareto Diyagramı/ Analizi

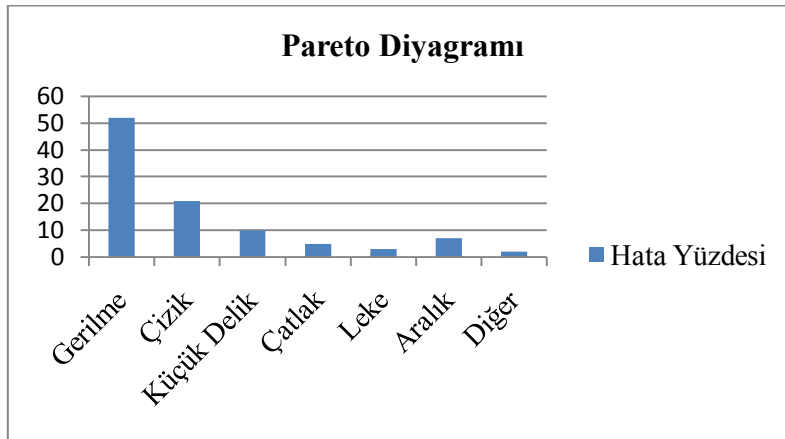
Uygulamada 80- 20 ilkesi veya kuralı olarak da bilinir ve problemlerin kaynaklarının %80'inin tüm problemlerin %20'sini oluşturan basit nedenleri ortadan kaldırmakla çözümlenebileceği öngörülür. İşletmelerin yönetim körlüğü gibi durumlarında kritik noktaların tespit edilip gerekli düzeltmelerin yapılmasına yardımcı olan bir tekniktir (Akın, 1998, s.57).

Pareto analizi üç aşamada yapılır. Bu aşamalar; (1) verilerin toplanması (analiz ve çözüm için gerekli bilgilerin toplanması), (2) toplanan verilerin sınıflandırılması, (3) grafiğin çizilmesidir. Verilerin anlamlı olacak şekilde yorumlanması için şekillendirilmesi yapılır (Top, 2009, s.135). Pareto analizinde veriler Tablo 1.8’de ki gibi sıralandıktan sonra, her bir hatanın göreceli sıklıklarını göstermek için Şekil 1.4’de ki gibi çubuk diyagramı çizilir.

Tablo 1.8 Pareto Diyagramı İçin Veri Çizelgesi

Uygunsuzluk Türleri	Kusur Sayısı	Kümülatif Toplam	Toplam İçindeki Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Gerilme	104	104	$104*100/200=52$	52
Çizik	42	146	21	73
Küçük Delik	20	166	10	83
Çatlak	10	176	5	88
Leke	6	182	3	91
Aralık	14	196	7	98
Diğerleri	4	200	2	100
Toplam	200	-	100	-

Kaynak: Doğan, 2000, <http://enm.blogcu.com/kalite-uygulamalarinin-isletmelerin-rekabet-gucune-etkisi-5/9091650>



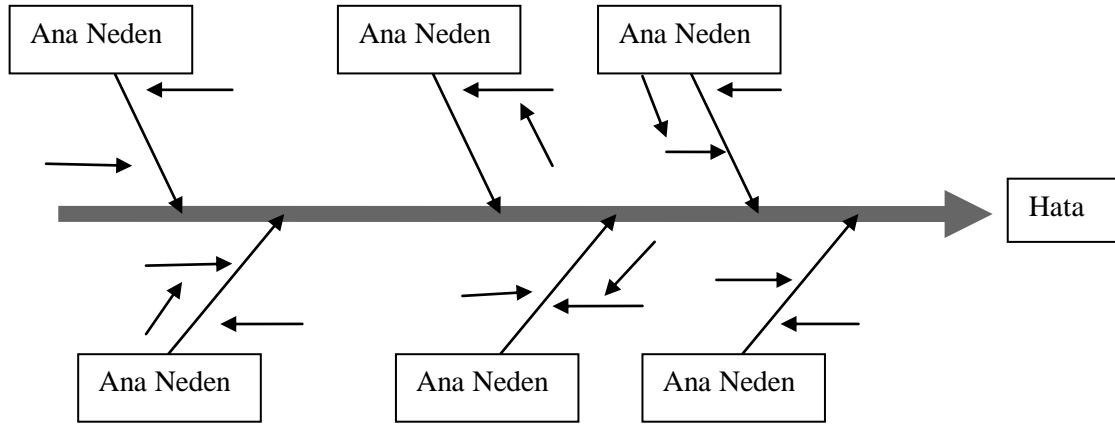
Şekil 1.4 Örnek Pareto Diyagramı

Pareto diyagramını çizerken dikkat edilecek en önemli nokta en sık tekrarlanan kategorinin (buradaki örnekte “gerilme”) en solda yer alması gerekir ve daha sonra diğer kategoriler azalan sırada diyagrama yerleştirilir.

1.2.4. Neden- Sonuç (Sebe- Sonuç) Diyagramı

Neden sonuç diyagramı, süreçte ortaya çıkan bir hatanın muhtemel tüm sebeplerini gösteren bir diyagramdır. Hata belirlendikten sonra, ilgili tüm şahıslar bir araya toplanarak beyin fırtınası uygulanır ve böylece söz konusu hatanın muhtemel sebepleri tespit edilir. Tespit edilen ana sebepler ve ana sebepleri etkileyen yan sebepler bir balık kılıcı şeklinde

gösterilir. Bundan dolayı sebep sonuç diyagramlarına “balık kılıcı” diyagramı da denir (Kartal, 1999,s.40). Neden- sonuç diyagramı genel olarak Şekil 1.5’ de ki gibidir.

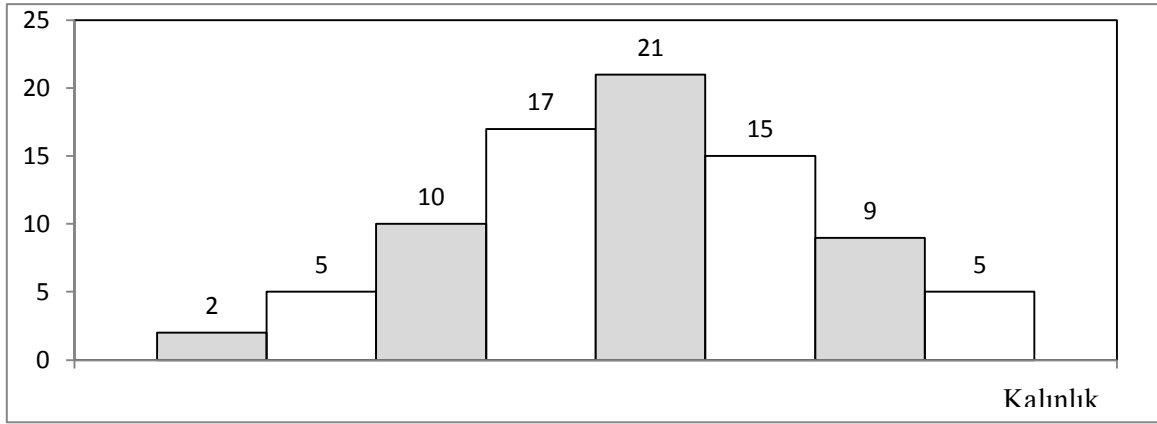


Şekil 1.5 Örnek Neden- Sonuç Diyagramı

Neden- sonuç diyagramının oluşturulmasında ilke, sadece sebebi tanımlamak değil, aynı zamanda temel sebeplerle ilgili süreç adımlarını tanımlamaktır (Taptık ve Keleş, 1998, s.70). Temel sebepler olarak 7M (Man= İnsan, Machine= Makine, Medium= Çevre, Material= Malzeme, Method= Yöntem, Management= Yönetim, Measurability= Ölçülebilirlik) kullanılabilir.

1.2.5. Histogram

Histogram, veri grubunun genel durumunu bir bakışta verebilen kuvvetli bir araçtır. Histogramlar verilerin, görsel olarak incelenebilmesine ve değerlendirilmesine yarayan grafik araçlardır. Histogram, Fransız istatistikçi A.M. Guerry tarafından geliştirilmiştir. Pareto diyagramında bir ürünün çeşitli özellikleri sıklık olarak gösterilir ve birbirleri ile karşılaştırılır. Histogramlar da ise, ürünün yalnızca bir özelliğinin sayısal olarak sıklığı gösterilmektedir. İlgilenilen özellik değişken ve sayısal olmalıdır. Şekil 1.6’da olduğu gibi bir özellik (kalınlık) birbirini izleyen aralıklarla sayısal olarak histogramda işaretlenir. Şekilde de görüldüğü gibi kalınlık dağılımında, ölçü sınırının ortalarında en fazla yığın olduğu görülmektedir. Bu histogram, normal dağılım (çan) eğrisini verir (Yücel, 2007, s.11).

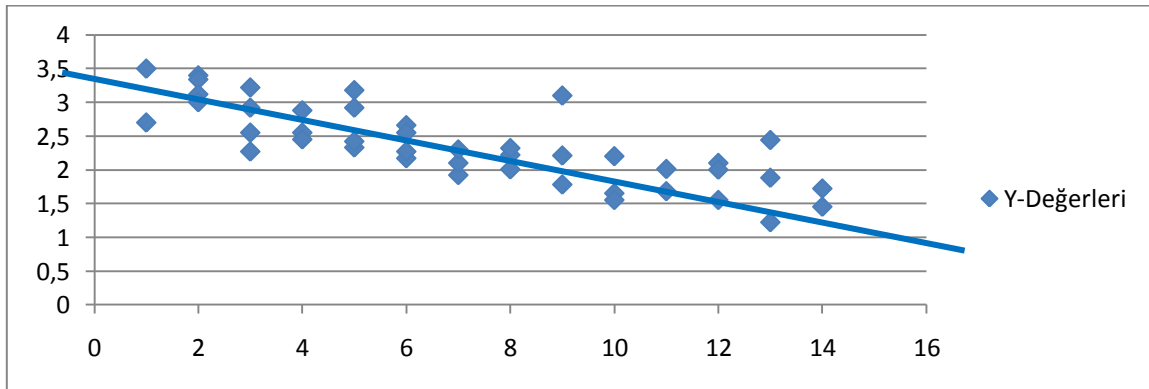


Şekil 1.6 Histogram Örneği

Histogramlar genellikle boyut, ağırlık, sıcaklık gibi ölçülebilir özelliklerin ölçümünden elde edilen verilerin yani çok sayıdaki gözlemin dağılımını ve belirli bir zaman içindeki değişkenliğini; ortalama, mod, medyan, dağılım aralığı, sınıf sayısı vb. istatistiksel büyüklüklerden yararlanılarak görüntülemekte kullanılır.

1.2.6. Dağılım Diyagramı

Dağılım diyagramını iki değişken arasındaki potansiyel ilişkiyi belirlemede kullanılan bir noktama tekniğidir (Kartal, 1999, s.43). Şekil 1.7’de dağılım diyagramına bir örnek verilmiştir.



Şekil 1.7 Dağılım Diyagramı Örneği

Dağılım diyagramlarının kalite kontrolündeki anlamı şudur; kalite özellikleri arasındaki ilişkiler bilinirse, bu özelliklerden biri kontrol altına alındığında diğerinin kontrol altına alınması mümkün olur. Kalite karakteristikleri arasında ki potansiyel ilişki bilinmezse, sürecin kontrol altına alınması maksadı ile bir karakteristikte yapılan ayarlama diğer karakteristikten çıkmasına neden olur (Kartal, 1999, s.43).

1.2.7. Kontrol Grafikleri

Üretimde belirli zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklere “kontrol grafikleri” denir (Kartal, 1999, s.55).

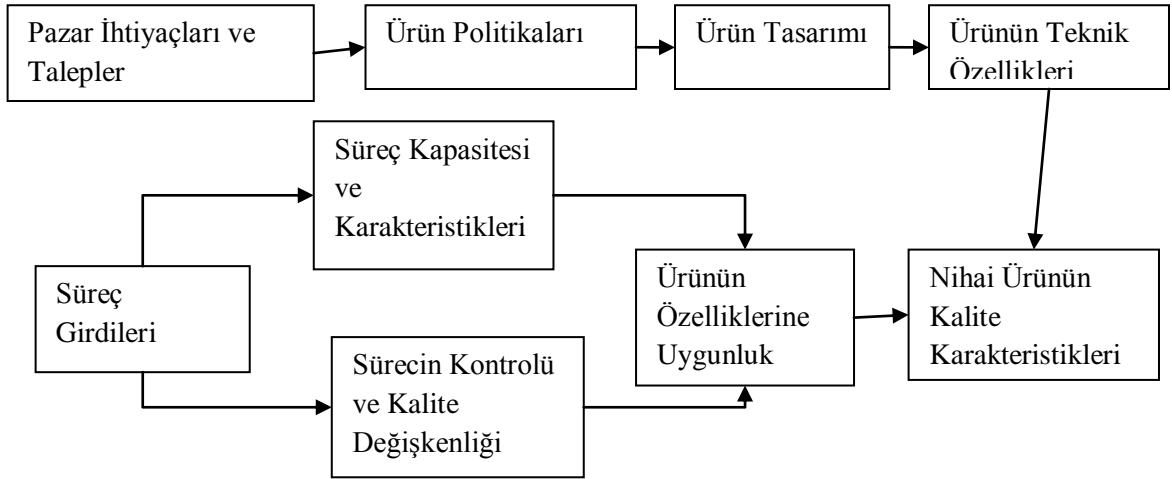
Yukarıda kısaca bahsedilmiş olanların yanı sıra; geliştirme ve iyileştirme çalışmalarını yönlendirmeye olanak sağlayan ve öncelikli konuları aşamalandırmaya yarayan *afinite diyagramları*, süreçteki herhangi bir problemin oluşunda ki en etkin nedenlerin ve bu nedenlerin arasındaki ilişkilerin çözümlenmesini sağlayan *ilişki diyagramları*, hedefleri gerçekleştirmek üzere belirlenen konuları başlıklar altında tanımlayıp, planlanmasını sağlayan *ağaç diyagramları*, iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmeye yarayan *matris diyagramları*, plan ve projelerde neyin yanlış gidebileceğinin belirlenmesi için “eğer” senaryoları üretilmesine yarayan *olasılık diyagramları*, uygulamalar ve görevler arasındaki ilişkileri ayrıntılandırmaya ve sıralı planlar oluşturmaya yarayan *ok diyagramları* ve buna benzer birçok kalite aracı vardır. Ancak çalışmanın konusu açısından “kontrol grafikleri” daha fazla önem taşımaktadır. Bu sebeple ilerleyen bölümlerde bu konuya ayrıntısı ile yer verilecektir.

1.3. İstatistiksel Süreç Kontrolü

İstatistiksel yöntemler, üretim sürecinin iyileştirilmesi ve kusurlu üretimin azaltılması için kullanılan oldukça etkili bir araçtır. Ancak istatistiksel yöntemlerin yalnızca “araç” oldukları ve uygun biçimde kullanılmadıklarında amaca hizmet etmeyecekleri unutulmamalıdır. İstatistiksel yöntemler Japonya'da 1949 yılında yoğun bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Aynı yıl Japon Bilim adamları ve Mühendisleri Birliği (JUSE) bir kalite kontrol araştırma grubu kurarak, istatistiksel kalite kontrol ve istatistiksel yöntemlerin endüstride kullanımını araştırmaya başlamışlardır. Japonya'da kalite çemberleri ve kalite yönetimi teknikleri konularında önemli çalışmalar yapan Ishikawa'ya (1995) göre işletmede karşılaşılan sorunların %95'i basit istatistiksel teknikler kullanılarak çözülebilmektedir (Doğan, 2000, <http://enm.blogcu.com/kalite-uygulamalarinin-isletmelerin-rekabet-gucune-etkisi-5/9091650>).

Genel olarak süreç, bir görevin yerine getirilmesine yönelik, birbiri ile etkileşimli işlemler bütünüdür şeklinde tanımlanabilir. Kontrol, plana göre belirlenmiş amaçlara, hedeflere ve/veya standartlara uygunluğu sağlamaya yönelik çalışmalardır. Dolayısı ile süreç kontrolü; ürün veya sürece ait karakteristiklerin değişkenliğini, önceden saptanmış amaçlara, hedeflere

veya standartlara göre, izin verilebilir sınırlar içinde tutmak amacı ile gözleme, derleme, analiz etme, düzeltme ve sürdürme çalışmalarını içeren dinamik bir yöntemler bütünüdür şeklinde tanımlanabilir (Kuruüzüm, 1986, s.29-30). Süreç kontrolünün üretim sistemi içindeki yeri Şekil 1.8’de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.8 Süreç Kontrolünün Üretim Sistemi İçerisindeki Yeri (Kuruüzüm, 1986, s.37)

Şekil 1.8’e göre pazar ihtiyaçları ve talepleri doğrultusunda ürün politikaları belirlenmektedir. Daha sonra ürünün tasarımı yapılarak teknik özellikleri belirlenmektedir. Aynı zamanda sürecin girdileri açısından, süreç kapasitesi ve karakteristikleri, sürecin kontrolü ve kalite değişkenliklerinin göz önünde bulundurulması ile ürünün özelliklerine uygunluk tespit edilmektedir. Ürünün teknik özellikleriyle ürünün özelliklerine uygunluk tespitinden sonra nihai ürünün kalite karakteristikleri belirlenmektedir.

Bir süreci kontrol etmek için birçok teknik bulunmaktadır. Bunlar; sezgisel teknikler (Gant Şemaları, Özelliklerin Görünüm Muayenesi vb.), istatistiki teknikler (Kabul Örnekleme, Kontrol Grafikleri vb.) ve optimizasyon (Hedef Programlama, Matematik Programlama vb.) teknikleridir (Kuruüzüm, 1986, s.39).

Kontrolün amacı; meydana gelen düzeltilebilir hataları belirleyip düzeltmek ve doğal limitler içerisinde süreç çeşitliliğini sağlamaktır. Bir süreçte kontrol fonksiyon çalışmaları Tablo 1.9’da verilmiştir.

Tablo 1.9 Kontrol Fonksiyonunun Yönetimi

1. Adım	Ölçme İşlemi	Kontrol Edilecek Faktörün Ölçümü
2. Adım	Standart	Sürecin kontrol altında olup olmadığına karar vermek için İstatistiksel analiz kullanımı
3. Adım	Optimum Standartlara Karar Vermek	Optimum seçeneklerinin ve alternatif metotlarının analizi ve değerlendirilmesi
4. Adım	Standartların Kontrolü	Sürecin standart halde çalıştığına dair standart düzenden ne zaman saptığını belirlemek için prosedür ayarları

Kaynak: Buluklu, 2006, s.33

Ölçüm yapılmadan herhangi bir süreci kontrol etmek mümkün olmamaktadır. Süreç için standartları belirlemek önemlidir. Sürecin standartlarında olduğuna karar verilmişse süreç için optimum çalışma şartlarında olup olmadığı değerlendirilip alternatif metotların varlığı değerlendirmeye alınır. Tablo 1.9'da gösterildiği üzere kontrol fonksiyonunun 4. ve son adımı genellikle kontrol grafikleri ile gerçekleştirilmektedir.

1.3.1. Kalite Kontrol Grafikleri

İstatistiksel Süreç Kontrolündeki en önemli ve en çok kullanılan tekniklerden biri kontrol grafikleridir. Kontrol grafikleri aynı zamanda bir kalite kontrol tekniği olduğu için kalite kontrol teknikleri bölümünde kısaca bahsedilmiş olup; istenen özelliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için sürecin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Amacı ele alınan sürecin performansının kabul edilebilir bir kalite düzeyine ulaşım ulaşmadığını tespit etmektir. Kontrol grafikleri sürecin kontrol altında olup olmadığını istatistiksel tekniklerden yararlanarak tespit edilmesini sağlarken aynı zamanda sürecin parametrelerinin tahmin edilmesini, sürecin yeterliliğinin saptanmasını, sürecin geliştirilmesi için kullanılabilecek verilerin elde edilmesini sağlamaktadır.

Her üründe tüketicinin o ürün hakkındaki düşüncesini oluşturan bazı özellikler vardır. Bunlara genelde kalite karakteristiği denir. Kontrol grafikleri bu kalite karakteristiklerindeki değişimleri ölçmeye yarar. Kalite karakteristikleri çeşitli tiplerde olabilir. Örneğin uzunluk, ağırlık, voltaj, sıcaklık vb. fiziksel kalite karakteristikleri söz konusu olabileceği gibi, tat, görünüm, renk gibi duyuşsal kalite karakteristikleri de vardır. Ayrıca güvenilirlik, dayanıklılık gibi zamana bağlı kalite karakteristiklerinden de söz edilebilmektedir (Baray, 2008, s.55). Kalite karakteristikleri ile ilgili bir diğer önemli husus ise karakteristikğin ölçülebilir olup olmamasıdır. Bu özellikler kontrol aşamasında doğru grafiğin seçilmesi açısından önemlidir.

Spesifikasyon limitleri, sistemden toplanan veriler temelinde tespit edilen tolerans limitleri ile karıştırılmamalıdır. Spesifikasyon için, müşteri tatminini sağlayacak ürün tasarımıdır denilebilir. Yani, kalite karakteristiği ile spesifikasyon eşanlamı olarak düşünülebilir. Spesifikasyon, bir işin nasıl yapılacağını belirten ayrıntılı bir talimat veya belirli özellikleri yanılığa meydan vermeyecek açıklıkta ve ölçütlerde tanımlayan bilgilerdir. Sürece ait spesifikasyon limitlerinin belirlenmesinde, sürecin yapısı dikkate alınmaz. Bu limitleri yönetici, mühendis, müşteri beklentileri, ürün tasarımcıları ve geliştiricileri belirler. Yani; spesifikasyon limitleri, süreç parametrelerinden bağımsız olarak hesaplanır (Değerli, 2006, s.69).

Üretim süreçlerinde genel nedenli değişim kaçınılmazdır ve bu değişkenliğin sınırları belirlenmelidir. Bu sınırlar, doğal tolerans limitleridir. Sürecin doğal değişkenliği yani doğal tolerans sınırları, kontrol limitleri tarafından belirlenir. Doğal tolerans limitleri, tek gözlemler için kullanılır; kontrol limitleri ise, alt grup istatistiklerine bağlı olarak kontrol grafikleri üzerinde kullanılır. Aşağıda spesifikasyon limitleri ve doğal tolerans limitleri açısından karşılaşılabilecek durumlar özetlenmiştir (Kumpas, 2006, s.36; Baray, 2008, s.55);

- Doğal tolerans limitleri, spesifikasyon limitlerine göre daha küçüktür. Bu, ideal bir durumdur. Sürecin istenen düzeyde çalıştığını göstermektedir.
- Doğal tolerans limitleri, spesifikasyon limitlerine göre daha geniştir. Bu durumda, spesifikasyon limitlerinin tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Çünkü limitler öyle dardır ki, süreç kontrol altında ve spesifikasyon limitlerinin tam arasında olsa bile limitlerin dışına çıkan bir miktar ürün olacaktır.
- Doğal tolerans limitleri ile spesifikasyon limitleri hemen hemen birbirine eşittir. Bu durumda dikkatli olunmalıdır. Her an hata oluşma riski vardır. Bu riski azaltmak için, sürecin dağılma aralığı daraltılmalıdır. Sürecin her zaman için spesifikasyon limitlerinin merkezinde olması sağlanmalıdır.
- Süreç, tek bir spesifikasyon limitine göre doğru konumlanmamış olabilir. Bu durumda, sürecin dağılma aralığını daraltmak ya da spesifikasyon limitini gözden geçirmek gerekir. Başka bir seçenekse, %100 muayene ile spesifikasyon limitlerini karşılamayan ürünler ayrılabilir. Ancak bu yöntem etkin değildir.

Kontrol grafiklerinin elde edilmesi ve doğru sonuçlar verebilmesi için alınacak örnek büyüklükleri de önem arz etmektedir. Bu sebeple kontrol grafiklerinin etkin kullanımı için süreçten düzenli olarak ve yeterli sayıda veri toplanmalıdır. Kontrol grafikleri sürecin kontrol

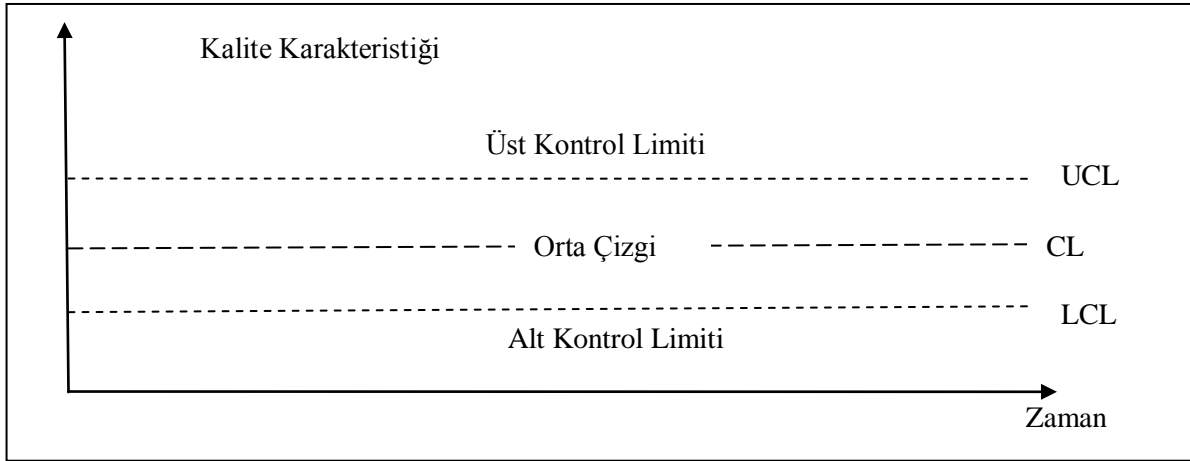
altında olup olmamasını incelediği için hipotez testleri ile yakından ilişkilidir fakat aralarında bazı farklılıklar vardır. Hipotez testleri genellikle varsayımın doğruluğunu test ederken kontrol grafikleri ortalamadan sapmaları belirlemek amacı ile kullanılır. Kontrol grafiklerinde gözlemlenen sapmalar özel nedenlere bağlı ise süreç parametrelerinde farklı tiplerdeki değişimlere neden olabilirler. Örneğin, süreç parametresinin ortalama değeri, özel nedenin etkisi ile aniden yeni bir değer alabilir ve özel nedenin kısa süreli olmasından dolayı yeniden eski nominal değerine dönebilir. Bunun tam terside mümkün olup, özel neden ortalama değerdeki değişimin sürekli olmasına neden olabilir. Sadece ortalama değer özel nedenle kısa süreli değişip tekrar eski değerine dönmesi hipotez test modeli ile uyum sağlamaktadır (Montgomery, 2001, s.156-157).

Kontrol grafiklerinin, kalite kontrol alanındaki uygulama örnekleri (yarar sağladığı alanlar) şöyle sıralanabilir (Kobu, B., 1987, s.96);

- Süreci olumsuz etkileyen faktörlerin bulunmasında kolaylık sağlarlar,
- Mevcut olmadığı halde süreci etkileyen faktör arama hatasına düşmeyi önleyerek zaman tasarrufu sağlarlar,
- Bir tezgâhtan beklenen verimin sağlanıp sağlanmadığını tespit amacı ile kullanılırlar,
- Ürün veya herhangi bir süreçteki değişkenliğin azaltılmasında yararlı olurlar,
- Hatalı parça veya ıskarta yüzdesinin azaltılmasında yararlı olurlar,
- Muayene ve kontrol masraflarının azaltılmasını sağlarlar,
- Spesifikasyon ve şartnamelerin gerçeğe daha uygun bir şekilde tespit edilmesini sağlarlar,
- Metalürjik ve kimyasal süreçlerin kararlı bir hale getirilmesinde yardımcı olurlar,
- Bir süreç veya faaliyet hakkında üst kademelerde daha gerçekçi raporlar verilmesinde yardımcı olurlar,
- Duyarlı ve güvenilir faaliyet kayıtlarının tutulmasında yararlı olurlar,
- Takım kalıp ve tezgâh yenileme sürelerinin tayininde kullanılırlar,
- Araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanılırlar,
- Maliyet ve finansal analizlere yardımcı olurlar,
- Stok kontrolünde kullanılabilirler.

Kontrol grafiklerinin genel yapısına göz atılırsa; süreç ortalamasını temsil eden bir orta çizgi (CL) ve süreç varyasyonu hakkında bilgi veren alt kontrol (LCL) ve üst (UCL) kontrol

limitleri vardır. Temelde kontrol grafiğinin sadece üç çizgiden oluştuğu söylenebilir. Orta çizgi aynı zamanda hedeflenen değer olarak ifade edilebilir. Kontrol limitleri orta çizgiye paralel doğrularla gösterilirler. Şekil 1.9'da örnek bir kontrol grafiğinin yapısı genel olarak verilmiştir.



Şekil 1.9 Kontrol Grafiğinin Genel Yapısı

Kontrol grafikleri ile süreç kontrol edilirken karşılaşılabilecek iki tip hata vardır. I. tip hata; süreç kontrol altındayken, kontrol dışı olduğuna karar vermek ve II. tip hataysa, süreç kontrol dışındayken, kontrol altında olduğuna karar vermektir. I.tip hata yapıldığında, gerçekte süreçte özel bir nedene bağlı bir değişim olmadığı halde süreci durdurup özel bir neden aranıp, belki de gerekli olmadığı halde süreçte birtakım düzeltmeler yapılabilir. II.tip hata yapıldığında ise, gerçekte özel nedenden dolayı kontrol dışında olan sürecin hatalı üretiminin devam ettirilmesi ile ortaya çıkan hatalı ürün maliyetlerinin artmasına yol açılır. Kontrol limitleri genişletildiğinde II. tip hata yapma riski, kontrol limitleri daraltıldığında I. Tip hata yapma riski artar (Montgomery, 2001, s.156).

İki tip hatadan biri tamamen önlenirse bile ikisini birden ortadan kaldırmak mümkün değildir. Örnek büyüklüğünün belirlenmesinde I.tip hata ve II.tip hatayı optimum yapan bir değer bulunması istenir. Bir hata tipinin azaltılması diğer hata tipini artıracaktır. Bu nedenle optimum değer belirlenmesi zor olmaktadır. Genellikle işletmelerde I.tip hata yapmamaya önem verilip I.tip hatanın azaltılması için örnek büyüklüğünün ne olması gerektiği hesaplanmaktadır (Mitra, 1998, s.241-242).

1.3.2. Kontrol Grafiklerinin Sınıflandırılması

Kontrol grafikleri; kontrol edilecek süreç karakteristik sayısına göre tek değişkenli kontrol grafiği ve çok değişkenli kontrol grafiği olarak ikiye ayrılır. Tek değişkenli kontrol grafiğinde üzerinde ölçüm yapılan kalite karakteristiği tekdir. Çok değişkenli kontrol grafikleri ise birden fazla karakteristiğin temsil edildiği grafiklerdir (Özkale, 2004, s.41). Tablo 1.10’da bu ayırım özet olarak verilmeye çalışılmıştır.

Tablo 1.10 Kontrol Grafiklerinin Sınıflandırılması

Kontrol Grafikleri	Tek Değişkenli Kontrol Grafikleri	Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri: Bu grafikler, ağırlık, yükseklik, uzunluk gibi ölçülebilir kalite karakteristiklerinin kontrolü için kullanılırlar.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Shewhart Kontrol Grafikleri, ▪ Birikimli Toplam (Cusum) Kontrol Grafikleri, ▪ Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (Ewma) Kontrol Grafikleri, ▪ Üstel Ağırlıklandırılmış Hareketli Sapmalar (EWMD) Grafikleri ▪ Hareketli Ortalama (MA) Kontrol Grafikleri.
		Özellikler İçin Kontrol Grafikleri: Bu grafikler iyi-kötü, kusurlu- kusursuz gibi ölçülemeyen kalite karakteristikleri için kullanılırlar.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kusurlu Oranı (p) Kontrol Grafiği, ▪ Kusurlu Sayısı (np) kontrol Grafiği, ▪ Kusur Sayısı (c) Kontrol Grafiği, ▪ Birim Başına Kusur Sayısı (u) Kontrol Grafiği.
	Çok Değişkenli Kontrol Grafikleri	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hotelling T^2 Kontrol Grafiği, ▪ Çok Değişkenli EWMA Kontrol Grafikleri, ▪ Çok Değişkenli Cusum Kontrol Grafikleri. 	

Kaynak: Montgomery, 2001, s.455 ve Özkale, 2004, s.40’den alınan bilgilerden derlenmiştir.

Yapılan sınıflandırma kontrol edilen kalite karakteristiğinin bir veya birden fazla oluşuna göre olmasına rağmen hangi grafiğin kullanılacağına karar verilirken bahsedilmesi gereken bir diğer önemli hususta veriler arasında otokorelasyon olup olmadığıdır. Burada sınıflandırmaya dahil edilmemiş olsa da kontrol edilecek kalite karakteristiği verileri arasında otokorelasyon varsa; standart kontrol diyagramlarına, orijinal verilere yada sapmalara ARIMA uygulaması, hareketli orta çizgili EWMA kullanılabilecek kontrol grafikleri arasındadır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde uygulamanın amacına yönelik olarak Tablo 1.10’da sınıflandırılmış olan kontrol grafiklerinden kalite karakteristiği tek olan (tek değişkenli) kontrol grafiklerine değinilecektir.

1.3.2.1. Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri

Uzunluk, ağırlık, yoğunluk, zaman, ısı, hacim, kütle gibi bir alet veya cihaz yardımıyla ölçülebilen ve rakamlarla ifade edilebilen özelliklerdir. Değişkenler için kontrol grafikleri, merkezi eğilimde ve gözlemlerin dağılımında meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak için kullanılır.

Örnek hacmi 1`den büyük olduğu zaman kullanılan grafikler; ortalama (\bar{X}), standart sapma (σ) ve değişim aralığı (R) grafikleridir. Uygulamada en sık kullanılan kontrol grafikleridir. Ortalama grafiği; ortalamadan sapmaları, değişim aralığı ve standart sapma grafikleri ise homojenlikten sapmaları gösterir. Bu grafikler ortalama ile birlikte standart sapma ($\bar{X} - \sigma$) ya da ortalama ile dağılma aralığı ($\bar{X} - R$) çiftleri şeklinde uygulanarak, işlemin hem ortalama hem de değişkenlik bakımından kontrol altında olup olmadığı araştırılabilir. Değişim aralığı R için hazırlanan kontrol grafikleri, standart sapma σ için hazırlanan kontrol grafiklerine oranla daha çok tercih edilmektedir. Çünkü dağılma aralığının hesaplaması ve yorumlaması daha kolaydır (Montgomery, 2001, s.170-171).

\bar{X} -R Grafikleri;

Süreçten alınan örneklerin hacimleri 10`dan küçük olduğunda bu grafik tercih edilir. Süreç kontrol altında olduğu zaman X , μ ortalamalı ve σ^2 varyanslı normal dağılıma sahiptir. \bar{X} , n hacimli bir örneklemin ortalamasını göstermek üzere, süreç kontrol altındayken, μ ortalamalı σ^2/n varyanslı normal dağılıma sahip olur. \bar{X} Grafiği için 3σ sınırları, $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$ olur (Kartal, 1999, s.61).

μ ve σ değerleri biliniyorsa bu limitler belirlenebilir. Genelde bu parametrelerin kesin değerleri bilinmediği için, değerler tahmin edilmelidir. Böylelikle süreçten n hacimli N tane örneklem seçilir. Her örneklem için X_i örneklem ortalaması değerleri hesaplanır. N tane örneklem ortalaması toplanarak μ için;

$$\bar{\mu} = \sum \bar{X}_i / N = \bar{\bar{X}} \text{ bulunur.}$$

Değişim aralıkları R_i , σ 'yı tahmin etmek için kullanılır. Değişkenler için örneklem değişim aralığı R'nin beklenen değerinin standart sapmaya oranı, örneklem hacmine bağlı olan bir sabite eşittir. Bu sabitse d_2 olarak adlandırılır. Yani; $d_2 = E(R) / \sigma$ `dir. d_2 'nin uygun değerleri

hazır tablo değerlerinden elde edilebilir. R'nin beklenen değeri N tane değişim aralığının (R_1, R_2, \dots, R_N) ortalamasından tahmin edilir. Yani; $E(R) = \bar{R} = \sum R_i / N$ dir. Bu durumda $\sigma = E(R) / d_2 = \bar{R} / d_2$ elde edilir. Tüm bu bilgiler ışığında \bar{X} grafiği için tahmin edilen 3σ limitleri; $\mu \pm 3\sigma / \sqrt{n}$ iken $\mu \pm 3\bar{R} / (d_2\sqrt{n})$ olacaktır (Montgomery, 2001, s.210-211);

Burada $3\bar{R} / (d_2\sqrt{n})$ ifadesine A_2 yazılırsa bu limitler;

$$\text{AKL } \bar{x} = \bar{\bar{X}} - A_2 R$$

$$\text{ÜKL } \bar{x} = \bar{\bar{X}} + A_2 R$$

$$\text{OÇ } \bar{x} = \bar{\bar{X}} \quad \text{olacaktır.}$$

Değişen örnek hacimleri için $\bar{R} = d_3\sigma$ olur. \bar{R} kontrol grafiği için limitler aşağıdaki gibi hesaplanır (Gümüšoğlu, 2000, s.118).

$$\text{OÇ } R = \bar{R}$$

$$\text{AKL } R = D_3 \bar{R}$$

$$\text{ÜKL } R = D_4 \bar{R} \quad \text{olacaktır.}$$

A_2 , D_3 ve D_4 değerleri tablo değerleridir. Bunun için hazırlanmış tablolardan örnek büyüklüklerine bakılarak bu değerler öğrenilebilmektedir. R için tahmin edilen alt kontrol limiti, özellikle örneklem hacmi 6 veya daha az ise, negatif olabilir. Bu durumda alt kontrol limiti sıfır alınmalıdır.

$\bar{X} - \sigma$ Grafiği

$\bar{X} - \sigma$ grafiği bir $\bar{X} - R$ grafiğinden daha doğru, kesin sonuçlar ortaya koyar. Alt grup hacmi 10'dan az olduğu zaman her iki grafik aynı değişimi gösterecektir. Ancak alt grup hacmi 10 veya daha fazla olduğunda uç değerler R grafiği üzerinde aşırı derecede bir etkiye sahip olurlar. Bu nedenle alt grup hacmi büyük olan kontrollerde $\bar{X} - \sigma$ grafiği kullanılır. (Besterfield, 2004, s.195). Bazı formüller hariç \bar{X} ve R grafikleri için uygulanan adımlar \bar{X} ve σ grafikleri için de aynıdır. Kontrol limitleri;

$$\text{OÇ } \bar{X} = \bar{\bar{X}}$$

$$\text{AKL } \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_3 s$$

$$\text{ÜKL } \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_3 s$$

$$\text{OÇ } s = \bar{s}$$

$$\text{AKL } s = B_3 \bar{s}$$

$$\text{ÜKL } s = B_4 \bar{s}$$

Burada kullanılan B_4 , B_3 , A_3 örnek büyüklüğüne bağlı değerlerdir ve hazırlanmış tablolardan rahatlıkla bulunabilir.

Anlamli alt gruplar oluşturabilmek önemlidir; bir dönemde bir taneden fazla örnek almanın anlamli olmadığı durumlarda yani örneklem büyüklüğü $n=1$ iken; \bar{X} -MR (hareketli değişim aralığı) grafikleri, üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli ortalamalar (EWMA) ve üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli sapmalar (EWMD) grafikleri ve ya kümülatif toplam (CuSum) grafikleri kullanılır. \bar{X} -MR ve grafikleri değişimin çok küçük olması durumunda süreç ortalaması ve varyasyonundaki değişimi belirlemekte çok etkili olmamaktadır. Bu durumda EWMA veya EWMD grafiklerinin kullanımı daha doğru olacaktır. CuSum grafikleri bir sürecin kesintisiz olarak kontrolünün sağlanması amacıyla etkili olarak kullanılmaktadır. Ani, küçük ve de ısrarlı değişmelerin fark edilmesinde CuSum grafikleri Shewart'ın klasik grafiklerine göre daha duyarlıdır. CuSum grafikleri tek bir tip olmayıp çeşitli ölçüler için mevcuttur (Montgomery, 2001, s.406-409).

1.3.2.2. Özellikler İçin Kontrol Grafikleri

Değişkenler için kontrol grafikleri kaliteyi kontrol etmek ve geliştirmek için çok kullanışlıdır. Ancak uygulamada bazı kısıtlamaları vardır. Birincisi, bu grafikler özellikler dediğimiz kalite karakteristikleri için kullanılamayabilir. Diğer bir kullanım kısıtlılığı ise, bir üretimde pek çok değişken vardır. Her değişken için kontrol grafiği hazırlamak zaman kaybettiren ve yorucu bir iş olacağından özellikler için kontrol grafiği, bu kısıtlamaları minimize edebilir.

“Kusur” ve “kusurlu” terimleri arasında her zaman bir karışıklık olmaktadır. Kusur bir kalite karakteristiğini gösterir ve pek çok kalite karakteristiği bulunduğu için bir birimde pek çok kusur meydana gelebilir. Kusurlu ise tam bir birimi işaret eder. Özellikler için kullanılan iki farklı şekilde kategorize edilirse (Mitra, 1998, s.332);

- Kusurlu parçalar için: Bu gruptaki iki grafik de Binom modeline dayanmaktadır. Kusurlu parçalar için oluşturulan iki grafikten ilki “p grafiği” olup bir alt gruptaki kusurlu oranını gösterir. Diğerisi ise “np” grafiğidir. Birim örnekteki kusurlu birim sayısını belirlemek amacıyla yararlanılır.
- Kusurlar için: Bu gruptaki grafikler ise Poisson dağılımına dayanmaktadır. Grafiklerden birincisi “c” grafiğidir ve incelenen birim içindeki kusurların sayısını

gösterir. Bu gruptaki diğer grafik de ‘u grafiği’ olup bir alt grupta muayene birimi başına kusurlu sayısını belirlemek üzere yararlanır.

p- Kontrol Grafiği

Bir örnekteki hatalı yüzdesini gösterir. Bir süreçteki kusurlu ile kusursuz parçayı kontrol etmek için kullanılır. Kusurlu oranı p (Gümüšoğlu, 2000, s.126);

$$p = \frac{\text{Kusurlu birimin sayısı}}{\text{Kontrol edilen birim sayısı}}$$

formülü ile ifade edilir.

n: Bir alt grupta inceleme sayısı

\bar{p} : Bir örnek grubunun ortalama kusurlu oranı olmak üzere $\pm 3\sigma$ için kontrol limitleri aşağıdaki gibidir:

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

$$\text{ÜKL}_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{OÇ}_p: \bar{p}$$

$$\text{AKL}_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Alt kontrol limiti negatif bir değer çıkması durumunda; pratikte bir anlam taşımaz ve bu değer yerine “0” alınır. $n.p > 1$ sağlanacak biçimde n seçilmelidir. $p > 0.15$ durumunda, genel olarak bir problemle karşılaşıldığı düşünülebilir. Tek bir grafiğin üzerinde herhangi bir ürün için gözlemlenmiş kalite özelliklerinin hepsi için kullanılabilmesi bir avantajdır. p grafiği için veriler, ürünlerin ve partilerin incelenmesi ile elde edilebilir. Böyle bir durumda alt grup hacmi sabit tutulabilir. Örnek büyüklüğü n sabit olabileceği gibi değişken de olabilir (Montgomery, 2001, s.286-287).

Örnek büyüklüğü değişkense bu durumda uygulanabilecek iki yol vardır; ya ortalama bir alt grup hacmi için kontrol limitleri oluşturulur ya da kontrol limitleri her örnek için ayrıca hesaplanır.

np- Kontrol Grafiği

Bir örnekteki hatalı birim sayısını gösterir. Kusurlu oranları yerine kusurlu sayılarıyla ilgilenildiğinde kullanılır. Buradaki tek fark ölçektir. n örnek büyüklüğünü, p ise kusurlu birim yüzdesini göstermek üzere $\pm 3\sigma$ için kontrol limitleri (Smith, 2004, s.374-375):

$$\text{ÜKL} = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1-p)}$$

$$\text{OÇ} = \bar{np}$$

$$\text{AKL} = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-p)}$$

p ve np grafiklerinin amaçları; yaklaşık kalite düzeyini belirlemek, kaliteyi geliştirmek, kalitedeki en ufak bir değişikliği belirlemek, \bar{X} ve R grafiği kullanılması gereken yerleri tespit edebilmek ve müşteriye göndermeden önce bir ürünün kabul kriterini belirlemektir.

c-Kontrol Grafiği

İncelenen parçadaki kusurların sayısını gösterir. c grafiğinde her bir örnekteki toplam kusur sayıları dikkate alınır. Burada, kusurlu/kusursuz yerine ne derece kusurlu olduğu tayin edilmektedir. Bu grafik için örnek büyüklüğünün sabit olması gerekir. $\pm 3\sigma$ için kontrol limitleri (Montgomery, 2001, s.308-309):

\bar{c} : Alt grup kusur sayılarının ortalaması

$\sum c$: Toplam kusur sayısı

n: Alt grup sayısı olmak üzere

$$\text{OÇ}_c = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c}{N}$$

$$\text{AKL}_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{ÜKL}_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

Alt kontrol limitinin negatif hesaplanması durumunda “0” alınır. Kontrol limitleri kesirli hesaplanırsa, en yakın tam sayıya yuvarlanır. c grafiğinde alınan bir örnek üzerinde kaç tane kusur bulunduğu tespit edilir. p Grafiğinde n tanelik bir örnek grubu seçmek gerektiği halde, c grafiği tek bir parça alıp bunun üzerinde kusurların sayısını tespit etmek yeterlidir.

u-Kontrol Grafiği

Her muayene birimindeki ortalama kusur sayısını belirlemek için yararlanılır. Matematiksel olarak c grafiği ile aynıdır. $\pm 3\sigma$ için kontrol limitleri (Montgomery, 2001, s.316);

\bar{u} : Bir örnek grubu için hesaplanan, birim başına düşen ortalama hata

c: Örnek grubundaki herhangi bir birimdeki hata sayısı olmak üzere

$$u = c/n$$

$$\text{ÜKL}_u = \bar{u} + 3 \sqrt{\bar{u}/n}$$

$$\text{OÇ}_u = \bar{u}$$

$$\text{AKL}_u = \bar{u} - 3 \sqrt{\bar{u}/n}$$

olarak hesaplanır. Alt kontrol limitinin negatif hesaplanması durumunda diğer özellikler için kontrol grafiklerinde olduğu gibi “0” alınır. Örnek büyüklüğü sabit olmayabilir; bu durumda kontrol limitleri değişir ve her işaretlenen nokta için yeniden hesaplanır. u grafiğinde kusurların yeri bulunamaz. Örneğin, incelenen dönem içindeki herhangi bir gün 24 kusur bulundu. Bu kusurların hepsi bir birimde de bulunmuş olabilir, 24 ayrı birimde 1’er tane kusur da bulunmuş olabilir. Bu durum u grafiğinin bir sınırlılığıdır, c ve u grafikleri, kusurlu grafikleriyle benzer amaçlara sahiptir.

Burada vurgulanması gereken bir noktada; c ve u-grafikleri hataların kalite üzerinde eşit etki yaratacakları düşüncesi ile oluşturulmuşlardır. Oysa birçok durumda ürünün kalitesini etkileyen hatalar farklı önemlere sahiptirler (Baray, 2008, s.162).

Ayrıca bahsedilmiş olan tüm grafikler genel olarak karşılaştırılmak istenirse şu sonuçlara varılabilir; özellikler için kontrol grafikleri, hataların önlenmesine dayanır. Henüz hiçbir hata meydana gelmemişken, süreçteki olumsuz değişimler konusunda daha duyarlıdır. Dağılım miktarını ve değişimin yönünü gösterirler. Özellikler için kontrol grafikleri, hataların varlığına, görülmesine ve azaltılmasına dayanır. Ancak, belli miktarda hata meydana geldiğinde süreçte olumsuz değişkenlere ilişkin uyarıda bulunur. Hatalı ürünlerin sadece kısmi payını ve dağılımını gösterir. Sürecin yeterliliği konusunda güvenilir bir değerlendirme yapabilmek için örnek miktarının geniş tutulması gerekir.

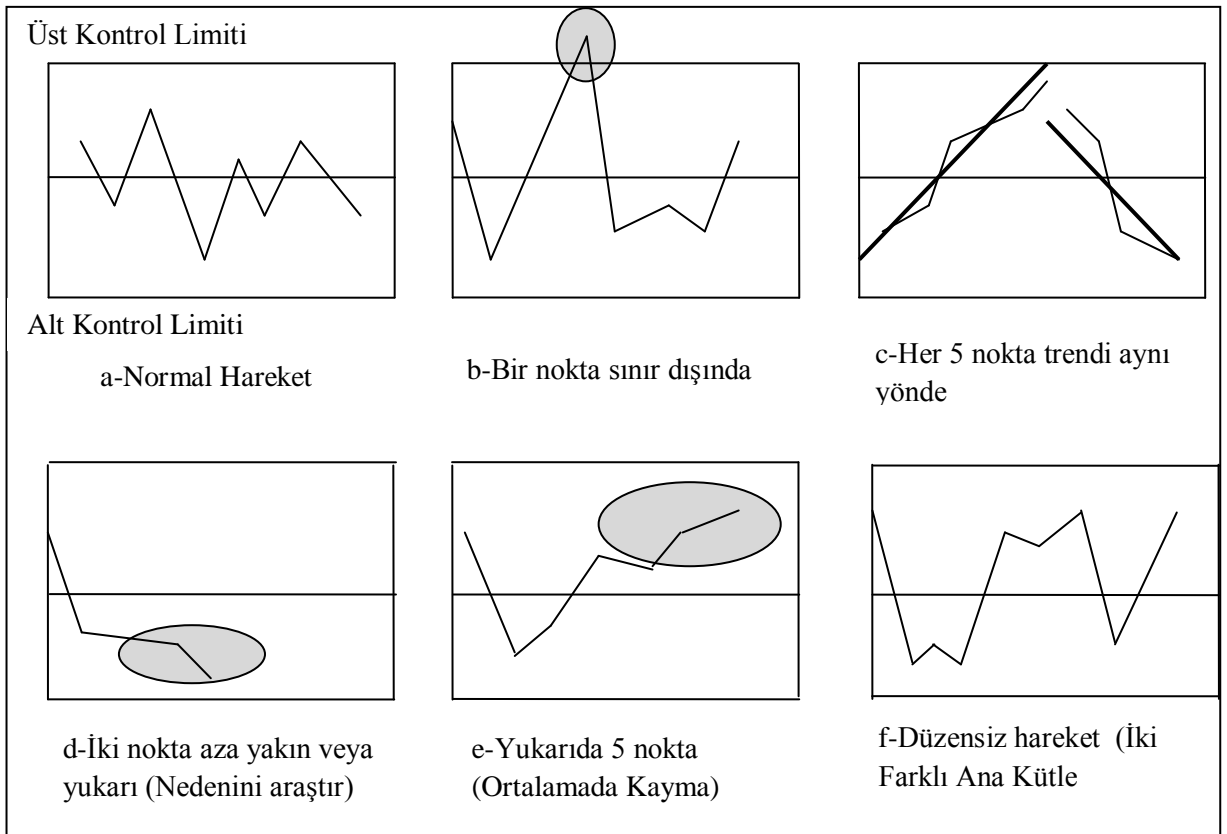
Sürecin Kontrol Altında Olup Olmamasının İncelenmesi

Kontrol grafiğine işlenen noktalar, kontrol sınırları arasında kalacak şekilde uzayıp gidiyorsa sürecin kontrol altında olduğu farz edilir. Ancak ölçüm değerlerini temsil eden bu noktalar kontrol sınırları içerisinde olsa bile, noktalar arasında sistematik bir eğilim gözleniyorsa sürecin kontrol dışına çıkmış olabileceğinden şüphelenilir (Kartal, 1999, s.56). Bir süreç kontrol altında ise, makine ve operatör performansındaki ve materyal karakteristiğindeki küçük değişimler normal kabul edilir.

Sürecin kontrol dışı olması durumu; değişimin özel bir nedeninin olduğunu gösterir. Bu nedenle değişimin özel nedeninin bulunması ve ortadan kaldırılması gerekir. Şekil 1.10'da gözlem değerlerine ilişkin olası durumlara örnekler verilmiştir. Örneklerde görülen durumlar aşağıdaki gibi genelleştirilirse;

- Periyodik iniş çıkışlar,
- Noktaların kararlı bir eğilim göstermesi,
- Sıçramalı kayma, ani değişimler,
- İki farklı ana kütle (limitlerin yakınında ve dışında fazla sayıda noktanın gözlenmesi)

Periyodik iniş çıkışlar gözlemlendiğinde; üretim sürecinde belirli zaman aralıklarında ısı, voltaj, basınç vb. değişikliklerin veya operatör ve makine değişikliğinin olduğu sonucu çıkarılabilir. Noktaların kararlı bir eğilim göstermesi kalite özelliğine göre iyileşme olabileceği gibi daha kötü bir duruma geçilmiş olabileceğinin de sinyalini vermektedir. Farklı ana kütlelerin gözlenmesi, süreçte sık sık ayarlamalar yapılmasından kaynaklanabilir. Süreçte gözlemlenen bu tür değişimler (noktaların orta çizgi etrafında tesadüfi dağılmaması durumu) süreçte sistematik bir hatanın olabileceği sinyalini verir.



Şekil 1.10 Kontrol Sınırları İçerisinde Gözlemlenebilecek Durumlar

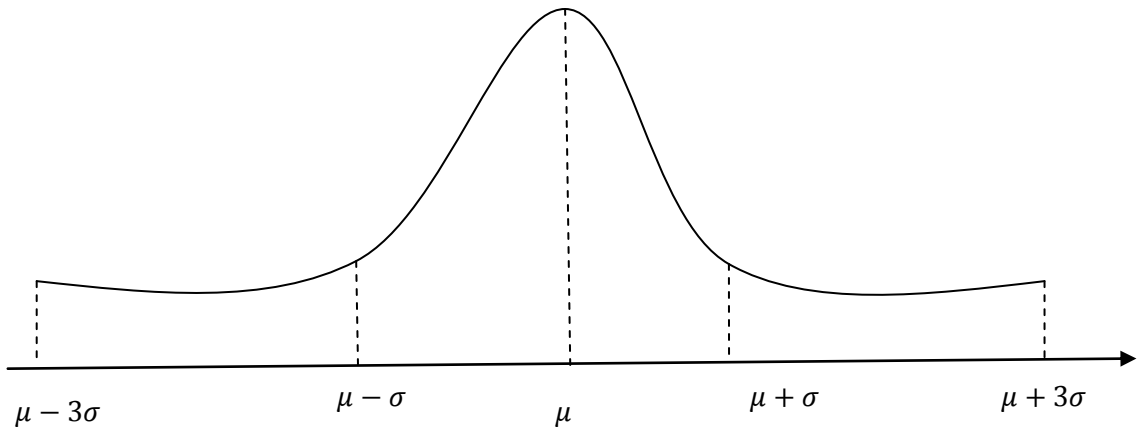
Sürecin kontrol altında olup olmaması durumu için yapılan bir diğer çalışmada AT&T ve Motorola tarafından geliştirilmiştir. Çalışmada belirlenen kurallara göre, herhangi bir kontrol grafiği aşağıdaki durumlardan birini gösteriyorsa süreç kontrol dışıdır (Mitra, 1998, s:249-252).

1. Kontrol limitlerinin dışına bir noktanın düşmesi,
2. Birbirini izleyen üç noktadan iki adedinin $\pm 2\sigma$ alanının birinin dışına düşmesi,
3. Birbirini izleyen beş noktadan dört adedinin $\pm 1\sigma$ alanının birinin dışına düşmesi,
4. Birbirini izleyen yedi noktanın;
 - Merkez çizgisinin üzerinde,
 - Merkez çizgisinin altında,
 - Sürekli bir yükseliş trendinde,
 - Sürekli bir düşüş trendinde olması.
5. Birbirini izleyen on noktadan dokuzunun, iki taraflı olmak üzere $\pm 1\sigma$ alanının içine düşmesi.

Burada belirtilmesi gereken bir noktada; bu kurallar, birbirini takip eden örnek noktalarının bağımsız olduğu kabulüne dayanır. O nedenle, CuSum, EWMA, EWMD ve MR kontrol grafikleri için uygun değildir.

1.3.3. Süreç Yeterlilik Analizi

Süreç yeteneği belirli bir kalite özelliği için değişkenlik ölçüsüdür. Bu değişkenlik zaman boyutunda iki farklı şekilde ele alınabilir. Bunlardan birincisi belirli bir anda var olan değişiklik; ikincisi zaman içinde oluşan değişikliktir. Ortalaması μ , standart sapması σ olan normal dağılım eğrisi Şekil 1.11’de ki gibidir. Böyle bir dağılıma sahip sürecin değişkenlik sınırları $\mu-3\sigma$ ve $\mu+3\sigma$ olarak belirlenebilir (Çolak, 2007, s.39-40).



Şekil 1.11 $\mu + 3\sigma$ İçin Normal Dağılım Eğrisi

Süreç yeteneğinin ölçüsü olarak genellikle 6σ açıklığı olarak tanımlanır ve bu doğal toleranslar olarak adlandırılır. Yeterlilik analizi sonucu, bir makine veya sürecin değişim limitleri önceden tayin edilebilir. Bu yeterliliğin istenilen şartlara uygunluğunu belirlemek için, makine ve süreç yeterlilik olmak üzere iki analiz çeşidi vardır. Yeteneğin korunması aşamasında ise kontrol grafiklerinin oluşturulması ve grafikler vasıtasıyla sürecin kontrol altında olup olmadığının incelenmesi yer almaktadır (Durman ve Pakdil, 2010, <http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o18s3.pdf>).

Süreç yeterliliğinde dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk indisleridir. Cp indisi, şartname limitleri ile süreç kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. Cp indisi aşağıdaki eşitlikteki gibi hesaplanır (Çolak, 2007, s.42);

$$\hat{C}_p = \frac{UCL - LCL}{6\sigma}$$

Cpk indisi ise, süreç ortalamasının hedef değer göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasında konumunu gösterir. Cpk indisi aşağıdaki eşitliklerden hesaplanır.

$$C_{pu} = \frac{UCL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LCL}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \min\{C_{pu}, C_{pl}\}$$

Cp ve Cpk değerlerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Tablo 2.1’de verilen değerler kullanılır. Sonuç olarak Cp ve Cpk’nın 1,33’den büyük olması durumunda süreç yeterliliği sağlanmış olduğundan İSK’nın “yetenek oluşturma” fazı bitirilmiş, “yeteneğin korunması” aşamasına geçilmesi için gerekli ortam sağlanmış olacaktır (Mitra, 1998, s.381). Tablo 1.11’de Cp ve Cpk indislerinin alabileceği değerler ve bu değerlerin anlamları yer almaktadır.

Tablo 1.11 Cp ve Cpk İndislerinin Karar Noktaları

Cp	Anlamları
1.33<Cp	Süreç kapasitesi geniştir; eğer çok geniş ise spesifikasyon veya süreç gözden geçirilmelidir.
Cp=1.33	İdeal durum
1<Cp<1.33	Bu istenen bir durumdur fakat Cp, 1’e yaklaştığında kusurlu birimler oluşabileceği için dikkatli bir kontrol gerekir. Süreç yeterlidir, denilebilir.
Cp<1	Bu durumda, kusurlu birimler oluştuğundan yüzde yüz inceleme, işlem metotlarını değiştirme,... gibi bazı önlemler alınmak zorundadır. Süreç geliştirme faaliyetlerine başlanmalıdır.

Kaynak: Değerli, 2006, s.72

Yeterli bir sürecin sağladığı avantajlar (Çolak, 2007, s.45-46);

- Ürünün her bir parçası kalite yönünden daha uygun olacak ve yeni üretilen parçalar arasındaki farklılıklar azalacaktır.
- Kalite standartlarına, ürün spesifikasyonlarına ve müşteri isteklerine uygun üretimden dolayı, kaliteyi kontrol etmek için örnek hacmi dar olacak ve bunun sonucunda kontrol maliyeti düşmüş olacaktır.

1.4. Tekstil Sektöründe İSK ve Uygulama Örnekleri

Tekstil sektörü doğal ya da sentetik hammaddelerden, yarı mamul ya da mamul mallara kadar çok geniş yelpazede ürün üretilen bir sektördür. Sektörün yapısı üretilen ürünlerin çeşitliliğine de paralel biçimde heterojen bir yapıdadır. Sektörde üretilen ürünler hayatın her aşamasında; ister ev ortamında ister iş ortamında kullanılan ürünlerdir (Alptekin, 2010, s.74). Bu bakımdan tekstil sektörünün, dünya piyasalarında yüksek oranda rekabet gücüne sahip olabilmesi ve ülke ekonomisine büyük katkıda bulunabilmesi, kalitenin geliştirilerek süreç aşamalarında uygulanması ve süreç kontrol çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmıştır. 1.12’de, tekstil sektöründe son yıllarda yapılan kalite ve İSK çalışmalarından örnekler verilmiştir.

Tablo 1.12 Tekstil Sektöründe İSK Çalışmaları

Bek (2008)	Çalışmada; konfeksiyonda süreç ve kalite kontrol incelenmiştir. Konfeksiyondaki kontrol noktaları belirlenmiş ve çalışmanın uygulaması büyük ölçekli bir konfeksiyon fabrikasında yapılmıştır. Bir modelin dikim öncesi, dikim ve dikim sonrası ve yükleme öncesi kontrolleri sonucunda verilerin toplanması ve analizi için istatistiksel süreç kontrol teknikleri kullanılmıştır. Kontrol diyagramı, pareto diyagramı, neden sonuç diyagramları, X, R, P kontrol kartları hazırlanmış ve sürecin yeterliliği kontrol edilmiştir.
Kayaalp (2008)	Çalışmada; orta büyüklükte bir konfeksiyon işletmesinde kalitenin iyileştirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla “istatistiksel kalite kontrol yöntemleri” üç aşamada kullanılmıştır. Bunlar girdi kontrolleri, üretim sırasındaki kontroller ve final kontrolleridir. İşletmedeki kalitenin, rakam ve grafiklerle somut ve görsel hale gelmesiyle takip edilmesinin ve iyileştirilmesinin daha kolay hale geldiği vurgulanmıştır.
Erdoğan (2006)	Çalışmada; kısa elyaf iplik eğirme sürecinde, süreç kontrolüne yardımcı olabilecek bir bilgisayar programı tasarlanmıştır. Bilgisayar programı yazılırken Visual Basic 6.0 programlama dili kullanılmıştır. Programın, süreçlerde meydana gelen hataların görülebilmesine ve yorumlanmasına, ürün kalitesinin durumu ve kalitenin gidişatı hakkında yorum sahibi olunabilmesine imkan sağladığı vurgulanmıştır.
Buluklu (2006)	Çalışmada; tekstil işletmelerinin dokuma bölümünün proses ve kalite kontrolü incelenmiştir. Çukurova bölgesinde bir tekstil işletmesinin dokuma hazırlık ve dokuma bölümü bir arada ele alınmıştır. Her iki bölüme ait proses kontrol parametreleri tespit edilmiştir. Kontrollerin sıklığı, yapılış periyodu ve kapsadıkları süreler belirlenmiştir. Standart dışı durumlar haftalık olarak derlenmiştir. Toplanan veriler için kontrol diyagramları oluşturulmuş ve standart dışı durumlar için de neden- sonuç diyagramları hazırlanmıştır.
Kökçen (2003)	Çalışmada; İstatistiksel Süreç Kontrol kavramı, süreç kontrol çalışmalarında kullanılan temel istatistiksel tekniklerinden Çetele Tablosu, Histogramlar, Pareto Analizi, Neden-Sonuç Diyagramları, Gruplandırma, Dağılım Diyagramları ve Kontrol Grafikleri anlatılmıştır. Uygulama olarak ise Anteks iplik fabrikası seçilmiştir. Sonuç olarak grafik ve tablolar incelendiğinde bazı grafiklerde değerlerin orta çizgi etrafında çok az saçılım yaptığı yani sürecin çok hassas sonuçlar doğurduğunu ve maliyet açısından uygun olmadığı ortaya çıkarken bazı grafiklerde ise periyodik değişimler gözlenmiştir. Bunun nedeni ise sistematik bir hatanın varlığı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca tablolarda incelendiğinde iplik numarası %CV

	değişkeni dışındaki değişkenler, pratikte kabul edilen 1,33 değerinin çok üzerinde olduğundan sürecin yeterli olduğu sonucu çıkarılabilirken iplik numarası %CV değişkeni için elde edilen sonuçlar, pratikte kabul edilen 1,33 seviyesinin çok altında olduğu için sürecin yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece firma yetkilerinin iplik numarası değeri % CV değerlerini kontrol etmeleri gerektiği tespit edilmiştir.
Kang vd. (2001)	Çalışmada; otomatik kumaş değerlendirme sistemi konusunda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada; dokuma kumaş yapısının otomatik olarak analiz edilmesi ve kumaş kalitesini objektif olarak belirleyebilmek için görüntü analizi tekniği kullanılarak çalışma yapılmış ve bununla ilgili bir teknik geliştirilmiştir. Geliştirilen teknikte, sayısal değerlerle istatistiksel analiz yapma olanağı da bulunmaktadır. Bu işlemlerin yanı sıra kumaştaki çözgü ve atkı sıklığı, iplik merkezleri arasındaki uzaklığın ölçülmesi ile tespit edilmiş; kumaş deseni, dokuma yapı parametreleri ölçülmüştür (Buluklu, 2006, s.17).
Kaya (2000)	Bir konfeksiyon işletmesinde oluşturulacak kalite sistemin incelendiği bu çalışmada kalite kavramı, kaliteyi oluşturan unsurlar, kalite değişkenliği, kalite programlarında başarısızlık nedenleri hakkında bilgi verilmiş, konfeksiyonda üretim öncesinde kumaş kontrolleri yapılmış, üretim içindeki 3 örnek incelenmiş üretimdeki hatalara pareto analizi yapılmıştır (Bek, 2008, s.15).

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK MANTIK KAVRAMI VE BULANIK KONTROL GRAFİKLERİ

Günlük hayatta rastgele kullanılan birçok terim genellikle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir şeyi tanımlarken, bir olayı açıklarken, komut verirken ve daha birçok durumda kullanılan sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bu terimlere örnek olarak; *yaşlı, genç, uzun, kısa, sıcak, soğuk, ılık, bulutlu, parçalı bulutlu, güneşli, hızlı, yavaş, çok, az, biraz, fazla, çok az, çok fazla* gibi daha pek çok sözel terim gösterilebilir. Birçok insan bir olayı anlatıp, bir durum karşısında karar verirken bu tür *kesinlik ifade etmeyen* terimler kullanır. Kişinin yaş durumuna göre ona *yaşlı, orta yaşlı, genç, çok yaşlı* ve *çok genç* denir. Yolun kayganlık ve rampa durumuna göre arabanın gaz veya fren pedalına *biraz daha yavaş* veya *biraz daha hızlı* basar. Çalışılan odanın ışığı yetersiz ise onu *biraz artırır*, yeterinden fazla ise *biraz azaltır*. Bütün bunlar insan beyninin belirsiz ve kesinlik içermeyen durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirip, tanımlayıp, komut verdiğiine dair birer örnektir (Altaş, 1999, s.80-85).

Çalışmanın bu bölümünde belirsizlik ve bulanıklık kavramları ayrıntıları ile incelenmiş olup; bulanık mantık ve tarihsel gelişim süreci, bulanık kümeler ve uygulamada kullanılmış olan bulanık kontrol grafikleri ile ilgili temel kavramlara yer verilmiştir.

2.1. Belirsizlik ve Bulanıklık Kavramları

Bulanıklık (mantık, sistem, küme) belirsizliğin bir ifadesi olarak karşılaşılan bir kavramdır. Geçmişte, belirsizliklerin işlenmesi ve anlamlı sonuçlara varılabilmesi için olasılık teorisi kullanılmıştır. Matematik ve mühendislikte bu teori belirsizlik durumlarında istatistik yöntemlerle beraber kullanılır. Bu nedenle de, bütün belirsizliklerin rastgele karakterde olduğu kavramı yaygınlaşmıştır. Rasgeleliğin en önemli özelliği, sonuçların ortaya çıkmasında tamamen şans olayının rol oynaması ve gerekliliği öngörülerin tahminlerin kesin bir doğrulukla önceden yapılamamasıdır. Ancak, bilinen belirsizliklerin hepsi rastgele karakterde değildir. Rastgele karakterde olmayan olayların, örneğin sözel belirsizlikler halinde inceleme ve sonuç çıkarma işlemlerinde olasılık teorisi ve istatistik gibi sayısal belirsizlikleri gerektiren metodolojiler kullanılamaz (Özdamar, 2006, s.104).

“Atahan uzun bir çocuktur”. “Elif güzel bir kızdır”. “100, 1’den çok büyük bir sayıdır”. “Bu yaprak kırmızıdır”. Bunlar, klasik mantık sistemleriyle doğruluğundan söz edilebilmesi güç cümlelerdir. Çünkü ‘uzun’, ‘güzel’, ‘büyük’, ve hatta ‘çok daha’, açık bir şekilde tanımlanmamış, belirsizlik içeren sözcüklerdir. Klasik mantık sistemleri, sadece belirli koşullarda oluşan, kesin doğruluk değerleri “doğru” ya da “yanlış”tan birisine sahip önermelerle ilgilenirler. Belirsizlikle ilgilenmezler. Öyleyse, bu tür cümlelere, akılcı doğruluk değerleri nasıl verilebilir sorusunun yanıtı, sürekli veya dereceli biçimde bir doğruluk, yani ‘bulanık’ doğruluk kavramını kullanmaktır. Bulanık doğruluk kavramı, sıradan doğruluk kavramıyla benzerlikler gösterir, fakat daha geneldir ve uygulama alanı daha geniştir, belirsizliğin, doğruluk ölçütünün keskin bir şekilde tanımlanmamasından kaynaklanan durumlardaki problemlerle uğraşmak için doğal bir yol sağlar (Küçüköncü, 2010, <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/ozbek/bulanik-1.htm>).

Bulanıklığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç gösteren hallerdir. Bulanık mantıktan, karşılaşılan her türlü sorunun karmaşıktır olsa çözülebileceği anlamı çıkarılmamalıdır. Ancak, en azından insan düşüncelerinin incelenen olayla ilgili olarak bazı sözel çıkarımlarda bulunması dolayısı ile en azından daha iyi anlaşılabilmesi sonucuna varılabilir (Şen, 2004, s.10-11).

Matematikselsel olarak “bulanıklık”, “çok-değerlilik” demektir ve kökenleri, kuantum mekaniğindeki “Heisenberg’in konum-momentum belirsizliği ilkesine dayanır (Bu ünlü ilke der ki, bir elektronu gözlerken, konumunu ve hızını aynı anda doğru olarak belirlemek mümkün değildir. Bu iki niceliği aynı anda ölçerken yapılacak hatalar, kabul edilebilir sınırlara çekilemez). Üç değerli bulanıklık, “doğruluk”, “yanlışlık”, ve ‘belirlenemezlik’e ya da ‘varlık’, ‘yokluk’, ve ‘belirsizlik’e karşılık gelir. Çok-değerli bulanıklık, belirlenemezlik ya da belirsizliğin derecelerine, olay ya da ilişkilerin kısmi oluşlarına karşılık gelir (Küçüköncü, 2010, <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/ozbek/bulanik-1.htm>).

2.2. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, bir sistemin girdi-çıkışı ilişkilerini açıklamak için insana dayalı dili kullanan tahmini sebep tekniğidir. Başka bir deyişle, insanların kesin olmayan ifadelerle düşünme yeteneğiyle örtüşen mantık sistemidir. Bu bağlamda bulanık mantığın insan düşünüş

tarzını taklit etmeye çalıştığı söylenebilmektedir. Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplindir. Doğruluğun ya da yanlışlığın derecesini konu almaktadır. İki seviyeli mantığın oldukça geliştirilmiş hali olarak da düşünülebilmektedir. Öyle ki doğru ve yanlış arasına, kısmen doğru ya da kısmen yanlış kavramları da eklenerek spektrum genişletilmiştir (Aytaç, 2006, s.46). Bulanık mantığı hazırlayan gelişmelerin incelenmesi ile neden bulanık mantığa ihtiyaç hissedildiği daha doğru bir biçimde anlaşılacaktır.

2.2.1. Bulanık Mantığı Hazırlayan Gelişmeler

Gerçek dünya olaylarındaki belirsizliği incelemek için, genellikle olasılık kuramının kavramları ve yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat 1960'lı yıllarda, güncel problemleri modellemede kullanılan olasılık kuramının kavramları ve yöntemleri tekrar gözden geçirilmiş ve bazı eleştirilere maruz kalmıştır. Daha sonraları, bu eleştiriler doğrultusunda olasılık kuramının yerine kullanılacak yöntemler geliştirmek için yoğun çalışmalar yapılmıştır. İşte bulanık küme kuramı, bu çalışmalara alternatif olarak geliştirilmiştir (Aytaç, 2006, s.49) .

Bulanık mantık ilk defa 1960 yılında, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley'den Dr. Lotfi Zadeh tarafından, doğal dildeki belirsizliği modellemek için ortaya konmuştur. Zadeh, bulanık mantık teorisinin bağımsız ve tam bir teori olmaktan çok, bulanıklaştırma yönteminin (fuzzification), herhangi bir teorisin kesin (crisp, discrete) formdan sürekli (continuous, fuzzy) forma dönüştürülmek suretiyle geliştirilmesi için kullanılan bir metodoloji olarak ele alınmasını istemiştir (Ünal, 2009, s.53).

İkili mantık, iki ayrık değer alabilen değişkenleri ve mantıksal anlam taşıyan işlemleri ele alır. Bulanık kavramların ortaya atılması ile beraber literatürde bazı hoşnutsuzluklarda olmuştur. Bunlar fuzzification yani bulanıklaştırmanın kesin olan bilimsel ilkelere uymadığını ve hatta bilime karşı geldiğini ileriye sürmüştür. Özellikle, olasılık teorisi ve istatistik gibi zaten belirsizliklerle uğraşan bilim dalları bulunduğu için, bu konularda çalışan araştırmacılar, bulanık sistemlere açık biçimde karşı çıkmışlardır. Bulanık yöntemlerin yapacağı her türlü hesaplamanın, olasılık ve istatistik hesaplamalarla yapılabileceğini ileriye sürmüşlerdir. Özellikle de, batıda (Avrupa ve Amerika) bu kavramlar nerede ise tamamen ihmal edilerek hoş karşılanmamıştır. Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanması 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile olmuştur (Şen, 2004, s.8-9).

Bu araştışıcılar ilk defa bir buhar makinesi kontrolünün bulanık sistem ile modellenmesini başarmıştır. Bu ön çalışmadan, bulanık sistemlerle çalışmanın ne kadar kolay ama sonuçlarının da ne kadar etkili olduğu anlaşılmıştır (Özdamar, 2006, s.103). Daha sonraki yıllarda bulanık mantık birçok çalışmaya konu olmuş ve bilim ve mühendislik alanlarında bulanık sistem kontrolleri ve hesaplamaları yaygınlaşmıştır.

2.2.2. Bulanık Mantık Kavramı

George J. Klir'e göre, bulanık mantığın ne olduğuna dair farklı yaklaşımlar vardır. Ona göre bulanık mantık, "klasik mantığın genişletilmesidir ve klasik kümelerden ziyade bulanık kümeleri kullanır". Grünberg'e göre genişletme, "verilen bir mantık dizgesinin mantık değişmezlerinin anlamını koruyarak, yeni mantık değişmezleri eklemekle genişletilmiş bir dizge elde edilmesidir. İlk istemde geçerli olan her çıkarım genişletilmiş dizgede de geçerlidir ama genişletilmiş bir dizgede geçerli olan bir çıkarım ilk dizgede geçersiz olabilir (Işıklı, 2008, s.105-126).

Felsefe sözlüğüne göre, bulanık mantık, doğru ve yanlışın birçok derecesine sahip önermelerde akıl yürütmenin klasik olmayan dizgesidir. Amerikalı bulanık mantık uzmanı Bart Koska'ya göre bulanık mantık, insanlığın var olduğu günden bugüne düşünce dizgesidir ve bununla IQ'su yüksek makineler yapılabilir. Ona göre "bulanık mantık, insanların günlük konuşma ve algılama tarzından yola çıkararak, "az yoğun trafik", "biraz kalabalık", "az pişmiş", "ok yoğun" gibi ara değerler içeren mantık cümlelerini değerlendirebilen IQ'su yüksek makineler üretme süreçlerinin dizgeselleştirilmesidir" (Kosko, 1993, s.28-29).

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh tarafından şu şekilde ifade edilmiştir (Elmas, 2007, s.186);

- Bulanık mantıkta kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey "0" ve "1" aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklinindedir.
- Bulanık ıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

Karar vericiler hangi şartlarda ve boyutlarda karar verirlerse versinler, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Verilen kararların doğruluğu ise, söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçüde sağlanacaktır. Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi – kötü, güzel – çirkin, doğru – yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi iki yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle karar ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunun varlığı unutulmamalıdır (Gök, 2010, s.7). Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Tablo 2.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> A Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Kaynak: Gök, 2010, s.7

Bir problemin bulanık mantıkla incelenmesi için, yapılacak çıkarımların belirli tolerans sınırları içinde kalmasına önceden karar vermek gerekir. Bulanık mantığın dilsel değişkenleri işlemede kullanıldığı düşünülürse, dilsel değişkenlerle çıkarım yapılmış bilgiler kolayca bilgisayarlara tanıtılarak işlem yapılabilir. Bu yoldaki en geçerli yöntem bilim bulanık küme, mantık ve sistemlerdir. Çalışmanın ilerleyen kısmında öncelikli olarak bulanık mantığın uygulama alanları ve bulanık sistemler hakkında bilgi verilecektir.

2.2.3. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Bulanık mantığın ilk uygulaması, Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin bulanık denetiminin gerçekleştirilmesi olmuştur. 1980 yılında bir Hollanda şirketi çimento fırınlarının denetiminde bulanık mantık denetimi uygulanmıştır (Aytaç, 2006, s.50). Kireç taşı 1000-1400 derece de reaksiyona girmekte ve bu sıcaklık çimento kalitesini doğrudan etkilemektedir. Vardiyalı çalışılan sistemde operatörlerin sürekli değişimi aynı niteliklerde ürün elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Daha iyi kalitede çimento, tecrübesi daha fazla olan operatöre bağımlı kaldığından bulanık bir yapıya sahiptir ve sürecin kontrolü bulanık

kurullarla sağlanabilmektedir. Şirket 50-60 kontrolörden oluşan bulanık mantık işlemcisi bir mikro-kontrolör oluşturarak sabit ürün kalitesi sağlayabilmiştir (Beklen, 2011, [http://akademik.maltepe.edu.tr/~ttbilgin/BIL518/presentations/AliBEKLEN/Sunum1/Ali%20Beklen %20BulanikMantik V1.0.pdf](http://akademik.maltepe.edu.tr/~ttbilgin/BIL518/presentations/AliBEKLEN/Sunum1/Ali%20Beklen%20BulanikMantik_V1.0.pdf)).

1983 yılında Fuji elektrik şirketi su arıtma alanları için kimyasal püskürtme aleti üzerine çalışmalar yapmıştır. 1987’de ikinci IFSE kongresinde ilk bulanık mantık denetleyicileri sergilenmiştir. Bu denetimler 1984 yılında araştırmalara başlayan Omron şirketinin 700’den fazla yaptığı uygulamaları içermektedir. 1987 yılında ise Hitachi takımının tasarladığı Japon Sendai metrosu denetleyicisi çalışmaya başlamıştır. Bu bulanık mantık denetim metroda daha rahat bir seyahat, düzgün bir yavaşlanma ve hızlanma sağlanmıştır. Dünyanın en gelişmiş metrosu olarak kabul edilen Japonya’daki Sendai metrosunda, yaklaşık 14 km boyunca 16 istasyonda duran tren, o kadar yumuşak hareket etmektedir ki, ayaktaki yolcular sadece hafifçe sallanmaktadır. Vagonların çoğunda, ayakta duran yirmi yolcudan ancak dört-beşi bir yere tutunma ihtiyacı hissetmektedir. Bu metroda bir akvaryumu, suyunu hiç dökmeden taşımak mümkündür. 1989 yılında Omron şirketi Japonya’nın Harumi şehrinde bulunan çalışma merkezinde yapmış olduğu bulanık sonuç-board’la yapılan depolama, tekrar etme ve bulanık sonuçlarını elde etmek için kullanılan (RISC) bilgisayara dayalı olan çalışmaları tanıtmıştır (Elmas, 2007, s.187).

1993 yılında Sony, The Palm Top sistemini tanıtmıştır. Burada bulanık mantıkla elle yazılan kanji karakterlerinin makine tarafından tanımlanması sağlanmıştır. Örneğin eğer 253 yazılırsa, burada Sony Palmtop S harfinden 5 sayısını ayırt edebilmektedir. Bugün elektronik pazarında, pek çok üretim bulanık mantık temeline dayanmaktadır. Bulanık mantık denetim sistemlerinin pek çoğu tüketiciler için SEA/Japonya’da üretilmektedir ve ısı, elektrik akımı, sıvı gaz akımı denetimi, kimyasal ve fiziksel süreç denetimlerinde kullanılmaktadır. Bulanık kuramın uygulamalarının ürünleri Japonya’da 1990 yılında tüketicilere sunulmuştur. Örneğin, bulanık denetimli çamaşır makinesi, çamaşırın cinsine, miktarına, kirliliğine göre en etkili çamaşır yıkama ve su kullanım programını seçebilmektedir. Bulanık mantık uygulamalarına diğer bir örnek arabalarda yakıt püskürtme ve ateşleme sisteminin denetimidir. Daha sonraları bulanık mantık, insansız uçakların kontrolünde, tren frenleme sistemlerinde, ABS (otomatik fren sistemi) ve ASC (otomatik vites kontrolü) kontrolünde kullanılmıştır. Son yıllarda Umtacı, Mitsubishi, Toshiba, Sony, Orison, Konan, Piko, Aneson, Honda, Neck ve daha

başka birçok firma bu kuramın ticari amaçlı uygulamalarıyla ilgilenmektedir. Bu bilgiler Tablo 2.2’de özetlenmiştir.

Tablo 2.2 Bulanık Mantık Denetiminin Endüstriyel Uygulamaları

Ürün	Firma	Bulanık Mantığın İşlevi
Asansör Denetimi	Fujitec-Toshiba, Mitsubishi	Yolcu trafiğini değerlendirerek bekleme zamanını azaltır.
SLR Fotoğraf Makinası	Sanyo-Fisher, Canon, Minolta	Ekranda birkaç obje olması durumunda en iyi fokusu ve aydınlatmayı belirler.
Video Kayıt Cihazı	Panasonic	Cihazın elle tutulması nedeniyle çekim sırasında oluşan sarsıntıları ortadan kaldırır.
Çamaşır Makinesi	Matsushita	Çamaşır kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer ve ona göre bir yıkama programı seçer.
Elektrik Süpürgesi	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer ve motor gücünü uygun ayarlar.
Su Isıtıcı	Matsushita	Isıtmayı kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlar.
Klima	Mitsubishi	Ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılar, odaya birisi girerse soğutmayı arttırır.
ABS Fren Sistemi	Nissan	Tekerlerin kilitlenmeden frenlenmesini sağlar.
Çelik Endüstrisi	Nippon Steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır.
Sendai Metro Sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlamayı ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlanmasının yanı sıra durma konumunu iyi ayarlar, güçten tasarruf sağlar.
Çimento Sanayi	Mitsubishi, Chem	Değirmende ısı oksijen oranı denetimi yapar.
Televizyon	Sony	Ekran kontrastını, parlaklığını ve rengini ayarlar.
El Bilgisayarı	Sony	El yazısı ile veri ve komut girişine olanak tanır.

Kaynak: Elmas, 2007, s.188

Tablo 2.2’de verilen örnekler ve daha öncesinde yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı üzere bulanık mantığın endüstride kullanım alanı oldukça geniş yer tutmaktadır. Bu aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- *Otomatik Kontrol Sistemleri: Robotik*, otomasyon, akıllı denetim, izleme sistemleri, ticari elektronik ürünler, vb.
- *Bilgi Sistemleri: Bilgi* depolama ve yeniden çağırma, Uzman sistemler, bilgi tabanlı sistemler, vb.
- *Görüntü Tanımlama: Görüntü* işleme, makine görüntülemesi.
- *Optimizasyon: Fonksiyon* optimizasyonu, süzgeçleme, eğri uydurma, vb.

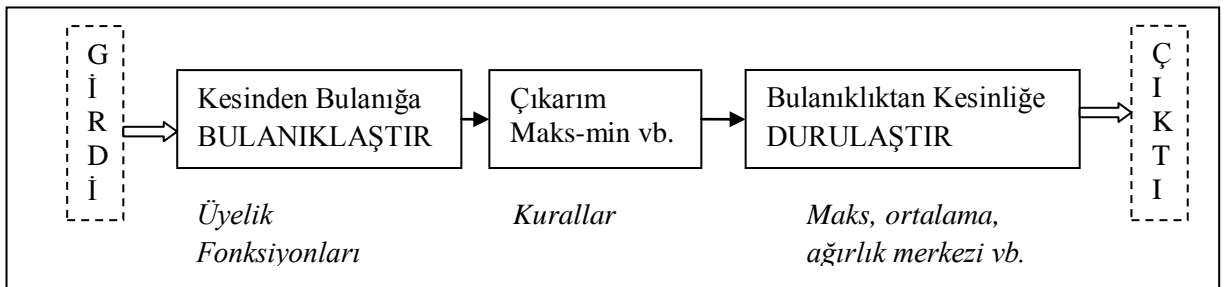
2.2.4. Bulanık Sistemler ve Bulanık Kümeler

Genel sınırları ile sistem bir veya birden çok amaca veya sonuca ulaşmak üzere aralarında ilişkiler olan fiziksel veya kavramsal birden çok bileşenin oluşturduğu bütündür. Bu tanımlamanın içeriği dört unsur aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Yakupoğlu vd., 2008, s.123);

- Birden çok bileşenin gerekliliği,
- Bileşenler arası ilişkiler,
- Bileşenlerin oluşturduğu bir bütün,
- Bütünün amacı.

Sistemi oluşturan alt bölümlere alt sistemler denilmektedir. Ele alınan sistemlerin tamamen dışında kalan her şey sistemin çevresini oluşturmaktadır. Bulanık kümeler yada bulanık mantığı ve buna karşılık gelen matematiksel çatıyı kullanan statik ya da dinamik sistemler “bulanık sistemler” olarak tanımlanır. Bu sistemler, bulanık mantıkla çıkarım ve karar vermeye dayalı çalışma ilkeleri olan mekanik, elektriksel ve benzeri sistemlerdir. Bulanık bir sistem tasarlamak, dijital bir platformda ve esnek yöntemlerle bulanık mantık çıkarım ve karar verme süreci sağlayacak bir sistem geliştirmeye karşılık gelmektedir. (Yakupoğlu vd., 2008, s.123).

Bulanık küme, bulanık mantık ve bulanık sistem, temelleri uzman kişilerden de sağlanan dilsel bilgilerin işlenerek belirli bir çözüm elde etmeyi sağlarlar. Her dilsel bilgi bir bulanık kümeye karşılık gelirken, bu bulanık kümelerde üyelik derecesi fonksiyonlarına kişisel tercihler yaparak karar verilebilmektedir. Bulanık sistemin genel yapısı Şekil 2.1’de görüldüğü gibidir.



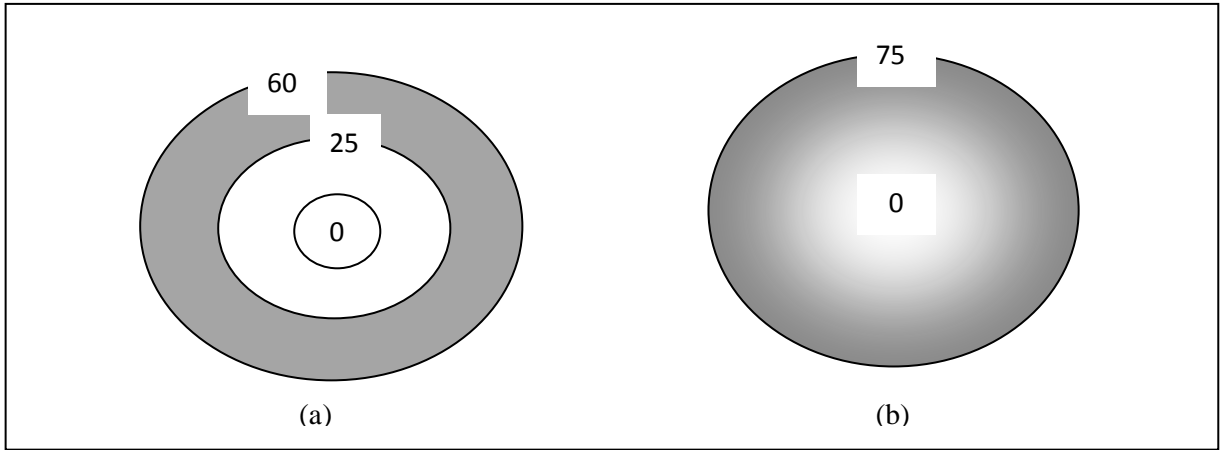
Şekil 2.1 Tipik Bir Bulanık Sistem (Aytaç, 2006, s.48)

Günlük konuşma dilini modelleme imkânı veren bulanık mantık sistemlerin temel amacı bu dilsel bilgilerin kullanılarak çözüme nasıl gidileceğinin düşünülmesidir. Şekil 2.1’de

gösterildiği gibi bulanıklaştırma, kural tabanı, çıkarım mekanizması ve durulaştırma aşamalarına sahip bir bulanık mantık sisteminde girişlerin değerlendirilmesi de önemlidir. Bulanık bir süreç (fuzzy işlemi), genelde, üç ayrı birimden oluşmaktadır. Bu birimler; sırası ile bulanıklaştırıcı birim, kural işleme birimi, durulaştırıcı birim ve çıktı bilgileridir.

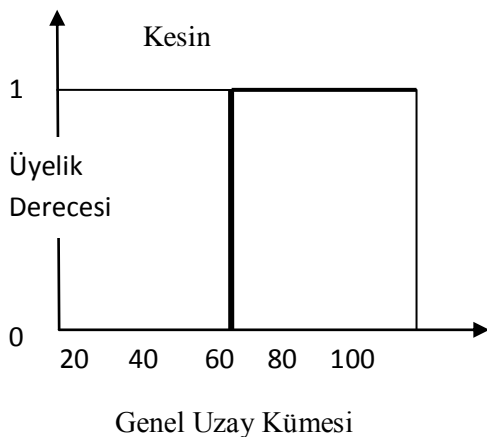
Bu akış düzeninde, bulanıklaştırıcı birim, bulanık işlem sisteminin ilk birimi olarak devreye girmektedir. Kesin veya geri besleme sonuçları biçiminde bu birime giren bilgiler, burada bir ölçek değişikliğine uğrayarak bulanıklaştırılmaktadır. Başka bir deyişle; bu bilgilerin her birine bir üyelik değeri atanıp, dilsel bir yapıya dönüştürülerek, buradan kural işleme birimine gönderilir. Kural işleme birimine gelen bilgiler, kural işleme biriminde depolanmış bir şekilde bulunan bilgi tabanına dayalı “if ... and ... then ... else” (eğer ... ise, ... olsun) gibi kural işleme bilgileri ile birleştirilir. Burada sözü edilen mantıksal önermeler, problemin yapısına göre sayısal değerlerle de kurulabilmektedir. Son adımda; problemin yapısına uygun mantıksal karar önermeleri kullanılarak elde edilen sonuçlar durulaştırıcı birime gönderilir. Durulaştırıcı birime gönderilen bulanık küme ilişkilerinde, bir ölçek değişikliği daha gerçekleştirilerek bulanık haldeki bilgilerin her biri gerçek sayılara dönüştürülür (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003,s.63-72)

Bulanık sistemlerin en temel elemanı bulanık kümedir. Bulanık bir küme, değişik üyelik yani ait olma derecelerine sahip elemanları olan bir küme türüdür. Bulanık küme, elemanlarının her birine 0 ile 1 arasında üyelik değeri atayabilen bir üyelik fonksiyonu ile karakterize edilebilir. Bulanık kümelerin bu tanımı, bulanık kümelerle ilgili ilk çalışmaları yapan ve bu konunun bulucusu olarak kabul edilen Lotfi A Zadeh tarafından 1965 yılında yayınladığı orijinal makalesinde yapılmaktadır. Kümeye dahil olmayan elemanların üyelik değerleri 0, kümeye tam dahil olanların üyelik değerleri de 1 olarak atanmaktadır. Kümeye dahil olup olmadıkları belirsiz olan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değerler atanır. Oysa kesin küme teorisinde belirsiz eleman diye bir şey söz konusu değildir. Bir eleman ya kümeye dahildir ya da tamamı ile kümenin dışındadır. Dolayısıyla kesin kümelerde bir elemanın alabileceği üyelik değeri ya 0 ya da 1 dir. Şekil 2.2 de yaşlı insanlar için kesin ve bulanık kümeler gösterilmiştir. Bu şekillerde siyah rengin tonu yaşlılık düzeyini belirtmektedir. Şekil 2.2.a da ki kesin kümeye göre yaşı 60 ve üzerinde olanlar yaşlı, 60 dan küçük olanlar yaşlı değildir. Oysa Şekil 2.2.b de sadece yaşı 75 in üzerinde olanlar değil, yaşı 25 ile 75 arasında olanlar da yaşlılar kümesine dahildir (Altaş, 1999, s.80-85).

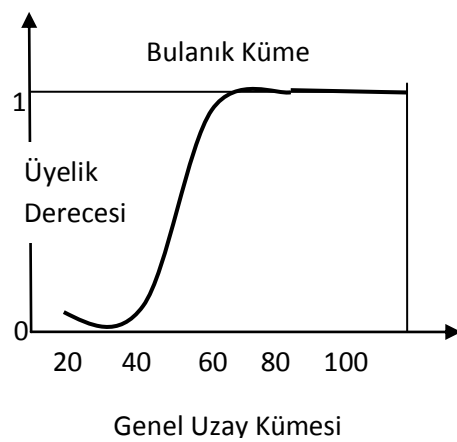


Şekil 2.2 (a) - (b) Yaşlılar Kümesinin Kesin Ve Bulanık Kümelerle Gösterimi. Rakamlar, 0 yaşa göre yaş halkalarıdır (Altaş, 1999, s.82)

Şekil 2.2.a ve b de verilen kesin ve bulanık kümeler sırasıyla Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de gösterildiği gibi üyelik fonksiyonları (karakteristik fonksiyonlar) ile temsil edilebilirler. Şekil 2.2 deki kümeler yerine üyelik fonksiyonlarını kullanmak daha yararlı ve anlaşılır olacaktır. Görüleceği gibi, üyelik fonksiyonlarının kullanılması, elemanların kümelere ait olma derecelerini 0 ile 1 arasında değişen sayılara atama olanağı verir. Üyelik fonksiyonları kullanıldığında da, Yaşlı kesin kümesine göre, yaşı 60 ve daha büyük olanlar yaşlı, yaşı 60 dan daha küçük olanlar ise yaşlı değildirler. Yani 59 yaşındaki biri yaşlı sayılmazken 60 yaşındaki biri yaşlı sayılmaktadır. Bu da şu anlama gelmektedir. Yaşlı kesin kümesine göre 59 yaşındaki bir insan kesinlikle yaşlı değilken 60 yaşındaki bir insan kesinlikle yaşlıdır (Altaş, 1999, s.80-85).



Şekil 2.3 Yaş Kesin Kümesinde Tanımlı Yaşlı Kesin Kümesi



Şekil 2.4 Yaş Kümesinde Tanımlı Yaşlı Bulanık Kümesi

Yaşlı insanlar bulanık bir küme ile temsil edilirse bu yeni küme Şekil 2.4'te verildiği gibi 20 ile 75 yaşları arasındakileri de kapsar. Ancak bu kapsama klasik kümede olduğu gibi tam bir kapsama değildir. Yani yaşı 20 ile 75 arasında olanlar belirli derecelerle bu kümenin elemanlarıdır. Örneğin yaşı 20' nin altında olanların yaşlı bulanık kümesindeki üyelik dereceleri sıfır iken, yaşı 20' nin hemen üzerinde olanların üyelik derecesi sıfırın biraz üzerinde, yaşı 75'e gelmek üzere olanların üyelik derecesi de 1'e yakındır. Örneğin, 25 yaşındaki birisinin yaşlı kümesindeki üyelik derecesi oldukça az iken, 65 yaşındaki birinin üyelik derecesi oldukça fazladır.

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te verilen kümeler aslında yaş genel uzayında tanımlı olan ve yaşlı kümesini sırasıyla kesin ve bulanık biçimlerde tanımlayan birer üyelik fonksiyonudur. Herhangi bir bulanık küme, elemanlarının ait olma derecelerini gösteren bir karakteristik veya üyelik fonksiyon ile temsil edilebilir. Örneğin bir A bulanık kümesi genel anlamda aşağıdaki gibi gösterilebilir (Ünal, 2009, s.4-5);

$$A = \{(x, \mu_A(x), \text{öyleki } x \in X)\}$$

$$A = \sum_{x_i \in X} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (\text{ayrık biçim})$$

$$A = \int \frac{\mu_A(x)}{x} \quad (\text{sürekli biçim})$$

Bu denklemde;

X: Uzay kümesi (kesin küme)

x: Uzay Kümesinin kesin küme elemanları

A: Bulanık küme

$\mu_x(A)$: x kesin sayılarının A bulanık kümesinde ki üyelik dereceleridir.

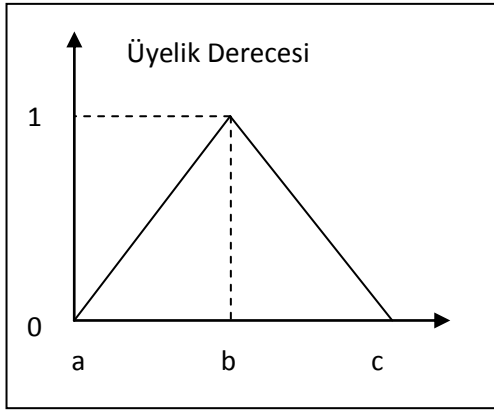
Matematikte, benzer özellikler gösteren elemanların bir arada gruplandırılmasıyla 'küme' adı verilen kavram oluşturulur. Klasik matematikte bir konunun bir bölümünün o kümeye ait olması gibi bir kavram düşünülmez ve kabul edilmez. Pratikte genel olarak, klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Bu durumda, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliklerin, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir. Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır.

Genel anlamda üyelik fonksiyonları sezgisel, matematik, geometrik ya da istatistiksel yaklaşımlara dayandırılabilir (Ross, 2004, s.25).

Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından bile kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Zaten pratikte birçok sorunun üstesinden gelebilmek için bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterlidir. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre davranmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler; a) Sezgi, b) Çıkarım, c) Merteleme, d) Açılı bulanık kümeler, e) Yapay sinir ağları, f) Genetik algoritmalar, g) Çıkarımcı muhakeme gibi yaklaşımlardır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003, s.63-72).

Bulanık mantık sisteminin temeli, üyelik işlevlerinden ortaya çıkarılan dilsel değişkenlerin oluşturduğu girişleri karar verme sürecinde kullanmaktır. Bu değişkenler dilsel “eğer - o halde” kurallarının ön şartları tarafından birbiri ile eşleşirler. Her bir kuralın sonucu, girişlerin üyelik derecelerinden durulaştırma metodu ile sayısal bir değer elde edilmesi ile belirlenir. Bulanık mantık sistemin kural listesi ve üyelik işlevi dizaynı için genellikle uzman işletmenden sağlanan bilgiler kullanılmaktadır. Bulanık kümelerin kullanışlılığı, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. En sık kullanılan fonksiyonlar kolaylık açısından “üçgen” ve “yamuktur” .

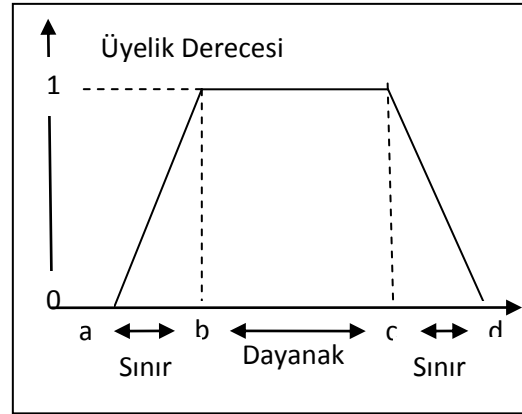
“A” bulanık kümesine ait elemanların, üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu ve çan eğrisi (Gauss) üyelik fonksiyonu ile gösterimi sırasıyla Şekil 2.5, Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de verilmektedir. Ayrıca her şeklin altında belirtilen üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c)$$

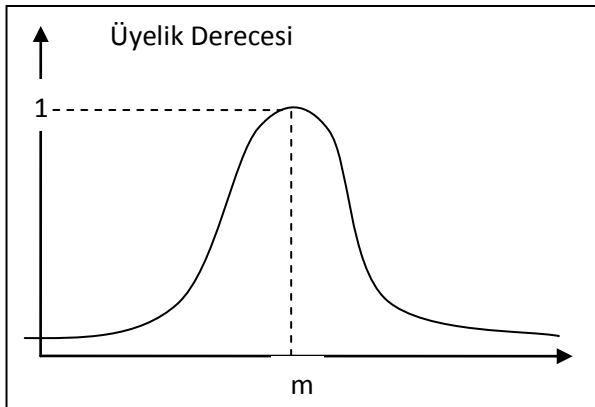
$$= \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{eğer } a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{eğer } b \leq x < c \\ 0 & \text{eğer } x > c \text{ veya } x < a \end{cases}$$



Şekil 2.6 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c, d)$$

$$= \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{eğer } a \leq x < b \\ 1 & \text{eğer } b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{eğer } c < x \leq d \\ 0 & \text{eğer } x > d \text{ veya } x < a \end{cases}$$



Şekil 2.7 Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x) = e^{-a(x-m)^2} \quad a > 0, m \in R$$

Yukarıda sayılan üyelik fonksiyonları dışında; Sigmodial üyelik fonksiyonu, S üyelik fonksiyonu, Z şekilli üyelik fonksiyonu, Π üyelik fonksiyonu gibi fonksiyonlar tanımlanmıştır. Üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklinde çizilen fonksiyonlara bakıldığında, bir bulanık ifadenin üç özelliği anlaşılabilir. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür (Kıyak, ve Kahvecioğlu, 2003, s.63-72);

- Bir kümede bulunan öğelerden en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekmektedir. Bu duruma bulanık kümenin normal olması denir.

- Üyelik derecesi 1 olan öğeye yakın, sağdaki ve soldaki öğelerinde üyelik dereceleri 1'e yakın olmalıdır. Bu durumda bulanık kümenin monoton olduğu anlaşılır.
- Üyelik derecesi 1'e eşit öğeden sağa ve sola eşit mesafede gidildiğinde, buradaki öğelerinde üyelik derecelerinin birbirine eşit olması gerekir. Bu duruma da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir.

Bulanık bir küme, üyeleri kesin olarak belirli olmayan ama aday öğelerin bu kümeye üyelik derecelerinin bulunduğu bir kümedir. Bulanık kümeler de, klasik kümelere benzer şekilde iki yöntemle gösterilmektedir. Bunlardan birincisi, küme elemanlarının üyelik derecelerine göre sıralamak, diğeri de matematiksel olarak üyelik fonksiyonu tanımlamaktır. A bulanık kümesi, $\mu_A: E \rightarrow [0,1]$ A'nın üyelik fonksiyonu ve $\mu_A(x) \in [0,1]$ $x \in E$ 'nin A'daki üyelik derecesi olmak üzere (Aytaç, 2006, s.65);

$A = \{x, \mu_A(x)\}$ olarak yazılabilmektedir. Bu durumda E'deki bulanık küme olan A;

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} = \sum \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}$$

şeklinindedir. Bu gösterimde cebirsel semboller cebirsel anlamları ile kullanılmazlar. Örneğin “+” toplam anlamında değil teorik olarak birleşme anlamındadır. X uzayı sürekli ve sınırsız işe, “A” kümesi şu şekilde gösterilir;

$$A = \left\{ \int \frac{\mu_A(x)}{x} \right\}$$

Bulanık mantık denetleyicilerinin bilgi tabanı, bulandırma, karar verme (çıkarm) ve durulaştırma birimleri olduğundan daha önce bahsedilmiştir. Sistem değişkenleri, denetlenen sistemden ölçülen giriş değişkeni ve sistemi denetim için bulanık mantık denetleyicisi tarafından kullanılan çıkış değişkeni olmak üzere iki çeşittir. Bulandırma birimi en son ölçülen verinin uygun dilsel değişkenlere dönüştürülmesini sağlar. Bulanık bilgi tabanı bilginin iki ana tipini kapsar; veri tabanı, her bir sistem değişkeninin değerleri gibi kullanılan bulanık kümelerin üyelik işlevini tanımlar, kural tabanı ise giriş bulanık değerlerin, çıkış bulanık değerlerine tam olarak eşlenmesini temsil eder. Karar verme birimi bulanık mantık denetleyicinin özüdür ve arzu edilen denetim stratejisine erişmek için, yaklaşık çıkarm sağlanması ile insan gibi karar verme yeteneğine sahiptir. Durulama birimi ise karar verme biriminden gelen bulanık bilgileri, gerçek değerlere dönüştürerek, sistemin tanıyabileceği denetim hareketi haline gelmesini sağlar (Elmas, 2007, s.242).

Bulanık mantıkta çıkarım, ‘eğer ... ise, ... olsun’ şeklinde koşullu durumlarla formüle edilirler. Tüm girdi değişkenleri, sözel değişken değerlere çevrilerek, bulanık sonuç çıkarma adımı, güncel durum için kurallara dayandırılarak uygulanır ve çıkışta sözel değişkenlerin değerleri hesaplanır. Öte yandan, bir bulanık kural, ‘eğer ... ise, ... olsun’ şeklinde (örneğin X değeri A ise, Y değeri B olsun) sözel girdi ve çıktı terimlerine sahip olmalıdır. ‘eğer ...’ bölümüne durum; ‘... olsun’ bölümüne ise sonuç yada karar kısmı adı verilir. Bu durumda bulanık sonuç çıkarma hesaplarının, iki bileşeni olduğu anlaşılır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003, s.63-72);

- Kümeleme: Kuralların ‘eğer ...’bölümlerinin hesaplanması
- Düzen: Kuralların ‘... olsun’ bölümlerinin hesaplanması

İki tane en önemli bulanık çıkarım yönteminden biri, Mamdani diğeri ise Sugeno ya da Takagi-Sugeno-Kang (TS) metodudur. Mamdani tipi bulanık model çok kolay oluşturulur ve insan davranışlarına çok uygundur. Bu nedenle çok yaygın bir kullanıma sahiptir ve diğer bulanık mantık modellerin temelini oluşturur. İlk defa, bir buhar motorunun insan tecrübelerinden elde edilen sözel kurallar yardımıyla kontrolünde kullanılmıştır. Bu modelde hem girdi hem de çıktı değişkenleri kapalı formdaki üyelik fonksiyonları ile ifade edilmektedir. Takagi – Sugeno bulanık modellemenin esasları ilk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Mamdani bulanık mantık yönteminin bir uyarlamasıdır. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani bulanık modelleme ile tamamen aynıdır. İki yöntem arasındaki fark, çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktı üyelik fonksiyonları sadece lineer ya da sabittir. Çıktı üyelik fonksiyonları sabit olduğu zaman sıfırıncı derece, birinci derece doğru denklemi şeklinde olduğu zaman ise birinci derece Sugeno bulanık model olarak adlandırılırlar (Ünal, 2009, s.69-70).

Birden fazla bulanık girdinin işin içine girmesi durumunda, bu fonksiyonlardan iki farklı yöntem ile çıkış fonksiyon grafiği elde edilebilir. Metotların adları şunlardır:

- Kesme Metodu (Truncation Method)
- Ölçekleme Metodu (Scaling Method)

Bulanık çıkarımın sonucunun bulanık küme olduğu belirtilmişti; bu sonucun tekrar sisteme uygulanması için giriş değeri gibi sayısal değere dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem durulaştırma olarak adlandırılır. Durulaştırma birimi karar verme biriminden gelen bulanık bir

bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlerin elde edilmesini sağlar.

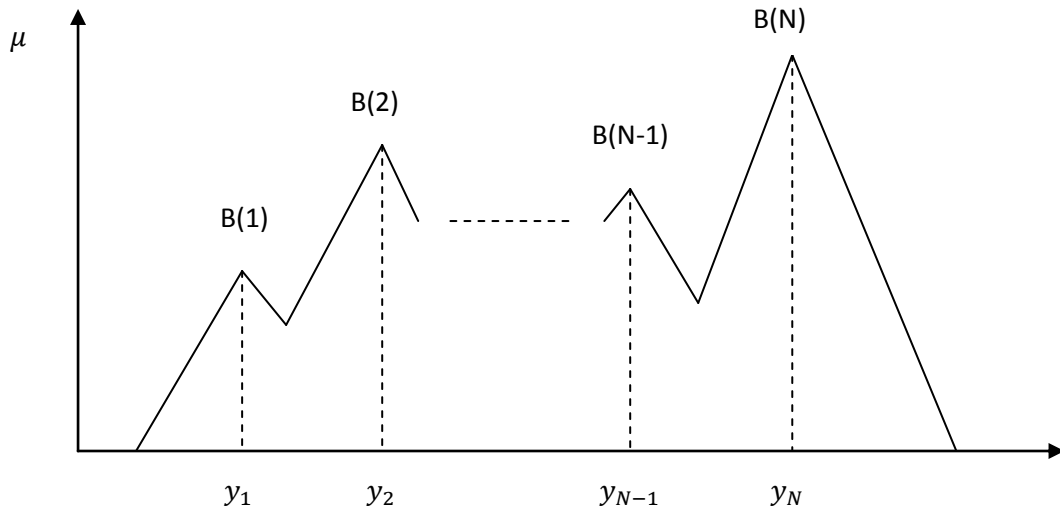
Pratik uygulamalarda, özellikle mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. Yapay zeka çalışmalarındaki bulanık değişken, küme, mantık ve sistemlerin bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir. Durulaştırma işleminde kullanılan yöntemler;

- Maksimum üyelik (yükseklik) yöntemi,
- Ağırlık merkezi yöntemi,
- Ağırlık ortalaması yöntemi,
- Mean- Max üyelik yöntemidir.

Durulaştırmada kullanılan yöntemlerden bir tanesi yükseklik yöntemidir. Kullanılması için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Yükseklik metoduna göre durulaştırma işlemi yapıldığında, kesin sonuç aşağıdaki ifadeden elde edilir (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003, s.63-72).

$$y_0 = \frac{\sum \mu(y_i)y_i}{\sum \mu(y_i)}$$

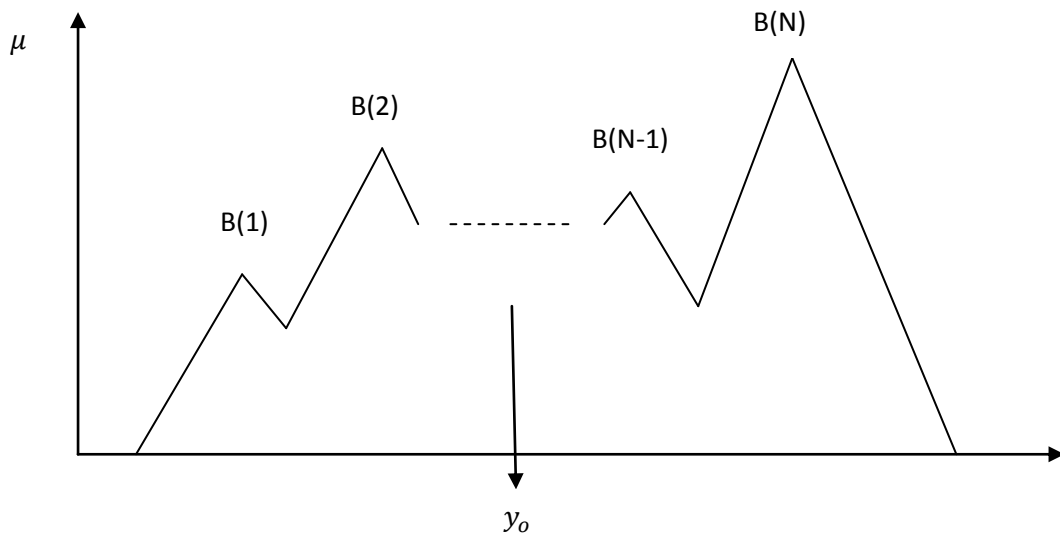
Denklemden görülen i y değerleri, bulanıklaştırmada oluşmuş her bir fonksiyonun üyelik derecesi en büyük olan elemanlarıdır. $\mu(y_i)$ değerleri ise, bu elemanlara karşılık gelen üyelik derecelerini belirtir. Yükseklik yönteminin mantığının anlaşılması amacıyla Şekil 2.8'de bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Yükseklik Metodunun Gösterimi (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003, s.71)

Durulaştırma işlemlerinde, yaygın olarak kullanılan işlemlerden biri de ağırlık merkezi yöntemidir. Adından anlaşılacağı gibi bu yöntemle, çıkış fonksiyonunun altında kalan alanın ağırlık merkezi eşitlikteki ifadede faydalanılarak bulunur.

$$y_0 = \frac{\int \mu(y)y}{\int \mu(y)}$$



Şekil 2.9 Ağırlık Merkezi Yönteminin Gösterimi (Aytaç, 2006, s.79)

2.2.5. Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları

Bulanık mantık belirsizliği modellerken birçok avantajı da sunmaktadır. Elmas (2004), Kıyak ve Kahvecioglu (2003) çalışmalarından derlenmiş olan avantaj ve dezavantajlar aşağıda yer almaktadır.

Avantajlar;

- İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
- Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.
- Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır. Bu sebeple daha ekonomiktir. Söz edilen az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısı da az olduğundan sonuca ulaşmak daha da çabuklaşacaktır.
- Bulanık Mantık kavramını anlamak kolaydır. Bulanık mantık doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamaktadır.
- Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esnektir.
- Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
- Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
- Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
- Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.
- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.

Bulanık denetleyicilere yönelik çeşitli eleştiriler de getirilmiştir. Bunlardan birkaçı aşağıda sıralanmıştır:

- Bulanık mantık denetleyicilerinin süreç hakkında daha fazla bilgiye ve algılayıcıya ihtiyaç duyması, dolayısıyla hem pahalı hem de daha az güvenilir olması sağlamaktadır. Ancak bu her zaman doğru değildir. Örnek vermek gerekirse

Mitsubishi tarafından üretilen klimada, geleneksel denetleyiciye göre daha az algılayıcı kullanılmıştır.

- Bulanık mantık denetleyicilerinin geleneksel denetleyicilere kıyasla gösterdiği yüksek performans doğrusal olmayan denetleyici aracılığı ile de sağlanabilir: Bu doğru olabilir ama büyük bir ihtimalle doğrusal olmayan denetleyici, bulanık denetleyicide olduğu gibi daha küçük kapasiteli bir işlemci ile gerçekleştirilemeyecektir.

Dezavantajlar;

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır. Bulanık mantık uygulamalarında kuralların mutlaka uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanması gerekir. Üyelik işlevlerini ve bulanık mantık kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir.
- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir. Uzun testler yapmadan gerçekten ne kadar üyelik işlevi gerektiğini önceden kestirmek çok güçtür.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.
- Bulanık mantık yaklaşımında üyelik işlevlerinin değişkenleri özeldir, başka sistemlere uyarlanması çok zordur.
- Bulanık mantıkta üyelik işlevlerinin ayarlanması uzun zaman almasının yanı sıra aynı zamanda öğrenme yeteneğinin olmaması önemli bir dezavantaj olarak sayılabilir.

2.3. Bulanık Kontrol Grafikleri

Kontrol grafiklerinin bir kalite özelliğinin süreçteki değişkenliğini yargılayan istatistiksel araçlar olduğundan daha önce bahsedilmişti. Geleneksel kontrol grafiği uygulamalarında sürecin bilinen parametre değerleri ile normal dağılım gösterdiği ve sürece ilişkin parametre tahminlerinin güvenilir bir şekilde yapıldığı varsayılır. Verilerin kesin ve tam olarak bilindiği durumlarda klasik kontrol grafiklerinin kullanılması uygundur. Ancak sürece ait verilerin kesin ve tam olarak saptanması her zaman mümkün olmayabilir. Belirsizlik altındaki durumlarda karar analizleri genellikle olasılık teorisi ve/veya bulanık kümeler teorisi kullanılarak yapılmaktadır. Bunlardan birincisi karar vermenin stokastik yapısını; diğeri ise insanın düşüncesinin subjektifliğini temsil eder.

Çalışmanın bu bölümünde bulanık kontrol diyagramlarına ilişkin bilgiler yer alacaktır; ancak öncelikli olarak bulanık kontrol grafikleri konusunda yapılan çalışmalara değinilip bu çalışmalar arasındaki farklılıklar vurgulanacaktır.

2.3.1. Bulanık Kontrol Grafikleri Konusunda Yapılan Çalışmalar

Bulanık kümeler teorisi kullanılarak farklı kontrol grafikleri uygulanmaya çalışılmıştır. Guiffrida ve Nagi (1998) bu konuda kapsamlı bir literatür çalışması yapmıştır. Bradshaw (1983) belirli bir kalite standardı için derecelendirilmiş bir kalite uygunluk ifadesini bulanık küme teorisi ile yorumlamaya çalışmıştır. Belirli bir kalite karakteristiği için tanımlanan uygunluk fonksiyonu için ekonomik olan bulanık kontrol grafikleri ile önemli sayılacak bilgiler elde edilebilmektedir (Gülbay ve Kahraman, 2006, s. 434-451)

Belirsiz, kesin olmayan veya dilsel anlatımlar içeren durumlarda bulanık kümeler teorisinin kullanılması kaçınılmazdır. Kontrol grafiklerinde bulanık kümeler teorisinin kullanılması Wang ve Raz (1990) ile önem kazanmış ve geliştirilmeye çalışılmıştır. Wang ve Raz dilsel değişkenlere bağlı kontrol grafiklerini tanımlarken iki adet yaklaşım geliştirmişlerdir. Eğer kalite karakteristiği “çok iyi”, “iyi” ve “kötü” olarak tanımlanabiliyorsa komşuluk fonksiyonları kalite karakteristiğinde meydana gelen değişimleri ölçmek için kullanılabilir. Bulanık ölçümler için kullanılacak sembolik değerler aşağıda sıralanan yöntemlerle elde edilebilmektedir.

- Bulanık mod yaklaşımı,
- α -kesim bulanık değişim aralığı
- Bulanık medyan yaklaşımı,
- Bulanık ortalama yaklaşımı.

Bu yöntemlerden herhangi biri ile elde edilen örnek değerler bulanık kontrol grafiklerindeki kontrol limitlerini belirlemek amacı ile kullanılabilir. Wang ve Raz (1990), \bar{x} -ortalama kontrol grafiklerindeki kontrol limitlerini oluşturabilmek için süreç ortalamasının, bulanık formattaki artı ya da eksi üç standart hata ve komşuluk fonksiyonlarının tahmin edilmesi yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında bulanık kontrol grafiklerinin standart kontrol grafiklerine nazaran daha duyarlı olduğunu keşfetmişlerdir. Bunda elbette ki dilsel değişkenlerin fazla olması önemli bir yer tutmaktadır.

Kanagawa vd. (1993), olasılık yoğunluk fonksiyonlarını kullanarak süreç değişkenliğini etkileyen dilsel değişkenlerle kontrol grafikleri geliştirmişlerdir. Wang ve Raz'ın yaptığı çalışmalardan farklı olarak dilsel değişkenlerin temel olasılık dağılımlarının direkt olarak kullanılıyor olmasıdır. Wang ve Chen (1995), bulanık matematiksel programlama modelini geliştirerek daha ekonomik olan kontrol grafiklerini tanıtmışlardır. Bu tip-1 ve tip-2 hatalarındaki katsayıların daha ekonomik şekilde tahmin edilmesi avantajını sağlamıştır. Sağladığı ekonomik avantajın yanı sıra hata katsayıların tahmininde kullanılan matematiksel model esneklik getirmiştir (Ertuğrul ve Aytaç, 2009, s. 139).

Kahraman vd. (1995), üçgensel bulanık sayıları kullanarak α -kesim bulanık kontrol grafiklerini geliştirmişlerdir. Bu uygun α katsayısının seçimindeki zorluğun aşılmasını sağlamış; α katsayısı büyüdükçe daha sıkı bir denetleme olabildiğini sayısal bir örnekle kanıtlamışlardır. Rowlands ve Wang (2000), FSEC (Fuzzy-SPC evaluation and control) metodunu geliştirmişlerdir. Borland C ++ da hazırlanmış bir benzetim programı ile analizlerini gerçekleştirebilmişlerdir. Bu metot kalite değerlendirme kriterlerinin belirli süreç kontrol alanlarına (SPC-zone) göre dağıtılabilmesi üzerine temellendirilmiş bir metottur. Dolayısıyla bulanık verilerin taşıdığı belirsizliği ifade eden özellikler anlamını yitirmiştir. Taleb ve Liman (2002), olasılık ve üyelik yaklaşımını farklı yönleri ile değerlendirmeye çalışmış; bulanık ve olasılık yaklaşımlarını sonuçta çıkan gerçek verilere göre değerlendirmişlerdir (Taleb ve Liman, 2002, s.2849-2863).

Kanagawa vd. (2003) de üyelik fonksiyonları üzerine inşa ettikleri modellerini sunarak Wang ve Raz (1990) yaklaşımındaki problemleri dile getirmiştir. Veriler temsili değerleri kullanılarak durulaştırıldığından elde edilen kontrol limitleri de klasik yaklaşımdaki gibidir. Bu dönüştürme özellikle simetrik olmayan üyelik fonksiyonları ile kullanıldığında oldukça yanıltıcı sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır (Gülbay ve Kahraman, 2006, s. 434-451). Bulanık mantığın kalite ve kontrol grafiklerinde kullanımını aşağıdaki Tablo 2.3'de özetlenmiştir.

Tablo 2.3 Bulanık Kontrol Grafiklerinin Kullanımı

Kalite Geliştirme için Yapılan Bulanık Mantık Çalışmaları	Yazar	Bulanık Mantık Uygulaması
		Otko ve Ichihashi (1988)
	Chakraborty (1988, 1994)	Tek örnekleme, özellik örnekleme planı
	Kanagawa ve Ohta (1990)	Doğrusal olmayan üyelik fonksiyonunu da içeren Okta ve Ichihashi'nin çalışmasının genişletilmesi
	Chakraborty (1992, 1994)	Tek aşamalı Dodge-Roming LTPD örnekleme planı
	Khoo ve Ho (1996)	Kalite fonksiyon göçerimi
	Glushkovsky ve Florescu (1996)	Kalite geliştirme Araçları
	Gutierrez ve Carmona (1995)	Çok kriterli kalite karar modeli
	Yonting (1996)	Süreç yeterlilik analizi
Kontrol Grafiklerinde Bulanık Mantık Uygulama Çalışmaları	Bradshaw (1983)	Bulanık kontrol grafiklerinin tanıtımı
	Wang ve Raz (1990)	x-ortalama grafikleri
	Kanagawa ve ark. (1993)	Süreç ortalaması ve süreç değişkenliği için geliştirilen bulanık kontrol grafikleri
	Wang ve Chen (1995)	Özellik np kontrol grafiğinin ekonomik bir tasarımı
	Franceschini ve Romano (1999)	Sıralı değişkenler için örnek kontrol grafiği düzenlemesi
	Talep ve Limam(2002) Talep ve Limam(2005)	Bulanık ve Probabilistik kontrol grafikleri Çok terimli bulanık kontrol grafikleri
	Kahraman ve ark. (1995)	Üçgensel bulanık sayıların kontrol grafikleri için kullanımı
	Gülbay ve ark. (2004)	Dilsel değişkenler için α -kesim kontrol grafikleri
	Cheng (2005)	Bulanık süreç kontrolü için kontrol grafiklerinde bulanık sayıların kullanımı
	Gülbay ve Kahraman (2007)	Direkt Bulanık Yaklaşım

Kaynak: Ertuğrul ve Aytaç (2009) ve Aytaç (2006)'da ki bilgilerden derlenmiştir.

Tablo 2.3'de Bulanık kontrol grafikleri ile ilgili yapılan çalışmalar genel olarak verilmeye çalışılmıştır. Bulanık mantığın istatistiksel süreç kontrolüne uygulanma nedeni, üretim sürecinin çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve tecrübelerinden yararlanılmasıdır. Böyle durumlarda klasik istatistiksel süreç kontrol kullanılması sonucu oluşturulan temel tekniklerden olan kontrol şemaları, yapılan işte kullanılan dilsel değişkenleri dikkate almadığından kontrol altında olan bir süreç için sistematik bir hata olduğu alarımını verebilecektir.

2.3.2. Bulanık Temsil Değerleri

Bulanık kontrol grafiklerini oluştururken verileri bulanık sayılara (temsili değerlere) dönüştürmek gerekmektedir. Çalışmanın uygulama aşamasında da kullanılmış olan farklı dönüştürme metotları vardır. Bunlar;

Bulanık mod değeri; F bulanık kümesinin bulanık modu (tepe değeri), üyelik derecesinin 1'e eşit olduğu değerdir. Üçgensel üyelik fonksiyonlarında sadece bir değer 1'e eşit olduğundan bulanık mod değeri de tekdir (Aytaç, 2006, s.101).

$$f_{mod} = \{x \in X | \mu_f(x) = 1\}$$

α -Seviyeli bulanık değişim aralığı; Bu α seviyesindeki kesmenin sonlarının orta noktası olarak tanımlanabilir. a^α olarak gösterilen α kesmesi, üyelik derecesi α 'ya eşit yada daha büyük üyelik dereceleri olan elemanları bütünleştiren bulanık olmayan kümelerdir. Buna göre (Şentürk ve Erginel, 2009, s. 1543);

$$f_{mr}^\alpha = \frac{1}{2} (a^\alpha + d^\alpha)$$

Buradan anlaşılabilir bir diğer durum $\alpha=1$ olduğunda bulanık mod ile aynı değerleri aldığıdır.

Bulanık Medyan (Orta) Değer; Bulanık kümenin üyelik fonksiyonu altındaki eğriyi iki eşit alana bölen ve aşağıdaki eşitliği sağlayan noktadır (Aytaç, 2006, s.101).

$$\int_a^{f_{mod}} \mu F(x) dx = \int_{f_{mod}}^b \mu f(x) dx = \frac{1}{2} \int_a^b \mu F(x) dx$$

Burada a ve b, F bulanık kümesinde temel değişken için bitim noktalarıdır.

Bulanık Ortalama Değer; Bu değer aşağıdaki formül ile bulunur (Aytaç, 2006, s.101).;

$$f_{avg} = Av(x:F) = \frac{\int_{x=0}^1 x \mu F(x) dx}{\int_{x=0}^1 \mu F(x) dx}$$

2.3.3. Bulanık \bar{X} ve \tilde{R} Kontrol Grafikleri

Geleneksel yaklaşımda, süreç ortalamasının kontrol edilmesi için genellikle \bar{X} grafikleri kullanılmaktadır. Süreç değişkenliği veya değişkenlerin dağılımı değişim aralığı (R) kontrol grafikleri ile ya da standart sapma (S) kontrol grafikleri ile kontrol edilmektedir. Klasik

kontrol grafikleri için kullanılan formüller aşağıdaki gibi hesaplanır (Şentürk ve Erginel, 2009, s.1544);

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

A_2 kontrol grafiği sabiti ve \bar{R} örnek değişim aralıkları (R_i) ortalamasıdır. Bulanık kontrol grafiğinde her örnek veya alt örnek üçgensel bulanık küme ile gösterilir. Sürece ait bulanık değişkenler her gözlem için X_a, X_b, X_c olmak üzere; CL için örneklerin aritmetik ortalaması ($\bar{\bar{X}}_a, \bar{\bar{X}}_b, \bar{\bar{X}}_c$) aşağıdaki gibi hesaplanır (Şentürk ve Erginel, 2009, s.1544);

$$\bar{X}_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{kij}}{n} \quad k = a, b, c; \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$\bar{\bar{X}}_k = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{kj}}{m} \quad k = a, b, c; \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$\bar{CL} = (\bar{\bar{X}}_a, \bar{\bar{X}}_b, \bar{\bar{X}}_c) = \left(\frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{aj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{bj}}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{cj}}{m} \right)$$

Buradaki n , bulanık örnek büyüklüğü ve m ise bulanık örnek sayısıdır. Bulanık \bar{X} kontrol grafiğinin limitleri değişim aralığı kullanılarak belirlenirse;

$$\begin{aligned} \overline{UCL}_{\bar{X}} &= \bar{CL} + A_2 \bar{R} = (\bar{\bar{X}}_a, \bar{\bar{X}}_b, \bar{\bar{X}}_c) + A_2 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c) = (\bar{\bar{X}}_a + A_2 \bar{R}_a, \bar{\bar{X}}_b + A_2 \bar{R}_b, \bar{\bar{X}}_c + A_2 \bar{R}_c) \\ &= (\overline{UCL}_1, \overline{UCL}_2, \overline{UCL}_3) \end{aligned}$$

$$\bar{CL}_{\bar{X}} = (\bar{\bar{X}}_a, \bar{\bar{X}}_b, \bar{\bar{X}}_c) = (\bar{CL}_1, \bar{CL}_2, \bar{CL}_3)$$

$$\begin{aligned} \underline{LCL}_{\bar{X}} &= \bar{CL} - A_2 \bar{R} = (\bar{\bar{X}}_a, \bar{\bar{X}}_b, \bar{\bar{X}}_c) - A_2 (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c) = (\bar{\bar{X}}_a - A_2 \bar{R}_a, \bar{\bar{X}}_b - A_2 \bar{R}_b, \bar{\bar{X}}_c - A_2 \bar{R}_c) \\ &= (\underline{LCL}_1, \underline{LCL}_2, \underline{LCL}_3) \end{aligned}$$

$\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c$ olabilecek en az, orta seviye ve en çok diye sınıflandırılan değerlerin ortalamalarıdır.

$$R_{aj} = X_{maks,aj} - X_{min,cj}; \quad R_{bj} = X_{maks,bj} - X_{min,bj}; \quad ve \quad R_{cj} = X_{maks,cj} - X_{min,aj}$$

$X_{maks,bj}, X_{maks,aj}, X_{maks,cj}$ örnekteki maksimum bulanık sayıdır (Şentürk ve Erginel, 2009, s.1545);

$X_{min,aj}, X_{min,bj}, X_{min,cj}$ örnekteki minimum bulanık sayıdır. ($j=1,2,\dots,m$)

$$\bar{R}_a = \frac{\sum R_{aj}}{m}, \quad \bar{R}_b = \frac{\sum R_{bj}}{m}, \quad \bar{R}_c = \frac{\sum R_{cj}}{m}$$

\bar{X} -R kontrol grafiklerine verilebilecek diğer örnekler ise;

- α – kesim bulanık \bar{X} grafiği,
- α seviyeli bulanık değişim aralıklı \bar{X} grafiği,
- \bar{R} grafiği,
- α –kesim \bar{R} grafiği,
- α seviyeli değişim aralıklı \bar{R} grafiği.

2.3.4. Bulanık $\bar{X} - \bar{S}$ Kontrol Grafiği

Örnek büyüklüğü $n>10$ olduğunda, $\bar{X} - \bar{S}$ kontrol grafiği tercih edilir. \tilde{S}_j , j. örneğin standart sapması olmak üzere (Şentürk ve Erginel, 2009, s.1545);

$$\tilde{S}_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(X_a, X_b, X_c)_{i,j} - (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c)_{i,j}]^2}{n-1}}$$

Bulanık standart sapma $\tilde{S} = \left(\frac{\sum_{i=1}^m S_{aj}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m S_{bj}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m S_{cj}}{m} \right) = (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c)$ şeklinde hesaplanır.

Buna göre kontrol limitleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \overline{UCL}_{\bar{X}} &= \overline{CL} + A_3 \bar{S} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) + A_3 (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) = (\bar{X}_a + A_3 \bar{S}_a, \bar{X}_b + A_3 \bar{S}_b, \bar{X}_c + A_3 \bar{S}_c) \\ &= (\overline{UCL}_1, \overline{UCL}_2, \overline{UCL}_3) \end{aligned}$$

$$\overline{CL}_{\bar{X}} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) = (\overline{CL}_1, \overline{CL}_2, \overline{CL}_3)$$

$$\begin{aligned} \overline{LCL}_{\bar{X}} &= \overline{CL} - A_3 \bar{S} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) - A_3 (\bar{S}_a, \bar{S}_b, \bar{S}_c) = (\bar{X}_a - A_3 \bar{S}_a, \bar{X}_b - A_3 \bar{S}_b, \bar{X}_c - A_3 \bar{S}_c) \\ &= (\overline{LCL}_1, \overline{LCL}_2, \overline{LCL}_3) \end{aligned}$$

\bar{X} -S kontrol grafiklerine verilebilecek diğer örnekler ise;

- α – kesim bulanık standart sapma \bar{X} grafiği,
- α seviyeli bulanık değişim aralıklı \bar{X} -S grafiği,
- \bar{S} grafiği,
- α –kesim \bar{S} grafiği,
- α seviyeli değişim aralıklı \bar{R} grafiği.

2.3.5. α -kesim bulanık p kontrol grafikleri

Bulanık kalite kontrol grafikleri, klasik kalite kontrol grafikleri ile karşılaştırıldığında bulanık kontrol grafiklerinin üstünlükleri dikkat çekmektedir. Klasik p kontrol grafiklerinde “kusurlu”, “kusursuz” olarak tanımlanan kesin ayırım bulanık p kontrol grafiklerinde “kusursuz”, “az kusurlu”, “standart”, “çok kusurlu”, veya “kusurlu” gibi tanımlarla esnetilerek insan sübjektifliği dikkate alınabilir. İkili sınıflamaya ek olarak, ürün kalitesini belirlemede birçok ara seviyeler kullanılabilir. Bu ara seviyeler, dilsel terimler biçiminde ifade edilebilmektedir. İşte bulanık kontrol grafikleri ile birlikte ürün kalitesi için belirlenen birden çok kalite karakteristiği aynı anda değerlendirilebilmektedir. Bulanık kontrol grafiklerinde kontrol limitlerinin yerleri, klasik kontrol grafiklerinin aksine değişen süreç parametrelerine göre değişmektedir. Kalite karakteristiğini belirten dilsel değişkenlerin neler olduğu iyi belirlenmeli ve kullanılan dilsel değişkenlerin sayısı gözlem altında bulunan sürece göre seçilmelidir. Ayrıca dilsel veriler için kullanılan üyelik fonksiyonlarının şekli de önemlidir.

Tanımlanan bu kategorilerin her biri için kusurlu olma üyelik derecesi belirlenir. Her bir örnek grubunun ortalama değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Gülbay ve Kahraman, 2006, s.437).

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^t k_{ij}r_j}{m_j}$$

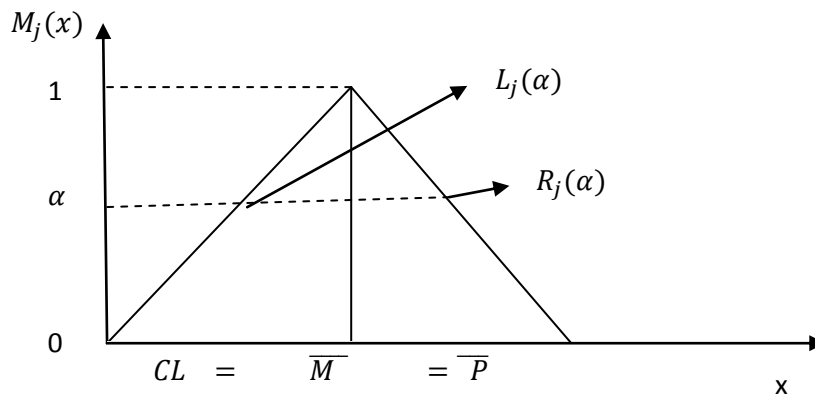
Burada, t tanımlanan kategori sayısı, k her bir kategoriye ayrılan örnek sayısı, r kategorinin temsili değeri ve m gruptaki örnek sayısıdır. Bu veriler için kontrol grafiğinin merkez çizgisi (CL) ise örnek gruplarının ortalama değerlerinin ortalaması olarak hesaplanır:

$$CL = \bar{M}_j = \frac{\sum_{j=1}^n M_j}{n}$$

Denklemden ki k ve r değerleri insan subjektifliğini içermektedir. Bir örnek bir kalite kontrolcü tarafından az kusurlu grubuna dahil edilebileceği gibi standart veya kusursuz olarak da değerlendirilebilir. Buradaki belirsizliğin modellenmesinde, CL bulanık mod değeri CL değerine denk gelen üçgensel bulanık sayı (TFN) olarak tanımlanabilir. Şekil 2.10'da gösterilen $(\alpha)_j L$ ve $(\alpha)_j R$ değerleri aşağıdaki denklemler ile hesaplanır.

$$R_j(\alpha) = 1 - [(1 - M_j)\alpha]$$

$$L_j(\alpha) = M_j\alpha$$



Şekil 2.10 \bar{M} ve M_j Değerlerinin Üçgensel Bulanık Sayı Olarak Gösterimi (Gülbay ve Kahraman, 2006, s. 437)

Buradan CL 'nin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

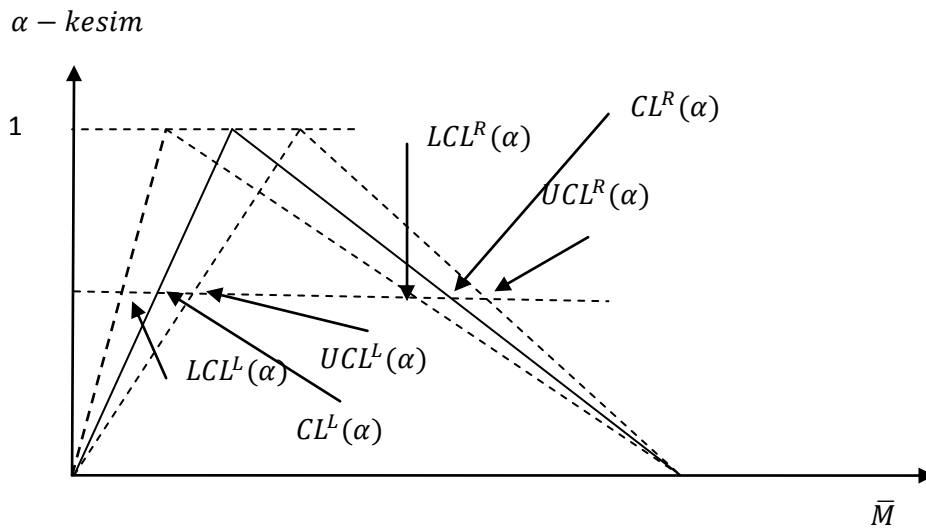
$$\mu_{M_j}(x) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x \leq 0 \\ \frac{x}{\bar{M}}, & \text{eğer } 0 \leq x \leq \bar{M} \\ \frac{1-x}{1-\bar{M}}, & \text{eğer } \bar{M} \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{eğer } x \geq 1 \end{cases}$$

Merkez çizgisine (CL) üyelik fonksiyonunun sol ve sağ destek kısımları dikkate alınarak α - kesim uygulandığında, kontrol limitlerinin α değerine bağlı olarak üyelik fonksiyonu aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi hesaplanır (Gülbay ve Kahraman, 2006, s. 434-451).

Kontrol Limitleri (α)

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} CL^L = \bar{M}(\alpha) \\ LCL^L = \max \left\{ CL^L - 3 \sqrt{\frac{(CL^L)(1-CL^L)}{n}}, 0 \right\} \\ UCL^L = \min \left\{ CL^L + 3 \sqrt{\frac{(CL^L)(1-CL^L)}{n}}, 1 \right\} \end{array} \right] \text{ eğer } 0 \leq M_j \leq \bar{M} \\ \left[\begin{array}{l} CL^R = 1[(1-\bar{M}\alpha)\alpha] \\ LCL^R = \max \left\{ CL^R - 3 \sqrt{\frac{(CL^R)(1-CL^R)}{n}}, 0 \right\} \\ UCL^R = \min \left\{ CL^R + 3 \sqrt{\frac{(CL^R)(1-CL^R)}{n}}, 1 \right\} \end{array} \right] \text{ eğer } \bar{M} \leq M_j \leq 1 \end{array} \right\}$$

α -kesim kontrol limitleri aşağıdaki şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11 α -kesim Kontrol Limitleri (UCL: üst kontrol limit; LCL: alt kontrol limiti)

Sürecin kontrol altında olup olmadığında ise aşağıda ki denkleme göre karar verilebilir.

$$\text{Süreç Kontrol} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ eğer } LCL^L(\alpha) \leq L_j(\alpha) \leq UCL^L(\alpha) \\ \wedge LCL^R(\alpha) \leq L_R(\alpha) \leq UCL^R(\alpha) \\ 0, \text{ diğer durumlarda} \end{array} \right\}$$

Süreç karakteristikleri dilsel değişkenlerden oluşuyor ise klasik kontrol grafiklerinin kullanılması süreç hakkında yeterli bilgiyi vermeyecektir. Bu sebeple dilsel ve belirsiz verilerin değerlendirilmesi için gerekli olan bulanık küme teorisini kullanmak daha doğru

olacaktır. Tablo 2.4'te klasik kontrol grafikleri ile bulanık kontrol grafikleri arasındaki fark verilmiştir.

Tablo 2.4. Geleneksel Shewhart Kontrol Grafikleri ve Bulanık Kontrol Grafikleri Arasındaki Karşılaştırma

Karşılaştırma Konusu	Shewhart Kontrol Grafikleri	Bulanık Kontrol Grafikleri
Kalite karakteristiği sayısı	Sadece bir kalite karakteristiği	Çok sayıda kalite karakteristiği
İstatistiksel veri uygunluğu ve veri tipi	Tamamen gerekli ve kesin	Belirsiz, kesin ve tam olmayan bilgi
Temel sürece ait kullanılan bilgi	Geçmişe ait veriler	Uzman deneyimi ile elde edilen bilgi
Karar	Süreç kontrol altında/ süreç kontrol dışı	Dilsel kararlar
Avantajlar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tek bir kalite karakteristiğinin kontrol edilmesi kolaydır, 2. Daha nesnelidir. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uzman kararlarına dayalı süreçlerde daha kesin kararlara varılmasını sağlar. Tecrübe üyelik derecelerinin belirlenmesinde etkilidir, 2. Esnektir.
Dezavantajlar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esnek olmayan kontrol limitleri, 2. Örnek büyüklükleri kontrol limitlerini etkiler, 3. Geçmişe dayalı veriler biçimsel limitler belirlemeye yarar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sonuç için üretilen çıktılar öznel uzman deneyimlerinden etkilenir, 2. Klasik kontrol grafiklerinde uygulanabilen tamamlayıcı kurallar bulanık grafikler için kullanılamaz.

Kaynak: Aytaç, 2006, s.9

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KONTROL GRAFİKLERİNİN BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE UYGULAMASI

Kontrol grafikleri sürecin kararlılığını ve yeterliliğini göstermek için sıkça kullanılan bir yöntemdir. Kontrol grafikleri ürün ya da servis kalitesine ilişkin kalite karakteristiklerine ait verilere dayanılarak oluşturulurlar. Eğer kalite karakteristiklerinin sayısal formlar şeklinde belirlenmesi güç ise özellik kontrol grafiklerinin kullanılması daha uygun olacaktır. Daha önceki konularda da değinildiği üzere kontrol grafikleri kontrol limitleri ve istatistiksel testlerle normal olan veya anormal olan süreç değişkenliğinin izlenmesine yarar. Kontrol limitleri olasılık kurallarına dayanarak oluşturulmaktadır ve bir nokta limitler dışında kalıyorsa süreç değişkenliğinin kontrol altına alınması gerektiğinin sinyalini vermektedir.

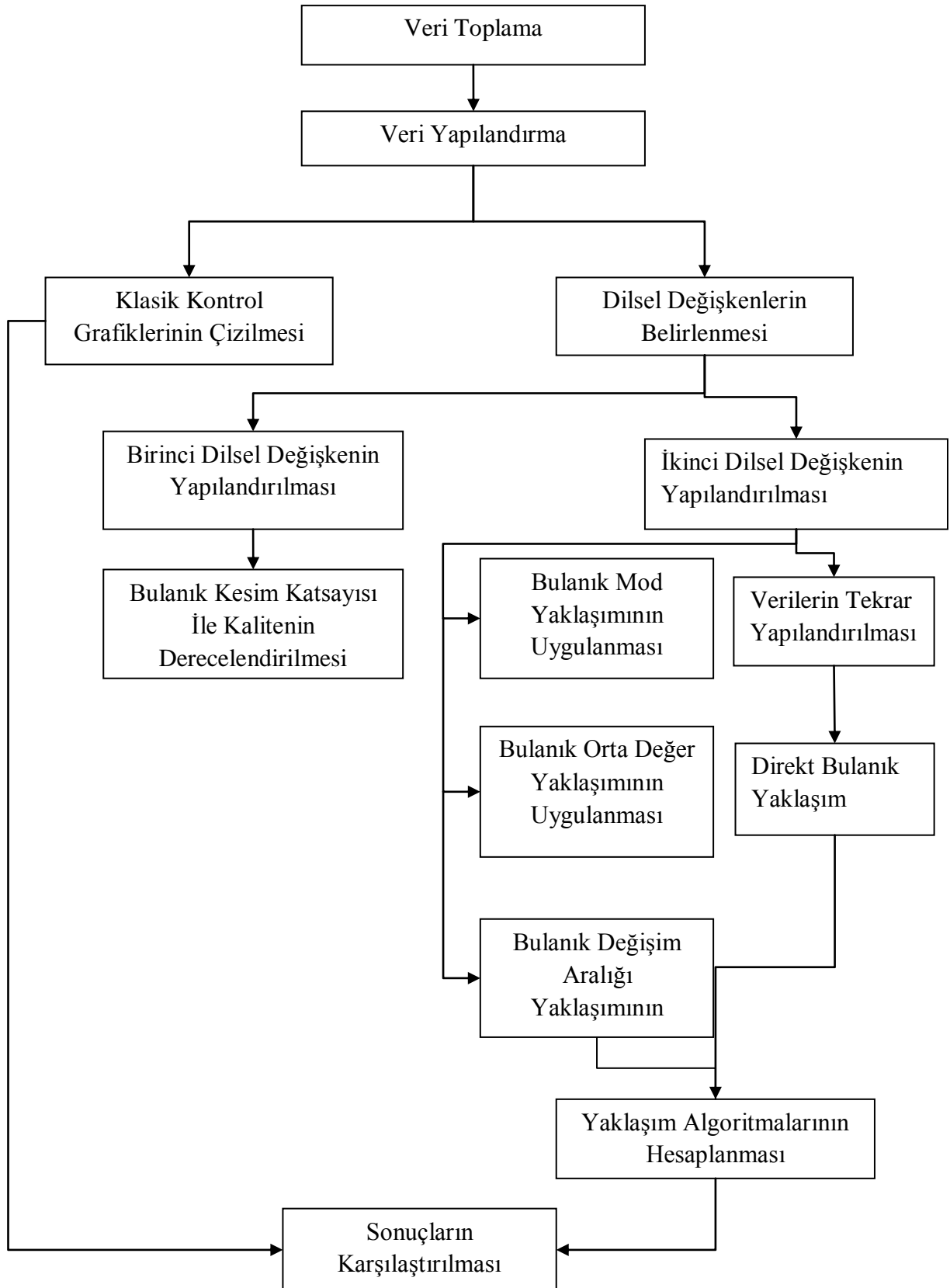
Çalışmanın bu bölümünde bir tekstil firmasında son ürün olarak tanımlanan kumaşlarla ilgili yapılan kalite kontrol çalışmaları incelenmiş, sürece ait kontrol grafikleri çizilmiştir. Daha sonra kalite kontrol çalışanlarından alınan bilgilere bağlı olarak kalite seviyeleri kategorize edilmiş ve dilsel ifadelerle belirlenen değişkenler için bulanık mantık yaklaşımı ile bulanık kontrol grafikleri çizilmiş olup çizilen grafiklere ilişkin karşılaştırmalar yapılmıştır.

3.1.Çalışmada İzlenen Metodoloji

Çalışmada izlenen metodoloji, genel olarak beş aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama verilerin toplanması ve analiz edilmesi aşamasıdır. Veri seti 01.10.2010-31.11.2010 tarihleri arasında ki iki aylık süreyi kapsamaktadır. Bu sürede altı farklı kumaş tipi (Ranforce, Creton, Doning, Crep, Flanel ve Panama tipi kumaş) son kontrolleri incelenmiştir. Kumaşlar tel sayısına göre (yoğunluk) sınıflandırılmıştır. Farklı kumaş tiplerinden Ranforce kumaş tipi en çok talep edilen kumaş tipi olduğundan uygulamada bu kumaş tipine göre değerlendirmeler yapılmıştır.

İkinci aşama süreçte mevcut olan belirsizliklerin ve dilsel değişkenlerin tespit edilmesi aşamasıdır. Bu aşama ilerleyen bölümde ayrıntılı olarak incelenecektir. Üçüncü aşamada kullanılan dilsel değişkenlerle veriler uygun veri setlerine dönüştürülmüştür. Kumaşlarla ilgili hata sayıları toplanıp, bununla ilgili tablolar hazırlanmıştır. Dördüncü aşamada bulanık mantık yaklaşımları uygulamaya konulmuş; beşinci aşamada da ise elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada, bulanık kontrol grafiklerinin uygulanması için kullanılan

algoritmalar Microsoft Excel'de hazırlanan makrolar aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma boyunca izlenen adımlar Şekil 3.1'deki gibidir.



Şekil 3.1 Çalışmada İzlenen Algoritmik Adımlar

3.2. İşletme ve Üretim Süreci Hakkında Genel Bilgi

İşletme 20.03.1986 yılında İsmail Uslu tarafından open–end iplik üretmek üzere kurulmuş olup 1998 yılının Şubat ayında Enver Paralı ile güç birliği sonucu USPAR TEKSTİL SANAYİ VE TİC. A.Ş. adını alarak bu günkü unvanını almıştır. Firma Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunmakta olup 37.000 m² alana kuruludur. Yurt içine ve yurtdışına ürünleri ile hizmet etmektedir. Bünyesinde bulunan laboratuvarları ile üretimini her aşamasını kontrol altında tutmaktadır ve müşteri memnuniyetini kendisine hedef olarak seçmiştir. 2000 yılında yapılan çalışmalar sonucunda firma ÖKO TEX STANDARD 100 Belgesini almaya hak kazanmıştır.

Ürünleri: NE 4/1, NE 6/1, NE 8/1, NE 10/1, NE 12/1, NE 16/1, NE 20/1, NE 24/1, NE 30/1 OPEN – END İplik çeşitleridir.

İhracat Yapılan Ülkeler: Portekiz, İtalya, Avusturya, Romanya

Üretim Süreci; Balyalar halinde satın alınan pamuklar, iplik fizik laboratuvarında spektrum testinden geçerler ve özelliklerine göre istiflenirler. Bu test sonucunda alınan HVI raporunda, pamuğun iplik yapılabirlik özelliği, elyafın inceliği, olgunluğu, uzunluğu, elastikiyeti, mukavemeti, nemi, parlaklığı gibi veriler elde edilir. HVI Pamuk Standartlarını karşılayan pamuklar harman-hallaç dairesine alınır. Metal detektöründen başlamak üzere bir dizi işlemde geçen pamuk temizlenerek çepellerinden ve tozlardan arındırılır.



Temizleme, tarama ve tülbent aşamalarından geçerek şeritler halinde istiflenen pamuk, Open-End iplik makinelerine aktararak iplik üretimi yapılır. Üretilen ipliğin yapısı, mukavemeti iplik fizik laboratuvarında yapılan bir dizi testlerle belirlenir. Uzunluk/Ağırlık formülü ile pamuk şeritlerinin ve ipliğin numara kontrolü yapılır. Uzunluk ölçüsü iplik için 120 yard, şerit pamuk için 10 yard alınır.



Üretilen iplik dokuma sürecine girmeden önce, ipliğe mukavemet kazandırmak, dokuma makinelerinde kopması ya da topaklanmasını önlemek için “atkı” ipliği fikse makinelerinde buhara tutulur. “Çözü” ipliklerine ise daha fazla mukavemete maruz kaldıkları için haşıl

uygulanır. Çözgü olarak hazırlanan leventler dokuma fabrikasında, önceden belirlenen en ve sıklıkta atkı iplikleri ile beraber hava jetli tezgâhlarda dokunur. Dokuma, atkı ve çözgü ipliklerinin dikey açı yapacak şekilde, birbirinin altından, üstünden geçirilmesiyle ortaya çıkan düz yüzeyle üründür.

Ham bez bölümünde, üretilen dokuma ve örgü kumaşların genel olarak kalite kontrolü yapılarak katlama makinelerinde katlanıp sevkiyat için ambalajlanır. Mamul kontrol edilirken tespit edilen hatalar hambez, kalite kontrol formuna işlenir. Hambez kalite kontrol formu örneği Ek-1’de verilmiştir. Dokuma sürecinde meydana gelen hatalar Ek-2’deki gibi kategorize edilebilir. Firmada Ek-2’de verilen bazı hatalar ile hemen hemen hiç karşılaşılmadığından;



“Hambez, Kalite Kontrol Formu” hata sıklıklarına göre oluşturulmuş, bazı hatalar aynı kategoride sayılmıştır. Aşağıda en çok rastlanan hatalardan bir kaçının tanımı verilmiştir;

- Sık-Seyrek Atkı: Kumaştaki atkı sıklığı farklarından meydana gelen hata (Bantlar şeklinde görülür. Çözgü salma veya kumaş sarma tertibatlarındaki bir hatadan dolayı oluşur),
- Atkı Kaçığı (Atkı Kopuğu, Ayak Kaçığı): Bir veya birkaç atkı ipliğinin kopmasından meydana gelen kumaş enindeki hata.
- Çift Atkı: Ağızlıktan çift atkı ipliğinin geçmesinden meydana gelen hata,
- Yarım Atkı Kaçığı (Yarım Atkı Kopuğu, Yarım Ayak Kaçığı): Atkı ipliğinin azlık içinde kopmasından dolayı kumaş eninin bir kısmında eksik kalan atkı ipliği hatası,
- Atkı Toplanması (Yığılma): Atkı yönünde bir iplik yumağının ağızlık içine girip normal kumaş örgüsünde dokunması,
- Patlak, Delik, Yırtık: Dokuma veya apre işlemleri sırasında taşıma sırasında kumaşta meydana gelen patlak ve yırtıklardır. Büyük veya küçük olabilirler.

3.3. Birim Başına Düşen Kusur Sayısı Kontrol Grafiği

Muayene edilen örnekte gözlenen kusur sayısı c , örnek tek birimden oluştuğunda hem kusur sayısı, hem de birime düşen kusur sayısı anlamındadır. Fakat birimler, kusur olması şansının sabit kalması için, birbirinin aynı olmalıdır. Örneğin, dokuma sonrası yağ lekesi, delik, düğüm sayısı, vb. kusurların belirlenmesi için muayene edilen kumaş toplarında aynı uzunlukta kumaş bulunmalıdır. Kusurun oluşabileceği alan örnekten örneğe değişme

gösterdiğinde, kusur sayısı kontrolü için $c -$ kontrol grafiğı uygulanmaz. Örnekteki birim sayılarının farklılık gösterdiğı durumlarda, bir birime düşen kusur sayısını kontrol istatistiğı olarak almak amaca daha uygun olacaktır. n muayene birimine sahip i ' inci örnekteki toplam kusur sayısı c_i iken, bir birime düşen ortalama kusur sayısı u_i 'de,

$$u_i = \frac{c_i}{n}$$

olarak tanımlanır. u istatistiğı Poisson dağılımının varsayımlarını sağlar. Bu nedenle, bir birime düşen ortalama kusur sayısını kontrol etmek üzere u -kontrol grafiğı geliştirilmiştir. u -kontrol grafiğinin kontrol sınırları da,

$$\text{ÜKS}_u = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$$

$$OÇ_u = \bar{u}$$

$$\text{AKS}_u = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$$

olarak belirlenir. Usbar Tekstil San. Tic ve A. Ş. Dokuma fabrikasında günlük üretilen top kumaşlardaki kusurları belirlemek amacı ile %100 muayene yapılmıştır. Örnek büyüklüğü metre başına yapıldığı için kumaşın uzunluğu olarak alınmıştır (Üniteler kumaş uzunluğu olarak belirlenmiştir). Kumaş uzunlukları farklı olduğundan örnek büyüklükleri farklıdır. Bu sebeple birim başına düşen kusur sayısı kontrol grafiğı kullanılmıştır. Ek-3 ve Ek-4'te değişik boyutlarda Ranforce tipi kumaşa ait Ekim ve Kasım aylarına ait veriler yer almaktadır. Tablo 3.2'de tel adedi 5200 eni 160 cm olan kumaş için kontrol grafiğı verileri hesaplanmıştır.

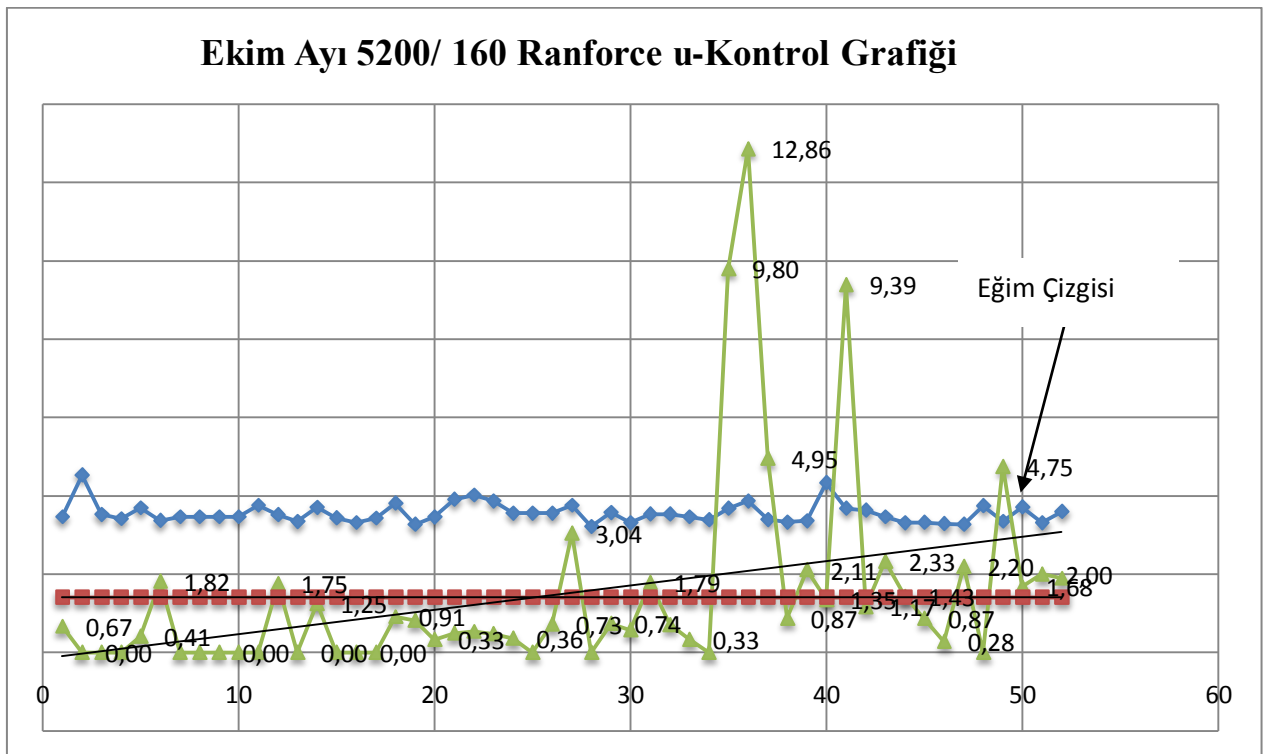
Tablo 3.2 Ekim Ayı 5200/160 Ranforce Kumaşı Verilerine Ait Alt-Üst Kontrol Sınırları

ÖRNEK NUMARASI	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i=c_i / n_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u_i	%ÜKS	%AKS
1	300	2	0,0067	0,0068	0,0205	0,0346	-0,0065	0,67	3,46	-0,65
2	130	0	0	0,0104	0,0312	0,0453	-0,0171	0,00	4,53	-1,71
3	283	0	0	0,0070	0,0211	0,0352	-0,0071	0,00	3,52	-0,71
4	315	0	0	0,0066	0,0200	0,0341	-0,0059	0,00	3,41	-0,60
5	243	1	0,0042	0,0076	0,0228	0,0369	-0,0087	0,41	3,69	-0,88
6	330	6	0,0188	0,0065	0,0196	0,0337	-0,0055	1,82	3,37	-0,55
7	300	0	0	0,0068	0,0205	0,0346	-0,0064	0,00	3,46	-0,65
8	300	0	0	0,0068	0,0205	0,0346	-0,0064	0,00	3,46	-0,65
9	300	0	0	0,0068	0,0205	0,0346	-0,0064	0,00	3,46	-0,65
10	300	0	0	0,0068	0,0205	0,0346	-0,0064	0,00	3,46	-0,65
11	230	0	0	0,0078	0,0234	0,0376	-0,0093	0,00	3,76	-0,94
12	285	5	0,0175	0,0070	0,0210	0,0352	-0,0070	1,75	3,52	-0,70
13	339	0	0	0,0064	0,0193	0,0334	-0,0052	0,00	3,34	-0,53
14	240	3	0,0125	0,0076	0,0229	0,0371	-0,0089	1,25	3,71	-0,89
15	308	0	0	0,0067	0,0202	0,0344	-0,0062	0,00	3,44	-0,62
16	348	0	0	0,0063	0,0190	0,0332	-0,005	0,00	3,32	-0,50
17	310	0	0	0,0067	0,0202	0,0343	-0,0061	0,00	3,43	-0,61
18	219	2	0,0091	0,0080	0,0240	0,0381	-0,0099	0,91	3,81	-1,00
19	366	3	0,0081	0,0062	0,0186	0,0327	-0,0045	0,82	3,27	-0,45
20	302	1	0,0033	0,0068	0,0204	0,0346	-0,0064	0,33	3,46	-0,64
21	203	1	0,0049	0,0083	0,0249	0,0391	-0,0109	0,49	3,91	-1,09
22	186	1	0,0053	0,0087	0,0261	0,0402	-0,0120	0,54	4,02	-1,20
23	210	1	0,0047	0,0081	0,0245	0,0387	-0,0104	0,48	3,87	-1,05
24	275	1	0,0036	0,0071	0,0214	0,0356	-0,0073	0,36	3,56	-0,74
25	275	0	0	0,0071	0,0214	0,0356	-0,0073	0,00	3,56	-0,74
26	275	2	0,0072	0,0071	0,0214	0,0356	-0,0073	0,73	3,56	-0,74
27	230	7	0,0304	0,0078	0,0234	0,0376	-0,0093	3,04	3,76	-0,94
28	388	0	0	0,0060	0,0180	0,0322	-0,0039	0,00	3,22	-0,40
29	270	2	0,0074	0,0072	0,0216	0,0358	-0,0075	0,74	3,58	-0,76
30	350	2	0,0057	0,0063	0,0190	0,0331	-0,0049	0,57	3,31	-0,49
31	280	5	0,0178	0,0070	0,0212	0,0354	-0,0071	1,79	3,54	-0,72
32	280	2	0,0071	0,0070	0,0212	0,0354	-0,0071	0,71	3,54	-0,72
33	300	1	0,0033	0,0068	0,0205	0,0346	-0,0064	0,33	3,46	-0,65
34	325	0	0	0,0065	0,0197	0,0338	-0,0056	0,00	3,38	-0,57
35	245	24	0,0979	0,0075	0,0227	0,0368	-0,0086	9,80	3,68	-0,87
36	210	27	0,1285	0,0081	0,0245	0,0387	-0,0104	12,86	3,87	-1,05
37	323	16	0,0495	0,0066	0,0198	0,0339	-0,0057	4,95	3,39	-0,57
38	344	3	0,0087	0,0063	0,0192	0,0333	-0,0051	0,87	3,33	-0,51

Tablo 3.2 Devamı

39	332	7	0,0210	0,0065	0,0195	0,0336	-0,0054	2,11	3,36	-0,55
40	148	2	0,0135	0,0097	0,0292	0,0433	-0,0151	1,35	4,33	-1,52
41	245	23	0,0938	0,0075	0,0227	0,0368	-0,0086	9,39	3,68	-0,87
42	257	3	0,0116	0,0074	0,0222	0,0363	-0,0081	1,17	3,63	-0,81
43	300	7	0,0233	0,0068	0,0205	0,0346	-0,0064	2,33	3,46	-0,65
44	350	5	0,0142	0,0063	0,0190	0,0331	-0,0049	1,43	3,31	-0,49
45	346	3	0,0086	0,0063	0,0191	0,0332	-0,0050	0,87	3,32	-0,51
46	360	1	0,0027	0,0062	0,0187	0,0328	-0,0046	0,28	3,28	-0,47
47	364	8	0,0219	0,0062	0,0186	0,0327	-0,0045	2,20	3,27	-0,46
48	232	0	0	0,0077	0,0233	0,0375	-0,0092	0,00	3,75	-0,93
49	337	16	0,0474	0,0064	0,0193	0,0335	-0,0053	4,75	3,35	-0,53
50	238	4	0,0168	0,0076	0,0230	0,0372	-0,0089	1,68	3,72	-0,90
51	350	7	0,02	0,0063	0,0190	0,0331	-0,0049	2,00	3,31	-0,49
52	264	5	0,0189	0,0073	0,0219	0,036	-0,0078	1,89	3,60	-0,78
TOPLAM	14840	209	0,7767							

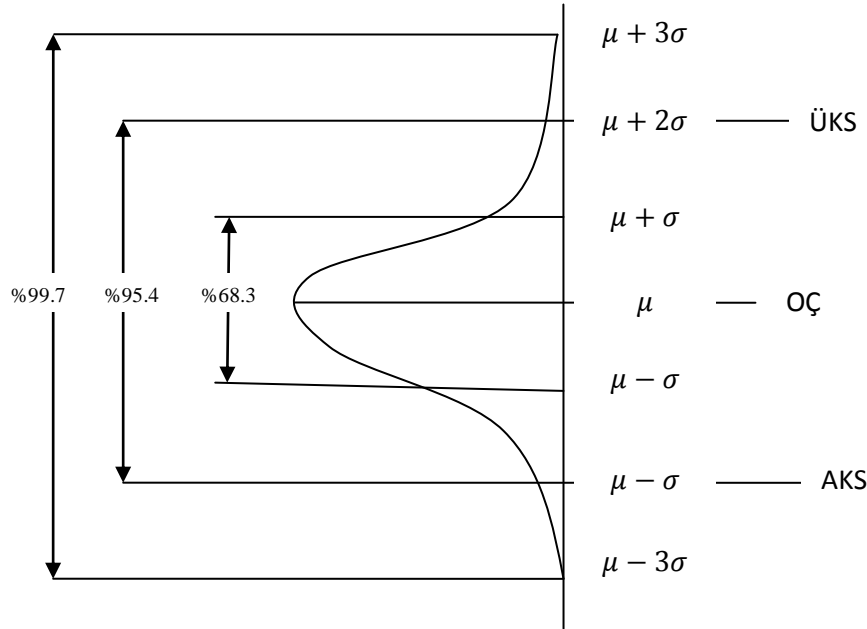
Belirlenen kontrol limitlerine göre u-kontrol grafiği;



Şekil 3.2 Ekim Ayı 5200/ 160 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği

Kontrol grafikleri ile kontrol dışı durumları belirlerken bir ya da daha fazla noktanın kontrol sınırları dışında olmasının veya rasgele olmayan belirli davranışların varlığına

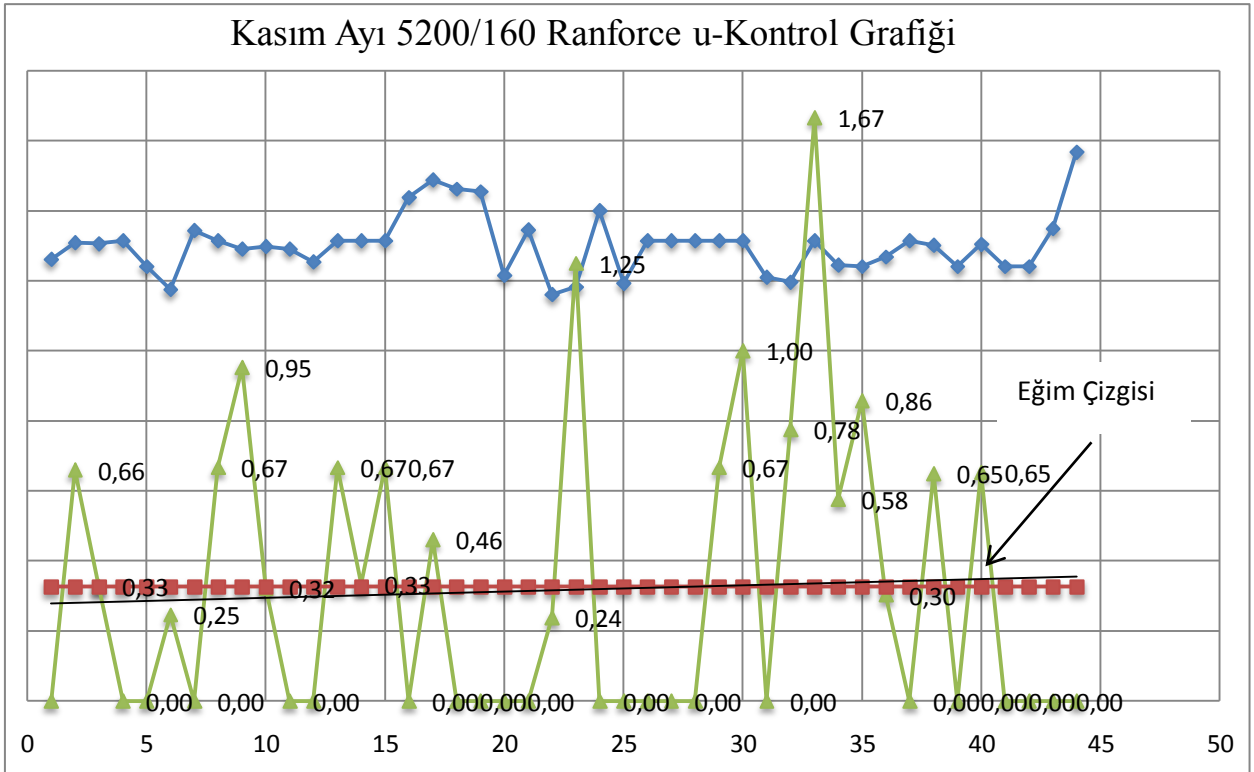
bakılmaktadır. Kontrol altında tutulan bir üretim sisteminden toplanan verilerin kalite özellikleri normal bir dağılım gösterirler. Normal dağılım ve kalite kontrol grafikleri ilişkisi Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Normal Dağılım ve Kontrol Grafiği İlişkisi (Gülbay ve Kahraman, 2006, s.436)

Sürecin kontrol altında olup olmasının değerlendirilmesi birinci bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Buna göre; Ekim ayına ait u-kontrol grafiğini yukarıda sıraladığımız maddelerle değerlendirirsek; 35-36-37-41ve 49. kumaş toplarına ait hata verilerinin UCL'nin üstünde kalması sonucu süreç kontrol dışıdır. Ayrıca süreçte noktalarla ilgili eğim çizgisi çizildiğinde eğimin yukarıya doğru olduğu yani hata sayısının ay sonuna doğru giderek arttığı gözlemlenebilir. Buda süreçteki değişkenliğin özel sebeplere bağlı olabileceğinin sinyalini verir.

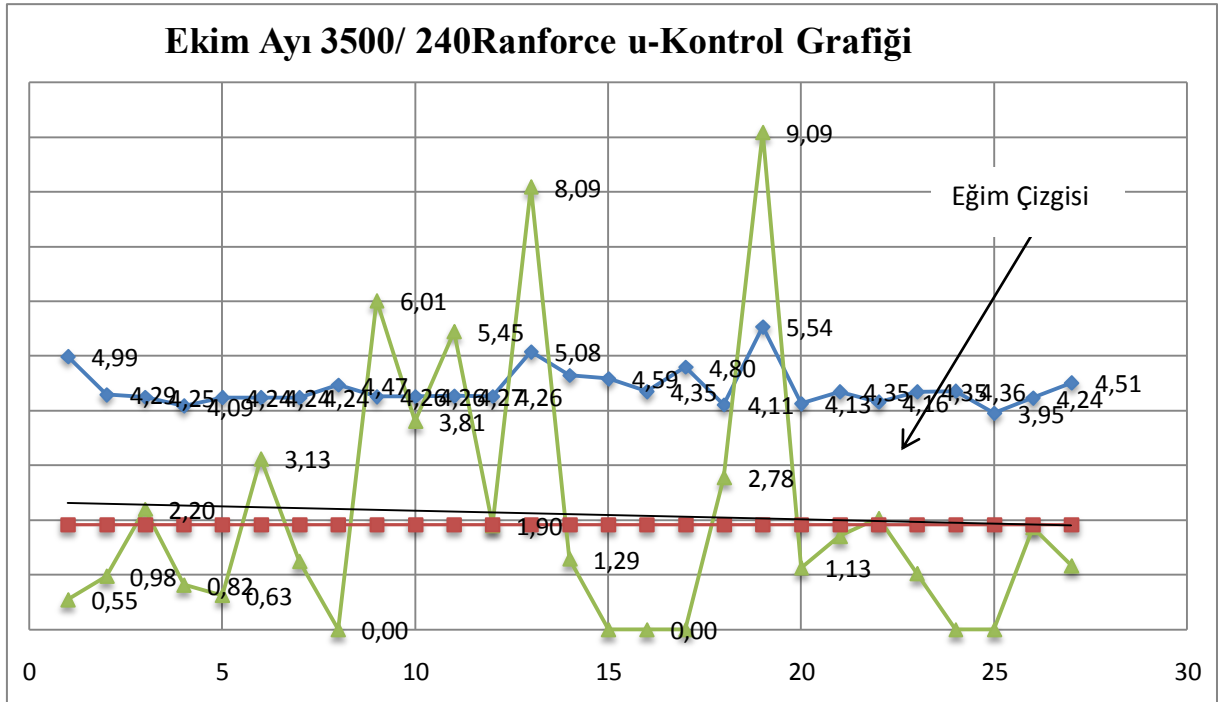
Ekim ve Kasım aylarına ait diğer kumaş topları için çizilecek u-kontrol grafik veri hesaplamaları ekler kısmında (Ek-5 ve Ek-6) verilmiştir. Hesaplanan kontrol sınırlarına göre oluşturulan kontrol grafikleri aşağıda yer almaktadır. Öncelikli olarak yukarıda ki ilk örneğimizle aynı tel sayısında ve aynı tip kumaş toplarına ait Kasım ayı kontrol grafiği verilecektir. Böylelikle ekim ve kasım aylarının karşılaştırılması yapılabilecektir.



Şekil 3.4 Kasım Ayı 5200/ 160 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği

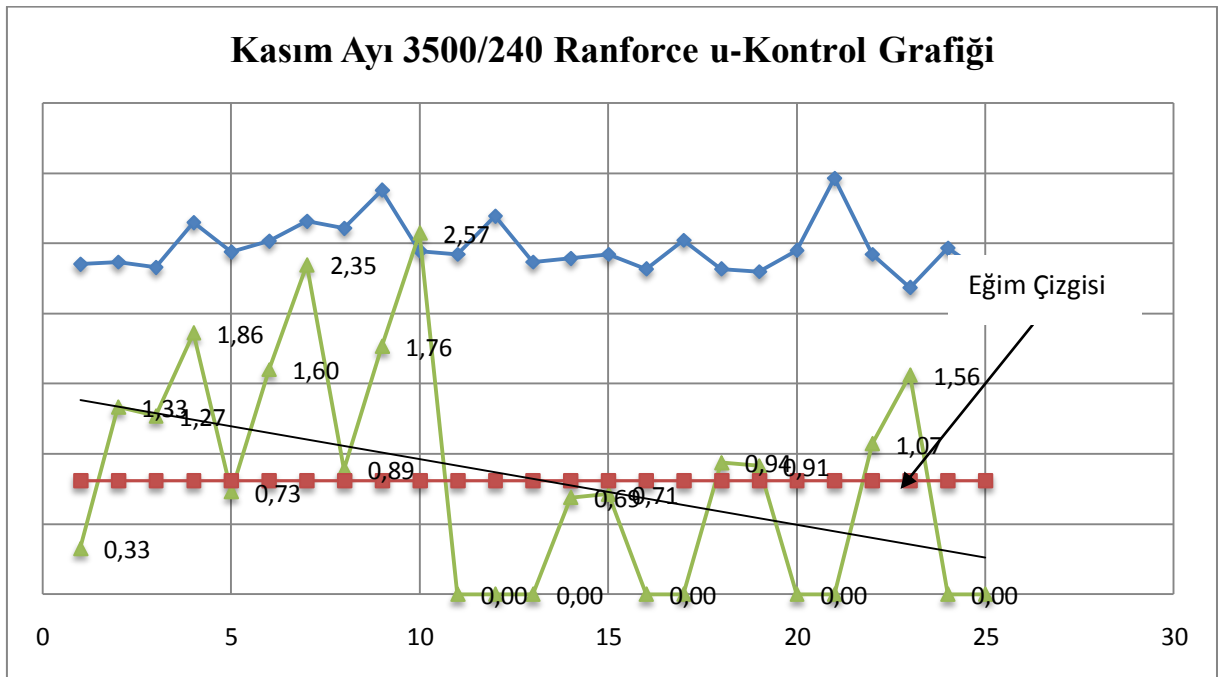
Aynı tel sayısına sahip ürüne ait Kasım ayı kontrol grafiği incelendiğinde 44 adet örnekten 23. ve 33. noktaların UCL'nin dışında olduğu görülmektedir. Süreç kontrol dışıdır. Sürece ait verilerin eğim çizgisine bakıldığında yine ay sonuna doğru hata sayısında artış görüldüğü gözden kaçmamakla birlikte; Ekim ayına nispeten hem kontrol dışı noktaların azaldığı hem de eğimin azaldığı gözden kaçırılmamalıdır. Ekim ve Kasım ayına ait farklı tel adedine sahip diğer kumaş parçalarının incelenmesi iki ay arasında süreçteki değişkenliğin daha ayrıntılı olarak incelenmesine olanak sağlayacaktır.

Şekil 3.5'deki kontrol grafiği incelendiğinde 27 örnekten 9, 11, 13, 19. noktaların ÜKS dışında olduğu gözlenmiştir. Noktaların eğimine dikkat edilirse eğimin negatif olduğu dikkati çeker. Sürecin kontrol dışında kalan noktalara dikkat edildiğinde hata sayısında ani yükselişler gözlemlenmiştir.



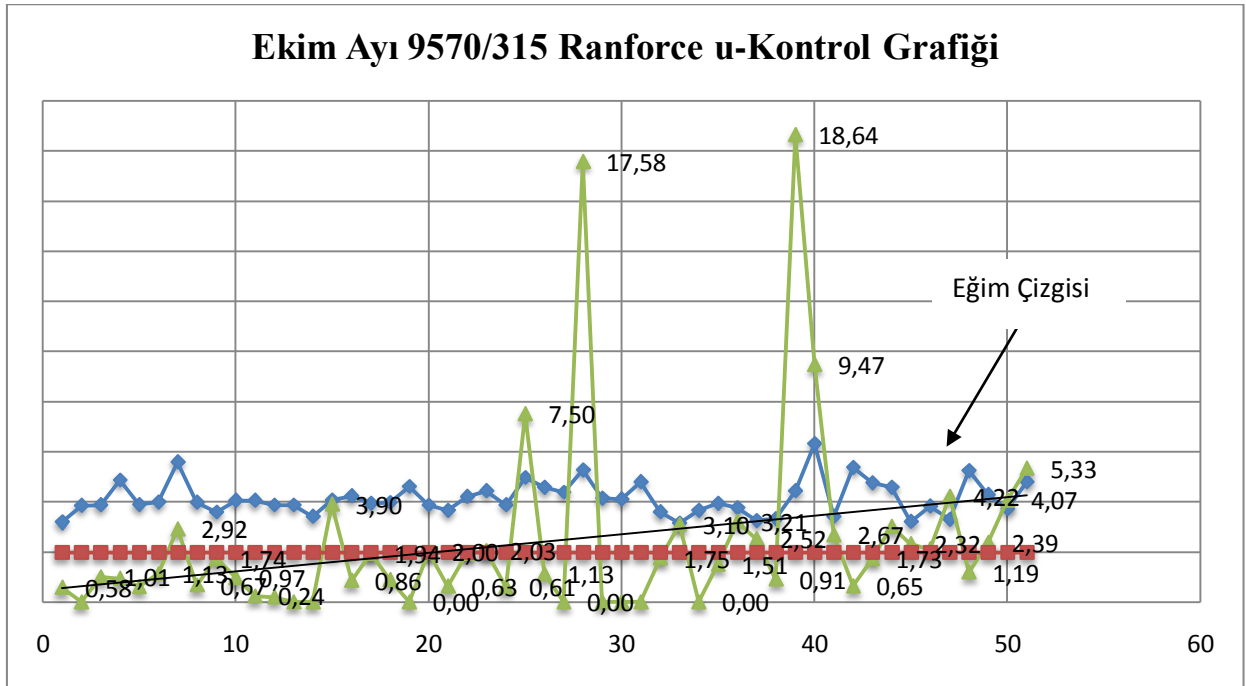
Şekil 3.5 Ekim Ayı 3500/ 240 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği

Şekil 3.6 incelendiğinde sadece bir noktanın (25 örnekten) UCL'nin dışında kaldığı görülmektedir. Ekim ayı ile karşılaştırıldığında aynı şekilde eğimin negatif olduğu; kumaştaki hata sayısının giderek azaldığı gözlemlenebilmektedir. Hata sayısının ay sonuna doğru azalması arzu edilen bir durum olarak görülsa de değişkenlik özel sebeplerden kaynaklanabileceği için kaynağı araştırılmalıdır.

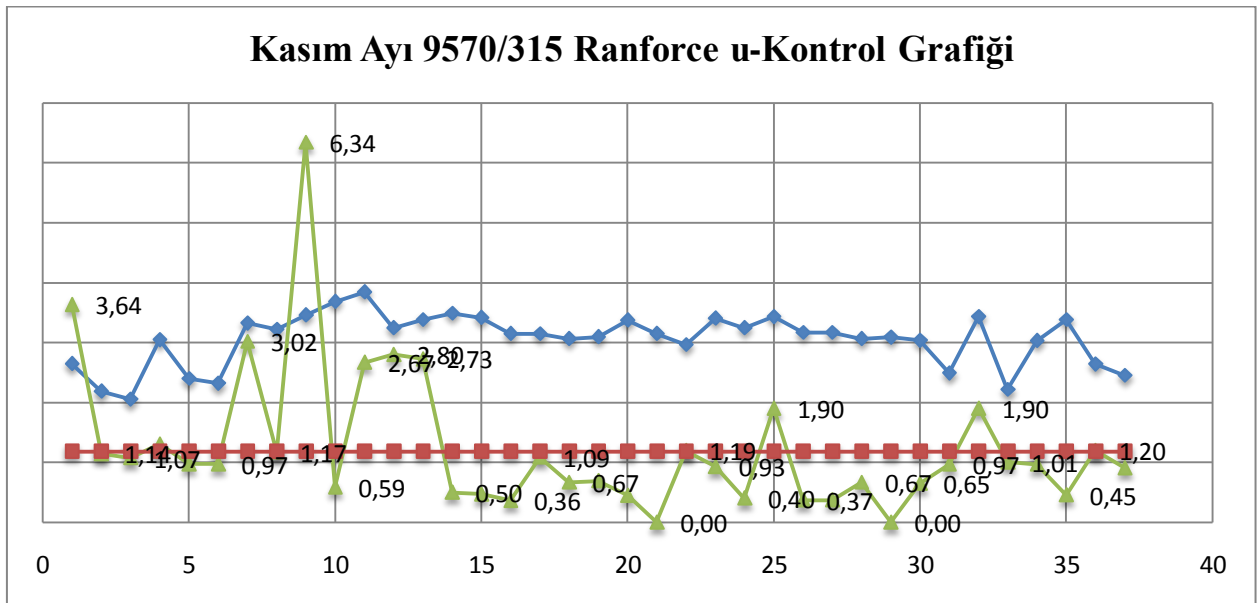


Şekil 3.6 Kasım Ayı 3500/ 240 Ranforce Kumaşı u- Kontrol Grafiği

Şekil 3.7'deki kontrol grafiği incelendiğinde 25, 28, 39, 40,47,50 ve 51'inci noktaların tümü kontrol sınırlarının dışındadır. Süreç kontrol dışıdır.



Şekil 3.7 Ekim Ayı 9570/315 Ranforce Kumaş u- Kontrol Grafiği



Şekil 3.8 Kasım Ayı 9570/315 Ranforce Kumaş u- Kontrol Grafiği

Şekil 3.8'den de anlaşılacağı üzere 1. ve 9. noktalar kontrol sınırlarının dışındadır. Süreç kontrol dışıdır. Genel olarak sürece ait klasik kontrol grafiklerinin incelenmesi sonucu süreçte değişkenliği etkileyen özel sebeplerin var olduğu anlaşılmaktadır. İşletmede iplik üretimi ve sonrası dokuma bölümünde işlenmesi ile devam etmektedir. Dokuma işlemi sırasında meydana gelen hataların çoğunluğu iplik kopuşlarından kaynaklanmaktadır. İplik kopuşları

dokuma makinesinin randımanına bağlı olarak üretim kapasitesini ve aynı zamanda ürün kalitesini etkilemektedir. İplik kopuşlarının sebepleri hammadde, iplik ve bobin üretim basamakları ile dokuma hazırlık ve dokuma işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Makineye bakan işçinin kontrollere zamanında ulaşamaması, iplik kopuşlarından kaynaklanan makine duruşlarını fark edememesi, hataların zamanında önlenmesini engellemektedir. Ayrıca atkı ipliğinin üretim açısından kalite parametrelerinin yetersiz oluşu (atkı ipliğinin hammaddesinin iyi olmaması, test değerlerinin iyi olmaması, fizik laboratuvarlarında kontrollerin yeterli olmaması) hata sebepleri arasında gösterilebilir.

Çalışmanın yapıldığı işletmede dokuma işlemleri manuel olarak kontrol edilip; duruş analizleri için sürekli personel bulundurma zorunluluğu doğmaktadır. Dokuma işlemi esnasında gerçekleşen iplik kopuşlarının maliyetinin yanı sıra kumaş kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri de düşünüldüğünde iplik kopuş sayısının kontrol altına alınması işletmenin üretim devamlılığını sağlaması ve kalitesi açısından büyük önem taşıdığı görülmektedir. Bunun için on-line bir kontrol sistemi, üretim aşamasında hatanın doğrudan tespit edilmesini sağlayıp süreçteki değişkenliği azaltabilir.

3.4. Bulanık Kontrol Grafikleri

İşletmede kalite kontrolü yapıldıktan sonra hambez kalite kontrol formuna kayıt edilir. Daha sonra kumaştaki hata sayısı, hataların hangi metrelerde gözlemlendiği (hataların belirli bir alanda kümelenmiş olması) gibi durumlar değerlendirildikten sonra kumaşların müşteriye gönderilip gönderilmemesi kararı verilmektedir. Birim başına kabul edilebilir hata sayıları kalite kontrol çalışanlarının görüşleri alınarak üç farklı kalite sınıfı şeklinde kategorize edilmiştir. Bunlar birinci, ikinci ve üçüncü derece kalitedir. İşletmede kalite için kullanılan dilsel değişkenleri temel alarak 3 kalite tipi için aralıklar tanımlanmış ve üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Oluşturulan üyelik fonksiyonları için Tablo 3.3’de verilmiş olan aralık değerleri dikkate alınmıştır;

Tablo 3.3 Farklı Kalitedeki Hambezler için Belirlenmiş Aralık Değerleri

Aralık Değerleri	1. Kalite Kumaş			2. Kalite Kumaş			3. Kalite Kumaş		
	a1	0	1	a2	0,5	0	a3	1,75	0
b1	0	1	b2	1	1	b3	2	1	
c1	0,5	1	c2	1,5	1	c3	2,25	1	
d1	1	0	d2	2	0	d3	2,5	0	

1. Kalite kumaş için belirlenmiş üyelik fonksiyonu;

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{eğer } \bar{u}_i < 0 \\ 1, & \text{eğer } 0 \leq \bar{u}_i \leq 0,5 \\ \frac{1 - \bar{u}_i}{1 - 0,5}, & \text{eğer } 0,5 \leq \bar{u}_i \leq 1 \\ 0, & \text{eğer } \bar{u}_i > 1 \end{array} \right\}$$

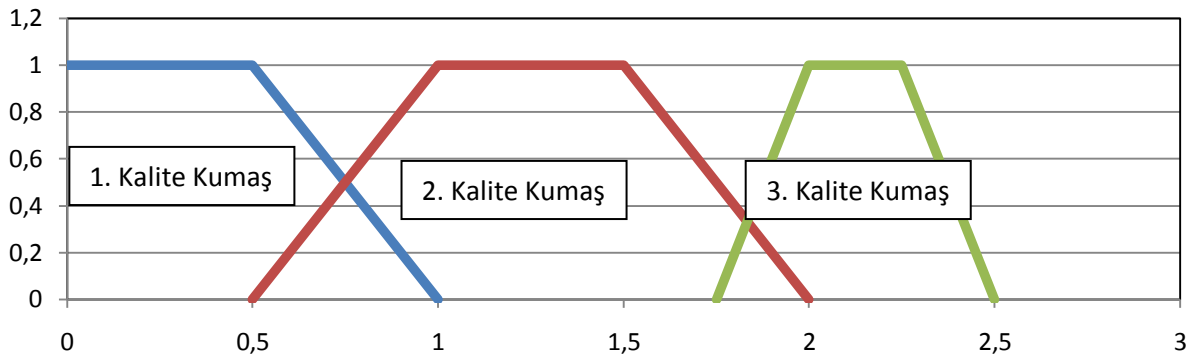
2. Kalite kumaş için belirlenmiş üyelik fonksiyonu;

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{eğer } \bar{u}_i < 0 \\ \frac{\bar{u}_i - 0,5}{1 - 0,5}, & \text{eğer } 0 \leq \bar{u}_i \leq 0,5 \\ 1, & \text{eğer } 1 \leq \bar{u}_i \leq 1,5 \\ \frac{2 - \bar{u}_i}{2 - 1}, & \text{eğer } 1,5 \leq \bar{u}_i \leq 2 \\ 0, & \text{eğer } \bar{u}_i > 2 \end{array} \right\}$$

3. Kalite kumaş istenmeyen bir kalite derecesi olduğu için aralıkları daha küçük tutulmuş olup üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{eğer } \bar{u}_i < 1,75 \\ \frac{\bar{u}_i - 1,75}{2 - 1,75}, & \text{eğer } 1,75 \leq \bar{u}_i \leq 2 \\ 1, & \text{eğer } 2 \leq \bar{u}_i \leq 2,25 \\ \frac{2,5 - \bar{u}_i}{2,5 - 2,25}, & \text{eğer } 2,5 \leq \bar{u}_i \leq 2,25 \\ 0, & \text{eğer } \bar{u}_i > 2,5 \end{array} \right\}$$

Üyelik fonksiyonları ve bu fonksiyonlara ait sınırlar Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Hambez İçin Belirlenmiş Kalite Sınırları

Çalışmanın bu bölümünde öncelikli olarak uygun α değeri belirlenmeye çalışılmıştır. “ α ” değeri bulanık mantık terminolojisinde kesim katsayısı olarak adlandırılır. Kesim katsayısı kullanılarak kumaş kaliteleri için belirlenmiş olan aralık değerlerine temsili değerler atanmıştır. Bu şekilde daha önceden belirlenmiş olan kalite karakteristiğinin (birim başına düşen kusur sayısı) hangi bulanık kümeye ait olduğu tespit edilebilir. Tablo 3.4’te yer alan $a_1\alpha$ ve $d_1\alpha$ sayıları b_1 ve c_1 normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst değerleridir. Diğer bir deyişle $a_1\alpha$ ve $d_1\alpha$ aralığındaki tüm sayılar b_1 ve c_1 normal değerleri ile aynı anlama sahiptir. Bu değerler aşağıdaki formüller ile hesaplanmaktadır.

$$a_1^\alpha = \alpha(b_1 - a_1) + a_1$$

$$d_1^\alpha = d_1 - (d_1 - b_1)\alpha$$

Tablo 3.4’de görüldüğü üzere farklı α değerleri için farklı aralık değerleri hesaplanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta α değeri büyüdükçe; hesaplanan değerlerin, kalite sorumlularının görüşleri alınarak tanımlanmış olan kalite aralık değerlerine (nominal değerlere) yaklaştığıdır. Farklı α değerleri ve bunlara göre hesaplanmış sınırlar karşılaştırıldığında en uygun α değeri 0,6 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 Farklı α Değerleri İçin Belirlenmiş Olan Sınırlar

0-0,5 Hata Oranı İçin (1. Kalite Normal Değerleri İçin) Farklı α Değerleri ile Belirlenmiş Aralıklar					1-1,5 Hata Oranı İçin (2. Kalite Normal Değerleri İçin) Farklı α Değerleri ile Belirlenmiş Aralıklar					2-2,25 Hata Oranı İçin (3. Kalite Normal Değerleri İçin) Farklı α Değerleri ile Belirlenmiş Aralıklar				
	0	0	0,5	1		0,5	1	1,5	2		1,75	2	2,25	2,5
α	0-0.5 Normal Değerlerinin Komşuluğu				α	1-1.5 Normal Değerlerinin Komşuluğu				α	2-2.25 Normal Değerlerinin Komşuluğu			
	0		0,5			1		1,5			2		2,25	
0,99	0	0,005	0,5	0,505	0,99	0,995	1,005	1,495	1,505	0,99	2,2475	2,0025	2,2475	2,2525
0,97	0	0,015	0,49	0,515	0,97	0,985	1,015	1,485	1,515	0,97	2,2425	2,0075	2,2425	2,2575
0,95	0	0,025	0,48	0,525	0,95	0,975	1,025	1,475	1,525	0,95	2,2375	2,0125	2,2375	2,2625
0,93	0	0,035	0,47	0,535	0,93	0,965	1,035	1,465	1,535	0,93	2,2325	2,0175	2,2325	2,2675
0,91	0	0,045	0,46	0,545	0,91	0,955	1,045	1,455	1,545	0,91	2,2275	2,0225	2,2275	2,2725
0,89	0	0,055	0,45	0,555	0,89	0,945	1,055	1,445	1,555	0,89	2,2225	2,0275	2,2225	2,2775
0,87	0	0,065	0,44	0,565	0,87	0,935	1,065	1,435	1,565	0,87	2,2175	2,0325	2,2175	2,2825
0,85	0	0,075	0,43	0,575	0,85	0,925	1,075	1,425	1,575	0,85	2,2125	2,0375	2,2125	2,2875
0,83	0	0,085	0,42	0,585	0,83	0,915	1,085	1,415	1,585	0,83	2,2075	2,0425	2,2075	2,2925
0,81	0	0,095	0,41	0,595	0,81	0,905	1,095	1,405	1,595	0,81	2,2025	2,0475	2,2025	2,2975
0,79	0	0,105	0,4	0,605	0,79	0,895	1,105	1,395	1,605	0,79	2,1975	2,0525	2,1975	2,3025
0,77	0	0,115	0,39	0,615	0,77	0,885	1,115	1,385	1,615	0,77	2,1925	2,0575	2,1925	2,3075
0,75	0	0,125	0,38	0,625	0,75	0,875	1,125	1,375	1,625	0,75	2,1875	2,0625	2,1875	2,3125
0,73	0	0,135	0,37	0,635	0,73	0,865	1,135	1,365	1,635	0,73	2,1825	2,0675	2,1825	2,3175
0,71	0	0,145	0,36	0,645	0,71	0,855	1,145	1,355	1,645	0,71	2,1775	2,0725	2,1775	2,3225
0,69	0	0,155	0,35	0,655	0,69	0,845	1,155	1,345	1,655	0,69	2,1725	2,0775	2,1725	2,3275
0,67	0	0,165	0,34	0,665	0,67	0,835	1,165	1,335	1,665	0,67	2,1675	2,0825	2,1675	2,3325
0,65	0	0,175	0,33	0,675	0,65	0,825	1,175	1,325	1,675	0,65	2,1625	2,0875	2,1625	2,3375
0,63	0	0,185	0,32	0,685	0,63	0,815	1,185	1,315	1,685	0,63	2,1575	2,0925	2,1575	2,3425
0,61	0	0,195	0,31	0,695	0,61	0,805	1,195	1,305	1,695	0,61	2,1525	2,0975	2,1525	2,3475
0,6	0	0,2	0,3	0,7	0,6	0,8	1,2	1,3	1,7	0,6	2,15	2,1	2,15	2,35
0,59	0	0,205	0,3	0,705	0,59	0,795	1,205	1,295	1,705	0,59	2,1475	2,1025	2,1475	2,3525
0,57	0	0,215	0,29	0,715	0,57	0,785	1,215	1,285	1,715	0,57	2,1425	2,1075	2,1425	2,3575
0,55	0	0,225	0,28	0,725	0,55	0,775	1,225	1,275	1,725	0,55	2,1375	2,1125	2,1375	2,3625
0,53	0	0,235	0,27	0,735	0,53	0,765	1,235	1,265	1,735	0,53	2,1325	2,1175	2,1325	2,3675
0,51	0	0,245	0,26	0,745	0,51	0,755	1,245	1,255	1,745	0,51	2,1275	2,1225	2,1275	2,3725
0,49	0	0,255	0,25	0,755	0,49	0,745	1,255	1,245	1,755	0,49	2,1225	2,1275	2,1225	2,3775
0,47	0	0,265	0,24	0,765	0,47	0,735	1,265	1,235	1,765	0,47	2,1175	2,1325	2,1175	2,3825
0,45	0	0,275	0,23	0,775	0,45	0,725	1,275	1,225	1,775	0,45	2,1125	2,1375	2,1125	2,3875
0,43	0	0,285	0,22	0,785	0,43	0,715	1,285	1,215	1,785	0,43	2,1075	2,1425	2,1075	2,3925
0,41	0	0,295	0,21	0,795	0,41	0,705	1,295	1,205	1,795	0,41	2,1025	2,1475	2,1025	2,3975
0,39	0	0,305	0,2	0,805	0,39	0,695	1,305	1,195	1,805	0,39	2,0975	2,1525	2,0975	2,4025
0,37	0	0,315	0,19	0,815	0,37	0,685	1,315	1,185	1,815	0,37	2,0925	2,1575	2,0925	2,4075
0,35	0	0,325	0,18	0,825	0,35	0,675	1,325	1,175	1,825	0,35	2,0875	2,1625	2,0875	2,4125
0,33	0	0,335	0,17	0,835	0,33	0,665	1,335	1,165	1,835	0,33	2,0825	2,1675	2,0825	2,4175
0,31	0	0,345	0,16	0,845	0,31	0,655	1,345	1,155	1,845	0,31	2,0775	2,1725	2,0775	2,4225

Kaliteyi derecelendirmek için belirlenmiş olan aralık değerleri ve üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık kontrol sınırları aşağıdaki formüllerle hesaplanabilmektedir. Gülbay ve Kahraman (2006) çalışmalarında DFA (Direct Fuzzy Approach = Direkt Bulanık Yaklaşım)'yı önermişlerdir. Buna göre süreçten alınan değerler değil süreçte kullanılan dilsel değişkenler (ki bunlar kalite derecesini belirten dilsel değişkenlerdir) için bulanık kontrol grafiği çizilmek istenirse;

$$\widetilde{CL} = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)$$

$$\widetilde{CL} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_j}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n b_j}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n c_j}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n d_j}{n} \right)$$

$$\widetilde{LCL} = \widetilde{CL} - 3\sqrt{\widetilde{CL}}$$

$$= \left(\widetilde{CL}_1 - 3\sqrt{\widetilde{CL}_4} \right), \left(\widetilde{CL}_2 - 3\sqrt{\widetilde{CL}_3} \right), \left(\widetilde{CL}_3 - 3\sqrt{\widetilde{CL}_2} \right), \left(\widetilde{CL}_4 - 3\sqrt{\widetilde{CL}_1} \right)$$

$$\widetilde{UCL} = \widetilde{CL} + 3\sqrt{\widetilde{CL}}$$

$$= \left(\widetilde{CL}_1 + 3\sqrt{\widetilde{CL}_1} \right), \left(\widetilde{CL}_2 + 3\sqrt{\widetilde{CL}_3} \right), \left(\widetilde{CL}_3 + 3\sqrt{\widetilde{CL}_2} \right), \left(\widetilde{CL}_4 + 3\sqrt{\widetilde{CL}_4} \right)$$

Tablo 3.5 Hesaplanmış Kontrol Limitleri

	$\bar{a} = 0,75$	$\bar{b} = 1$	$\bar{c} = 1,42$	$\bar{d} = 1,83$
\widetilde{CL}	0,166667	0,333333	0,666667	1
\widetilde{LCL}	-2,8333	-2,11616	-1,065384	-0,22474
\widetilde{UCL}	1,391412	2,065384	3,116156	4

Tablo 3.5'te hesaplanan değerler incelendiğinde LCL değerlerinin eksi değerler olduğu dikkati çekmektedir. Hata sayısının eksi olamayacağı göz önüne alınırsa bu değerler "0" olarak kabul edilebilir. Daha önce α -kesim katsayısı ile dilsel değişkenlerimizdeki nominal değerlerle aynı grupta olabilecek değerleri hesaplamıştık. Tablo 3.6'da α -kesim katsayısı ile yeni kontrol sınırları oluşturulmuş ve Tablo 3.7'de farklı α değeri ile sınırların nasıl değiştiği gösterilmiştir.

$$\tilde{C}L^\alpha = (\tilde{C}L_1^\alpha, \tilde{C}L_2, \tilde{C}L_3, \tilde{C}L_4^\alpha)$$

$$L\tilde{C}L^\alpha = (L\tilde{C}L_1^\alpha, L\tilde{C}L_2, L\tilde{C}L_3, L\tilde{C}L_4^\alpha)$$

$$U\tilde{C}L^\alpha = (U\tilde{C}L_1^\alpha, U\tilde{C}L_2, U\tilde{C}L_3, U\tilde{C}L_4^\alpha)$$

$$\tilde{C}L^\alpha = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) = (CL_1^\alpha, CL_2, CL_3, CL_4^\alpha)$$

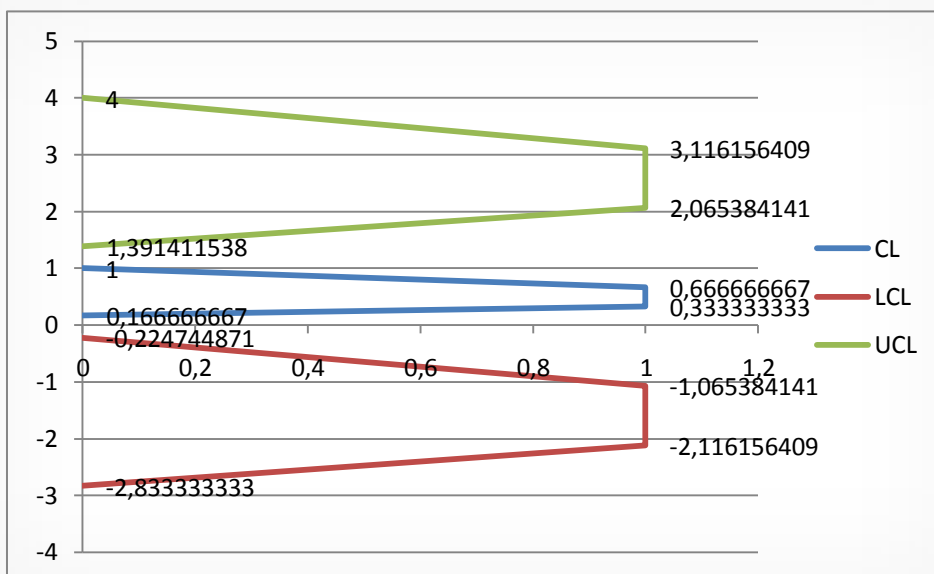
$$L\tilde{C}L^\alpha = \tilde{C}L^\alpha - 3\sqrt{\tilde{C}L^\alpha} = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) - 3\sqrt{(\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha)} = (\bar{a}^\alpha - 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}^\alpha - 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}) = (LCL_1^\alpha, LCL_2, LCL_3, LCL_4^\alpha)$$

$$U\tilde{C}L^\alpha = \tilde{C}L^\alpha + 3\sqrt{\tilde{C}L^\alpha} = (\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha) + 3\sqrt{(\bar{a}^\alpha, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}^\alpha)} = (\bar{a}^\alpha + 3\sqrt{\bar{a}^\alpha}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}^\alpha + 3\sqrt{\bar{d}^\alpha}) = (UCL_1^\alpha, UCL_2, UCL_3, UCL_4^\alpha)$$

Tablo 3.6 Hesaplanmış Yeni α -Kesim Kontrol Limitleri

	\bar{a}^α	\bar{b}	\bar{c} ,	\bar{d}^α
$\tilde{C}L^\alpha$	0,266667	0,333333	0,666667	0,8
$L\tilde{C}L^\alpha$	-2,40303	-2,57071	-1,58333	-0,72913
$U\tilde{C}L^\alpha$	1,795795	2,065384	3,116156	3,469694

Tablo 3.6'da hesaplanmış değerler $\alpha=0,6$ olarak kabul edildiği hali ile verilmiştir. Bu değerleri Şekil 3.10'da daha iyi görülebilir.



Şekil 3.10 Kontrol Sınırlarının Gösterimi

Tablo 3.7 Farklı α Değerleri İçin Hesaplanmış Kontrol Sınırları

Farklı α Değerleri İçin Değerleri İçin Kontrol Sınırları													
	0,17	0,33	0,67	1,00	-2,83	-2,12	-	1,07	-0,22	1,39	2,07	3,12	4,00
α	$\check{C}L$				$LC\check{L}$				$U\check{C}L$				
	CL_1^α	CL_2	CL_3	CL_4^α	LCL_1^α	LCL_2	LCL_3	LCL_4^α	UC L_1^α	UCL_2	UCL_3	UCL_4^α	
0,99	0,33	0,33	0,67	0,67	-2,12	-2,12	-1,07	-1,06	2,06	2,07	3,12	3,12	
0,97	0,33	0,33	0,67	0,68	-2,14	-2,12	-1,07	-1,04	2,05	2,07	3,12	3,14	
0,95	0,33	0,33	0,67	0,68	-2,15	-2,12	-1,07	-1,02	2,03	2,07	3,12	3,16	
0,93	0,32	0,33	0,67	0,69	-2,17	-2,12	-1,07	-1,01	2,02	2,07	3,12	3,18	
0,91	0,32	0,33	0,67	0,70	-2,18	-2,12	-1,07	-0,99	2,00	2,07	3,12	3,20	
0,89	0,32	0,33	0,67	0,70	-2,20	-2,12	-1,07	-0,97	1,99	2,07	3,12	3,21	
0,87	0,31	0,33	0,67	0,71	-2,21	-2,12	-1,07	-0,96	1,98	2,07	3,12	3,23	
0,85	0,31	0,33	0,67	0,72	-2,22	-2,12	-1,07	-0,94	1,96	2,07	3,12	3,25	
0,83	0,31	0,33	0,67	0,72	-2,24	-2,12	-1,07	-0,92	1,95	2,07	3,12	3,27	
0,81	0,30	0,33	0,67	0,73	-2,25	-2,12	-1,07	-0,91	1,94	2,07	3,12	3,28	
0,79	0,30	0,33	0,67	0,74	-2,27	-2,12	-1,07	-0,89	1,92	2,07	3,12	3,30	
0,77	0,30	0,33	0,67	0,74	-2,28	-2,12	-1,07	-0,87	1,91	2,07	3,12	3,32	
0,75	0,29	0,33	0,67	0,75	-2,30	-2,12	-1,07	-0,86	1,90	2,07	3,12	3,34	
0,73	0,29	0,33	0,67	0,76	-2,31	-2,12	-1,07	-0,84	1,88	2,07	3,12	3,35	
0,71	0,29	0,33	0,67	0,76	-2,32	-2,12	-1,07	-0,82	1,87	2,07	3,12	3,37	
0,69	0,28	0,33	0,67	0,77	-2,34	-2,12	-1,07	-0,80	1,86	2,07	3,12	3,39	
0,67	0,28	0,33	0,67	0,78	-2,35	-2,12	-1,07	-0,79	1,84	2,07	3,12	3,41	
0,65	0,28	0,33	0,67	0,78	-2,37	-2,12	-1,07	-0,77	1,83	2,07	3,12	3,43	
0,63	0,27	0,33	0,67	0,79	-2,38	-2,12	-1,07	-0,75	1,82	2,07	3,12	3,44	
0,61	0,27	0,33	0,67	0,80	-2,40	-2,12	-1,07	-0,74	1,80	2,07	3,12	3,46	
0,60	0,27	0,33	0,67	0,80	-2,40	-2,12	-1,07	-0,73	1,80	2,07	3,12	3,47	
0,59	0,27	0,33	0,67	0,80	-2,41	-2,12	-1,07	-0,72	1,79	2,07	3,12	3,48	
0,57	0,26	0,33	0,67	0,81	-2,42	-2,12	-1,07	-0,70	1,78	2,07	3,12	3,50	
0,55	0,26	0,33	0,67	0,82	-2,44	-2,12	-1,07	-0,69	1,76	2,07	3,12	3,51	
0,53	0,26	0,33	0,67	0,82	-2,45	-2,12	-1,07	-0,67	1,75	2,07	3,12	3,53	
0,51	0,25	0,33	0,67	0,83	-2,47	-2,12	-1,07	-0,65	1,74	2,07	3,12	3,55	
0,49	0,25	0,33	0,67	0,84	-2,48	-2,12	-1,07	-0,64	1,72	2,07	3,12	3,57	
0,47	0,25	0,33	0,67	0,84	-2,50	-2,12	-1,07	-0,62	1,71	2,07	3,12	3,58	
0,45	0,24	0,33	0,67	0,85	-2,51	-2,12	-1,07	-0,60	1,69	2,07	3,12	3,60	
0,43	0,24	0,33	0,67	0,86	-2,52	-2,12	-1,07	-0,59	1,68	2,07	3,12	3,62	
0,41	0,24	0,33	0,67	0,86	-2,54	-2,12	-1,07	-0,57	1,67	2,07	3,12	3,64	
0,39	0,23	0,33	0,67	0,87	-2,55	-2,12	-1,07	-0,55	1,65	2,07	3,12	3,66	
0,37	0,23	0,33	0,67	0,88	-2,57	-2,12	-1,07	-0,54	1,64	2,07	3,12	3,67	
0,35	0,23	0,33	0,67	0,88	-2,58	-2,12	-1,07	-0,52	1,63	2,07	3,12	3,69	
0,33	0,22	0,33	0,67	0,89	-2,60	-2,12	-1,07	-0,50	1,61	2,07	3,12	3,71	
0,31	0,22	0,33	0,67	0,90	-2,61	-2,12	-1,07	-0,49	1,60	2,07	3,12	3,73	

Tablo 3.7’de farklı dilsel α değerleri ile hesaplanmış kontrol sınırları verilmiştir. Bulanık sayılarla ifade edilen değerler kullanıldığı için, tekrar diğer sayısal değerlere dönüşüm yapılmamıştır. İşletmede karar verilirken kullanılan bir diğer dilsel değişken ise tespit edilen hata sayılarının mühendis için ifade ettiği anlamdır. Her hata aynı değeri ifade etmemektedir. Örneğin yağ lekesi düzeltilebilir bir hata olduğu için önem derecesi daha azdır. Bununla birlikte bazı hatalar hembezin sadece kenarlarında olmasından dolayı diğer hatalara nispeten daha önemsiz kabul edilmektedir. Belirli ağırlık değerleri verilerek toplam hata sayıları yeniden hesaplanmıştır. Tablo 3.8’de farklı ağırlık değerleri verilen hatalar verilmektedir.

Tablo 3.8 Karşılaşılan Hatalar ve Hatalara Verilen Ağırlık Değerleri

Hata	Ağırlık Değeri
Atkı Yırtılması	0,25
Ayak Kaçığı Kafes-Delik Çözümlü Kopuğu Atlama Uçuntu Yağ Lekesi Atkı Düzensizliği Çözümlü Düzensizliği	0,5
Diğer Hatalar	1

Tablo 3.8’de de anlaşılacağı gibi farklı hatalar işletme için farklı anlamlar ifade etmektedir. Belirlenmiş ağırlık değerleri kalite kontrol sorumluları tarafından değerlendirilerek bulunmuştur. Bu sebeple değerlendirmeler öznel kararlara bağlıdır. Yeni oluşan hata değerleri de bulanık değerlerdir. Bu sebeple çalışmanın ilerleyen bölümlerinde “ağırlıklı toplam değer” ve “normal hata değerleri” temel dilsel değişkenler olarak alınmıştır. Bunlara uygun kontrol grafikleri çizilebilmesi için dört farklı bulanık dönüşüm metodu kullanılmıştır.

3.4.1. Bulanık Mod (Tepe Değeri) Yaklaşımı

Bulanık mod yaklaşımına göre bulanık küme f olarak tanımlanmak üzere aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Gülbay, M., Kahraman, C., 2007, s.1467);

$$f_{mod} = \{x \in X \mid \mu_f(x) = 1\}$$

Eğer komşuluk fonksiyonu tek şekilli ise bulanık tepe değeri tek bir değerdir. Bulanık mod yöntemi ile kalite karakteristiğini oluşturan dilsel değişkenler bulanık bir yapıya kavuşturulabilir. Üçgensel üyelik fonksiyonları birçok modelden oluşabilir fakat bulanık mod küme değerleri “b” ve “c” olarak belirlenen değerler arasında yer almaktadır. Dönüşüm için kullanılan formüller aşağıda yer almaktadır (Gülbay, M., Kahraman, C., 2007, s.1468);

$$S_{modj} = [b_j, c_j]$$

$$CL_{mod} = f_{mod}(\bar{CL}) = [CL_2, CL_3]$$

$$LCL_{mod} = CL_{mod} - 3\sqrt{CL_{mod}} = [(CL_2 - 3\sqrt{CL_2}), (CL_3 - 3\sqrt{CL_3})] = [LCL_2, LCL_3]$$

$$UCL_{mod} = CL_{mod} + 3\sqrt{CL_{mod}} = [(CL_2 + 3\sqrt{CL_2}), (CL_3 + 3\sqrt{CL_3})] = [UCL_2, UCL_3]$$

$$\beta_j = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{eğer } b_j \geq UCL_3 \\ \frac{UCL_3 - b_j}{c_j - b_j}, & \text{eğer } (LCL_2 \leq b_j \leq UCL_3) \wedge (c_j \geq UCL_3) \\ 1, & \text{eğer } (b_j \geq LCL_2) \wedge (c_j \leq UCL_3) \\ \frac{LCL_2 - b_j}{c_j - b_j}, & \text{eğer } (b_j \leq LCL_2) \wedge (LCL_2 \leq c_j \leq UCL_3) \\ 0, & \text{for } c_j \leq LCL_2 \end{array} \right\}$$

SÜREÇ KONTROLÜ

$$= \left\{ \begin{array}{ll} \text{kontrol altında,} & \text{eğer } \beta = 1 \left(b_j \geq LCL_2 \bigwedge c_j \leq UCL_3 \right) \\ \text{süreç kontrol dışı,} & \text{eğer } \beta = 0 \left(b_j \geq UCL_3 \bigvee c_j \leq LCL_2 \right) \\ \text{kısmen kontrol altında,} & \text{eğer } \beta_j \geq \beta \dots \dots \dots \text{diğer durumlarda} \\ \text{kısmen kontrol dışı,} & \text{eğer } \beta_j < \beta \dots \dots \dots \text{diğer durumlarda} \end{array} \right\}$$

Formüller kullanılarak bulunan değerler Tablo 3.9’da yer almaktadır. Kullanılan değerler hesaplanırken Ekim ve Kasım ayı 3500/240 Ranforce kumaş tipi için hesaplanan hata sayısı değerleri baz alınmıştır. Daha öncede belirtildiği üzere hambez üzerindeki toplam hata sayıları ve ağırlıklandırılmış toplam hata sayıları b ve c nominal değerlerini oluşturmaktadır. Hesaplamaların daha sonraki kısımlarında α değeri 0,6 alınarak gerekli hesaplamalar yapılacaktır. Yeni değerlerimiz olan ağırlıklandırılmış değerler Ek-7’de ve farklı α katsayıları ile hesaplanmış ua^α ve ud^α değerleri Ek-8 de yer almaktadır.

Tablo 3.9 Hesaplanmış Bulanık Kontrol Grafiği Sınır Değerleri

EYLÜL VE KASIM AYI SÜREÇ ORTALAMASI - ÜST KONTROL SINIRI- ALT KONTROL SINIRININ HESAPLANMASI								
$CL_{mod} = f_{mod}(\widetilde{CL})$ $= [CL_2, CL_3]$	<i>CL1</i>	<i>CL2</i>	<i>CL3</i>	<i>CL4</i>	$\sqrt{CL1}$	$\sqrt{CL2}$	$\sqrt{CL3}$	$\sqrt{CL4}$
<i>EKİM AYI</i>	0,691	1,026	2,189	2,554	0,83112	1,013044	1,479426	1,59814
<i>KASIM AYI</i>	0,087	0,422	0,978	1,362	0,294499	0,649948	0,989153	1,16708
	<i>LCL1</i>	<i>LCL2</i>	<i>LCL3</i>	<i>LCL4</i>				
<i>EKİM AYI</i>	-4,1036815	-3,41202	-0,85043	0,060715				
<i>KASIM AYI</i>	-3,4145249	-2,54503	-0,97142	0,47859				
	<i>UCL1</i>	<i>UCL2</i>	<i>UCL3</i>	<i>UCL4</i>				
<i>EKİM AYI</i>	3,1841217	4,06539	6,62697	7,34851				
<i>KASIM AYI</i>	0,9702268	2,37227	3,94588	4,86334				

Yukarda ki değerler ile Microsoft Excel'de makrolar kullanılarak süreç hakkında kararlar verilmiştir. Microsoft Excel'de makrolardan iki ayrı hesaplama bölümünde yararlanılmıştır. Bunlardan birincisi bulanık mod yaklaşımında kontrol kararı verilirken, diğeri ise direkt bulanık kontrol yaklaşımında yer alan algoritmalar için kullanılmıştır. Sürecin kontrol sınırları altında olup olmaması kararları aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

Tablo 3.10 Ekim Ayı İçin Bulanık Mod Yaklaşımı Kararları

EKİM AYI İÇİN											
NO	Smodj		Clmod		LCLmod		UCLmod		β_j	$\beta=0,7$	Karar
	bj	cj	CL2	CL3	LCL2	LCL3	UCL2	UCL3			
1,00	0,14	0,55	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
2,00	0,49	0,98	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
3,00	0,79	2,20	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
4,00	0,61	0,82	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
5,00	0,16	0,63	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
6,00	0,78	3,13	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
7,00	0,31	1,25	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
8,00	0,38	0,38	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
9,00	2,61	6,01	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
10,00	1,75	3,81	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
11,00	2,32	5,45	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
12,00	1,19	1,90	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
13,00	3,76	8,09	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	0,66	1,00	Kısmen Kontrol Altında
14,00	1,29	1,29	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
15,00	0,41	0,41	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
16,00	0,34	0,34	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
17,00	0,48	0,48	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
18,00	1,67	2,78	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
19,00	5,49	9,09	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	0,32	1,00	Kısmen Kontrol Altında
20,00	0,49	1,13	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
21,00	0,43	1,71	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
22,00	0,44	2,03	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
23,00	0,26	1,02	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
24,00	0,34	0,34	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
25,00	0,24	0,24	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
26,00	0,16	1,86	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında
27,00	0,39	1,17	1,03	2,19	-3,41	-0,85	4,07	6,63	1,00	1,00	Kontrol Altında

Tablo 3.11 Kasım Ayı İçin Bulanık Mod Yaklaşımı Kararları

KASIM AYI İÇİN											
NO	Smodj		Clmod		LCLmod		UCLmod		βj	β=0,7	Karar
	bj	cj	CL2	CL3	LCL2	LCL3	UCL2	UCL3			
1,00	0,08	0,33	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
2,00	0,33	1,33	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
3,00	0,56	1,27	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
4,00	0,47	1,86	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
5,00	0,18	0,73	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
6,00	0,20	1,60	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
7,00	0,35	2,35	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
8,00	0,22	0,89	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
9,00	1,32	1,76	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
10,00	1,56	2,57	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
11,00	0,36	0,36	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
12,00	0,49	0,49	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
13,00	0,33	0,33	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
14,00	0,17	0,69	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
15,00	0,36	0,71	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
16,00	0,31	0,31	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
17,00	0,40	0,40	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
18,00	0,23	0,94	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
19,00	0,15	0,91	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
20,00	0,37	0,37	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
21,00	0,64	0,64	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
22,00	0,27	1,07	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
23,00	0,52	1,56	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
24,00	0,38	0,38	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında
25,00	0,30	0,60	0,42	0,98	-2,55	-0,97	2,37	3,95	1,00	1,00	Kontrol Altında

3.4.2. α -Seviyeli Bulanık Değişim Aralığı Orta Değer Yaklaşımı

Değişim aralığına göre hazırlanacak olan bulanık kontrol grafiği için, α -kesim değeri ile hesaplanmış orta değerler kullanılır. a^α ve d^α değerleri α -kesim sonucu oluşmuş değerlerin sınır noktalarıdır ve üyelik fonksiyonu f_{mr}^α aşağıdaki şekilde hesaplanır (Gülbay, M., Kahraman, C., 2007, s.1469);

$$f_{mr}^\alpha = \frac{1}{2}(a^\alpha + d^\alpha)$$

$$S_{mr,j}^\alpha = \frac{a_j^\alpha + d_j^\alpha}{2} = \frac{(a_j + d_j) + \alpha [(b_j - a_j) - (d_j - c_j)]}{2}$$

$$CL_{mr}^\alpha = f_{mr}^\alpha(\bar{CL}) = \frac{CL_1^\alpha + CL_4^\alpha}{2} = \frac{CL_1 + CL_4 + \alpha [(CL_2 - CL_1) - (CL_3 - CL_4)]}{2}$$

$$LCL_{mr}^\alpha = CL_{mr}^\alpha - 3\sqrt{CL_{mr}^\alpha}$$

$$UCL_{mr}^\alpha = CL_{mr}^\alpha + 3\sqrt{CL_{mr}^\alpha}$$

$$SÜREÇ KONTROLÜ = \begin{cases} \text{süreç kontrol altında,} & \text{eğer } LCL_{mr}^\alpha \leq S_{mr,j}^\alpha \leq UCL_{mr}^\alpha \\ \text{süreç kontrol dışı,} & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Yukarıdaki formüller için yapılan hesaplamalar sonucu sürece ait verilen kararlar Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'de yer almaktadır.

Tablo 3.12 α Dereceli Bulanık Değişim Aralığı Orta Değer Yaklaşımı Ekim Ayı Sonuçları

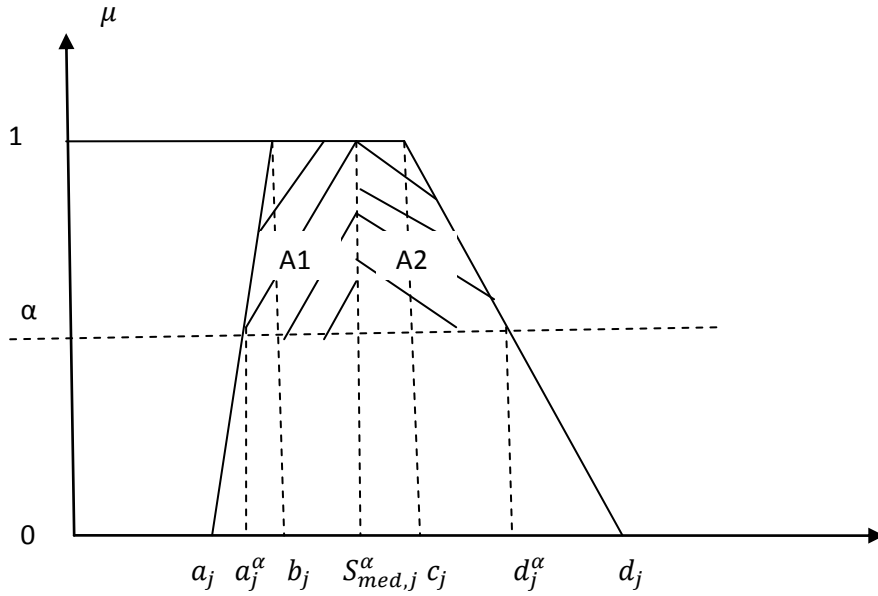
EKİM AYI İÇİN													
NO	uj				$S_{mr,j}^{\alpha}$	CL				LCL_{mr}^{α}	UCL_{mr}^{α}	CL_{mr}^{α}	Karar
	aj	bj	cj	dj		CL1	CL2	CL3	CL4				
1	0,00	0,14	0,55	1,09	0,42	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
2	0,16	0,49	0,98	1,30	0,73	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
3	0,47	0,79	2,20	2,52	1,49	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
4	0,34	0,61	0,82	1,09	0,72	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
5	0,00	0,16	0,63	0,94	0,42	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
6	0,47	0,78	3,13	3,44	1,95	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
7	0,00	0,31	1,25	1,56	0,78	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
8	0,00	0,38	0,38	0,75	0,38	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
9	2,29	2,61	6,01	6,33	4,31	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
10	1,43	1,75	3,81	4,13	2,78	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
11	2,00	2,32	5,45	5,77	3,89	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
12	0,87	1,19	1,90	2,22	1,55	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
13	3,18	3,76	8,09	8,67	5,92	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Dışında
14	0,86	1,29	1,29	1,72	1,29	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
15	0,00	0,41	0,41	0,82	0,41	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
16	0,00	0,34	0,34	0,68	0,34	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
17	0,00	0,48	0,48	0,96	0,48	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
18	1,39	1,67	2,78	3,06	2,22	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
19	4,73	5,49	9,09	9,85	7,29	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Dışında
20	0,21	0,49	1,13	1,41	0,81	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
21	0,09	0,43	1,71	2,05	1,07	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
22	0,15	0,44	2,03	2,33	1,24	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
23	0,00	0,26	1,02	1,37	0,66	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
24	0,00	0,34	0,34	0,69	0,34	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
25	0,00	0,24	0,24	0,48	0,24	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
26	0,00	0,16	1,86	2,17	1,04	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında
27	0,00	0,39	1,17	1,56	0,78	0,69	1,03	2,19	2,55	-2,23	5,89	1,83	Kontrol Altında

Tablo 3.13 α Dereceli Bulanık Değişim Aralığı Orta Değer Yaklaşımı Kasım Ayı Sonuçları

KASIM AYI İÇİN													
NO	uj				$S_{mr,j}^{\alpha}$	CL				LCL_m^{α}	UCL_{mr}^{α}	CI_{mr}^{α}	Karar
	aj	bj	cj	dj		CL1	CL2	CL3	CL4				
1	0,00	0,08	0,33	0,65	0,25	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
2	0,00	0,33	1,33	1,67	0,83	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
3	0,24	0,56	1,27	1,59	0,91	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
4	0,00	0,47	1,86	2,33	1,16	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
5	0,00	0,18	0,73	1,09	0,49	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
6	0,00	0,20	1,60	2,00	0,94	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
7	0,00	0,35	2,35	2,82	1,37	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
8	0,00	0,22	0,89	1,33	0,60	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
9	0,74	1,32	1,76	2,35	1,54	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
10	1,19	1,56	2,57	2,94	2,07	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
11	0,00	0,36	0,36	0,71	0,36	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
12	0,00	0,49	0,49	0,98	0,49	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
13	0,00	0,33	0,33	0,67	0,33	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
14	0,00	0,17	0,69	1,03	0,47	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
15	0,00	0,36	0,71	1,07	0,54	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
16	0,00	0,31	0,31	0,63	0,31	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
17	0,00	0,40	0,40	0,81	0,40	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
18	0,00	0,23	0,94	1,25	0,60	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
19	0,00	0,15	0,91	1,22	0,56	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
20	0,00	0,37	0,37	0,74	0,37	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
21	0,00	0,64	0,64	1,27	0,64	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
22	0,00	0,27	1,07	1,43	0,69	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
23	0,00	0,52	1,56	1,82	0,99	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
24	0,00	0,38	0,38	0,75	0,38	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında
25	0,00	0,30	0,60	0,90	0,45	0,09	0,42	0,98	1,36	-1,97	3,85	0,94	Kontrol Altında

3.4.3. α -Seviyeli Bulanık Orta Değer Yaklaşımı

α -Dereceli bulanık orta değeri için oluşturulan bulanık küme iki eşit bölüme ayrılır. Örneğin j . örnek için α -dereceli bulanık orta değer $S_{med,j}^{\alpha}$ Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Gerekli hesaplamalar için kullanılacak formüller de aşağıda yer almaktadır (Gülbay ve Kahraman, 2007, s.1470);



Şekil 3.11 Bulanık Orta Değerinin Gösterimi (A1=A2)

$$S_{med,j}^{\alpha} = \frac{1}{4}(a_j^{\alpha} + b_j + c_j + d_j^{\alpha})$$

$$CL_{med}^{\alpha} = f_{med}^{\alpha}(\bar{CL}) = \frac{1}{4}(CL_1^{\alpha} + CL_2 + CL_3 + CL_4^{\alpha})$$

$$LCL_{med}^{\alpha} = CL_{med}^{\alpha} - 3\sqrt{CL_{med}^{\alpha}}$$

$$UCL_{med}^{\alpha} = CL_{med}^{\alpha} + 3\sqrt{CL_{med}^{\alpha}}$$

$$SÜREÇ KONTROLÜ = \begin{cases} \text{kontrol altında,} & \text{eğer } LCL_{med}^{\alpha} \leq S_{med,j}^{\alpha} \leq UCL_{med}^{\alpha} \\ \text{süreç kontrol dışı,} & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Yukarda ki formüller kullanılarak sürecin kontrol altında olup olmadığı ile ilgili kararlar Tablo 3.14 ve Tablo 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.14 α -Değerli Bulanık Orta Değer Yaklaşımı Sonuçları

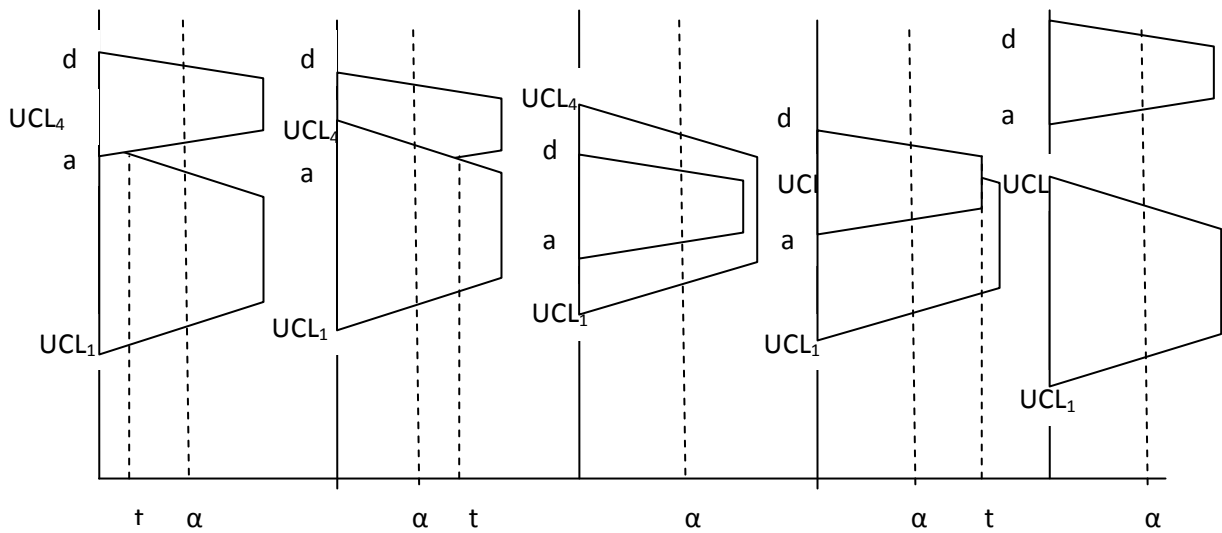
EKİM AYI İÇİN													
NO	ui				$S_{med,j}^{\alpha}$	CL				LCL_{med}^{α}	UCL_{med}^{α}	CL_{med}^{α}	Karar
	a_j^{α}	b_j	c_j	d_j^{α}		CL_1^{α}	CL2	CL3	CL_4^{α}				
1	0,08196	0,136612	0,546448	0,765027	0,382513661	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
2	0,358306	0,488599	0,977199	1,107492	0,732899023	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
3	0,660377	0,786164	2,201258	2,327044	1,493710692	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
4	0,504087	0,613079	0,817439	0,926431	0,715258856	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
5	0,09375	0,15625	0,625	0,75	0,40625	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
6	0,65625	0,78125	3,125	3,25	1,953125	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
7	0,1875	0,3125	1,25	1,375	0,78125	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
8	0,226415	0,377358	0,377358	0,528302	0,377358491	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
9	2,484177	2,610759	6,012658	6,139241	4,311708861	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
10	1,619048	1,746032	3,809524	3,936508	2,777777778	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
11	2,195513	2,323718	5,448718	5,576923	3,886217949	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
12	1,063492	1,190476	1,904762	2,031746	1,547619048	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
13	3,526012	3,757225	8,092486	8,323699	5,924855491	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Dışı
14	1,12069	1,293103	1,293103	1,465517	1,293103448	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
15	0,246914	0,411523	0,411523	0,576132	0,411522634	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
16	0,205479	0,342466	0,342466	0,479452	0,342465753	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
17	0,288462	0,480769	0,480769	0,673077	0,480769231	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
18	1,555556	1,666667	2,777778	2,888889	2,222222222	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
19	5,189394	5,492424	9,090909	9,393939	7,291666667	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Dışı
20	0,381356	0,49435	1,129944	1,242938	0,812146893	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
21	0,290102	0,426621	1,706485	1,843003	1,066552901	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
22	0,319767	0,436047	2,034884	2,151163	1,235465116	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
23	0,153584	0,255973	1,023891	1,16041	0,648464164	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
24	0,206897	0,344828	0,344828	0,482759	0,344827586	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
25	0,143885	0,239808	0,239808	0,335731	0,239808153	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
26	0,093168	0,15528	1,863354	1,987578	1,02484472	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında
27	0,233463	0,389105	1,167315	1,322957	0,778210117	0,89206	1,026259	2,1887	2,33485	-2,19666	5,417593	1,610467	Kontrol Altında

Tablo 3.15 α -Değerli Bulanık Orta Değer Yaklaşımı Sonuçları

KASIM AYI İÇİN													
NO	a_j^α	bj	cj	d_j^α	$S_{med,j}^\alpha$	CL				LCL_{med}^α	UCL_{med}^α	CL_{med}^α	Karar
						CL_1^α	CL2	CL3	CL_4^α				
1	0,04902	0,081699	0,326797	0,457516	0,22875817	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
2	0,2	0,333333	1,333333	1,466667	0,833333333	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
3	0,428571	0,555556	1,269841	1,396825	0,912698413	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
4	0,27907	0,465116	1,860465	2,046512	1,162790698	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
5	0,109489	0,182482	0,729927	0,875912	0,474452555	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
6	0,12	0,2	1,6	1,76	0,92	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
7	0,211268	0,352113	2,347418	2,535211	1,361502347	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
8	0,133333	0,222222	0,888889	1,066667	0,577777778	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
9	1,088235	1,323529	1,764706	2	1,544117647	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
10	1,415441	1,5625	2,573529	2,720588	2,068014706	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
11	0,214286	0,357143	0,357143	0,5	0,357142857	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
12	0,292683	0,487805	0,487805	0,682927	0,487804878	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
13	0,2	0,333333	0,333333	0,466667	0,333333333	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
14	0,103448	0,172414	0,689655	0,827586	0,448275862	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
15	0,214286	0,357143	0,714286	0,857143	0,535714286	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
16	0,1875	0,3125	0,3125	0,4375	0,3125	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
17	0,241935	0,403226	0,403226	0,564516	0,403225806	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
18	0,140625	0,234375	0,9375	1,0625	0,59375	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
19	0,091463	0,152439	0,914634	1,036585	0,548780488	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
20	0,222222	0,37037	0,37037	0,518519	0,37037037	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
21	0,382166	0,636943	0,636943	0,89172	0,636942675	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
22	0,160714	0,267857	1,071429	1,214286	0,678571429	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
23	0,3125	0,520833	1,5625	1,666667	1,015625	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
24	0,226415	0,377358	0,377358	0,528302	0,377358491	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında
25	0,179104	0,298507	0,597015	0,716418	0,447761194	0,288151	0,422432	0,978424	1,131889	-1,8141	3,224553	0,705224	Kontrol Altında

3.3.4. Direkt Bulanık Yaklaşım

Direkt bulanık yaklaşımı diğer yaklaşımlardan ayıran temel özelliği verilerin herhangi bir şekilde dönüştürülmemesidir. Böylelikle bilgi kaybı da önlenmiş olmaktadır. Bu yaklaşıma göre sürecin kontrol altında olup olmaması durumu alanların değerlendirilmesine bağlı olmaktadır. Eğer örnek tamamıyla kontrol sınırlarının belirlediği alan içerisinde ise süreç kontrol altındadır. Alan yüzdesi β_j olarak gösterilmektedir ve β_j 'nin aldığı değerlere bağlı olarak süreç için “kısmen kontrol altında” veya “kısmen kontrol dışı” şeklinde kararlar vermeye olanak tanımaktadır. Eğer örnek tamamı ile kontrol sınırlarının oluşturduğu alan dışında kalıyorsa süreç kontrol dışıdır denir. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 3.12’de karşılaşılabilecek durumlarla ilgili örnekler verilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.12 Direkt Bulanık Yaklaşım Sonucu Örnek Alanının Limit Değerlerinin Oluşturduğu Alanlara Göre Alabileceği Farklı Durumlar

Direkt bulanık yaklaşım için kullanılan formüller aşağıda verilmiştir (Gülbay ve Kahraman, 2007, s.1478-1479);

A-U1;

$$A_{out}^U = \frac{1}{2} [(d^\alpha - UCL_4^\alpha) + (d^t - UCL_4^t)] (\max(t - \alpha, 0)) + \frac{1}{2} [(d^z - a^z) + (c - b)] (\min(1 - t, 1 - \alpha))$$

$$t = \frac{UCL_4 - a}{(b - a) + (c - b)} \quad \text{ve} \quad z = \max(t, \alpha)$$

$$A_{out} = A_{out}^L + A_{out}^U$$

A-U2;

$$A_{out}^U = \frac{1}{2} [(d^\alpha - UCL_4^\alpha) + (c - UCL_3)](1 - \alpha)$$

A-U3;

$$A_{out}^U = \frac{1}{2} [(d^\alpha - UCL_4^\alpha)](\text{mak}(t - \alpha, 0))$$

$$t = \frac{UCL_4 - a}{(UCL_4 - UCL_3) - (d - c)}$$

A-U4;

$$A_{out}^U = \frac{1}{2} [(c - UCL_3) + (d^z - UCL_4^z)](\min(1 - t, 1 - \alpha))$$

$$t = \frac{UCL_4 - a}{(UCL_4 - UCL_3) - (d - c)} \text{ ve } z = \text{mak}(t, \alpha)$$

A-U5;

$$A_{out}^u = \frac{1}{2} [(d^{z_2} - UCL_4^{z_2}) + (d^{t_1} - UCL_4^{t_1})](\min(\text{mak}(t_1 - \alpha, 0), t_1 - t_2))$$

$$+ \frac{1}{2} [(d^{z_1} - a^{z_1}) + (c - b)](\min(1 - t_1, 1 - \alpha))$$

$$t_1 = \frac{UCL_4 - a}{(UCL_4 - UCL_3) + (b - a)}, \quad t_2 = \frac{UCL_4 - d}{(UCL_4 - UCL_3) - (d - c)}$$

$$z_1 = \text{mak}(t_1, \alpha), \quad z_2 = \text{mak}(t_2, \alpha)$$

A-U6;

$$A_{out}^u = 0$$

A-U7;

$$A_{out}^u = \frac{1}{2} [(d^\alpha - a^\alpha) + (c - b)](1 - \alpha)$$

AL-1;

$$A_{out}^L = \frac{1}{2} [(LCL_1^\alpha - a^\alpha) + (LCL_1^t - a^t)](\text{mak}(t - \alpha, 0))$$

$$+ \frac{1}{2} [(d^z - a^z) + (c - b)](\min(1 - t, 1 - \alpha))$$

$$t = \frac{d - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) + (d - c)} \text{ ve } z = \text{mak}(\alpha, t)$$

AL-2;

$$A_{out}^L = \frac{1}{2} [(d^\alpha - a^\alpha) + (c - b)](1 - \alpha)$$

AL-3;

$$A_{out}^L = \frac{1}{2} [(LCL_1^\alpha - a^\alpha) + (LCL_2 - b)](1 - \alpha)$$

AL-4;

$$A_{out}^L = \frac{1}{2} [(LCL_1^{z_2} - a^{z_2}) + (LCL_1^{t_1} - a^{t_1})] (\min(\max(t_1 - \alpha, 0), t_1 - t_2)) \\ + \frac{1}{2} [(d^{z_1} - a^{z_1}) + (c - b)] (\min(1 - t_1, 1 - \alpha))$$

$$t_1 = \frac{d - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) + (d - c)}, \quad t_2 = \frac{a - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) - (b - a)}$$

$$z_1 = \max(t_1, \alpha), \quad z_2 = \max(t_2, \alpha)$$

AL-5;

$$A_{out}^L = \frac{1}{2} [(LCL_1^z - a^z) + (LCL_2 - b)] (\min(1 - t, 1 - \alpha))$$

$$t = \frac{a - LCL_1}{(LCL_2 - LCL_1) - (b - a)} \text{ ve } z = \max(\alpha, t)$$

AL-6;

$$A_{out}^L = 0$$

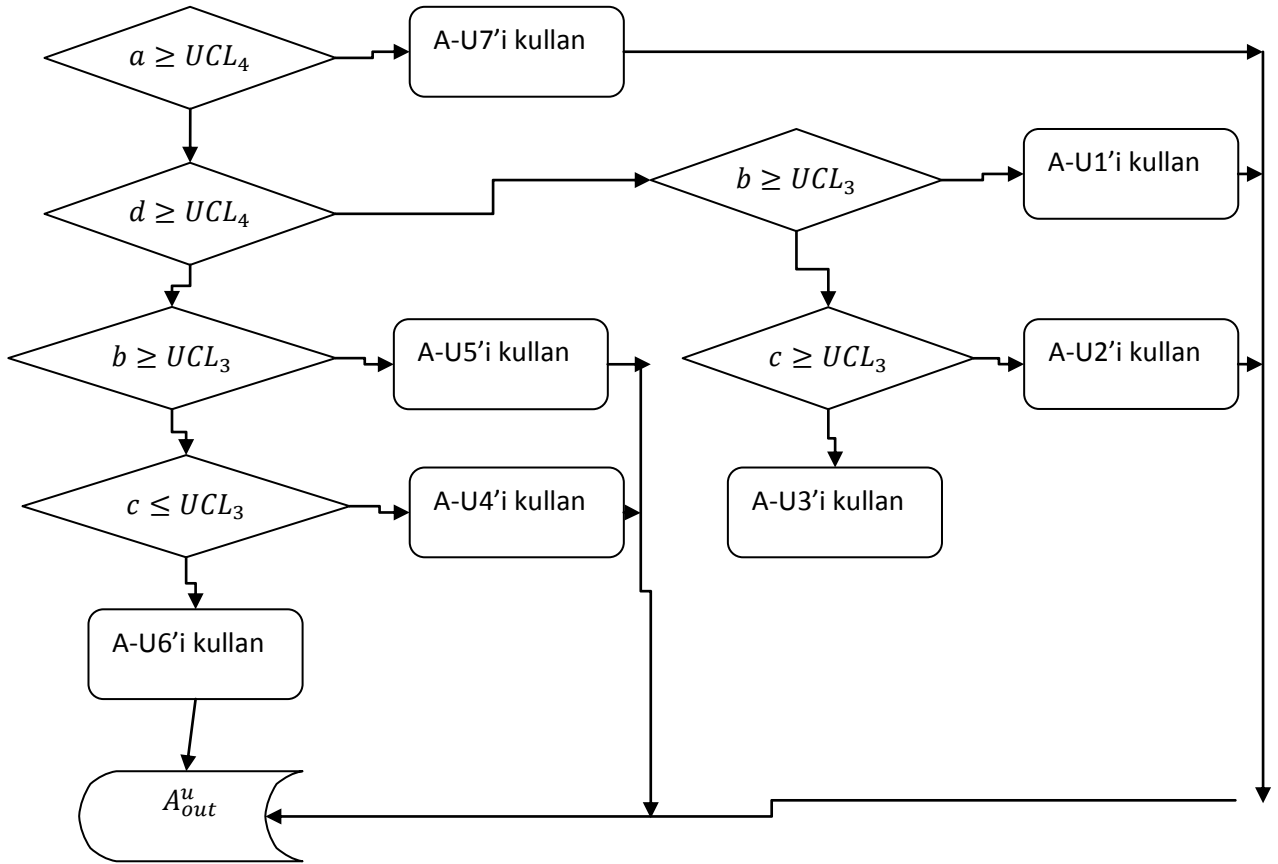
AL-7;

$$A_{out}^L = \frac{1}{2} [(d^\alpha - a^\alpha) + (c - b)](1 - \alpha)$$

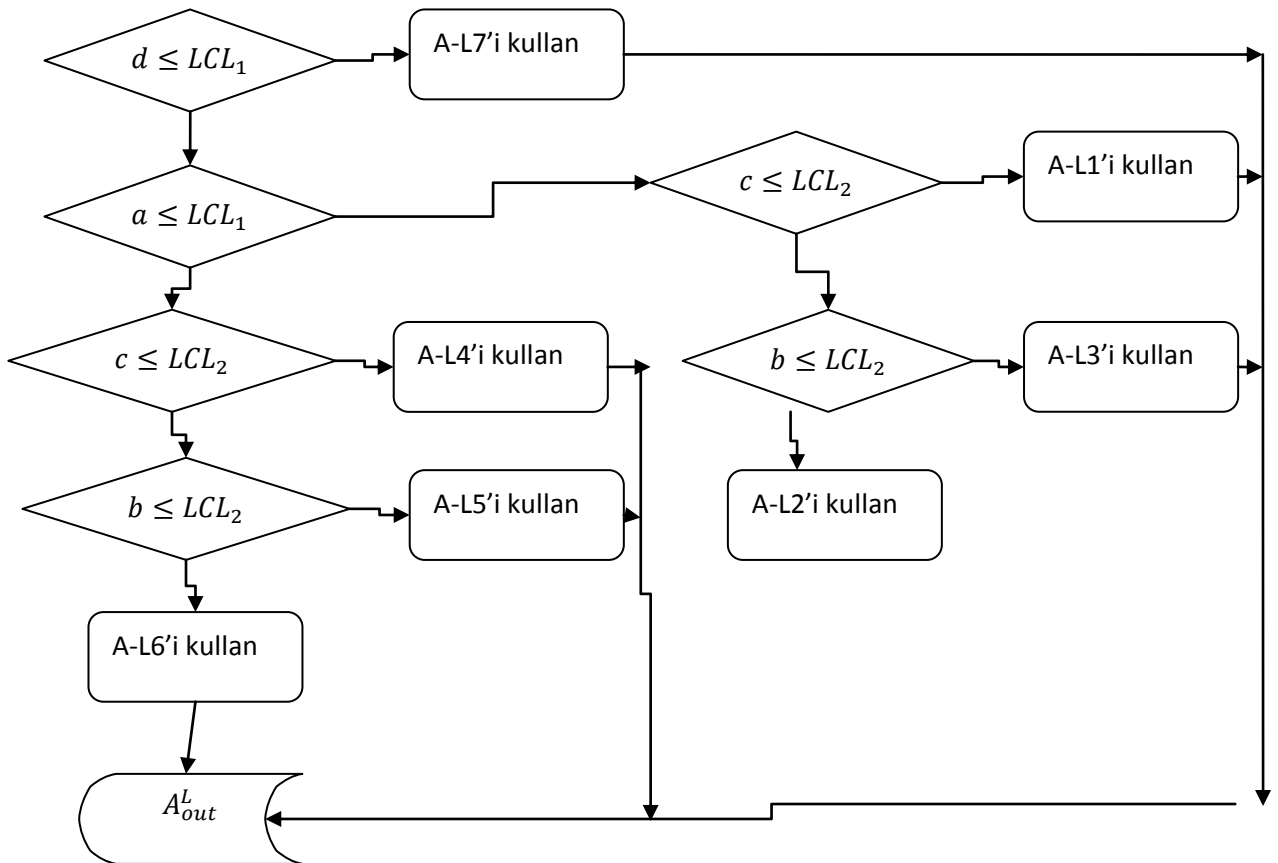
$$A_{out} = A_{out}^L + A_{out}^U$$

$$\beta_j^\alpha = \frac{S_j^\alpha - A_{out,j}^\alpha}{S_j^\alpha} \quad \text{Süreç Kontrol} = \left\{ \begin{array}{ll} \text{kontrol altında,} & 0,85 \leq \beta_j \leq 1 \\ \text{kısmen kontrol altında,} & 0,60 \leq \beta_j \leq 0,85 \\ \text{kısmen kontrol dışında,} & 0,10 \leq \beta_j \leq 0,60 \\ \text{kontrol dışında,} & 0 \leq \beta_j \leq 0,10 \end{array} \right\}$$

Hesaplamalar için kullanılan algoritmalar Şekil 3.13, Şekil 3.14'de verilmiştir (Gülbay ve Kahraman, 2007, s.1478-1479).



Şekil 3.13 Direkt Bunalım Yaklaşımında A_{out}^u 'ın Hesaplanması İçin Kullanılan Algoritma



Şekil 3.14 Direk Bunalım Yaklaşımında A_{out}^L 'ın Hesaplanması İçin Kullanılan Algoritma

Şekil 3.13 ve Şekil 3.14’de verilen algoritmalar ile hesaplanan değerler Ek-9 ve Ek-10’da verilmiştir. Bulunan değerler ışığında direkt bulanık yaklaşımda sürece ait alınan kararlar Tablo 3.16 ve Tablo 3.17’de verilmektedir.

Tablo 3.16 Direkt Bulanık Yaklaşım Sonucu Ekim Ayı Süreç Kararları

A_{out}^L	A_{out}^U	$A_{out,j}^\alpha$	S_j^α	β_j^α	Karar
0	0	0	0,45082	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,488599	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,037736	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,286104	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,421875	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,59375	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,75	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,226415	1	Kontrol Altında
0	0	0	2,231013	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,428571	1	Kontrol Altında
0	0	0	2,067308	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,619048	1	Kontrol Altında
0	0,574723	0,574723	2,947977	0,805045	Kısmen Kontrol Altında
0	0	0	0,258621	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,246914	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,205479	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,288462	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,833333	1	Kontrol Altında
0	0,988456	0,988456	2,613636	0,621808	Kısmen Kontrol Dışı
0	0	0	0,550847	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,972696	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,133721	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,639932	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,206897	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,143885	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,164596	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,700389	1	Kontrol Altında

Tablo 3.17 Direkt Bulanık Yaklaşım Sonucu Kasım Ayı Süreç Kararları

A_{out}^L	A_{out}^U	$A_{out,j}^\alpha$	S_j^α	β_j^α	Karar
0	0	0	0,269608	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,8	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,619048	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,116279	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,492701	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,02	1	Kontrol Altında
0	0	0	1,443662	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,6	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,617647	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,827206	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,214286	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,292683	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,2	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,465517	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,428571	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,1875	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,241935	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,585938	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,594512	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,222222	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,382166	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,669643	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,859375	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,226415	1	Kontrol Altında
0	0	0	0,358209	1	Kontrol Altında

Direkt bulanık yaklaşımı için yapılan hesaplamalarda daha önce uygun bulunan $\alpha=0,60$ değeri kullanılmıştır. Çalışmada incelenmiş dört farklı metodun ve klasik kontrol grafiklerinin karşılaştırılması Tablo 3.17 ve Tablo 3.18’de yer almaktadır. Bu şekilde yapılacak olan karşılaştırma süreçten alınan verilerin direk olarak incelenmesi ile bulanık mantık ve bulanık küme teorilerini kullanarak incelenmesi arasındaki farkı açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 3.18 Klasik Kontrol Grafikleri İle Bulanık Kontrol Grafikleri Karşılaştırması (Ekim)

EKİM AYI VERİLERİ İÇİN SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI						
bj	cj	u-Grafiği	Bulanık Tepe Değeri Yaklaşımı	Bulanık Değişim Aralığı Yaklaşımı	Bulanık Orta Değer Yaklaşımı	Direkt Bulanık Yaklaşım
0,136612	0,546448	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,488599	0,977199	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,786164	2,201258	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,613079	0,817439	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,15625	0,625	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,78125	3,125	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,3125	1,25	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,377358	0,377358	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
2,610759	6,012658	Kontrol Dışı	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
1,746032	3,809524	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
2,323718	5,448718	Kontrol Dışı	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
1,190476	1,904762	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
3,757225	8,092486	Kontrol Dışı	Kısmen Kontrol Dışı	Kontrol Dışı	Kontrol Dışı	Kısmen Kontrol Altında
1,293103	1,293103	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,411523	0,411523	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,342466	0,342466	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,480769	0,480769	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
1,666667	2,777778	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
5,492424	9,090909	Kontrol Dışı	Kısmen Kontrol Dışı	Kontrol Dışı	Kontrol Dışı	Kısmen Kontrol Altında
0,49435	1,129944	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,426621	1,706485	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,436047	2,034884	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,255973	1,023891	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,344828	0,344828	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,239808	0,239808	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,15528	1,863354	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,389105	1,167315	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında

Tablo 3.19 Klasik Kontrol Grafikleri İle Bulanık Kontrol Grafikleri Karşılaştırması (Kasım)

KASIM AYI VERİLERİ İÇİN SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI						
bj	cj	u-Grafiği	Bulanık Tepe Değeri Yaklaşımı	Bulanık Değişim Aralığı Yaklaşımı	Bulanık Orta Değer Yaklaşımı	Direkt Bulanık Yaklaşım
0,081699	0,326797	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,333333	1,333333	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,555556	1,269841	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,465116	1,860465	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,182482	0,729927	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,2	1,6	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,352113	2,347418	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,222222	0,888889	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
1,323529	1,764706	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
1,5625	2,573529	Kontrol Dışı	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,357143	0,357143	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,487805	0,487805	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,333333	0,333333	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,172414	0,689655	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,357143	0,714286	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,3125	0,3125	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,403226	0,403226	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,234375	0,9375	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,152439	0,914634	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,37037	0,37037	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,636943	0,636943	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,267857	1,071429	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,520833	1,5625	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,377358	0,377358	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında
0,298507	0,597015	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında	Kontrol Altında

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Günümüz rekabet ortamında işletmelerin başarılı olabilmeleri için fiyat ve kalite yönünden rakiplerine üstünlük sağlamaları gerekmektedir. Süreçte yapılmaya çalışılan iyileştirmeler, standartlara uyum çalışmaları kaliteye verilen önemin göstergesidir ve böylelikle müşteri beklentilerinin gerçekleşmesi sağlanmaktadır.

TKY işletmelerde sürekli gelişmeyi öngören bir sistemdir. Gelişmenin sağlanabilmesi için öncelikli olarak sürece odaklanılması ve süreç hakkında ki bilgilerin sağlıklı olarak edinilmesi gerekir. Süreç hakkındaki bilgi ölçümlerle sağlanır ve bu ölçümler sonucunda istatistiksel yöntemler kullanılarak çıkarımlar yapılır. İSK uygulamaları; sürecin durumunu belirlediği için süreçteki olumsuzluklara ve değişkenliğe işaret ederek sürecin kontrol altına alınmasını sağlayıp, sürekli gelişmeyi sağlar.

Birçok sektörde olduğu gibi Tekstil sektöründe de belirli bir kaliteyi sağlayan ürünler kabul görmektedir. Çalışmanın birinci bölümünde tekstil sektöründe yapılan kalite ile ilgili çalışmalar verilmiştir. Kalite karşılaştırmalara dayanarak hakkında yorum yapılabilen bütünsel bir kavramdır. İstatistiksel süreç kontrolü çalışmalarında, kontrol edilecek kalite karakteristiği kontrol grafiğinin seçimi açısından önemli bir yapıya sahiptir. Kontrol edilen kalite karakteristiği sayısı birden fazla ise ve kalite ile ilgili özellikler dilsel ifadelerle belirleniyorsa klasik kontrol grafiği kalite özelliklerini açıklamada ve süreci değerlendirmede yetersiz kalacaktır.

Bu çalışmada bu tür belirsizlikleri modelleyebilmek için, bulanık küme teorisine dayanan bulanık kontrol grafikleri kullanılmış ve bir tekstil işletmesinde uygulaması yapılmıştır. Öncelikli olarak klasik kontrol grafiği (u-grafiği) kullanılarak süreçten alınan ölçüm sonuçları incelenmiştir. Süreçte, farklı tip hambezler incelenmiş, Ranforce tip kumaşın farklı özelliklerdeki (tel sayısı farklı olan) birimlerine ait kontrol grafikleri çizilmiştir.

Dokuma işlemi sırasında meydana gelen hataların çoğunluğu iplik kopuşlarından kaynaklanmaktadır. İplik kopuşları dokuma makinesinin randımanına bağlı olarak üretim kapasitesini ve aynı zamanda ürün kalitesini etkilemektedir. İplik kopuşlarından kaynaklanan makine duruşlarını fark edilememesi, hataların zamanında önlenmesini engellemektedir. Bu sebeple süreçte bazı birimlerde hata sayıları oldukça yüksek değerlere ulaşmış olup, süreç ortalamasını etkilemektedir. Bu işletmenin ürettiği ürünlerin kontrollerinde müşteriler için

kalitenin sınıflandırılması ve günlük konuşma dilinde kullanılan dilsel değişkenlerin kullanılarak denetimin sağlanması için önemlidir. İşletmede üretilen hambez daha sonra çarşaf, yastık kılıfı üretmek üzere yerli ve yabancı müşterilere satılmaktadır. Hambezin geçireceği boyama, terbiye gibi diğer operasyonlardan sonra dokuma esnasında meydana gelen kusurların birçoğu telafi edilebilmektedir.

Kalite, “amaca uygunluk derecesi” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdan yola çıkarak çalışmada öncelikle birim başına düşen hata sayısına göre kalite dereceleri belirlenmiştir. Buna göre kumaş birinci, ikinci ve üçüncü sınıf kalite kumaş olarak ayrılmıştır. Bunun sebebi, şirketin kabul edilebilir hata seviyeleri belirleyerek, sürecin değişkenliğini her bir kalite sınıfı için ayrı ayrı kontrol edebileceğini vurgulamaktır. Böylelikle süreç kontrol altında iken kontrol dışı olduğu kararına (1. tip hata) varma ihtimali azaltılacaktır. Bu da telafi edilebilecek kusurlar (müşteri tarafından reddedilmeyen partiler) için fazladan bakım, onarım ve işçilik maliyetlerini önleyebilecektir. Süreçteki dilsel değişkenlere bağlı kalarak ve şirkette çalışan kalite sorumlularının tecrübe ve mühendislik bilgilerinden yararlanılarak üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Üç farklı kalite sınıfı için üçgenel ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Daha sonra α -kesim katsayısı ile üyelik fonksiyonlarında tanımlanmış aralıklar için yeni değerler hesaplanıp; her bir birimin ait olduğu kalite sınıfının belirlenmesi sağlanmıştır.

Süreç kontrol edilirken farklı tür hatalar gözlenmiştir. Ancak bu hataların hepsi firma için aynı değere sahip değildir. Kalite kontrol sorumlularının görüşleri alınarak her hataya belirli ağırlıklar verilmiştir. Ağırlıklar ile toplam hata sayıları yeniden hesaplanmıştır. Buna göre kalite karakteristiği olarak belirlenen “birim başına düşen toplam hata sayısı”, yeni hesaplanmış değerlerle bulanıklaştırılmıştır. Bulanık kontrol grafikleri oluşturulurken bulanık altküme belirleyen “temsili değerleri” elde etmek için bulanık mod, bulanık orta değer ve bulanık değişim aralığı dönüştürücüleri kullanılmıştır. Son olarak bulanık kontrol grafiklerinde yeni bir yaklaşım olarak geliştirilen “DBY” kullanılarak süreç kontrol edilmiştir.

Çalışmada, bulanık kontrol grafiklerinin uygulanması için kullanılan algoritmalar Microsoft Excel’de hazırlanan makrolar aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak klasik kontrol grafikleri ve bulanık kontrol grafikleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada u-grafikleri ile bulanık kontrol grafiklerinin farklı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ekim ayına ait kontrol grafiğinde 4 nokta (9., 11., 13. Ve 19. noktalar) kontrol dışı iken; bulanık mod yaklaşımında 2 nokta (13. ve 19. noktalar) kısmen kontrol dışı, bulanık değişim aralığı yaklaşımında aynı 2

nokta kontrol dışı ve DBY’de 1 nokta kısmen kontrol altında ve diğeri kısmen kontrol dışıdır. Kasım ayında ise u-grafiğinde sadece bir nokta kontrol dışı iken; bulanık kontrol grafiklerinde tüm noktalar kontrol altında görünmektedir. Dikkat edilirse kontrol dışı noktanın ağırlıklandırılmış hata sayısı 0,0156 olup, bu işletme için 2. derece kalite kumaşı ifade etmektedir ve kabul edilebilir bir değerdir.

Sonuçlardaki farklılıkların sebeplerinden biri u-grafikleri çizilirken, hataların ağırlıklarının (sürece ait dilsel değişkenlerin) hesaba katılmamasıdır. Bu da her hatanın aynı değeri taşıdığı kabul edilen u-grafiklerinin hatalı kararlara sebep olmasını sağlayabilir. Bulanık kontrol grafikleri bu hatanın önlenmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra bulanık kontrol grafiklerinde, u-grafiklerinde yer alan “kontrol altında ve kontrol dışı” kararlarına alternatif olarak “kısmen kontrol altında ve kısmen kontrol dışı” gibi kararlar verilebilmektedir. Bu sebeple bulanık kontrol grafiklerinin kullanımı ile karar vermede istenilen esneklik yakalanabilmektedir.

Çalışmanın kısıtları ve geliştirilebilir yönlerini ise şu şekilde özetlemek mümkündür. İşletmede hambez kontrol kayıtları Ekim ayı itibarı ile tutulmaya başlanmıştır. Bu sebeple süreçteki değişkenliğinin mevsimsel ve dönemsel durumu tespit edilememiştir. Bunu yapabilmek için kalite kayıtlarının tutulmaya devam edilmesi ve bu veriler ışığında kontrol grafiklerinin çizilip, karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir. Önerilen bulanık kontrol grafiklerinin sonuçları ve bunların yansımalarına ilişkin değerlendirme ise müşteriden gelen şikayet ve geri bildirimler ile yapılabilir. Ancak işletme bu tür bilgileri kayıt altına almamaktadır. Bu tür kayıtların tutulması ile sağlıklı bir değerlendirme yapmak mümkün olabilecektir. Ayrıca işletme, çalışmada belirlenmiş olan her bir kalite sınıfı için maliyet analizlerine dayalı olarak farklı fiyat politikaları geliştirebilir ve böylece rekabet ve kalitede rakiplerine üstünlük sağlayabilir.

KAYNAKÇA

AKIN, B., Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi; Uygulamadan Örnekler, Beta Basım Yayın, İstanbul, 1998

ALPTEKİN, E., Tekstil Sektöründe Teknolojik Gelişme ve Rekabet Gücü, Marmara Ün. Doktora Tezi, İstanbul, 2010

ALTAŞ, İ., H., 1999, *Bulanık Mantık, Bulanıklık Kavramı*, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Bileşim yayıncılık A.Ş., İstanbul, Sayı 62, (1999), s.80-85

AYTAÇ, E., Kalite Kontrolünde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama, Pamukkale Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2006

BARAY, A., Üretimde Varyasyon, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2008

BEK, A., G., Bir Konfeksiyon İşletmesinde Proses ve Kalite Kontrol, Çukurova Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, 2008

BESTERFIELD, D., H., Quality Control, Upper Saddle River, NJ : Pearson Prentice Hall, 2004

BOLAT, T., Toplam Kalite Yönetimi, Beta Basım Yayın, İstanbul, 2000

BULUKLU, M., H., Dokuma İşletmelerinde Proses ve Kalite Kontrol, Çukurova Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, 2006

ÇOLAK, T., İstatistiksel Süreç Kontrolü ve Uygulamaları, , Çukurova Üniversitesi, (Yayımlanmamış)Yüksek Lisans Tezi, 2007

DEĞERLİ, Z., Toplam Kalite Yönetiminde İstatistiksel Süreç Kontrolünün Önemi ve Bir İşletmede Uygulaması, (Yayımlanmamış)Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 2006

EFİL, İ., Toplam Kalite Yönetimi Ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi, Alfa Yayınları, İstanbul, 1999

ELMAS, Ç., Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2007

ERDOĞAN, Ö., İplik Eğirmede Bilgisayar Destekli Proses Kontrol, Çukurova Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, 2006

ERTUĞRUL, İ., AYTAÇ, E., *Construction of Quality Control Charts by Using Probability and Fuzzy Approaches and an Application in a Textile Company*, J Intell Manuf, (2009), s.139-149

GÖK, A., C., İşletmelerin Tahminleme Sürecinde Bulanık Doğrusal Regresyon Analizi Ve Lojistik Regresyon Analizinin Uygulanması, Dokuz Eylül Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, 2010

GÜLBAY, M., KAHRAMAN, C., *Development of Fuzzy Process Control Charts and Fuzzy Unnatural Pattern Analyses*, Computation Statics & Data Analysis, 51, (2006), s.434-451

GÜLBAY, M., KAHRAMAN, C., *Development of fuzzy process control charts and fuzzy unnatural pattern analyses*, Information Sciences , 177, (2007), s. 1463-1480

GÜMÜŞOĞLU, Ş., İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları, Beta Yayınları, İstanbul, 2000

İŞIKLI, Ş., *Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler*, Araştırma Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi, 19, (2008), s.105-126

KARTAL, M., İstatistiksel Kalite Kontrolü, Kariyer Matbaacılık, Ankara,1999

KAYAALP, İ., D., Konfeksiyon İşletmelerinde Kalitenin İyileştirilmesi Amacıyla İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemlerinin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, 2008

KIYAK, E., KAHVECİOĞLU, A., *Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması*, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt-1, Sayı-2, (2003), s.63-72

KOBU, B., Endüstriyel Kalite Kontrolü, İ.Ü. Yayınları, No:3425 İstanbul, 1987

- KOSKO, B., Fuzzy Thinking : The New Science Of Fuzzy Logic, London : Flamingo, 1993
- KÖKÇEN, E., İstatistiksel Proses Kontrol ve Bir Uygulaması, Akdeniz Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, 2003
- KUMPAS, S., Standart X-R Diyagramları İle İki Aşamada Örneklemeli X-R Diyagramlarının Performanslarının Arı (Average Run Length) Yardımı İle Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006
- KURUÜZÜM, O., Proses Endüstrisinde Proses Kontrolü Problemine Hedef Programlama İle Yaklaşım ve Alternatif Bir HP Algoritması Önerisinin Bir Uygulama Üzerinde Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniv., (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, İstanbul, 1986
- MITRA, A., Fundamentals Quality Control and Improvement, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, 1998
- MONTGOMERY, D., C., Introduction To Statistical Quality Control, Arizona State University, Fourth Edition, 2001
- ÖZDAMAR, H., İ., Bulanık İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Bir Orman Endüstrisi İşletmesinde Uygulama, Süleyman Demirel Üniv, (Yayımlanmamış) Doktora Tezi, Isparta, 2006
- ÖZKALE, M., R., İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri ve Uygulamalar, Çukurova Üniversitesi, (Yayımlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2004
- ROSS, T., J., Fuzzy Logic With Engineering Applications, John Wiley & Sons, Ltd, Second Edition, University of New Mexico, USA, 2004
- SMITH, G., M., Statistical Process Control And Quality Improvement, Columbus : Prentice Hall, 2004
- ŞEN, Z., Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2004

ŞENTÜRK, S., ERGİNEL, N., *Development Of Fuzzy X-R and X-S Control Charts Using α -cuts*, Information Sciences, 179, (2009), s.1542-1551

TALEB, H., LİMAM, M., *On Fuzzy and Probabilistic Control Charts*, International Journal of Production Research, Vol:40, No:12, (2002), s.2849-2863.

TAPTIK, Y., KELEŞ, Ö., Kalite Savaş Araçları, Kalder Yayınları, İstanbul, 1998

TOP, S., Toplam Kalite Yönetimi Bağlamında Sürekli İyileştirme Anlayışı, Beta Yayınları, İstanbul, 2009

ÜNAL, B., Bulanık Fonksiyonlar İle Bulanık Sistem Modelleme, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniv., (Yayımlanmamış) Yüksek Lisan Tezi, Ankara, 2009

YAKUPOĞLU vd., *Toprak Erezyonu Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulamaları*, OMİ Zir. Fak. Dergisi, 23(2), (2008), s. 121-130

BEKLEN, A., Bulanık Sınıflandırma, akademik.maltepe.edu.tr/.../Ali%20Beklen_%20BulanikMantik_V1.0.pdf, Erişim Tarihi; 10/02/2011

DOĞAN, İ., Ö., Kalite Uygulamalarının İşletmenin Rekabet Gücüne Etkisi, <http://enm.blogcu.com/kalite-uygulamalarinin-isletmelerin-rekabet-gucune-etkisi-5/9091650>, 2000, Erişim Tarihi; 11/11/2010

DURMAN, B., M., PAKDİL, F., İstatistiki Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı, <http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o18s3.pdf>, Erişim Tarihi: 25/11/2010

KÜÇÜKÖNCÜ, T., Bulanık Mantık, <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/ozbek/bulanik-1.htm>, Erişim Tarihi; 21/01/2010

YÜCEL, M., Toplam Kalite Kontrolü Açısından İstatistiksel Süreç Kontrol Tekniklerinin Önemi, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, Malatya, <http://web.inonu.edu.tr/~eisemp8/bildiri-pdf/yucel.pdf>, 2007, Erişim Tarihi; 05/02/2011

Ek-2 Dokuma İşlemi Sonrası Karşılaşılabilecek Hata Tanımları

Atkı Aralığı (Ara):	Atkı ipliğın ağızlığa normal olarak oturtulmaması sebebiyle kumaş enince veya bir kısmında meydana gelen aralık, (Atkı koştuktan sonra veya hafta sonu tatilinden sonraki ilk çalışmada sık rastlanır.)
Atkı Kaçığı (Atkı Kopuğu, Ayak Kaçığı):	Bir veya birkaç atkı ipliğının kopmasından meydana gelen kumaş enindeki hata.
Atkı Kolonu (Atkı Bandı):	Atkı ipliğının kendi içindeki büküm, numara, harman, renk düzgünsüzlükleri veya atkıdaki hafif sıklık farklarından ileri gelen ve kumaş eni doğrultusunda bantlar şeklinde görülen hata.
Atkı Toplanması (Yığıma):	Atkı yönünde bir iplik yumağının ağızlık içine girip normal kumaş örgüsünde dokunması.
Atkıda İplik Düzgünsüzlüğü:	Atkı ipliğindeki düzgünsüzlüklerden meydana gelen hata.
Atkıda Yabancı Elyaf (İplik):	Atkı ipliğine, iplik üretimi veya dokuma sırasında dışardan karışan yabancı elyaf (iplik).
Bozuk Kenar:	Kumaş kenarında çeşitli sebeplerle meydana gelmiş kopuk, yoluk, delik, yırtık, ve benzeri hatalar.
Cımbar İzi:	Dokuma tezgahındaki cımbarların ayarsız veya arızalı olmalarından dolayı kumaşta cımbar mesafesindeki oluşan izler, ezikler veya daha küçük delikler.
Çift Atkı:	Ağızlıktan çift atkı ipliğinin geçmesinden meydana gelen hata.
Çözğü İpliği Abrajı:	Çözğü ipliğinin boyanması sırasında boyama hatası veya elyafdaki boya ile birleşme yeteneğinin farklılığından, çözğü doğrultusunda görünen boyama farkı.
Çözğü Kaçığı (Çözğü Kopuğu):	Çözğü ipliği kopmasından meydana gelen hata.
Çözgüde İplik Düzgünsüzlüğü:	Bir çözğü ipliğinde veya çözğü iplikleri arasında düzgünlük farkından ileri gelen hata (büküm dahil).
Düğüm:	Atkı ve çözgüde kopuk aldıktan sonra büyük veya şekilsiz hatalı düğüm atılmasından dolayı oluşan hata.
Leke:	Yağ, pas veya boya buharlaşmasından meydana gelen hata.
Nope:	Kumaş yüzeyindeki görülen küçük elyaf kümecikleri.
Patlak, Delik, Yırtık:	Dokuma veya apre işlemleri sırasında taşıma sırasında kumaşta meydana gelen patlak ve yırtıklardır. Büyük veya küçük olabilirler.
Sık-Seyrek Atkı:	Kumaştaki atkı sıklığı farklarından meydana gelen hata. (Bantlar şeklinde görülür. Çözğü salma veya kumaş sarma tertibatlarındaki bir hatadan dolayı oluşur.)
Sökülmüş Atkı İzi:	Sökülüp yeniden atılan birkaç atkı ipliğinin bıraktığı iz.
Sürtünme İzi (Ezik):	Dokuma veya apredeki işlem safhalarında sürtünmeden veya ezilmeden dolayı çözğü bandı veya atkı bandı şeklindeki veya bir bölgede görülen farklılık.
Tarak İzi:	Tarak dişi aralarındaki eşitsizlikten veya dişlerdeki eğriliklerden doğan sürekli çözğü aralıkları.
Yüzey Düzgünsüzlüğü:	İplikten, dokumadan ve terbiyeden kaynaklanan işlem farklılıklarının kumaş yüzeyinde meydana getirdiği hata.

Ek-3 (a) Ekim Ayı 5200/160 Ranforce Kumaşı İle İlgili Hata Sayıları

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	5200	160	3863	2.10	11	300	2
RANFORCE	5200	160	3864	2.10	11	130	0
RANFORCE	5200	160	3865	2.10	11	283	0
RANFORCE	5200	160	3871	3.10	11	315	0
RANFORCE	5200	160	4026	3.10	11	243	1
RANFORCE	5200	160	4027	3.10	11	330	6
RANFORCE	5200	160	3866	3.10	11	300	0
RANFORCE	5200	160	3867	3.10	11	300	0
RANFORCE	5200	160	3868	3.10	11	300	0
RANFORCE	5200	160	3869	3.10	11	300	0
RANFORCE	5200	160	3870	3.10	11	230	0
RANFORCE	5200	160	3872	3.10	9	285	5
RANFORCE	5200	160	3873	3.10	9	339	0
RANFORCE	5200	160	3874	3.10	9	240	3
RANFORCE	5200	160	3877	4.10	9	308	0
RANFORCE	5200	160	3876	4.10	9	348	0
RANFORCE	5200	160	3875	4.10	9	310	0
RANFORCE	5200	160	4032	4.10	9	219	2
RANFORCE	5200	160	4031	4.10	9	366	3
RANFORCE	5200	160	4030	4.10	9	302	1
RANFORCE	5200	160	4029	4.10	9	203	1
RANFORCE	5200	160	4028	4.10	9	186	1
RANFORCE	5200	160	4240	12.10	9	210	1
RANFORCE	5200	160	4245	12.10	9	275	1
RANFORCE	5200	160	4246	12.10	9	275	0
RANFORCE	5200	160	4247	12.10	9	275	2
RANFORCE	5200	160	4283	13.10	9	230	7
RANFORCE	5200	160	4296	14.10	9	388	0
RANFORCE	5200	160	4402	14.10	9	270	2
RANFORCE	5200	160	4401	14.10	9	350	2
RANFORCE	5200	160	4297	14.10	9	280	5
RANFORCE	5200	160	4298	14.10	9	280	2
RANFORCE	5200	160	4299	14.10	9	300	1
RANFORCE	5200	160	4300	14.10	9	325	0
RANFORCE	5200	160	4408	14.10	11	245	24
RANFORCE	5200	160	4409	14.10	11	210	27
RANFORCE	5200	160	4407	14.10	11	323	16
RANFORCE	5200	160	4422	15.10	11	344	3

Ek-3 (a) Devam

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	5200	160	4424	15.10	11	148	2
RANFORCE	5200	160	4604	20.10	11	245	23
RANFORCE	5200	160	4569	23.10	9	257	3
RANFORCE	5200	160	4570	23.10	9	300	7
RANFORCE	5200	160	4571	23.10	9	350	5
RANFORCE	5200	160	4572	23.10	9	346	3
RANFORCE	5200	160	4573	23.10	9	360	1
RANFORCE	5200	160	4574	23.10	9	364	8
RANFORCE	5200	160	4575	23.10	9	232	0
RANFORCE	5200	160	4764	29.10	9	337	16
RANFORCE	5200	160	4765	29.10	9	238	4
RANFORCE	5200	160	4766	29.10	9	350	7
RANFORCE	5200	160	4767	29.10	9	264	5

Ek 3 (b) Ekim Ayı 3500/240 Ranforce Kumaşı Verileri

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	3500	240	4063	8.10	24	183	1
RANFORCE	3500	240	4220	10.10	19	307	3
RANFORCE	3500	240	4220	10.10	19	318	7
RANFORCE	3500	240	4223	10.10	19	367	3
RANFORCE	3500	240	4217	10.10	19	320	2
RANFORCE	3500	240	4218	10.10	19	320	10
RANFORCE	3500	240	4219	10.10	19	320	4
RANFORCE	3500	240	4308	13.10	20	265	0
RANFORCE	3500	240	4310	13.10	20	316	19
RANFORCE	3500	240	4312	13.10	20	315	12
RANFORCE	3500	240	4311	13.10	20	312	17
RANFORCE	3500	240	4309	13.10	20	315	6
RANFORCE	3500	240	4313	14.10	20	173	14
RANFORCE	3500	240	4403	14.10	24	232	3
RANFORCE	3500	240	4315	14.10	20	243	0
RANFORCE	3500	240	4314	14.10	20	292	0
RANFORCE	3500	240	4404	14.10	24	208	0
RANFORCE	3500	240	4458	17.10	24	360	10
RANFORCE	3500	240	4582	24.10	24	132	12
RANFORCE	3500	240	4756	28.10	24	354	4
RANFORCE	3500	240	4757	28.10	19	293	5
RANFORCE	3500	240	4759	28.10	19	293	3
RANFORCE	3500	240	4760	28.10	19	290	0
RANFORCE	3500	240	4761	29.10	19	417	0
RANFORCE	3500	240	4762	29.10	19	322	6
RANFORCE	3500	240	4763	29.10	19	257	3

Ek-3 (c) Ekim Ayı 9570/315 Ranforce Kumaşı Verileri

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	9570	315	3878	4.10	8	383	0
RANFORCE	9570	315	3880	4.10	D 3	224	0
RANFORCE	9570	315	4158	8.10	D 2	410	16
RANFORCE	9570	315	4156	8.10	D 2	295	6
RANFORCE	9570	315	4155	8.10	D 2	495	3
RANFORCE	9570	315	4154	8.10	D 2	200	15
RANFORCE	9570	315	4153	8.10	D 2	265	3
RANFORCE	9570	315	4152	8.10	D 2	310	0
RANFORCE	9570	315	4157	8.10	D 2	165	29
RANFORCE	9570	315	3879	9.10	D 3	395	0
RANFORCE	9570	315	4159	11.10	D 3	413	4
RANFORCE	9570	315	4160	11.10	D 3	416	1
RANFORCE	9570	315	4161	11.10	D 3	500	1
RANFORCE	9570	315	4162	11.10	D 3	500	0
RANFORCE	9570	315	4163	11.10	D 3	860	0
RANFORCE	9570	315	4168	12.10	D 4	350	3
RANFORCE	9570	315	4167	12.10	D 4	463	9
RANFORCE	9570	315	4166	12.10	D 4	450	4
RANFORCE	9570	315	4165	12.10	D 4	258	0
RANFORCE	9570	315	4164	12.10	D 4	500	10
RANFORCE	9570	315	4169	12.10	D 4	630	4
RANFORCE	9570	315	4373	18.10	D 3	360	7
RANFORCE	9570	315	4375	19.10	D 3	1210	7
RANFORCE	9570	315	4376	19.10	D 3	507	0
RANFORCE	9570	315	4377	19.10	D 2	497	5
RANFORCE	9570	315	4378	19.10	D 2	214	2
RANFORCE	9570	315	4379	19.10	D 2	488	3
RANFORCE	9570	315	4380	19.10	D 2	441	5
RANFORCE	9570	315	4381	19.10	D 2	137	4
RANFORCE	9570	315	4382	19.10	D 2	445	3
RANFORCE	9570	315	4383	19.10	D 2	690	12
RANFORCE	9570	315	4696	26.10	D 2	1322	41
RANFORCE	9570	315	4694	26.10	8	630	0
RANFORCE	9570	315	4693	26.10	8	464	7
RANFORCE	9570	315	4692	26.10	8	561	18
RANFORCE	9570	315	4690	26.10	D 4	1110	28
RANFORCE	9570	315	4691	26.10	D 4	990	9
RANFORCE	9570	315	4803	27.10	8	295	55

Ek 3 (c) Devam

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	9570	315	4801	27.10	D 4	95	9
RANFORCE	9570	315	4802	27.10	8	861	23
RANFORCE	9570	315	4700	27.10	D 4	155	1
RANFORCE	9570	315	4697	27.10	D 4	231	4
RANFORCE	9570	315	4699	27.10	D 4	265	8
RANFORCE	9570	315	4698	27.10	D 4	1165	27
RANFORCE	9570	315	4807	28.10	D 3	522	11
RANFORCE	9570	315	4806	28.10	D 3	1018	43
RANFORCE	9570	315	4808	28.10	D 3	168	2
RANFORCE	9570	315	4809	28.10	D 3	335	8
RANFORCE	9570	315	4810	28.10	D 3	590	24
RANFORCE	9570	315	4811	28.10	D 3	225	12

Ek-4 (a) Kasım Ayı 5200/160 Ranforce Kumaş Verileri

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	5200	160	5033	4.11	D 7	335	0
RANFORCE	5200	160	5007	4.11	D 9	303	2
RANFORCE	5200	160	5008	4.11	D 9	305	1
RANFORCE	5200	160	5009	4.11	D 9	300	0
RANFORCE	5200	160	5010	4.11	D 9	350	0
RANFORCE	5200	160	5011	4.11	D 9	406	1
RANFORCE	5200	160	5023	4.11	D 8	283	0
RANFORCE	5200	160	5024	4.11	D 8	300	2
RANFORCE	5200	160	5025	4.11	D 8	315	3
RANFORCE	5200	160	5026	4.11	D 8	310	1
RANFORCE	5200	160	5027	4.11	D 8	315	0
RANFORCE	5200	160	5028	4.11	D 8	340	0
RANFORCE	5200	160	5029	4.11	D 7	300	2
RANFORCE	5200	160	5030	4.11	D 7	300	1
RANFORCE	5200	160	5031	4.11	D 7	300	2
RANFORCE	5200	160	5032	4.11	D 7	237	0
RANFORCE	5200	160	5150	9.11	D 9	217	1
RANFORCE	5200	160	5148	9.11	D 8	230	0
RANFORCE	5200	160	5147	9.11	D 8	370	0
RANFORCE	5200	160	5146	9.11	D 8	282	0
RANFORCE	5200	160	5145	9.11	D 7	420	1
RANFORCE	5200	160	5144	9.11	D 7	400	5
RANFORCE	5200	160	5143	9.11	D 7	254	0
RANFORCE	5200	160	5153	9.11	D 9	390	0
RANFORCE	5200	160	5152	9.11	D 9	300	0
RANFORCE	5200	160	5151	9.11	D 9	300	0
RANFORCE	5200	160	5368	22.11	D 7	300	0
RANFORCE	5200	160	5369	22.11	D 7	300	2
RANFORCE	5200	160	5370	22.11	D 7	300	3
RANFORCE	5200	160	5371	22.11	D 7	375	0
RANFORCE	5200	160	5372	22.11	D 7	387	3
RANFORCE	5200	160	5379	23.11	D 9	300	5
RANFORCE	5200	160	5380	23.11	D 9	347	2
RANFORCE	5200	160	5381	23.11	D 9	350	3
RANFORCE	5200	160	5382	23.11	D 9	330	1
RANFORCE	5200	160	5383	23.11	D 9	300	0
RANFORCE	5200	160	5384	23.11	D 9	308	2
RANFORCE	5200	160	5385	23.11	D 8	350	0
RANFORCE	5200	160	5386	23.11	D 8	306	2
RANFORCE	5200	160	5387	23.11	D 8	350	0
RANFORCE	5200	160	5388	23.11	D 8	350	0

Ek-4 (b) Kasım Ayı 3500/240 Ranforce Kumaşı Verileri

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	3500	240	4924	2.11	20	306	1
RANFORCE	3500	240	4925	2.11	20	300	4
RANFORCE	3500	240	4926	2.11	20	315	4
RANFORCE	3500	240	4927	2.11	20	215	4
RANFORCE	3500	240	4928	2.11	20	274	2
RANFORCE	3500	240	4929	2.11	20	250	4
RANFORCE	3500	240	4930	2.11	20	213	5
RANFORCE	3500	240	4931	2.11	20	225	2
RANFORCE	3500	240	4934	2.11	24	170	3
RANFORCE	3500	240	4935	2.11	24	272	7
RANFORCE	3500	240	5084	7.11	20	280	0
RANFORCE	3500	240	5082	7.11	20	300	0
RANFORCE	3500	240	5081	7.11	20	290	2
RANFORCE	3500	240	5119	7.11	19	280	2
RANFORCE	3500	240	5120	7.11	19	320	0
RANFORCE	3500	240	5121	7.11	19	248	0
RANFORCE	3500	240	5122	7.11	19	320	3
RANFORCE	3500	240	5123	7.11	19	328	3
RANFORCE	3500	240	5115	7.11	24	270	0
RANFORCE	3500	240	5116	7.11	24	157	0
RANFORCE	3500	240	5327	14.11	24	280	3
RANFORCE	3500	240	5328	14.11	24	384	6
RANFORCE	3500	240	5529	25.11	24	265	0
RANFORCE	3500	240	5530	25.11	24	335	0

Ek-4 (c) Kasım Ayı 9570/315 Ranforce Kumaşı Verileri

KUMAŞ ÖZELLİKLERİ	TEL ADEDİ	EN	FORM NO	K.K. TARİHİ	MAK. NO	BOY	TOPLAM HATA
RANFORCE	9570	315	4900	2.11	D 3	495	18
RANFORCE	9570	315	4895	2.11	D 2	1050	12
RANFORCE	9570	315	5003	3.11	D 4	1400	15
RANFORCE	9570	315	5004	3.11	D 3	306	4
RANFORCE	9570	315	5005	3.11	D 3	720	7
RANFORCE	9570	315	5006	3.11	D 3	824	8
RANFORCE	9570	315	5034	4.11	D 3	232	7
RANFORCE	9570	315	5035	4.11	D 3	256	3
RANFORCE	9570	315	5036	4.11	D 3	205	13
RANFORCE	9570	315	5037	4.11	D 3	170	1
RANFORCE	9570	315	5038	4.11	D 4	150	4
RANFORCE	9570	315	5039	4.11	D 4	250	7
RANFORCE	9570	315	5040	4.11	D 4	220	6
RANFORCE	9570	315	5041	4.11	D 4	200	1
RANFORCE	9570	315	5042	4.11	D 4	213	1
RANFORCE	9570	315	5043	4.11	D 2	275	1
RANFORCE	9570	315	5044	4.11	D 2	276	3
RANFORCE	9570	315	5045	4.11	D 2	300	2
RANFORCE	9570	315	5046	4.11	D 2	290	2
RANFORCE	9570	315	5073	6.11	D 4	222	1
RANFORCE	9570	315	5085	8.11	D 3	275	0
RANFORCE	9570	315	5086	8.11	D 3	335	4
RANFORCE	9570	315	5219	10.11	D2	215	2
RANFORCE	9570	315	5221	10.11	D 2	210	4
RANFORCE	9570	315	5222	10.11	D 2	270	1
RANFORCE	9570	315	5223	10.11	D 2	270	1
RANFORCE	9570	315	5224	10.11	D 2	300	2
RANFORCE	9570	315	5225	10.11	D 2	292	0
RANFORCE	9570	315	5266	14.11	D 2	310	2
RANFORCE	9570	315	5267	14.11	D 2	620	6
RANFORCE	9570	315	5430	25.11	D 2	210	4
RANFORCE	9570	315	5431	25.11	D 2	995	10
RANFORCE	9570	315	5432	25.11	D 2	311	3
RANFORCE	9570	315	5433	25.11	D 2	220	1
RANFORCE	9570	315	5451	28.11	D 2	500	6
RANFORCE	9570	315	5452	28.11	D 2	660	6

Ek-5 (a) Ekim Ayı 9570/315 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları

ÖRNEK NO	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i=c_i / m_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u_i	% ÜKS	% AKS
1	1210	7	0,0058	0,0040	0,0121	0,0319	0,0076	0,58	3,19	0,77
2	507	0	0	0,0062	0,0187	0,0385	0,0010	0,00	3,85	0,10
3	497	5	0,010	0,0063	0,0189	0,0387	0,0008	1,01	3,87	0,09
4	214	2	0,0093	0,0096	0,0288	0,0486	-0,0090	0,93	4,86	-0,91
5	488	3	0,0061	0,0063	0,0191	0,0389	0,0006	0,61	3,89	0,07
6	441	5	0,0113	0,0066	0,0201	0,0399	-0,0003	1,13	3,99	-0,03
7	137	4	0,0291	0,0120	0,0360	0,0559	-0,0162	2,92	5,59	-1,63
8	445	3	0,0067	0,0066	0,0200	0,0398	-0,0002	0,67	3,98	-0,02
9	690	12	0,0173	0,0053	0,0160	0,0359	0,0037	1,74	3,59	0,37
10	413	4	0,0096	0,0069	0,0207	0,0406	-0,0009	0,97	4,06	-0,10
11	416	1	0,0024	0,0068	0,0206	0,0405	-0,0009	0,24	4,05	-0,09
12	500	1	0,002	0,0062	0,0188	0,0387	0,0009	0,20	3,87	0,09
13	500	0	0	0,0062	0,0188	0,0387	0,0009	0,00	3,87	0,09
14	860	0	0	0,0047	0,0143	0,0342	0,0054	0,00	3,42	0,54
15	410	16	0,0390	0,0069	0,0208	0,0406	-0,0010	3,90	4,06	-0,11
16	350	3	0,0085	0,0075	0,0225	0,0424	-0,0027	0,86	4,24	-0,28
17	463	9	0,0194	0,0065	0,0196	0,0394	0,0001	1,94	3,94	0,02
18	450	4	0,0088	0,0066	0,0199	0,0397	-0,0001	0,89	3,97	-0,01
19	258	0	0	0,0087	0,0262	0,0461	-0,0064	0,00	4,61	-0,65
20	500	10	0,02	0,0062	0,0188	0,0387	0,0009	2,00	3,87	0,09
21	630	4	0,0063	0,0056	0,0168	0,0366	0,0029	0,63	3,66	0,30
22	360	7	0,0194	0,0074	0,0222	0,042	-0,0024	1,94	4,20	-0,25
23	295	6	0,0203	0,0081	0,0245	0,0444	-0,0047	2,03	4,44	-0,48
24	495	3	0,0060	0,0063	0,0189	0,0388	0,0008	0,61	3,88	0,08
25	200	15	0,075	0,0099	0,0298	0,0496	-0,0100	7,50	4,96	-1,01
26	265	3	0,0113	0,0086	0,0259	0,0457	-0,0061	1,13	4,57	-0,61
27	310	0	0	0,0079	0,0239	0,0438	-0,0041	0,00	4,38	-0,42
28	165	29	0,1757	0,0109	0,0328	0,0527	-0,0130	17,58	5,27	-1,31
29	383	0	0	0,0071	0,0215	0,0414	-0,0017	0,00	4,14	-0,18
30	395	0	0	0,0070	0,0212	0,041	-0,0014	0,00	4,10	-0,14
31	224	0	0	0,0094	0,0282	0,048	-0,0084	0,00	4,80	-0,84
32	687	12	0,0174	0,0053	0,0161	0,0359	0,0036	1,75	3,59	0,37
33	1322	41	0,0310	0,0038	0,0116	0,0314	0,0081	3,10	3,14	0,82
34	630	0	0	0,0056	0,0168	0,0366	0,0029	0,00	3,66	0,30
35	464	7	0,0150	0,0065	0,0195	0,0394	0,0001	1,51	3,94	0,02
36	561	18	0,0320	0,0059	0,0178	0,0376	0,0019	3,21	3,76	0,20
37	1110	28	0,0252	0,0042	0,0126	0,0325	0,0071	2,52	3,25	0,71
38	990	9	0,0090	0,0044	0,0134	0,0332	0,0063	0,91	3,32	0,64
39	295	55	0,1864	0,0081	0,0245	0,0444	-0,0047	18,64	4,44	-0,48

Ek-5 (a) Devam

ÖRNEK NO	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i=c_i / n_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u_i	% ÜKS	% AKS
40	95	9	0,0947	0,0144	0,0433	0,0631	-0,0235	9,47	6,31	-2,35
41	861	23	0,0267	0,0047	0,0143	0,0342	0,0054	2,67	3,42	0,54
42	155	1	0,0064	0,0113	0,0339	0,0537	-0,0141	0,65	5,37	-1,41
43	231	4	0,0173	0,0092	0,0277	0,0476	-0,0079	1,73	4,76	-0,80
44	265	8	0,0301	0,0086	0,0259	0,0457	-0,0061	3,02	4,57	-0,61
45	1165	27	0,0231	0,0041	0,0123	0,0322	0,0074	2,32	3,22	0,74
46	522	11	0,0210	0,0061	0,0184	0,0383	0,0013	2,11	3,83	0,13
47	1018	43	0,0422	0,0044	0,0132	0,033	0,0065	4,22	3,30	0,66
48	168	2	0,0119	0,0108	0,0325	0,0524	-0,0127	1,19	5,24	-1,28
49	335	8	0,0238	0,0076	0,0230	0,0429	-0,0032	2,39	4,29	-0,33
50	590	24	0,0406	0,0057	0,0173	0,0372	0,0024	4,07	3,72	0,24
51	225	12	0,0533	0,0093	0,0281	0,0479	-0,0083	5,33	4,79	-0,83
TOPLAM	25160	498	1,2283							
		\bar{u}	0,0197							

Ek-5 (b) Ekim Ayı 3500/240 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları

ÖRNEK NO	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i=c_i/n_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u_i	% ÜKS	% AKS
1	183	1	0,0054	0,0102	0,0307	0,0499	-0,0115	0,55	4,99	-1,15
2	307	3	0,0097	0,0079	0,0237	0,0429	-0,0045	0,98	4,29	-0,45
3	318	7	0,0220	0,0077	0,0233	0,0425	-0,0041	2,20	4,25	-0,41
4	367	3	0,0081	0,0072	0,0216	0,0409	-0,0025	0,82	4,09	-0,25
5	320	2	0,0062	0,0077	0,0232	0,0424	-0,0040	0,63	4,24	-0,40
6	320	10	0,0312	0,0077	0,0232	0,0424	-0,0040	3,13	4,24	-0,40
7	320	4	0,0125	0,0077	0,0232	0,0424	-0,0040	1,25	4,24	-0,40
8	265	0	0	0,0085	0,0255	0,0447	-0,0063	0,00	4,47	-0,63
9	316	19	0,0601	0,0077	0,0233	0,0426	-0,0041	6,01	4,26	-0,42
10	315	12	0,0380	0,0078	0,0234	0,0426	-0,0042	3,81	4,26	-0,42
11	312	17	0,0544	0,0078	0,0235	0,0427	-0,0043	5,45	4,27	-0,43
12	315	6	0,0190	0,0078	0,0234	0,0426	-0,0042	1,90	4,26	-0,42
13	173	14	0,0809	0,0105	0,0316	0,0508	-0,0124	8,09	5,08	-1,24
14	232	3	0,0129	0,0090	0,0272	0,0465	-0,0080	1,29	4,65	-0,81
15	243	0	0	0,0088	0,0266	0,0459	-0,0074	0,00	4,59	-0,75
16	292	0	0	0,0081	0,0243	0,0435	-0,0051	0,00	4,35	-0,51
17	208	0	0	0,0096	0,0288	0,048	-0,0096	0,00	4,80	-0,96
18	360	10	0,0277	0,0073	0,0219	0,0411	-0,0027	2,78	4,11	-0,27
19	132	12	0,0909	0,0120	0,0361	0,0554	-0,0169	9,09	5,54	-1,70
20	354	4	0,0112	0,0073	0,0220	0,0413	-0,0029	1,13	4,13	-0,29
21	293	5	0,0170	0,0080	0,0242	0,0435	-0,0050	1,71	4,35	-0,51
22	344	7	0,0203	0,0074	0,0224	0,0416	-0,0032	2,03	4,16	-0,32
23	293	3	0,0102	0,0080	0,0242	0,0435	-0,0050	1,02	4,35	-0,51
24	290	0	0	0,0081	0,0244	0,0436	-0,0052	0,00	4,36	-0,52
25	417	0	0	0,0067	0,0203	0,0395	-0,0011	0,00	3,95	-0,12
26	322	6	0,0186	0,0077	0,0231	0,0424	-0,0039	1,86	4,24	-0,40
27	257	3	0,0116	0,0086	0,0259	0,0451	-0,0067	1,17	4,51	-0,67
TOPLAM	7868	151	0,5689							
		\bar{u}	0,01919 166							

Ek-6 (a) Kasım Ayı 5200/160 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları

ÖRNEK NO	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i = c_i / n_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u _i	%ÜKS	%AKS
1	335	0	0	0,0031	0,0093	0,01261	-0,0060	0,00	1,26	-0,61
2	303	2	0,0066	0,0032	0,0098	0,0130	-0,0065	0,66	1,31	-0,66
3	305	1	0,0032	0,0032	0,0098	0,0130	-0,0065	0,33	1,31	-0,65
4	300	0	0	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,00	1,31	-0,66
5	350	0	0	0,0030	0,0091	0,0124	-0,0058	0,00	1,24	-0,59
6	406	1	0,0024	0,0028	0,0084	0,0117	-0,0052	0,25	1,18	-0,52
7	283	0	0	0,0033	0,0101	0,0134	-0,0069	0,00	1,34	-0,69
8	300	2	0,0066	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,67	1,31	-0,66
9	315	3	0,0095	0,0032	0,0096	0,0129	-0,0063	0,95	1,29	-0,64
10	310	1	0,0032	0,0032	0,0097	0,0129	-0,0064	0,32	1,30	-0,65
11	315	0	0	0,0032	0,0096	0,0129	-0,0063	0,00	1,29	-0,64
12	340	0	0	0,0030	0,0092	0,0125	-0,0060	0,00	1,25	-0,60
13	300	2	0,0066	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,67	1,31	-0,66
14	300	1	0,0033	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,33	1,31	-0,66
15	300	2	0,0066	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,67	1,31	-0,66
16	237	0	0	0,0037	0,0111	0,0143	-0,0078	0,00	1,44	-0,79
17	217	1	0,0046	0,0038	0,0116	0,0148	-0,0083	0,46	1,49	-0,84
18	227	0	0	0,0037	0,0113	0,0146	-0,0081	0,00	1,46	-0,81
19	230	0	0	0,0037	0,0112	0,0145	-0,0080	0,00	1,45	-0,80
20	370	0	0	0,0029	0,0089	0,0121	-0,0056	0,00	1,22	-0,56
21	282	0	0	0,0033	0,0101	0,0134	-0,0069	0,00	1,35	-0,69
22	420	1	0,0023	0,0027	0,0083	0,0116	-0,0050	0,24	1,16	-0,51
23	400	5	0,0125	0,0028	0,0085	0,0118	-0,0053	1,25	1,18	-0,53
24	254	0	0	0,0035	0,0107	0,0140	-0,0074	0,00	1,40	-0,75
25	390	0	0	0,0028	0,0086	0,0119	-0,0054	0,00	1,19	-0,54
26	300	0	0	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,00	1,31	-0,66
27	300	0	0	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,00	1,31	-0,66
28	300	0	0	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,00	1,31	-0,66
29	300	2	0,0066	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,67	1,31	-0,66
30	300	3	0,01	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	1,00	1,31	-0,66
31	375	0	0	0,0029	0,0088	0,0121	-0,0055	0,00	1,21	-0,56
32	387	3	0,0077	0,0029	0,0087	0,0119	-0,0054	0,78	1,20	-0,54
33	300	5	0,0166	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	1,67	1,31	-0,66

Ek-6 (a) Devam

ÖRNEK NO	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i=c_i / n_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u _i	%ÜKS	%AKS
34	347	2	0,0057	0,0030	0,0091	0,0124	-0,0059	0,58	1,25	-0,59
35	350	3	0,0085	0,0030	0,0091	0,0124	-0,0058	0,86	1,24	-0,59
36	330	1	0,0030	0,0031	0,0094	0,0126	-0,0061	0,30	1,27	-0,62
37	300	0	0	0,0032	0,0098	0,0131	-0,0066	0,00	1,31	-0,66
38	308	2	0,0064	0,0032	0,0097	0,0130	-0,0064	0,65	1,30	-0,65
39	350	0	0	0,0030	0,0091	0,0124	-0,0058	0,00	1,24	-0,59
40	306	2	0,0065	0,0032	0,0097	0,0130	-0,0065	0,65	1,30	-0,65
41	350	0	0	0,0030	0,0091	0,0124	-0,0058	0,00	1,24	-0,59
42	350	0	0	0,0030	0,0091	0,0124	-0,0058	0,00	1,24	-0,59
43	280	0	0	0,0034	0,0102	0,0134	-0,0069	0,00	1,35	-0,70
44	190	0	0	0,0041	0,0124	0,0156	-0,0091	0,00	1,57	-0,92
TOPLAM	13812	45	0,1393							
		\bar{u}	0,0032							

Ek-6 (b) Kasım Ayı 3500/240 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları

ÖRNEK NO	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i=c_i / n_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u_i	% ÜKS	% AKS
1	306	1	0,0032	0,0051	0,0154	0,0235	-0,0073	0,33	2,35	-0,73
2	300	4	0,0133	0,0051	0,0155	0,0236	-0,0074	1,33	2,37	-0,75
3	315	4	0,0126	0,0050	0,0151	0,0232	-0,0071	1,27	2,33	-0,71
4	215	4	0,0186	0,0061	0,0183	0,0264	-0,0103	1,86	2,65	-1,03
5	274	2	0,0072	0,0054	0,0162	0,0243	-0,0082	0,73	2,44	-0,82
6	250	4	0,016	0,0056	0,0170	0,0251	-0,0089	1,60	2,51	-0,90
7	213	5	0,0234	0,0061	0,0184	0,0265	-0,0103	2,35	2,66	-1,04
8	225	2	0,0088	0,0059	0,0179	0,0260	-0,0098	0,89	2,61	-0,99
9	170	3	0,0176	0,0068	0,0206	0,0287	-0,0126	1,76	2,88	-1,26
10	272	7	0,0257	0,0054	0,0163	0,0244	-0,0082	2,57	2,44	-0,83
11	280	0	0	0,0053	0,0161	0,0242	-0,0080	0,00	2,42	-0,80
12	205	0	0	0,0062	0,0188	0,0269	-0,0107	0,00	2,69	-1,08
13	300	0	0	0,0051	0,0155	0,0236	-0,0074	0,00	2,37	-0,75
14	290	2	0,0068	0,0052	0,0158	0,0239	-0,0077	0,69	2,39	-0,78
15	280	2	0,0071	0,0053	0,0161	0,0242	-0,0080	0,71	2,42	-0,80
16	320	0	0	0,0050	0,0150	0,0231	-0,0069	0,00	2,32	-0,70
17	248	0	0	0,0057	0,0171	0,0252	-0,0090	0,00	2,52	-0,90
18	320	3	0,0093	0,0050	0,0150	0,0231	-0,0069	0,94	2,32	-0,70
19	328	3	0,0091	0,0049	0,0148	0,0229	-0,0068	0,91	2,30	-0,68
20	270	0	0	0,0054	0,0164	0,0245	-0,0083	0,00	2,45	-0,83
21	157	0	0	0,0071	0,0215	0,0296	-0,0134	0,00	2,96	-1,34
22	280	3	0,0107	0,0053	0,0161	0,0242	-0,0080	1,07	2,42	-0,80
23	384	6	0,0156	0,0045	0,0137	0,0218	-0,0056	1,56	2,19	-0,57
24	265	0	0	0,0055	0,0165	0,0246	-0,0084	0,00	2,47	-0,85
25	335	0	0	0,0049	0,0147	0,0228	-0,0066	0,00	2,28	-0,67
TOPLAM	6802	55	0,2058							
		\bar{u}	0,008087							

Ek-6 (c) Kasım Ayı 9570/315 Ranforce Kumaş Topları İçin Kontrol Limitleri Hesapları

ÖRNEK NO	KUMAŞ METRESİ	HATA SAYISI	$u_i=c_i / n_i$	$\sqrt{\bar{u}/n}$	$3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n}$	ÜKS	AKS	% u_i	%ÜKS	%AKS
1	495	18	0,0363	0,0048	0,0146	0,0264	-0,0028	3,64	2,65	-0,28
2	1050	12	0,0114	0,0033	0,0100	0,0218	0,0017	1,14	2,19	0,18
3	1400	15	0,0107	0,0029	0,0087	0,0205	0,0031	1,07	2,05	0,31
4	306	4	0,0130	0,0062	0,0186	0,0304	-0,0068	1,31	3,05	-0,68
5	720	7	0,0097	0,0040	0,0121	0,0239	-0,0003	0,97	2,40	-0,03
6	824	8	0,0097	0,0037	0,0113	0,0231	0,0004	0,97	2,32	0,05
7	232	7	0,0301	0,0071	0,0214	0,0332	-0,0095	3,02	3,32	-0,96
8	256	3	0,0117	0,0067	0,0203	0,0322	-0,0085	1,17	3,22	-0,86
9	205	13	0,0634	0,0075	0,0227	0,0346	-0,0109	6,34	3,46	-1,10
10	170	1	0,0058	0,0083	0,0250	0,0368	-0,0131	0,59	3,68	-1,32
11	150	4	0,0266	0,0088	0,0266	0,0384	-0,0148	2,67	3,85	-1,48
12	250	7	0,028	0,0068	0,0206	0,0324	-0,0088	2,80	3,24	-0,88
13	220	6	0,0272	0,0073	0,0219	0,0338	-0,0101	2,73	3,38	-1,02
14	200	1	0,005	0,0076	0,0230	0,0348	-0,0112	0,50	3,49	-1,12
15	213	1	0,0046	0,0074	0,0223	0,0341	-0,0105	0,47	3,42	-1,05
16	275	1	0,0036	0,0065	0,0196	0,0314	-0,0078	0,36	3,15	-0,78
17	276	3	0,0108	0,0065	0,0196	0,0314	-0,0078	1,09	3,15	-0,78
18	300	2	0,0066	0,0062	0,0188	0,0306	-0,0070	0,67	3,07	-0,70
19	290	2	0,0068	0,0063	0,0191	0,0309	-0,0073	0,69	3,10	-0,73
20	222	1	0,0045	0,0072	0,0218	0,0337	-0,0100	0,45	3,37	-1,01
21	275	0	0	0,0065	0,0196	0,0314	-0,0078	0,00	3,15	-0,78
22	335	4	0,0119	0,0059	0,0178	0,0296	-0,0059	1,19	2,96	-0,60
23	215	2	0,0093	0,0074	0,0222	0,0340	-0,0104	0,93	3,41	-1,04
24	250	1	0,004	0,0068	0,0206	0,0324	-0,0088	0,40	3,24	-0,88
25	210	4	0,0190	0,0075	0,0225	0,0343	-0,0106	1,90	3,43	-1,07
26	270	1	0,0037	0,0066	0,0198	0,0316	-0,0080	0,37	3,17	-0,80
27	270	1	0,0037	0,0066	0,0198	0,0316	-0,0080	0,37	3,17	-0,80
28	300	2	0,0066	0,0062	0,0188	0,0306	-0,0070	0,67	3,07	-0,70
29	292	0	0	0,0063	0,0190	0,0309	-0,0072	0,00	3,09	-0,73
30	310	2	0,0064	0,0061	0,0185	0,0303	-0,0067	0,65	3,03	-0,67
31	620	6	0,0096	0,0043	0,0130	0,0249	-0,0012	0,97	2,49	-0,13
32	210	4	0,0190	0,0075	0,0225	0,0343	-0,0106	1,90	3,43	-1,07
33	995	10	0,0100	0,0034	0,0103	0,0221	0,0014	1,01	2,22	0,15
34	311	3	0,0096	0,0061	0,0184	0,0303	-0,0066	0,96	3,03	-0,67
35	220	1	0,0045	0,0073	0,0219	0,0338	-0,0101	0,45	3,38	-1,02
36	500	6	0,012	0,0048	0,0145	0,0264	-0,0027	1,20	2,64	-0,28
37	660	6	0,0090	0,0042	0,0126	0,0245	-0,0008	0,91	2,45	-0,09
TOPLAM	14297	169	0,4652							
		\bar{u}	0,011820							

Ek-7 (a) Ekim Ayı 3500/249 Ranforce İçin Ağırlıklı Hata Sayıları

EKİM AYI VERİLERİNE GÖRE BELİRLENEN HATA SAYILARI (HATA SAYILARI BELİRLENİRKEN NEGATİF OLMAMASI KOŞULU İLE -1, +1 OLARAK BELİRLENMİŞTİR, NEGATİF DEĞERLERİN YERİNE "0" ATANMIŞTIR.							
a1	b1	c1	d1	ua	ub	uc	ud
0,00	0,25	1,00	2,00	0,00	0,14	0,55	1,09
0,50	1,50	3,00	4,00	0,16	0,49	0,98	1,30
1,50	2,50	7,00	8,00	0,47	0,79	2,20	2,52
1,25	2,25	3,00	4,00	0,34	0,61	0,82	1,09
0,00	0,50	2,00	3,00	0,00	0,16	0,63	0,94
1,50	2,50	10,00	11,00	0,47	0,78	3,13	3,44
0,00	1,00	4,00	5,00	0,00	0,31	1,25	1,56
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,38	0,38	0,75
7,25	8,25	19,00	20,00	2,29	2,61	6,01	6,33
4,50	5,50	12,00	13,00	1,43	1,75	3,81	4,13
6,25	7,25	17,00	18,00	2,00	2,32	5,45	5,77
2,75	3,75	6,00	7,00	0,87	1,19	1,90	2,22
5,50	6,50	14,00	15,00	3,18	3,76	8,09	8,67
2,00	3,00	3,00	4,00	0,86	1,29	1,29	1,72
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,41	0,41	0,82
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,34	0,34	0,68
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,48	0,48	0,96
5,00	6,00	10,00	11,00	1,39	1,67	2,78	3,06
6,25	7,25	12,00	13,00	4,73	5,49	9,09	9,85
0,75	1,75	4,00	5,00	0,21	0,49	1,13	1,41
0,25	1,25	5,00	6,00	0,09	0,43	1,71	2,05
0,50	1,50	7,00	8,00	0,15	0,44	2,03	2,33
0,00	0,75	3,00	4,00	0,00	0,26	1,02	1,37
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,34	0,34	0,69
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,24	0,24	0,48
0,00	0,50	6,00	7,00	0,00	0,16	1,86	2,17
0,00	1,00	3,00	4,00	0,00	0,39	1,17	1,56

Ek-7(b) Kasım Ayı 3500/249 Ranforce İçin Ağırlıklı Hata Sayıları

KASIM AYI VERİLERİNE GÖRE BELİRLENEN HATA SAYILARI							
a1	b1	c1	d1	ua	ub	uc	ud
0,00	0,25	1,00	2,00	0,00	0,08	0,33	0,65
0,00	1,00	4,00	5,00	0,00	0,33	1,33	1,67
0,75	1,75	4,00	5,00	0,24	0,56	1,27	1,59
0,00	1,00	4,00	5,00	0,00	0,47	1,86	2,33
0,00	0,50	2,00	3,00	0,00	0,18	0,73	1,09
0,00	0,50	4,00	5,00	0,00	0,20	1,60	2,00
0,00	0,75	5,00	6,00	0,00	0,35	2,35	2,82
0,00	0,50	2,00	3,00	0,00	0,22	0,89	1,33
1,25	2,25	3,00	4,00	0,74	1,32	1,76	2,35
3,25	4,25	7,00	8,00	1,19	1,56	2,57	2,94
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,36	0,36	0,71
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,49	0,49	0,98
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,33	0,33	0,67
0,00	0,50	2,00	3,00	0,00	0,17	0,69	1,03
0,00	1,00	2,00	3,00	0,00	0,36	0,71	1,07
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,31	0,31	0,63
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,40	0,40	0,81
0,00	0,75	3,00	4,00	0,00	0,23	0,94	1,25
0,00	0,50	3,00	4,00	0,00	0,15	0,91	1,22
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,37	0,37	0,74
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,64	0,64	1,27
0,00	0,75	3,00	4,00	0,00	0,27	1,07	1,43
0,00	2,00	6,00	7,00	0,00	0,52	1,56	1,82
0,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,38	0,38	0,75
0,00	1,00	2,00	3,00	0,00	0,30	0,60	0,90

Ek-8 (a) Farklı α Değerleri İçin Hesaplanmış Olan ua^α ve ud^α Değerleri (Ekim Ayı)

EKİM AYI ua^α DEĞERLERİ					EKİM AYI ud^α DEĞERLERİ				
$\alpha=0,95$	$\alpha=0,75$	$\alpha=0,60$	$\alpha=0,45$	$\alpha=0,20$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,75$	$\alpha=0,60$	$\alpha=0,45$	$\alpha=0,20$
0,13	0,10	0,08	0,20	0,16	0,57	0,68	0,77	0,85	0,98
0,47	0,41	0,36	0,64	0,55	0,99	1,06	1,11	1,16	1,24
0,77	0,71	0,66	0,93	0,85	2,22	2,28	2,33	2,37	2,45
0,60	0,54	0,50	0,74	0,67	0,83	0,89	0,93	0,97	1,04
0,15	0,12	0,09	0,23	0,19	0,64	0,70	0,75	0,80	0,88
0,77	0,70	0,66	0,92	0,84	3,14	3,20	3,25	3,30	3,38
0,30	0,23	0,19	0,45	0,38	1,27	1,33	1,38	1,42	1,50
0,36	0,28	0,23	0,55	0,45	0,40	0,47	0,53	0,58	0,68
2,59	2,53	2,48	2,75	2,67	6,03	6,09	6,14	6,19	6,27
1,73	1,67	1,62	1,89	1,81	3,83	3,89	3,94	3,98	4,06
2,31	2,24	2,20	2,47	2,39	5,46	5,53	5,58	5,63	5,71
1,17	1,11	1,06	1,33	1,25	1,92	1,98	2,03	2,08	2,16
3,73	3,61	3,53	4,02	3,87	8,12	8,24	8,32	8,41	8,55
1,27	1,19	1,12	1,49	1,38	1,31	1,40	1,47	1,53	1,64
0,39	0,31	0,25	0,60	0,49	0,43	0,51	0,58	0,64	0,74
0,33	0,26	0,21	0,50	0,41	0,36	0,43	0,48	0,53	0,62
0,46	0,36	0,29	0,70	0,58	0,50	0,60	0,67	0,75	0,87
1,65	1,60	1,56	1,79	1,72	2,79	2,85	2,89	2,93	3,00
5,45	5,30	5,19	5,83	5,64	9,13	9,28	9,39	9,51	9,70
0,48	0,42	0,38	0,62	0,55	1,14	1,20	1,24	1,29	1,36
0,41	0,34	0,29	0,58	0,49	1,72	1,79	1,84	1,89	1,98
0,42	0,36	0,32	0,57	0,49	2,05	2,11	2,15	2,19	2,27
0,24	0,19	0,15	0,37	0,31	1,04	1,11	1,16	1,21	1,30
0,33	0,26	0,21	0,50	0,41	0,36	0,43	0,48	0,53	0,62
0,23	0,18	0,14	0,35	0,29	0,25	0,30	0,34	0,37	0,43
0,15	0,12	0,09	0,23	0,19	1,88	1,94	1,99	2,03	2,11
0,37	0,29	0,23	0,56	0,47	1,19	1,26	1,32	1,38	1,48

Ek-8 (b) Farklı α Değerleri İçin Hesaplanmış Olan ua^α ve ud^α Değerleri (Kasım Ayı)

KASIM AYI ua^α DEĞERLERİ					KASIM AYI ud^α DEĞERLERİ				
$\alpha=0,95$	$\alpha=0,75$	$\alpha=0,60$	$\alpha=0,45$	$\alpha=0,20$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,75$	$\alpha=0,60$	$\alpha=0,45$	$\alpha=0,20$
0,08	0,06	0,05	0,04	0,02	0,34	0,41	0,46	0,51	0,59
0,32	0,25	0,20	0,15	0,07	1,35	1,42	1,47	1,52	1,60
0,54	0,48	0,43	0,38	0,30	1,29	1,35	1,40	1,44	1,52
0,44	0,35	0,28	0,21	0,09	1,88	1,98	2,05	2,12	2,23
0,17	0,14	0,11	0,08	0,04	0,75	0,82	0,88	0,93	1,02
0,19	0,15	0,12	0,09	0,04	1,62	1,70	1,76	1,82	1,92
0,33	0,26	0,21	0,16	0,07	2,37	2,46	2,54	2,61	2,72
0,21	0,17	0,13	0,10	0,04	0,91	1,00	1,07	1,13	1,24
1,29	1,18	1,09	1,00	0,85	1,79	1,91	2,00	2,09	2,24
1,54	1,47	1,42	1,36	1,27	2,59	2,67	2,72	2,78	2,87
0,34	0,27	0,21	0,16	0,07	0,38	0,45	0,50	0,55	0,64
0,46	0,37	0,29	0,22	0,10	0,51	0,61	0,68	0,76	0,88
0,32	0,25	0,20	0,15	0,07	0,35	0,42	0,47	0,52	0,60
0,16	0,13	0,10	0,08	0,03	0,71	0,78	0,83	0,88	0,97
0,34	0,27	0,21	0,16	0,07	0,73	0,80	0,86	0,91	1,00
0,30	0,23	0,19	0,14	0,06	0,33	0,39	0,44	0,48	0,56
0,38	0,30	0,24	0,18	0,08	0,42	0,50	0,56	0,63	0,73
0,22	0,18	0,14	0,11	0,05	0,95	1,02	1,06	1,11	1,19
0,14	0,11	0,09	0,07	0,03	0,93	0,99	1,04	1,08	1,16
0,35	0,28	0,22	0,17	0,07	0,39	0,46	0,52	0,57	0,67
0,61	0,48	0,38	0,29	0,13	0,67	0,80	0,89	0,99	1,15
0,25	0,20	0,16	0,12	0,05	1,09	1,16	1,21	1,27	1,36
0,49	0,39	0,31	0,23	0,10	1,58	1,63	1,67	1,71	1,77
0,36	0,28	0,23	0,17	0,08	0,40	0,47	0,53	0,58	0,68
0,28	0,22	0,18	0,13	0,06	0,61	0,67	0,72	0,76	0,84

Ek-9 Direk Bulanık Yaklaşım Ekim Ayı İçin Gerekli Hesaplamalar

AU1					AU3
t	d^t/d^z	UCL_4^t	a^z	$z=\max(t, \alpha=0,60)$	t
0,13447788	0,76502732	7,2514866	0,08196721	0,6	0,357274759
0,0882398	1,10749186	7,28484926	0,35830619	0,6	0,152740403
0,03976052	2,32704403	7,31982904	0,66037736	0,6	0,118719883
0,14696606	0,92643052	7,24247587	0,50408719	0,6	0,13937073
0,11757629	0,75	7,26368179	0,09375	0,6	0,156732957
0,0259003	3,25	7,32982975	0,65625	0,6	0,095614364
0,05878814	1,375	7,30609983	0,1875	0,6	0,141453309
0,19473572	0,52830189	7,2080081	0,22641509	0,6	0,191578712
0,01359261	6,13924051	7,33871026	2,48417722	0,6	0,025165178
0,02486378	3,93650794	7,33057765	1,61904762	0,6	0,079725046
0,01551384	5,57692308	7,33732401	2,19551282	0,6	0,039380968
0,06276256	2,03174603	7,30323213	1,06349206	0,6	0,126863224
0,00848581	8,32369942	7,34239502	3,52601156	0,6	-0,09212165
0,15048561	1,46551724	7,23993636	1,12068966	0,6	0,193606096
0,17856898	0,57613169	7,21967307	0,24691358	0,6	0,210486762
0,21457672	0,47945205	7,19369201	0,20547945	0,6	0,1757854
0,15284917	0,67307692	7,23823096	0,28846154	0,6	0,265271297
0,04290933	2,88888889	7,31755705	1,55555556	0,6	0,096739968
0,00600008	9,39393939	7,34418858	5,18939394	0,6	0,693762153
0,07773463	1,24293785	7,29242917	0,38135593	0,6	0,135201493
0,04480244	1,84300341	7,31619109	0,29010239	0,6	0,139403585
0,03812139	2,15116279	7,32101174	0,31976744	0,6	0,116583876
0,07177052	1,16040956	7,29673252	0,15358362	0,6	0,15735506
0,21310702	0,48275862	7,19475247	0,20689655	0,6	0,176762108
0,3064332	0,33573141	7,12741382	0,14388489	0,6	0,142587413
0,03943705	1,98757764	7,32006244	0,0931677	0,6	0,125908363
0,0629523	1,3229572	7,30309522	0,23346304	0,6	0,174232082

Ek-9 Devam

AU4			
t	d ^z	UCL ₄ ^z	z=max (t, α=0,60)
0,357274759	0,765027	6,915593	0,6
0,152740403	1,107492	6,915593	0,6
0,118719883	2,327044	6,915593	0,6
0,13937073	0,926431	6,915593	0,6
0,156732957	0,75	6,915593	0,6
0,095614364	3,25	6,915593	0,6
0,141453309	1,375	6,915593	0,6
0,191578712	0,528302	6,915593	0,6
0,025165178	6,139241	6,915593	0,6
0,079725046	3,936508	6,915593	0,6
0,039380968	5,576923	6,915593	0,6
0,126863224	2,031746	6,915593	0,6
-0,092121653	8,323699	6,915593	0,6
0,193606096	1,465517	6,915593	0,6
0,210486762	0,576132	6,915593	0,6
0,1757854	0,479452	6,915593	0,6
0,265271297	0,673077	6,915593	0,6
0,096739968	2,888889	6,915593	0,6
0,693762153	9,322907	6,84794	0,693762153
0,135201493	1,242938	6,915593	0,6
0,139403585	1,843003	6,915593	0,6
0,116583876	2,151163	6,915593	0,6
0,15735506	1,16041	6,915593	0,6
0,176762108	0,482759	6,915593	0,6
0,142587413	0,335731	6,915593	0,6
0,125908363	1,987578	6,915593	0,6
0,174232082	1,322957	6,915593	0,6

Ek-9 Devam

AUS									
t_1	t_2	$z_1=\max(\alpha, t_1)$	$z_2=\max(\alpha, t_2)$	a^{z_1}	d^{z_1}	d^{t_1}	d^{z_2}	$UCL_4^{t_1}$	$UCL_4^{z_2}$
0,085632	0,357275	0,6	0,6	0,081967213	0,765027322	1,046103	0,765027	7,286731	6,915593
0,068613	0,15274	0,6	0,6	0,358306189	1,107491857	1,280582	1,107492	7,299011	6,915593
0,066378	0,11872	0,6	0,6	0,660377358	2,327044025	2,49485	2,327044	7,300623	6,915593
0,070501	0,139371	0,6	0,6	0,504087193	0,926430518	1,070708	0,926431	7,297649	6,915593
0,083716	0,156733	0,6	0,6	0,09375	0,75	0,911339	0,75	7,288113	6,915593
0,066533	0,095614	0,6	0,6	0,65625	3,25	3,416708	3,25	7,300512	6,915593
0,071066	0,141453	0,6	0,6	0,1875	1,375	1,540292	1,375	7,297241	6,915593
0,066872	0,191579	0,6	0,6	0,226415094	0,528301887	0,729482	0,528302	7,300267	6,915593
0,048692	0,025165	0,6	0,6	2,484177215	6,139240506	6,313705	6,139241	7,313385	6,915593
0,056977	0,079725	0,6	0,6	1,619047619	3,936507937	4,108896	3,936508	7,307406	6,915593
0,051296	0,039381	0,6	0,6	2,195512821	5,576923077	5,75279	5,576923	7,311506	6,915593
0,062324	0,126863	0,6	0,6	1,063492063	2,031746032	2,202437	2,031746	7,303548	6,915593
0,032082	-0,09212	0,6	0,6	3,526011561	8,323699422	8,651976	8,323699	7,325369	6,915593
0,056278	0,193606	0,6	0,6	1,120689655	1,465517241	1,69988	1,465517	7,307911	6,915593
0,064855	0,210487	0,6	0,6	0,24691358	0,576131687	0,796356	0,576132	7,301722	6,915593
0,069065	0,175785	0,6	0,6	0,205479452	0,479452055	0,661279	0,479452	7,298685	6,915593
0,06112	0,265271	0,6	0,6	0,288461538	0,673076923	0,932154	0,673077	7,304417	6,915593
0,059637	0,09674	0,6	0,6	1,555555556	2,888888889	3,03899	2,888889	7,305487	6,915593
0,01767	0,693762	0,6	0,6937	5,189393939	9,393939394	9,835098	9,322907	7,335768	6,84794
0,07108	0,135201	0,6	0,6	0,381355932	1,242937853	1,39235	1,242938	7,297231	6,915593
0,068338	0,139404	0,6	0,6	0,290102389	1,843003413	2,024458	1,843003	7,299209	6,915593
0,071161	0,116584	0,6	0,6	0,319767442	2,151162791	2,304895	2,151163	7,297172	6,915593
0,075176	0,157355	0,6	0,6	0,153583618	1,160409556	1,339531	1,16041	7,294276	6,915593
0,068912	0,176762	0,6	0,6	0,206896552	0,482758621	0,665893	0,482759	7,298795	6,915593
0,07644	0,142587	0,6	0,6	0,143884892	0,335731415	0,461285	0,335731	7,293364	6,915593
0,083809	0,125908	0,6	0,6	0,093167702	1,98757764	2,147885	1,987578	7,288046	6,915593
0,066164	0,174232	0,6	0,6	0,233463035	1,322957198	1,530675	1,322957	7,300778	6,915593

Ek-9 Devam

AL1					
t	$z=\max(t, \alpha=0,60)$	a^t	a^z	d^z	LCL_1^t
0,041972	0,6	0,005733853	0,081967213	0,765027	3,22111
0,053142	0,6	0,180176437	0,358306189	1,107492	3,230954
0,065791	0,6	0,492387053	0,660377358	2,327044	3,242101
0,053868	0,6	0,355277255	0,504087193	0,926431	3,231594
0,050203	0,6	0,007844187	0,09375	0,75	3,228364
0,075099	0,6	0,492218483	0,65625	3,25	3,250304
0,056427	0,6	0,017633402	0,1875	1,375	3,233849
0,045447	0,6	0,017149863	0,226415094	0,528302	3,224173
0,103488	0,6	2,327053078	2,484177215	6,139241	3,275322
0,081563	0,6	1,454464286	1,619047619	3,936508	3,256
0,097541	0,6	2,034468408	2,195512821	5,576923	3,270082
0,062687	0,6	0,892916539	1,063492063	2,031746	3,239366
0,100608	0,6	3,23734577	3,526011561	8,323699	3,272785
0,051909	0,6	0,884443561	1,120689655	1,465517	3,229868
0,044659	0,6	0,01837822	0,24691358	0,576132	3,223478
0,046306	0,6	0,015858135	0,205479452	0,479452	3,22493
0,043203	0,6	0,020770506	0,288461538	0,673077	3,222195
0,073849	0,6	1,409402531	1,555555556	2,888889	3,249203
0,096272	0,6	4,807782084	5,189393939	9,393939	3,268964
0,056625	0,6	0,227860142	0,381355932	1,242938	3,234024
0,059552	0,6	0,105649073	0,290102389	1,843003	3,236603
0,065447	0,6	0,16437414	0,319767442	2,151163	3,241798
0,052944	0,6	0,013552129	0,153583618	1,16041	3,230779
0,046246	0,6	0,015946831	0,206896552	0,482759	3,224877
0,049205	0,6	0,011799739	0,143884892	0,335731	3,227485
0,062637	0,6	0,009726202	0,093167702	1,987578	3,239322
0,052371	0,6	0,020377854	0,233463035	1,322957	3,230275

Ek-9 Devam

AL4									
t_1	t_2	$z_1=\max(\alpha, t_1)$	$z_2=\max(\alpha, t_2)$	a^{z1}	a^{t1}	a^{z2}	d^{z1}	LCL_1^{t1}	LCL_1z2
0,041972	0,073933	0,6	0,6	0,081967	0,160943	0,081967	0,765027	-4,38053	-4,51868
0,053142	0,116594	0,6	0,6	0,358306	0,142405	0,358306	1,107492	-4,45421	-4,51868
0,065791	0,121299	0,6	0,6	0,660377	0,190243	0,660377	2,327044	-4,53765	-4,51868
0,053868	0,106022	0,6	0,6	0,504087	0,188954	0,504087	0,926431	-4,459	-4,51868
0,050203	0,076645	0,6	0,6	0,09375	0,149326	0,09375	0,75	-4,43483	-4,51868
0,075099	0,120593	0,6	0,6	0,65625	0,268027	0,65625	3,25	-4,59905	-4,51868
0,056427	0,10823	0,6	0,6	0,1875	0,133058	0,1875	1,375	-4,47588	-4,51868
0,045447	0,130564	0,6	0,6	0,226415	0,209895	0,226415	0,528302	-4,40346	-4,51868
0,103488	0,170518	0,6	0,6	2,484177	0,647522	2,484177	6,139241	-4,7863	-4,51868
0,081563	0,147841	0,6	0,6	1,619048	0,343907	1,619048	3,936508	-4,64168	-4,51868
0,097541	0,164539	0,6	0,6	2,195513	0,557982	2,195513	5,576923	-4,74708	-4,51868
0,062687	0,132995	0,6	0,6	1,063492	0,186192	1,063492	2,031746	-4,51717	-4,51868
0,100608	0,640936	0,6	0,640935724	3,526012	0,845064	3,549674	8,323699	-4,76731	-4,54699
0,051909	0,19053	0,6	0,6	1,12069	0,218748	1,12069	1,465517	-4,44608	-4,51868
0,044659	0,146486	0,6	0,6	0,246914	0,196324	0,246914	0,576132	-4,39826	-4,51868
0,046306	0,117517	0,6	0,6	0,205479	0,226842	0,205479	0,479452	-4,40912	-4,51868
0,043203	0,194585	0,6	0,6	0,288462	0,175324	0,288462	0,673077	-4,38865	-4,51868
0,073849	0,132707	0,6	0,6	1,555556	0,253082	1,555556	2,888889	-4,5908	-4,51868
0,096272	-1,34095	0,6	0,6	5,189394	0,909799	5,189394	9,393939	-4,73871	-4,51868
0,056625	0,105469	0,6	0,6	0,381356	0,143714	0,381356	1,242938	-4,47719	-4,51868
0,059552	0,119561	0,6	0,6	0,290102	0,151889	0,290102	1,843003	-4,49649	-4,51868
0,065447	0,10597	0,6	0,6	0,319767	0,176414	0,319767	2,151163	-4,53538	-4,51868
0,052944	0,094188	0,6	0,6	0,153584	0,129407	0,153584	1,16041	-4,45291	-4,51868
0,046246	0,118318	0,6	0,6	0,206897	0,225577	0,206897	0,482759	-4,40873	-4,51868
0,049205	0,090818	0,6	0,6	0,143885	0,307875	0,143885	0,335731	-4,42824	-4,51868
0,062637	0,076506	0,6	0,6	0,093168	0,161462	0,093168	1,987578	-4,51684	-4,51868
0,052371	0,135633	0,6	0,6	0,233463	0,12894	0,233463	1,322957	-4,44913	-4,51868

Ek-9 Devam

AL7			
t	$z=\max(t, \alpha=0,60)$	a^z	LCL_1^z
0,073933	0,6	0,081967	-3,68868
0,116594	0,6	0,358306	-3,68868
0,121299	0,6	0,660377	-3,68868
0,106022	0,6	0,504087	-3,68868
0,076645	0,6	0,09375	-3,68868
0,120593	0,6	0,65625	-3,68868
0,10823	0,6	0,1875	-3,68868
0,130564	0,6	0,226415	-3,68868
0,170518	0,6	2,484177	-3,68868
0,147841	0,6	1,619048	-3,68868
0,164539	0,6	2,195513	-3,68868
0,132995	0,6	1,063492	-3,68868
0,640936	0,640935724	3,549674	-3,66037
0,19053	0,6	1,12069	-3,68868
0,146486	0,6	0,246914	-3,68868
0,117517	0,6	0,205479	-3,68868
0,194585	0,6	0,288462	-3,68868
0,132707	0,6	1,555556	-3,68868
-1,34095	0,6	5,189394	-3,68868
0,105469	0,6	0,381356	-3,68868
0,119561	0,6	0,290102	-3,68868
0,10597	0,6	0,319767	-3,68868
0,094188	0,6	0,153584	-3,68868
0,118318	0,6	0,206897	-3,68868
0,090818	0,6	0,143885	-3,68868
0,076506	0,6	0,093168	-3,68868
0,135633	0,6	0,233463	-3,68868

Ek-10 Direk Bulanık Yaklaşım Kasım Ayı İçin Gerekli Hesaplamalar

AU1				
t	d^t/d^z	UCL_4^t	a^z	$z=\max(t, \alpha=0,60)$
0,14881826	0,45751634	4,72680728	0,04901961	0,6
0,03647506	1,65450831	4,82987744	0,2	0,6
0,04482931	1,57307006	4,82221277	0,42857143	0,6
0,02614046	2,31342304	4,839359	0,27906977	0,6
0,06662778	1,0705738	4,80221359	0,10948905	0,6
0,03039589	1,98784165	4,83545483	0,12	0,6
0,02071784	2,80717472	4,84433403	0,21126761	0,6
0,05471259	1,30901662	4,81314527	0,13333333	0,6
0,04010103	2,32935233	4,82655076	1,08823529	0,6
0,02660877	2,93139383	4,83892935	1,41544118	0,6
0,13617357	0,6656523	4,73840825	0,21428571	0,6
0,09969851	0,92697634	4,77187259	0,29268293	0,6
0,14590025	0,61803325	4,72948443	0,2	0,6
0,07051846	1,01016605	4,79864406	0,10344828	0,6
0,06808678	1,04711186	4,80087502	0,21428571	0,6
0,15562694	0,57636658	4,72056061	0,1875	0,6
0,12061088	0,7578182	4,75268637	0,24193548	0,6
0,05187565	1,23378886	4,81574805	0,140625	0,6
0,05317254	1,20330106	4,81455821	0,09146341	0,6
0,13131023	0,69210732	4,74287017	0,22222222	0,6
0,07635447	1,22525193	4,79328977	0,38216561	0,6
0,04539119	1,41236029	4,82169727	0,16071429	0,6
0,03112539	1,8148111	4,83478554	0,3125	0,6
0,12887856	0,70608356	4,74510112	0,22641509	0,6
0,08146097	0,87120568	4,78860476	0,17910448	0,6

Ek-10 Devam

AU2 / AU3	AU4			
t	t	d ²	UCL ₄ ^Z	z=max (t, α=0,60)
0,071271848	0,071271848	0,457516	4,312867	0,6
0,05472591	0,05472591	1,466667	4,312867	0,6
0,054600885	0,054600885	1,396825	4,312867	0,6
0,056102733	0,056102733	2,046512	4,312867	0,6
0,068207949	0,068207949	0,875912	4,312867	0,6
0,055334772	0,055334772	1,76	4,312867	0,6
0,045682085	0,045682085	2,535211	4,312867	0,6
0,074628069	0,074628069	1,066667	4,312867	0,6
0,076252365	0,076252365	2	4,312867	0,6
0,034960481	0,034960481	2,720588	4,312867	0,6
0,074048622	0,074048622	0,5	4,312867	0,6
0,090485377	0,090485377	0,682927	4,312867	0,6
0,071845545	0,071845545	0,466667	4,312867	0,6
0,066864408	0,066864408	0,827586	4,312867	0,6
0,067674658	0,067674658	0,857143	4,312867	0,6
0,070060106	0,070060106	0,4375	4,312867	0,6
0,078892194	0,078892194	0,564516	4,312867	0,6
0,059728809	0,059728809	1,0625	4,312867	0,6
0,059483336	0,059483336	1,036585	4,312867	0,6
0,075355413	0,075355413	0,518519	4,312867	0,6
0,127959394	0,127959394	0,89172	4,312867	0,6
0,061300693	0,061300693	1,214286	4,312867	0,6
0,046274491	0,046274491	1,666667	4,312867	0,6
0,076071633	0,076071633	0,528302	4,312867	0,6
0,064105603	0,064105603	0,716418	4,312867	0,6

Ek-10 Devam

AU5									
t_1	t_2	$z_1=ma$ x (α, t_1)	$z_2=ma$ x (α, t_2)	a^{z1}	d^{z1}	d^{t1}	d^{z2}	UCL_4^{t1}	UCL_4^{z2}
0,04867	0,071272	0,6	0,6	0,0490196	0,45751634	0,637688	0,457516	4,818685	4,31286
0,03888	0,054726	0,6	0,6	0,2	1,466666667	1,653706	1,466667	4,827669	4,31286
0,03745	0,054601	0,6	0,6	0,4285714	1,396825397	1,575411	1,396825	4,828979	4,31286
0,03517	0,056103	0,6	0,6	0,2790697	2,046511628	2,30922	2,046512	4,831069	4,31286
0,04421	0,068208	0,6	0,6	0,1094890	0,875912409	1,078754	0,875912	4,822777	4,31286
0,04352	0,055335	0,6	0,6	0,12	1,76	1,982591	1,76	4,823413	4,31286
0,03830	0,045682	0,6	0,6	0,2112676	2,535211268	2,798917	2,535211	4,828197	4,31286
0,04267	0,074628	0,6	0,6	0,1333333	1,066666667	1,314368	1,066667	4,824191	4,31286
0,02741	0,076252	0,6	0,6	1,0882352	2	2,336814	2	4,838189	4,31286
0,02854	0,03496	0,6	0,6	1,4154411	2,720588235	2,930682	2,720588	4,837152	4,31286
0,03815	0,074049	0,6	0,6	0,2142857	0,5	0,700659	0,5	4,828335	4,31286
0,03460	0,090485	0,6	0,6	0,2926829	0,682926829	0,958728	0,682927	4,83159	4,31286
0,03888	0,071846	0,6	0,6	0,2	0,466666667	0,653706	0,466667	4,827669	4,31286
0,04462	0,066864	0,6	0,6	0,1034482	0,827586207	1,019095	0,827586	4,822402	4,31286
0,03815	0,067675	0,6	0,6	0,2142857	0,857142857	1,057801	0,857143	4,828335	4,31286
0,03954	0,07006	0,6	0,6	0,1875	0,4375	0,612644	0,4375	4,827065	4,31286
0,03682	0,078892	0,6	0,6	0,2419354	0,564516129	0,791603	0,564516	4,829557	4,31286
0,04222	0,059729	0,6	0,6	0,140625	1,0625	1,236805	1,0625	4,824604	4,31286
0,04545	0,059483	0,6	0,6	0,0914634	1,036585366	1,205654	1,036585	4,821638	4,31286
0,03776	0,075355	0,6	0,6	0,2222222	0,518518519	0,726754	0,518519	4,828695	4,31286
0,03128	0,127959	0,6	0,6	0,3821656	0,891719745	1,253957	0,89172	4,834637	4,31286
0,04103	0,061301	0,6	0,6	0,1607142	1,214285714	1,413918	1,214286	4,825699	4,31286
0,03381	0,046274	0,6	0,6	0,3125	1,666666667	1,814111	1,666667	4,832319	4,31286
0,03756	0,076072	0,6	0,6	0,2264150 9	0,528301887	0,740543	0,528302	4,828882	4,31286
0,0399	0,064106	0,6	0,6	0,1791044	0,71641791	0,883583	0,716418	4,826647	4,31286

Ek-10 Devam

AL1					
t	$z=\max(t, \alpha=0,60)$	a^t	a^z	d^z	LCL_1^t
0,034006	0,6	0,002778268	0,049019608	0,457516	1,017905
0,042244	0,6	0,014081207	0,2	1,466667	1,029454
0,04214	0,6	0,251472983	0,428571429	1,396825	1,029309
0,04301	0,6	0,020004421	0,279069767	2,046512	1,030528
0,036529	0,6	0,006665956	0,109489051	0,875912	1,021443
0,042651	0,6	0,008530188	0,12	1,76	1,030026
0,046539	0,6	0,016386824	0,211267606	2,535211	1,035476
0,036134	0,6	0,008029882	0,133333333	1,066667	1,020889
0,039565	0,6	0,758567436	1,088235294	2	1,025698
0,051374	0,6	1,213740431	1,415441176	2,720588	1,042256
0,03366	0,6	0,012021255	0,214285714	0,5	1,017419
0,032345	0,6	0,015777838	0,292682927	0,682927	1,015575
0,03393	0,6	0,011309966	0,2	0,466667	1,017798
0,036638	0,6	0,006316846	0,103448276	0,827586	1,021595
0,036571	0,6	0,013061096	0,214285714	0,857143	1,021501
0,034175	0,6	0,010679819	0,1875	0,4375	1,018142
0,033165	0,6	0,013372955	0,241935484	0,564516	1,016726
0,039463	0,6	0,00924916	0,140625	1,0625	1,025556
0,03946	0,6	0,006015182	0,091463415	1,036585	1,025551
0,033514	0,6	0,012412514	0,222222222	0,518519	1,017215
0,031122	0,6	0,019823219	0,382165605	0,89172	1,013862
0,039483	0,6	0,010575702	0,160714286	1,214286	1,025583
0,046353	0,6	0,024141967	0,3125	1,666667	1,035215
0,033438	0,6	0,012618131	0,226415094	0,528302	1,017109
0,036901	0,6	0,011015207	0,179104478	0,716418	1,021964

Ek-10 Devam

AL4									
t_1	t_2	$z_1=\max(\alpha, t_1)$	$z_2=\max(\alpha, t_2)$	a^{z_1}	a^{t_1}	a^{z_2}	d^{z_1}	$LCL_1^{t_1}$	LCL_1z_2
0,034006	0,043343	0,6	0,6	0,04902	0,159316	0,04902	0,457516	-3,53406	-3,93622
0,042244	0,063684	0,6	0,6	0,2	0,104827	0,2	1,466667	-3,56302	-3,93622
0,04214	0,066166	0,6	0,6	0,428571	0,109229	0,428571	1,396825	-3,56266	-3,93622
0,04301	0,084438	0,6	0,6	0,27907	0,124515	0,27907	2,046512	-3,56571	-3,93622
0,036529	0,049701	0,6	0,6	0,109489	0,103301	0,109489	0,875912	-3,54294	-3,93622
0,042651	0,051001	0,6	0,6	0,12	0,113883	0,12	1,76	-3,56445	-3,93622
0,046539	0,065996	0,6	0,6	0,211268	0,150396	0,211268	2,535211	-3,57812	-3,93622
0,036134	0,052752	0,6	0,6	0,133333	0,100036	0,133333	1,066667	-3,54155	-3,93622
0,039565	0,147543	0,6	0,6	1,088235	0,130674	1,088235	2	-3,5536	-3,93622
0,051374	0,091848	0,6	0,6	1,415441	0,175839	1,415441	2,720588	-3,59512	-3,93622
0,03366	0,066644	0,6	0,6	0,214286	0,153996	0,214286	0,5	-3,53285	-3,93622
0,032345	0,089458	0,6	0,6	0,292683	0,126456	0,292683	0,682927	-3,52822	-3,93622
0,03393	0,063684	0,6	0,6	0,2	0,16192	0,2	0,466667	-3,5338	-3,93622
0,036638	0,048983	0,6	0,6	0,103448	0,104945	0,103448	0,827586	-3,54332	-3,93622
0,036571	0,066644	0,6	0,6	0,214286	0,103891	0,214286	0,857143	-3,54308	-3,93622
0,034175	0,061302	0,6	0,6	0,1875	0,170006	0,1875	0,4375	-3,53466	-3,93622
0,033165	0,07323	0,6	0,6	0,241935	0,141744	0,241935	0,564516	-3,53111	-3,93622
0,039463	0,053762	0,6	0,6	0,140625	0,098518	0,140625	1,0625	-3,55325	-3,93622
0,03946	0,047619	0,6	0,6	0,091463	0,098556	0,091463	1,036585	-3,55324	-3,93622
0,033514	0,06841	0,6	0,6	0,222222	0,150105	0,222222	0,518519	-3,53233	-3,93622
0,031122	0,146827	0,6	0,6	0,382166	0,112111	0,382166	0,89172	-3,52393	-3,93622
0,039483	0,056754	0,6	0,6	0,160714	0,099363	0,160714	1,214286	-3,55332	-3,93622
0,046353	0,097932	0,6	0,6	0,3125	0,113804	0,3125	1,666667	-3,57747	-3,93622
0,033438	0,069381	0,6	0,6	0,226415	0,148179	0,226415	0,528302	-3,53207	-3,93622
0,036901	0,0598	0,6	0,6	0,179104	0,110603	0,179104	0,716418	-3,54424	-3,93622

Ek-10 Devam

AL7			
t	$z=\max(t, \alpha=0,60)$	a^z	LCL_1^z
0,043343	0,6	0,04902	-2,89283
0,063684	0,063684359	0,021228	-3,35915
0,066166	0,06616624	0,2591	-3,35699
0,084438	0,084438339	0,039274	-3,34111
0,049701	0,04970085	0,009069	-3,37131
0,051001	0,051001336	0,0102	-3,37018
0,065996	0,065995891	0,023238	-3,35714
0,052752	0,052752312	0,011723	-3,36866
0,147543	0,147542899	0,822084	-3,28624
0,091848	0,091847703	1,22862	-3,33466
0,066644	0,066643824	0,023801	-3,35658
0,089458	0,089457533	0,043638	-3,33674
0,063684	0,063684359	0,021228	-3,35915
0,048983	0,048983022	0,008445	-3,37193
0,066644	0,066643824	0,023801	-3,35658
0,061302	0,061302377	0,019157	-3,36122
0,07323	0,073230426	0,029528	-3,35085
0,053762	0,053761704	0,0126	-3,36778
0,047619	0,047618524	0,007259	-3,37312
0,06841	0,068409972	0,025337	-3,35504
0,146827	0,146826882	0,09352	-3,28686
0,056754	0,056753621	0,015202	-3,36518
0,097932	0,097931725	0,051006	-3,32937
0,069381	0,069381359	0,026182	-3,3542
0,0598	0,059800115	0,017851	-3,36253

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı Alev ASLANGİRAY
 Uyruğu T.C
 Doğum Yeri Elazığ
 Doğum Tarihi 10/01/1981
 Medeni Durumu Bekar

EĞİTİM

2000–2005 Osmangazi Üniversitesi, Mim / Müh Fakültesi (Endüstri
 Mühendisliği Bölümü)
 1995–1999 Malatya Turgut Özal Lisesi (Y.D.A.)
 Antalya Gazi Lisesi

LİSANS TEZİ

İstatistiksel Kalite Kontrolü Eczacıbaşı Artema A.Ş.’de Kabul Örnekleme Çalışması
 (Prof. Dr. Nimetullah Burnak)
 Eylül-Şubat 2005 ✓ Kabul örnekleme ile tüketici ve üretici risklerinin göze
 alındığı işletme, için en uygun örnek büyüklüğünün
 belirlenmesi.

İŞ DENEYİMİ

Şubat 2009 ANTALYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ Atatürk Kültür ve Sanat Evi
 -
 Kasım 2010 • Birim Sorumlusu

Kasım 2005 TEK METAL SAN. TİC. LTD. ŞTİ. (ESKİŞEHİR)
 -
 Kasım 2006 • Planlama Müdürü (Kasım 2005- Nisan 2006)
 • Kalite Sistem Müdürü (Nisan 2006- Kasım 2006)