

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**KALİTE KONTROLDE BULANIK MANTIK
YAKLAŞIMI
VE
BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Esra AYTAÇ

Danışman
Yrd.Doç.Dr.İrfan ERTUĞRUL

Denizli, 2006

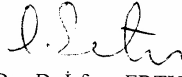
YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

İŞLETME Anabilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı öğrencisi Esra AYTAÇ tarafından Yrd. Doç. Dr. İrfan ERTUĞRUL yönetiminde hazırlanan "KALİTE KONTROLDE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA" başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 14-07-2006 tarihinde yapılan tez savunma sınavında başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Mustafa GÜNEŞ

Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. İrfan ERTUĞRUL

Jüri Üyesi (Danışman)



Yrd. Doç. Dr. Özcan MUTLU

Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 19.07.2006 tarih ve ...13.103 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Nazım Kadri EKİNCİ
Müdür

ÖZET

Firmaların günümüz rekabetçi koşullarında sadece teknoloji ile rekabet etmeye çalışmaları onları başarıya götürmemektedir. Farklılaşma ve yaratıcı olma çabaları, etkin strateji seçimini ön plana koymaktadır. Diğer yandan bilim ve teknolojiadaki gelişmeler günümüzün modern toplumunu öylesine karmaşık bir hale getirmiştir ki; karar süreçleri, belirsiz ve incelenmesi zor bir özellik kazanmıştır. Bu belirsizlikler, belirsiz ortamlarda optimum karar almaya yarayan ve belli bir mantığa dayalı çıkarım olarak kabul edilen bulanık küme kavramı ile açıklanmaktadır.

İstatistiksel proses kontrolü, bir prosten çıktı olarak alınan ürünlerin ölçülerek, istenen özelliklere uyup uymadığını belirleyen ve karar destek sistemlerine girdi oluşmasını sağlayan bir geri bildirim döngüsüdür. Bu düzen, sadece ürünlerin kontrol edilmesini değil, aynı zamanda prosesin sürekli olarak kontrol edilmesini ve geliştirilmesini sağlamaktadır. Üretilen ürünlerin kalite düzeylerinin araştırılması ve varsa kalite değişiminin belirlenmesi için "istatistiksel kalite kontrol teknikleri"nden yararlanılmaktadır. Bu amaçla, üretim prosesinden gelen ürünlerin tamamını muayene etmek yerine, belirli zaman aralıklarında prosesi yeterince temsil edebilecek nitelikte örneklemeler çekilmekte ve bunlardan gelen sonuçlar değerlendirilerek, proses hakkında tahminde veya çıkarımda bulunmaktadır.

Bu çalışma ile kontrol şemalarının kullanımı ve gelişimi ardındaki temel düşünce ve prensipler açığa çıkarılarak; bulanık kalite kontrol şemaları ile birleştirilmiş ve kullanımları ile ilgili uygulamaya yer verilmiştir.

Bu amaçla Denizli'de Taş ve Toprağa Dayalı Sanayinde faaliyet gösteren bir işletmenin ilgili prosesinden veriler alınmıştır. İlgili prosesi temsil edilen farklı şekillerde üçgen üyelik fonksiyonları ve prostedeki ürünlerin tercih edilme derecelerini gösteren dilsel değişkenler belirlenmiştir. Belirlenen bu üyelik fonksiyonları yardımıyla farklı yöntemlerle bulanık kalite kontrol şemaları oluşturularak ilgili prosesin kontrol altında olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Kalite Kontrol, Kontrol Şemaları, Bulanık Mantık, Bulanık Kalite Kontrol Şemaları

ABSTRACT

Firms in competing efforts only with the technology don't take them to success at today's competitive conditions. Differentiations and creative efforts play an important role on effective strategy choice. On the other hand, the developments of science and technology make our modern society complex, so decision processes become uncertainty and difficult to be analyzed. This vagueness is explained with the fuzzy set concept which is accepted as a inference based on a specific logic and which helps in determining optimum decision at vagueness conditions.

Statistical process control is a loop of feedback which provides input for decision support systems and which determines whether the product is suitable or not for desired specifications by measuring the products taken as input from a process. This system provides not only to be controlled of the products but also provides to be controlled and to be developed of the process continuously. It's used statistical quality control techniques for investigating the quality level of products and for determining the quality changes if there exist. For this aim, instead of controlling all the products coming from production process, samples which can represent the process enough at certain periods are taken and by analyzing results from those and inference about the process is obtained.

In this study, by revealing basic ideas and principles behind the use and improvement of control charts usage and the improvement; they are combined with fuzzy quality control charts and an application about their usage is mentioned.

For this aim, data from related process of the company which operates in Stone and Soil Industry in Denizli are obtained. Triangular membership functions with the different shapes which represent the related process and linguistic variables which show the preferences the degrees of the products in process are determined. With the help of the membership functions, it's tried to be analyzed if the process is under control or not by constructing fuzzy control charts with different methods.

KEYWORDS: Quality Control, Control Charts, Fuzzy Logic, Fuzzy Quality Control Charts

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KALİTE KONTROL ve ARAÇLARI

1.1	Kalite Kavramı ve Kalitenin Temel Unsurları	5
1.2	Kalite Kontrol Kavramı	7
1.2.1	Kalite kontrolün tarihsel gelişimi	10
1.2.2	Kalite kontrolde standartlar, spesifikasyonlar ve toleranslar	12
1.2.3	Kalite kontrol maliyetleri	12
1.3	Toplam Kalite Kontrol ve Gelişimi	14
1.4	İstatistiksel Kalite Kontrol	16
1.5	İstatistiksel Kalite Kontrol Teknikleri	17
1.6	Kontrol Şemaları	25
1.6.1	Değişkenler için kontrol şemaları (Niceliksel ölçüler için kontrol şemaları)	30
1.6.2	Özellikler için kontrol şemaları (Niteliksel ölçüler için kontrol şemaları)	34

İKİNCİ BÖLÜM

BELİRSİZLİK KAVRAMI ve BULANIK MANTIK

2.1	Bulanık Mantık	46
2.2	Bulanık Mantığın Tarihçesi ve Uygulamaları	49
2.3	Bulanık Küme Kuramı ve Bulanık Mantık	51
2.3.1	Bulanık kümeler ve olasılık	52
2.3.2	Üyelik fonksiyonu	54
2.3.2.1	Üyelik fonksiyonu tipleri	56
2.3.2.2	Üyelik derecesi atama	60
2.3.3	Klasik ve bulanık kümeler	61
2.3.3.1	Klasik kümeler için temel kavramlar ve işlemler	61
2.3.3.2	Bulanık kümeler için temel kavram ve işlemler	65

2.4	Bulanık Kontrol (Denetim)	73
-----	---------------------------------	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KALİTE KONTROL

3.1	Bulanık Mantık ve Kalite Yönetimi	84
3.1.1	Bulanık kalite yönetimi ile ilgili literatür araştırması	86
3.2	İstatistiksel Proses Kontrol ve Bulanık Mantık	88
3.2.1	Bulanık kalite kontrol şemaları	94
3.2.1.1	Bulanık kontrol şemalarının oluşumu	98
3.2.1.1.1	Bulanık kümeler için temsilci değerler	98
3.2.1.1.1.1	Bulanık kümenin temsilci değeri	100
3.2.1.1.1.2	Bir örneklemin temsilci değeri	103
3.2.1.1.2	Dilsel değişkenlerle kontrol şemalarının oluşturulması	108
3.2.1.1.2.1	Olasılıkçı yaklaşım	109
3.2.1.1.2.2	Üyelik yaklaşımı	110
3.2.1.1.3	Özellikler için α kesmesi bulanık kontrol şemaları	114

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KALİTE KONTROL YAKLAŞIMININ BİR MERMER İŞLETMESİNDE UYGULAMA ÖRNEĞİ

4.1	Metodoloji	118
4.2	Uygulama Alanı Olan Mermer İşletmesinin Tanıtımı	119
4.3	İşletmenin Üretim Prosesi	120
4.4	Kalite Sistemi, Politikası ve Yönetimin Sorumluluğu	129
4.5	Kalite Kontrol Faaliyetleri	130
4.6	Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü	131
4.7	Düzeltilici ve Önleyici Faaliyetler	132
4.8	Uygulama Alanı Olarak Seçilen Honlu Dolgulu Üretim Prosesi	133
4.8.1	Honlu dolgulu üretim prosesinde seleksiyon	135
4.8.2	Honlu dolgulu üretim süreci seleksiyonunda karşılaşılan üretim hataları	139
4.9	Bir Mermer İşletmesi İçin Bulanık Kalite Kontrol Şemalarının Oluşturulması	142
4.9.1	İlgili işletmenin seleksiyon sürecinin bulanık kontrol şemaları oluşturularak aylara göre değerlendirilmesi	148
4.9.1.1	Ocak ayı için seleksiyon sürecinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi	149
4.9.1.2	Şubat ayı için seleksiyon sürecinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi	176
4.9.1.3	Mart ayı için seleksiyon sürecinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi	189

4.9.1.4 Nisan ayı için seleksiyon prosesinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi.....	203
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	218
KAYNAKÇA.....	222
EKLER.....	227
ÖZGEÇMİŞ	249

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1:	Toplam Kalite Elemanları, Toplam Kalite Yönetimi.....	17
Tablo 1.2:	Standart Süreç Akış Şeması Sembolleri	18
Tablo 1.3:	Pareto Diyagramına İlişkin Veriler.....	20
Tablo 1.4:	Bir Taşıma Şirketi İçin Hazırlanan Çetele Diyagramı	22
Tablo 1.5:	Bir Havayolu Şirketinin Sebep-Sonuç Diyagramı.....	23
Tablo 1.6:	Histograma İlişkin Veriler.....	24
Tablo 1.7:	Değişkenler İçin Kontrol Şeması Çizimine İlişkin Veriler	33
Tablo 1.8:	p Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler.....	36
Tablo 1.9:	np Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler.....	38
Tablo 1.10:	c Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler.....	40
Tablo 1.11:	u Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler.....	42
Tablo 2.1:	Yırtık ile İlgili Olasılık ve Üyelik Değerleri.....	54
Tablo 3.1:	Üretim Yönetimindeki Bulanık Mantık Araştırmaları için Sınıflandırma Planı.....	84
Tablo 3.2:	Bulanık Kalite Yönetimi.....	85
Tablo 3.3:	Çokterimli Prosesler İçin Kontrol Şeması Yaklaşımları.....	95
Tablo 3.4:	Klasik Shewart ve Bulanık Kontrol Şemalarının Karşılaştırılması...	98
Tablo 3.5:	Üçgen Üyelik Fonksiyonuna Sahip Bulanık Alt Kümenin Temsilci Değerleri İçin Formüller.....	102
Tablo 3.6:	Yarı Mamul Havlu İçin Belirlenen Dilsel Değişkenlerin Üyelik Fonksiyonları.....	106
Tablo 3.7:	Bulanık Kontrol Şemalarını Oluşturmada Kullanılan Olasılıkçı ve Üyelik Yaklaşımlarının Karşılaştırılması.....	113
Tablo 4.1:	Ürünün Üretim İçindeki Ölçüleri.....	126
Tablo 4.2:	Üretim Bölümünde Yapılan Sınıflandırma ve Adlandırma.....	136
Tablo 4.3:	Her Dilsel Terimi Gösteren Üyelik Fonksiyonlarının Temsilci Değerleri.....	148
Tablo 4.4:	Ocak Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak).....	150
Tablo 4.5:	Ocak Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Mod Kullanılarak)	152

Tablo 4.6:	Ocak Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullanılarak)	153
Tablo 4.7:	Ocak Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Mod ve Medyan Kullanılarak)..	154
Tablo 4.8:	Ocak Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (mod kullanılarak).....	155
Tablo 4.9:	Ocak Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (medyan kullanılarak)	156
Tablo 4.10:	Dilsel Terimleri, Üçgensel Bulanık Sayı ile Temsil Eden Parametreler.....	162
Tablo 4.11:	Ocak Ayı için Her Örnekleme Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri.....	164
Tablo 4.12:	Ocak Ayına Ait Tüm Örneklemlerin Temsilci Değerleri.....	165
Tablo 4.13:	Ocak Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler.....	166
Tablo 4.14:	Üyelikçi Yaklaşımına Göre Hesaplanan Alt ve Üst Kontrol Limitleri	168
Tablo 4.15:	Şubat Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak).....	177
Tablo 4.16:	Mart Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak)	191
Tablo 4.17:	Nisan Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak)	204

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1:	Denetleme Maliyeti ile Hatalı Birimlerin Maliyeti Arasındaki İlişki	9
Şekil 1.2:	Üretim Süreci İçinde Toplam Kalite Kontrolün Aşamaları.....	15
Şekil 1.3:	Bir Intranet Uygulaması İçin Akış Diyagramı.....	19
Şekil 1.4:	İlgili Örneğe Ait Pareto Diyagramı.....	21
Şekil 1.5:	İlgili Örneğin Histogram ile Gösterimi.....	24
Şekil 1.6:	Kontrol Şemalarını Kullanarak Prosesin İyileştirilmesi.....	27
Şekil 1.7:	Kontrol Şemalarının Genel Yapısı.....	28
Şekil 1.8:	Kontrol Şemalarının Çiziminde Yapılan Hata Tiplerine Ait Örnekler.....	30
Şekil 1.9:	İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan R Şeması.....	33
Şekil 1.10:	İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan \bar{x} Kontrol Şeması.....	34
Şekil 1.11:	İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan p Kontrol Şeması.....	37
Şekil 1.12:	İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan np Kontrol Şeması.....	39
Şekil 1.13:	İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan c Kontrol Şeması.....	41
Şekil 1.14:	İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan u Kontrol Şeması.....	43
Şekil 2.1:	Tipik Bir Bulanık Sistem.....	48
Şekil 2.2:	Üyelik Fonksiyonun Kısımları.....	55
Şekil 2.3:	Üçgen Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi.....	57
Şekil 2.4:	Yamuk Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi.....	58
Şekil 2.5:	Gaussian Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi.....	58
Şekil 2.6:	Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi.....	59
Şekil 2.7:	Sigmoidal Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi.....	59
Şekil 2.8:	S Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi.....	60
Şekil 2.9:	$\forall x \in R$ Olan Klasik Bir Küme.....	63

Şekil 2.10:	İki Klasik Kümenin Birleşimi.....	64
Şekil 2.11:	İki Klasik Kümenin Kesişimi.....	65
Şekil 2.12:	$\forall x \in R$ Olan Bulanık Bir Küme.....	66
Şekil 2.13:	Zayıf α kesmesi.....	68
Şekil 2.14:	Bulanık Kümeler a) normal b) normal altı.....	69
Şekil 2.15:	Bulanık Kümeler a) Dış Bükey b) Dış Bükey Olmayan.....	69
Şekil 2.16:	A ve B Bulanık Küme Birleşimleri.....	71
Şekil 2.17:	A ve B Bulanık Küme Kesişimleri	72
Şekil 2.18:	Bulanık Mantık Denetleyicilerinin Temel Yapısı.....	76
Şekil 2.19:	Maksimum Üyelik Derecesi Yöntemi İle Durulaştırma.....	78
Şekil 2.20:	Ağırlık Merkezi Yöntemi İle Durulaştırma.....	79
Şekil 2.21:	Ağırlıklı Ortalama Yöntemi İle Durulaştırma.....	79
Şekil 2.22:	Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi İle Durulaştırma.....	80
Şekil 3.1:	Zeki Üretim Sisteminin Parçaları.....	82
Şekil 3.2:	Bulanık A kümesinin Üyelik Fonksiyonu ve Temsilci Değerleri....	103
Şekil 3.3:	Prosesten Alınan Verilerin Genel Gösterimi.....	104
Şekil 3.4:	Yarı Mamul Havluya İlişkin 5 Dilsel Değişkenin Üyelik Fonksiyonu.....	107
Şekil 4.1:	Genel Üretim Proses Akım Diyagramı	122
Şekil 4.2:	Prosesin Yerleşim Planı.....	128
Şekil 4.3:	Honlu Dolgulu Proses Akım Diyagramı.....	134
Şekil 4.4:	Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 1.Kümesi.....	143
Şekil 4.5:	Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 2.Kümesi.....	144
Şekil 4.6:	Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 3.Kümesi.....	144
Şekil 4.7:	Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 4.Kümesi.....	145
Şekil 4.8:	Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 5.Kümesi.....	145

Şekil 4.9:	Ocak Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı.....	149
Şekil 4.10:	Ocak Ayı için 1.Küme, 2. Küme, 3.Küme, 4.Küme ve 5. Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	157
Şekil 4.11:	Ocak Ayı için 1.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	157
Şekil 4.12:	Ocak Ayı için 2.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	158
Şekil 4.13:	Ocak Ayı için 3.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	159
Şekil 4.14:	Ocak Ayı için 4.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	160
Şekil 4.15:	Ocak Ayı için 5.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	161
Şekil 4.16:	Ocak Ayı için 1.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	169
Şekil 4.17:	Ocak Ayı için 2.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	170
Şekil 4.18:	Ocak Ayı için 3.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	170
Şekil 4.19:	Ocak Ayı için 4.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	171
Şekil 4.20:	Ocak Ayı için 5.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	172
Şekil 4.21:	Ocak Ayı için 1.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	173
Şekil 4.22:	Ocak Ayı için 2.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	174
Şekil 4.23:	Ocak Ayı için 3.Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	174

Şekil 4.24:	Ocak Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	175
Şekil 4.25:	Ocak Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	176
Şekil 4.26:	Şubat Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı.....	177
Şekil 4.27:	Şubat Ayı için 1.Kümeye, 2. Kümeye, 3.Kümeye, 4.Kümeye ve 5. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak).....	178
Şekil 4.28:	Şubat Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	179
Şekil 4.29:	Şubat Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	179
Şekil 4.30:	Şubat Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	180
Şekil 4.31:	Şubat Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	181
Şekil 4.32:	Şubat Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	182
Şekil 4.33:	Şubat Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	183
Şekil 4.34:	Şubat Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	183
Şekil 4.35:	Şubat Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	184
Şekil 4.36:	Şubat Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	185
Şekil 4.37:	Şubat Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	185
Şekil 4.38:	Şubat Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	186

Şekil 4.39:	Şubat Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	187
Şekil 4.40:	Şubat Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	187
Şekil 4.41:	Şubat Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	188
Şekil 4.42:	Şubat Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	189
Şekil 4.43:	Mart Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı.....	190
Şekil 4.44:	Mart Ayı için 1.Kümeye, 2. Kümeye, 3.Kümeye, 4.kümeye ve 5. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak).....	192
Şekil 4.45:	Mart Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	192
Şekil 4.46:	Mart Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	193
Şekil 4.47:	Mart Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	194
Şekil 4.48:	Mart Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	195
Şekil 4.49:	Mart Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	196
Şekil 4.50:	Mart Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	197
Şekil 4.51:	Mart Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	197
Şekil 4.52:	Mart Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	198
Şekil 4.53:	Mart Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	199

Şekil 4.54:	Mart Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	199
Şekil 4.55:	Mart Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	200
Şekil 4.56:	Mart Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	201
Şekil 4.57:	Mart Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	201
Şekil 4.58:	Mart Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	202
Şekil 4.59:	Mart Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	203
Şekil 4.60:	Nisan Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı.....	204
Şekil 4.61:	Nisan Ayı için 1.Kümeye, 2. Kümeye, 3.Kümeye, 4.Kümeye ve 5. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak).....	205
Şekil 4.62:	Nisan Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	206
Şekil 4.63:	Nisan Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	206
Şekil 4.64:	Nisan Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	207
Şekil 4.65:	Nisan Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	208
Şekil 4.66:	Nisan Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	209
Şekil 4.67:	Nisan Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	210
Şekil 4.68:	Nisan Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	210

Şekil 4.69:	Nisan Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	211
Şekil 4.70:	Nisan Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	212
Şekil 4.71:	Nisan Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	212
Şekil 4.72:	Nisan Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	213
Şekil 4.73:	Nisan Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	214
Şekil 4.74:	Nisan Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	215
Şekil 4.75:	Nisan Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	216
Şekil 4.76:	Nisan Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)	217

ÖNSÖZ

Toplam kalite kontrolün en önemli değerleme aracı, istatistiksel kalite kontrol yöntemleridir. Bu çalışmada, kalite kontrol kavramına bulanık kalite kontrol kavramı eklenerek, bulanık kalite kontrolde bulanık kontrol şemaları oluşturulmuştur. Yapılan çalışmaya, esneklik ve duyarlılık katılarak daha iyi ve az maliyetli ürün kalitesine ulaşmaya çalışılmıştır.

Yaptığım bulanık kalite kontrol çalışmasının, tezimin içerdiği bilgiler ve konuların ele alış tarzının bu konuda bundan sonra yapılacak olan çalışmalara kaynak oluşturacağını ümit ediyorum.

Akademik hayatım ile birlikte tanıştığım ve o günden bugüne kadar maddi manevi hiçbir desteğini benden esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.İrfan ERTUĞRUL'a sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca, pozitif enerjisi ile her durumda hep yanımda olan İng.Okut.Hülya ERTUĞRUL' a çok ama çok teşekkür ederim. Ayrıca okul hayatımda beni yalnız bırakmayan Araş.Gör. Ayşegül TUŞ'a da teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak beni ben olarak yetiştirip bugünlere kadar getiren ve görünmez ellerini hep yanımda hissettiğim biricik anneme, babama ve kardeşime ne kadar teşekkür etsem azdır...

Araş.Gör. Esra AYTAÇ

Haziran / 2006 - Denizli

GİRİŞ

Günümüzde serbest piyasa ekonomisi nedeniyle işletmeler arasında yaşanan katı rekabet şartları, üreticileri minimum maliyetle yüksek kalitede ürün üretmeye zorlamaktadır. Üretimde temel amaç, satılabilir nitelikteki kaliteli ürünler olduğundan, ürün kalitesinin tüketicinin veya alıcının kararını etkilemede ciddi bir öneme sahip olduğu açıktır. Bu gelişme, işletmeleri "kalite güvence sistemi"ni kurarak rekabet ortamında kendini sürekli geliştirmeye ve ürün kalitesini sürekli iyileştirme yollarını aramaya zorlamıştır.

Diğer yandan mühendislikte ve diğer bilim dallarında olaylar ve sistemler, kesin matematiksel modeller kullanılarak tanımlanmaktadır. Oluşturulan bu modellerin kullanılması ile olayın veya sistemin gelecekte alacağı durum veya göstereceği davranış biçimi tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Halbuki günlük yaşantıda karşılaşılan problemlerin büyük bir çoğunluğu ya çeşitli nedenlerden dolayı tam olarak modellenememekte ya da kesin bir durumu ifade edememektedir. Bu tip problemlerin incelenmesinde ve çözümlenmesinde Bulanık Mantık yaklaşımı kullanılabilir. Buna göre bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplin olup doğruluğun ya da yanlışlığın derecesini konu almaktadır.

Sürekli iyileştirme felsefesine sahip bir firmada üretilen ürünün miktarı değil, üretilen ürünün ne kadarının uygun veya kullanışlı olduğu birinci dereceden önem taşımaktadır. Bu düşünce kalite kontrol literatüründe "*kullanım uygunluğu*" olarak adlandırılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak kalite kontrolü, gerçekleşen kalite performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesi prosesidir. Başka bir deyişle, planlanan kalite hedefleri ile gerçekleşen durumun karşılaştırılması ve hedeflerden sapmaların belirlenerek, bu sapmaları minimize etmek veya ortadan kaldırmak için gerekli düzeltici faaliyetlerin tespit edilmesidir. Burada bahsedilen kalite kavramı, doğasında subjektiftir ve insan değerlendirmesine bağlı olduğunda, anlamında çokluğa yol açabilmektedir. Bu yüzden kaliteyi kesin uygunluğun ya da uygunsuzluğun tersine uygunluk derecesi olarak dikkate almak daha doğru olmaktadır. Başka bir deyişle kalite, pek çok kişinin bildiği veya tanımlamaya çalıştığı gibi mutlak anlamda en iyi değildir. Kalite çok genel anlamda, amaca

uygunluk derecesidir. İşte bu noktadan bakıldığında bulanık küme teorisi, kalitenin subjektif doğal dil tanımlayıcılarını desteklemekte ve modelleme prosesine girmek için metodoloji geliştirmektedir. Üretilen ürünlerin kalite düzeylerinin araştırılması ve varsa kalite değişiminin belirlenmesi için “Kontrol Şemaları” istatistiksel proses kontrolünün temel araçlarıdır. Kontrol şemalarının oluşumunda, tüm parametrelerin kesin olarak tanımlanması varsayımı, gerçek yaşam problemleri için özellikle dilsel veya belirsiz verilerle ilgilenildiğinde oldukça katı görünmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi günlük yaşantıda karşılaşılan problemlerin büyük bir çoğunluğu ya çeşitli nedenlerden dolayı tam olarak modellenememekte ya da kesin bir durumu ifade edememektedir. İşte kontrol şemalarındaki bu kesinliği rahatlatmak için, bulanık yöntemler kontrol şemaları ile birleştirilerek pek çok bakımdan belirsiz olan veya kesin olmayan karar süreçlerine matematiksel bir kesinlik kazandırılmaya çalışılmıştır.

Bu çerçevede çalışmanın *birinci bölümünde* kalite, kalite kontrol, toplam kalite kontrol kavramları hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Daha sonra istatistiksel kalite kontrol kavramına geçilerek, istatistiksel kalite kontrol teknikleri üzerinde durulmuş, bu tekniklerden biri olan kontrol şemaları ve bunların işleyişi örneklerle ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

İkinci bölümde, bulanık mantık ve buna dayanan bulanık küme teorisi üzerinde durulmuştur. Bu kavramların tanımlarına yer verilerek, bulanık kümeler ile ilgili temel kavram ve işlemler tanıtılmıştır. Bu bölümde son olarak, bulanık kontrole değinilmiş ve gerekli bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde, kalite kontrol ile bulanık mantık kavramları birleştirilerek bulanık kalite kontrol kavramına geçilmiştir. Bulanık kalite kontrol kavramının tanımına, tarihçesine yer verilmiş ve bulanık kalite kontrol şemalarının oluşumu ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Dördüncü ve son bölüm olan uygulama bölümünde, Denizli’de Taş ve Toprağa Dayalı Sanayinde faaliyet gösteren bir işletme üzerinde durulmuş ve işletme hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra ilgili işletmenin ilgili prosesinden çıkan

ürünler, tercih edilme sıralarına göre dilsel değişkenlerle ifade edilmiş ve ilgili prosesi temsil eden farklı şekillerde beş üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. İlgili işletmenin 2006 yılının ilk dört ayı için, farklı yöntemlerle (olasılıkçı ve üyelik yaklaşımı) bulanık kalite kontrol şemaları oluşturularak bu prosesin bu aylarda kontrol altında olup olmadığı incelenmiştir.

Sonuç ve öneriler kısmında ise, oluşturulan bulanık kalite kontrol şemalarının sonuçları değerlendirilmiş ve yöntemler arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı araştırılmaya çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KALİTE KONTROL ve ARAÇLARI

20. yüzyılın sonlarına doğru sosyal, ekonomik, politik ve kültürel alanlarda tüm dünyada esen değişim rüzgarları; devletleri, şirketleri ve bireyleri hızla etkisi altına alarak, yeni bir dünya düzeninin kurulmasına neden olmuştur. Bu hızlı değişim sonucunda eski değerler, eğilimler yerlerini yenilerine bırakmaktadır. Bununla birlikte rekabet, tüm dünyada işletmeler üzerinde yoğunluğunu hissettirmeye başlamıştır. Dünya ekonomisindeki bu yarış, işletmeler üzerinde “kalite temelli rekabet” konusunda artan bir baskıyı beraberinde getirmektedir. Bu nedenle işletmeler, kaynaklarının ciddi bir bölümünü kalite geliştirme programlarına aktarmak zorunda kalmaktadır. Bu konudaki çabalar, %100 denetimden kaçınmak ve nihai ürünlerdeki hataları azaltmak için kalite güvence programlarındaki proaktif ölçümlere adanmıştır.¹

Kalitenin konu alanı, geleneksel üretim arenasının ötesinde hala büyüyen kalite araçları ve teknikleri uygulama alanının hem genişliği hem de derinliği içinde gelişmeye devam etmektedir. Kalite konuları şimdi, hizmet ve kamu sektörlerini de içeren tüm organizasyonların ilgisidir. Yeni rekabete uyum sağlayabilmek için; kalite araçları, teknikleri, kavramları ve metodolojileri geliştirilmiş ve diğer özellikler ile bütünleştirilmiştir. Bugün kalite konusu, tek başına uzmanlaşılacak bir çalışma alanı olarak düşünülme seviyesindedir. Hatta bazı üniversiteler, kalite konusundaki programlarından çoktan mezun vermiş ve hala vermeye devam etmektedir.²

¹ A. Korvin, M. F. Shipley (2001). Sample Size: Achieving Quality and Reducing Financial Loss, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol:18, No:7, p.678.

² A. Hassan vd, (2000). Issues in Quality Engineering Research, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol:17, No:8, p.858.

1.1 Kalite Kavramı ve Kalitenin Temel Unsurları

Üretim, insan gereksinimlerinin doğa tarafından tam olarak karşılanamaması sonucu ortaya çıkan bir faaliyettir. Üretimin amacı, bir ürün veya hizmet yaratmaktır. İnsanlık tarihi kadar eski olan üretim faaliyeti sonucunda ortaya çıkan ürün veya hizmetin amaçlanan gereksinmeyi karşılayabilme derecesi başka bir deyişle kalitesi, çok eski çağlardan beri önemli bir konu olmuştur.

Literatürde “kalite” kavramının çeşitli tanımlarıyla karşılaşmak mümkündür. Kalite, kısaca bir malın ya da hizmetin yetkinlik düzeyi olarak tanımlanabilmektedir. Yetkinlik düzeyi ise, üretici ya da tüketici açısından bir malda belirli özellik ya da özelliklerin var olması ile belirlenmektedir.³ Kalite alanında yaptığı çalışmaları, eserleri ve tüm dünyada yaygın kabul gören fikirleriyle çağımızın kalite öncülerinden olan J.M. Juran, kalite için tek ve basit bir tanımlama yapmaktan kaçınarak kalitenin birden fazla anlamı olduğuna değinmiş ve bunlardan en önemli iki tanesini şöyle açıklamıştır:

- Kalite, ürün tatmini sağlamak amacıyla bir ürünün müşteri gereksinimlerine uyum koşullarını tanımlayan özelliklerdir.
- Kalite, kusur bulundurmamaktır.

Bunlardan birincisi; bir ürünün, müşterisinin bu üründen tatmin etmesini beklediği gereksinimlerine uyumlu performans özellikleridir. Örnek olarak bir renkli TV alıcısının renk yoğunluğu, bir otomobilin yakıt sarfiyat değeri ya da bir otel personelinin tavır, tutum ve davranışları verilebilmektedir. İkincisi ise; bir ürünün müşterilerinin tatmin düzeyini azaltan kusurlardan arındırılmış olması, yani kusursuzluktur. Örneğin bir sağlık işletmesinde yapılan yanlış teşhis, bir buzdolabının termostatının çalışmaması ve gönderilen bir malın alıcısına zamanında teslim edilmemesi gibi.

³ E. Menipaz (1984). *Essentials of Production and Operations Management*, New Jersey: Prentice Hall, p.562.

Kalite, aslında sürekli başarı demektir. Bu anlamda, amaçlara uygunluk, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayabilme, sorunlara karşı bir önlemdir. Kalitenin başlıca ilkelerini aşağıdaki gibi belirtmek mümkündür:

- Kalite denetlenmez, üretilir,
- Kalite, her yerdedir,
- Kalite, herkesin işidir ve devredilemez,
- Kalite, bir bütündür,
- Kalite, kurum çapında bir faaliyettir,
- Kalite, hem fert hem de takım çalışması gerektirir,
- Kalite ve yenilik birbirinden ayrılmaz iki unsurdur,
- Kalite ve maliyetler birbirinin tamamlayıcısıdır,
- Kalite, her şeyden önce bir saygı ve nezakettir. ⁴

Bir firmanın ürün veya hizmet kalitesi; ona biçilen fiyat, mevcut arz ve talebin belirlenmesi gibi faktörlerle oluşmaktadır. Özellikle kalite firmayı; firmanın şöhreti, maliyet ve pazar payı, ürünün güvenilirliği, uluslar arası etkisi olarak dört biçimde etkilemektedir.⁵ Başka bir deyişle kalite firma için; karın ve pazar payının artmasını, verimin artmasını, maliyetlerin azaltılmasını ve çalışanların tatminini sağlamaktadır. Müşteri açısından düşünüldüğünde kalite firmaya; karın artması, iç ve dış müşterilerde güven duygusu, pazar payının artması, yüksek rekabet gücü, kaynakların optimum kullanımı, güvenilir ürünler, düşük maliyet gibi gelişmeler sağlamaktadır.

Kaliteli bir ürün, özenli tasarım özelliklerinin, bu özelliklere uymanın ve ürün performansı konusunda geri beslemenin bir sonucudur. Genişletilmiş süreçte kaliteyi iyileştirmek arzusunda olan yöneticilerin, kalitenin aşağıdaki üç unsurunu göz önüne almaları gerekmektedir:

- ✓ Tasarım Kalitesi
- ✓ Uygunluk Kalitesi

⁴ U. Gencel (2001). Yükseköğretim Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi ve Akreditasyon, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:3, Sayı:3, s.165.

⁵ Ş. Gümüsoğlu (2000). *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları*, İstanbul: Beta Basım Yayın, s.2.

✓ Performans Kalitesi

Tasarım Kalitesi: Tasarım kalitesi, ürünün fiziksel yapısı ve özellikleri ile beraber tasarlanır. Boyut, ağırlık, hacim vb. fiziksel nitelikler gibi tasarım kalitesi de ölçülerle belirlenir. Tasarım kalitesinin tasarlanmasında kalitenin tüketici açısından, değeri ve üretici açısından, maliyetini oluşturan iki parasal faktör arasında en uygun noktanın bulunmasına çalışılır.

Uygunluk Kalitesi: Uygunluk kalitesi, bir işletme ve tedarikçilerinin, müşteri gereksinimlerini karşılamak için gerekli olan tasarım spesifikasyonlarının, ürünün kabulü için gerekli koşulları belirten dokümanları karşılayabilme ölçüsüdür. Başka bir deyişle tasarım kalitesi ile belirlenen spesifikasyonlara üretim sürecinde uyma derecesidir. Tasarım kalitesi ne kadar yüksek olursa olsun, üretim sırasında önceden belirlenmiş olan spesifikasyonlara yeterli ölçüde uyulmuyor ise, arzu edilen kalite düzeyine ulaşamaz.⁶

Performans Kalitesi: Performans kalitesi, işletmenin ürün/hizmetlerinin pazardaki performans düzeylerinin; müşteri araştırmaları, satış/hizmet analizleri ile belirlenmesidir. Bu çalışmalar; satış sonrası hizmet, bakım-güvenirlilik ve lojistik destek analizi ile müşterilerin neden işletmenin ürün/hizmetlerini satın almadıklarının araştırılmasını içerir.⁷

1.2 Kalite Kontrol Kavramı

Üretim çalışmaları içinde yer alan kalite konusu, sürekli kontrole dayanmakta ve görüntüleri çeşitli biçimler olarak değişik tutumlara neden olmaktadır. Kontrol, önceden saptanmış politikalara ve kararlara dolayısıyla, yine önceden saptanmış işletme amaçlarına yöneltilen güçtür. Bu açıdan bakıldığında kontrol, amaçlara ulaştıracak eylemler çevrimi olmaktadır.⁸

Ürünün kalitesi ve maliyeti, otomasyon derecesine bağlı olduğu kadar gözlemlemeye de bağlıdır. İyi gözlemler, hataların erken tanınmasıyla hatadan

⁶ B. Kobu (2003). *Üretim Yönetimi*, İstanbul: Avcıol Basım Yayın, s.547.

⁷ İ. Ertuğrul (2004). *Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri*, Bursa: Ekin Kitabevi, s.15.

⁸ H. Demir, Ş. Gümüšoğlu (2003). *Üretim Yönetimi*, İstanbul: Beta Yayınları, s.730.

kaçınmayı ve araçların kullanım sürelerini arttırmayı sağlamaktadır.⁹ Bu bağlamda kalite kontrol; kaliteyi korumak, geliştirmek ve üretimi alıcının tatmin olacağı en ekonomik seviyede sürdürmek için uygulanan işlemler dizisidir. Başka bir deyişle kalite kontrol yapmak; en ekonomik, en kullanışlı ve tüketiciyi her zaman memnun eden kaliteli bir ürünü geliştirmek, tasarlamak, üretmek ve bakımını yapmak demektir.¹⁰

Kalite kontrol prosesi, bu planlama işini yapan kişilerce ürün ve proses amaçlarına uygun bir biçimde uygulanmasını kapsamaktadır. Geri beslemeli biçimde şu aşamalardan oluşmaktadır:

1. O andaki durumun tespit edilmesi,
2. Tespit edilen performansın amaçlarla karşılaştırılması,
3. Aradaki farka göre davranılması.¹¹

Kalite kontrolünü etkileyen faktörlerin başında, üretim araç ve yöntemleri gelmektedir. Etkin bir kalite kontrol sistemi, tüketicinin isteklerinden mamul ambarı ve sevkiyata kadar olan faaliyetler zincirinin her halkasından etkilenmektedir. Bir özetleme yapmak gerekirse, kalite kontrolünü etkileyen faktörleri şöyle sıralamak mümkündür:

- Pazar ve tüketici özellikleri,
- Parasal olanaklar,
- İnsan gücü (yönetici, teknik eleman, işçi)
- Malzeme,
- Tesis, makine ve üretim yöntemleri,
- Teknolojik ve kültürel düzey,
- Eğitim,
- Ülkenin yasaları.¹²

⁹ A. Grauel vd, (1997). Comparison of Different Intelligent Methods for Process and Quality Monitoring, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol:16, p.90.

¹⁰ A.Yatkın (2003). *Toplam Kalite Yönetimi*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, s.21.

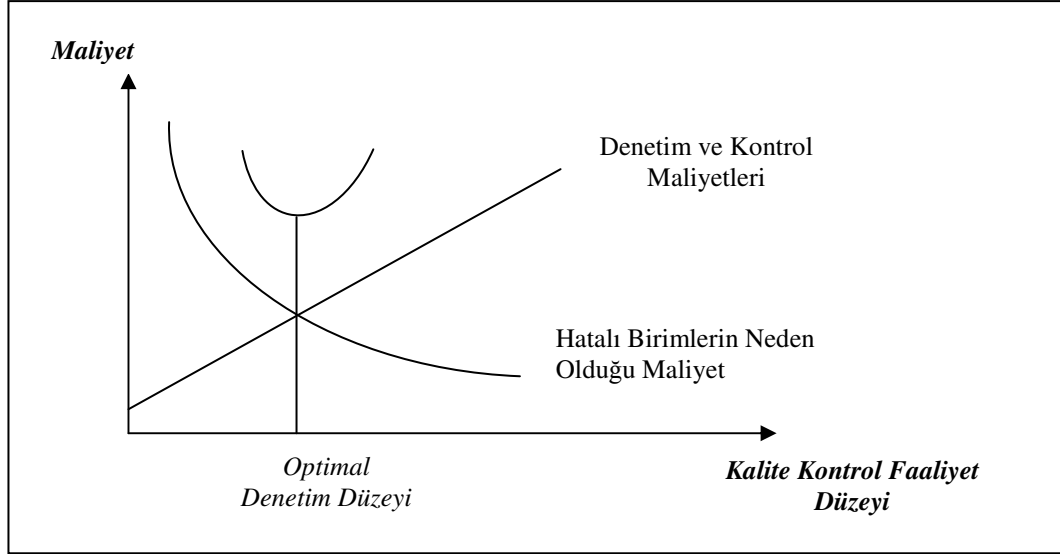
¹¹ Toplam Kalite Yönetimi, http://freehost21.websamba.com/uu_endustri/endustri/b.htm#tkya, Son Erişim Tarihi: 25.12.2005

¹² Kobu, 2003: 556

Kalite kontrol çalışmaları üç grup altında toplanabilmektedir: girdilerin kalitesini kontrol etmek, üretim sürecini kontrol etmek, çıktıları kontrol etmek.¹³ Beklenen kalite düzeyinde üretimi garantilemek için, bu üç aşamalı çalışmalarla bir kısım girdilerin kalitesinin ya da üretim sürecinin test edilmesi gerekmektedir. Denetim yapmak için üç temel konu incelenir:

1. Kaç tane ve hangi sıklıkta denetlenecektir?
2. Ne zaman denetlenecektir?
3. Nerede denetlenecektir?

Kalite kontrol ekibi ya da görevli kişiler hangi sıklıkta, ne büyüklükte kalemin denetleneceği konusunu, ekonomiklik açısından ele almaktadırlar. Şekil 1.1, denetim düzeyinin finansal olarak değişimini göstermektedir. Ne zaman ve nerede denetleneceği ise, sürecin tipine ve her aşamada eklenen değere bağlı olarak belirlenmektedir.¹⁴



Şekil 1.1: Denetleme Maliyeti ile Hatalı Birimlerin Maliyeti Arasındaki İlişki

¹³ Menipaz, 1984: 569

¹⁴ Gümüšoğlu, 2000: 3

Kalite kontrolün yararları iki ana başlık altında toplanabilmektedir:

- Hurda-fire-atık oranı azaltılır, ürünlerin üzerinde yeniden düzenleme işlemleri yapılması gereği ortadan kaldırılır, üretimde daha az duraklama olur.
- Alıcılara istedikleri tam olarak verilir, daha az ürün geri getirilir, alıcı sayısının ve satışların artmasından kaynaklanan dolaysız ve dolaylı yararlar sağlanır.

Günümüzde kalite kontrol, tüketici ve pazar araştırmasından ürün tasarımına, üretim yöntemlerinden sevkiyata kadar tüm işletme faaliyetlerinde yer alan geniş kapsamlı bir sistem olarak düşünülmektedir. Kalite kontrolünün sadece birkaç faaliyetten oluştuğu veya birkaç departmanı ilgilendirdiği düşünülürse ulaşılmak istenen amaçlardan uzaklaşmak kaçınılmaz olur.

Endüstri düzeyinde kalite kontrolü, tek firmanın bağımsız olarak yürütebileceği bir uygulama olmaktan çıkmıştır. Endüstrinin temel ve yan sanayi ürünlerine olan bağımlılığı nedeniyle hammaddeler ve ara mamullerin kalite düzeyi, ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu ise, endüstride genel bir kalite bilinci oluşturulması ile doğrudan ilişkilidir.

1.2.1 Kalite kontrolün tarihsel gelişimi

Kalitenin geçmişinin, M.Ö.2150 Hammurabi Yasasına kadar dayandığı kanıtlarla görülmektedir. Tarihsel gelişim süreci içerisinde, üretim ve yönetim anlayışının değişmesi, sosyal refah ve teknoloji düzeyinin gelişmesi ile kalite uygulamalarında da farklılıklar olmuştur.

Sanayi devrimi öncesinde üretim, evlerde küçük ve dağınık üretim birimlerinde yapılmaktaydı. Bu dönemde kalite kontrol; belli bir plana dayanmadan, sistemsiz olarak işyeri sahibi tarafından gerçekleştirilmiştir.¹⁵

¹⁵ Ertuğrul, 2004: 25

Sanayi devrimi sonrası, seri üretimin yaygınlaşması ile işlerin küçük parçalara bölünmesi, çalışanların işin ancak küçük bir bölümünden sorumlu ve bütününden habersiz olmalarına neden olmuştur. Bu dönem içindeki kalite kontrol anlayışı, görevi kalite olan bir ekibin üretimi tamamlanan mallardan alınan örneklerle bakarak partiyi kabul ya da ret etmesi şeklindedir.¹⁶

II. Dünya Savaşı'nın başlamasıyla birlikte, kalite teknolojisinde değişiklikler yapılması ihtiyacı hissedilmiştir. Savaşın getirdiği yoğun çalışma koşulları, muayene teknolojisi ve istatistik yöntemlerin önemini arttırmıştır. %100 muayene yöntemiyle sorunlara çözüm olanağı bulunamadığı anlaşılınca, %100 muayene yerini, istatistiksel muayeneye bırakmıştır. Bu konuda ilk defa W. Shewhart'ın olasılık kuralını ileri sürmesine ve örnekleme ile kontrol diyagramları gibi yeni yöntemler geliştirilmesine rağmen, istatistiksel kalite kontrolün yaygın olarak kullanılması uzun zaman almıştır. Aynı yıllarda H.R. Dodge ve H.G. Roming, numune alma ile kontrol işlemi üzerinde çalışmalar yaparak numune alma tablolarını hazırlamışlardır.¹⁷

Shewhart'ın düşüncelerinin özel imalat sanayinde geniş ölçüde uygulanması ilk olarak II. Dünya Savaşı sonrası Japonya'da olmuştur. Bu gelişme, büyük ölçüde W.E. Deming sayesinde. Bundan sonra Japon imalat sanayinde kalitenin iyileştirilmesine çok özen gösterilmiş, ilk yöntemler üzerinde çeşitli düzeltmeler, geliştirmeler yapılmış ve bunlar ortaya konmuştur.¹⁸ Ayrıca aynı yıllarda Juran'ın "kalitenin maliyeti" yaklaşımı ve A. Feigenbaum'un kalite kontrolün, işletme içindeki sınırlarını genişleterek, ürün tasarımından, giren hammaddelerin tasarımına kadar, üst yönetimi de kapsayacak şekilde tüm işletmenin sorumluluğunda olması gerektiği yönündeki görüşleri, toplam kalite kontrol anlayışının başlangıcı sayılmaktadır.¹⁹

¹⁶ Top, 2001: 209

¹⁷ Ertuğrul, 2004: 27

¹⁸ P. Newbold (2001). *İşletme ve İstatistik için İstatistik*, Çev. Ümit Şenesen, İstanbul: Literatür Yayıncılık, s.724.

¹⁹ Top, 2001: 209

1.2.2 Kalite kontrolde standartlar, spesifikasyonlar ve toleranslar

Kalite kontrolde temel amaç, tüketicinin ihtiyaç ve isteklerini en ekonomik seviyede karşılayabilmek için işletmede kalitenin yaşatılmasına, geliştirilmesine ve korunmasına ilişkin çabaları koordine etmektir. Tüm bunların gerçekleştirilmesi için üretim anında, kaliteyi etkileyecek bazı araçlardan yararlanmak doğru olacaktır. Söz konusu araçların en önemlileri; standartlar, spesifikasyonlar ve toleranslardır.

Standart ürün tasarımı; üretimi ölçme vb. konularda önceden saptanmış olan kuralları içermektedir. Standartlar, ekonomik olarak en iyi düzeye ulaşılması, işlevsel gereksinimleri ve güvenlik koşullarının karşılanması için bilimsel ve teknik araştırma ve deneyimler sonucu oluşturulurlar. Gelecekteki gereksinimlere yanıt verecek, değişimlere ayak uydurabilecek sürekli bir süreç olarak düşünülmesi doğru olur.

Spesifikasyonlar (özellikler), bir işin nasıl yapılacağını belirten belirli özellikleri yanılığa düşmeyecek biçimde açıklayan, yönerge ve ölçütlerle tanımlanan bilgilerdir. Spesifikasyonlar, standartlara göre daha dar kapsamlıdır ve standartların uygulanmasına yardımcı olan araçlardır.

Toleranslar ise, tasarlanan ölçütler içinde çeşitli ölçüt ve yöntemlerle saptanan, izin verilen sapma nicelikleridir ve üretim verimliliğinin artmasında, dolayısıyla üretim maliyetlerinin düşürülmesinde etkilidir. Toleranslar, spesifikasyonların oluşturulmasına yarar ve onların birer ögesidir.

1.2.3 Kalite kontrol maliyetleri

Ürün maliyetini oluşturan elemanların benzerleri, kalite kontrol maliyetinde de vardır. Kalite kontrol faaliyetleri için; ölçme-değerlendirme ve bozuk mal maliyetleri vardır. Yatırım maliyetleri; kalite kontrol tesislerinin ve araçlarının yıpranması, faiz ve kaçan fırsat (alternatif yatırımlardan vazgeçme dolayısı ile ortaya çıkar) maliyetlerinin toplamıdır. İkinci gruptaki maliyetler, kalite kontrol faaliyetlerinin yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Bu ana maliyet unsurlarını oluşturan elemanlar şunlardır:

I. Koruma Maliyetleri: Uygunsuzluğun önlenmesine yönelik tasarım ve üretimdeki çabalarla ilgili maliyetlerdir. Daha geniş anlamda, “ilk seferde doğru yap” felsefesini gerektiren çabaları kapsayan tüm maliyetlerdir.²⁰ Koruma maliyetlerinin başlıca alt sınıflandırması aşağıda görüldüğü gibidir:

- Kalite planlaması
- Proses kontrolü
- Araştırma geliştirme çalışmaları
- Ölçme aletleri tasarımı ve geliştirilmesi
- Eğitim

II. Ölçme ve Değerlendirme Maliyetleri: Hatalı ürün veya hizmetleri ortaya çıkarmak veya hatasızlığı güvence altına almak için gerçekleştirilen muayene, test ve diğer aktivitelerin maliyetini kapsar.²¹ Aşağıda ölçme ve değerlendirme maliyetinin alt sınıflandırması görülmektedir:

- Gelen malzemenin muayene ve kontrolü
- Laboratuvar testleri
- Tamir-bakım ve kalibrasyon
- Muayene
- Malzeme
- İşçilik kontrolü
- Test ve muayene hazırlıkları
- Analizler
- İşletme dışı ölçme ve testler

III. Bozuk Mal Maliyetleri: Hatalı veya uygunsuz ürün üretmekten kaynaklanan maliyetlerdir. Üretimle ilgili başarısızlık, işletmenin dışında fark edilirse dışsal başarısızlık maliyeti; işletmenin içinde henüz müşteriye teslim edilmeden önce fark edilirse, içsel başarısızlık maliyeti adını alır.²² Aşağıda bozuk mal maliyetinin alt

²⁰ D.C. Montgomery (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*, New York: John Wiley&Sons, p.5.

²¹ W. Stevenson (1993). *Production/Operation Management*, USA: Irwin Inc., p.101.

²² J.S. Martinich (1997). *Production and Operations Management: An Applied Modern Approach*, New York: John Wiley&Sons Inc., p.566.

sınıflandırması görülmektedir. Bu elemanlardan son ikisi işletme dışını, diğerleri ise işletme içini ilgilendirmektedir.

- Iskarta
- Düzeltme veya tamir
- Mühendislik hizmetleri
- Müşteri şikayetleri
- Servis

Kalite kontrol maliyetlerinden doğan maliyetler arasında bağımlılık vardır. Yani, birindeki değişme diğerlerini de etkilemektedir. Bu nedenle toplam kalite kontrol maliyetleri arasında uygun bir dengenin oluşturulması önem taşımaktadır.²³

1.3 Toplam Kalite Kontrol ve Gelişimi

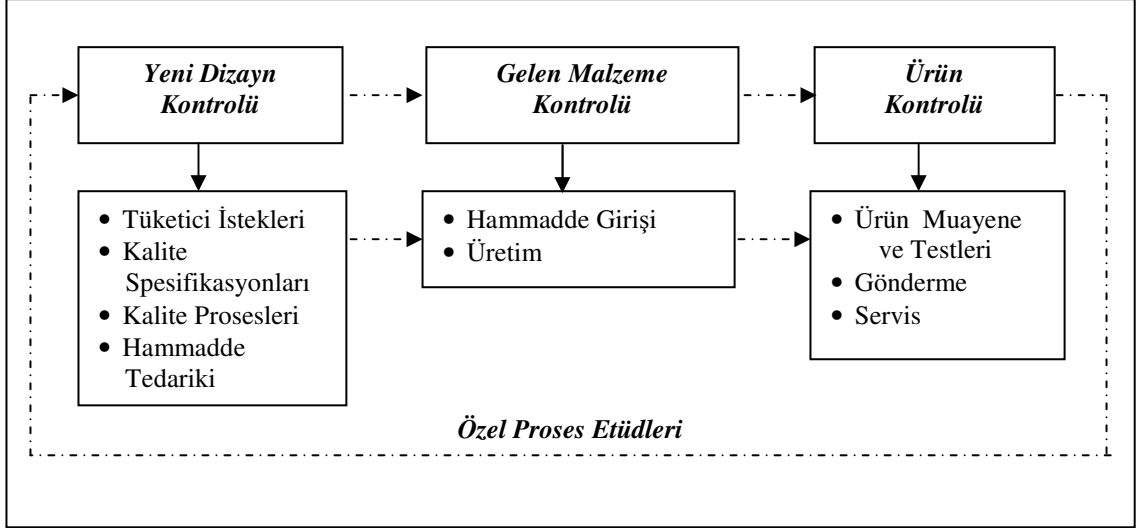
Kalite kontrol fonksiyonu, sadece muayene veya fabrikanın belirli bir bölümünde sürdürülen faaliyetler olarak düşünülmemelidir. Kalite kontrolü, işçisinden genel müdürüne kadar tüm personelin derece derece sorumluluk taşıdığı, hammadde girişinden ürün tasarımına ve imalattan mamul ambarına kadar her aşamada yer alan faaliyetler topluluğudur. Bu nedenle bazı yazarlar, kalite kontrolü yerine “toplam kalite kontrolü” deyimini kullanmaktadırlar. Feigenbaum’un toplam kalite kontrolü için verdiği tanım şöyledir: Toplam kalite kontrol, tüketici isteklerini en ekonomik düzeyde karşılamak amacı ile işletme organizasyonu içindeki çeşitli ünitelerin kalitenin yaratılması, yaşatılması ve geliştirilmesi yolundaki çabalarını birleştirip koordine eden etkili sistemdir.²⁴ Bu durum; toplam kalite yönetiminin temelinde, ulaşılan kalite düzeyinin sürekli olarak ölçülmesi, değerlendirilmesi ve gereken durumda değişikliklerin yapılması için oluşturulmuş sistematik bir süreç ve bu sürecin sürekli üst standartlar lehine geliştirilmesi düşüncesine uygun olmaktadır.²⁵

²³ Kobu, 2003: 566

²⁴ Kobu, 2003: 552

²⁵ M. Halis (2004). *Toplam Kalite Yönetimi:Kapsam, İlkeler ve Uygulamalar*, Ankara: Roma Yayınları, s.42.

Toplam kalite kontrol faaliyetlerinin üretim sistemi içindeki akış düzeni, Şekil 1.2’de görüldüğü gibi sıralanabilmektedir. Buna göre, toplam kalite kontrolü üç ana aşamada gerçekleşmektedir.



Şekil 1.2: Üretim Süreci İçinde Toplam Kalite Kontrolün Aşamaları

1. *Yeni Dizayn Kontrolü*: Tüketici ihtiyaçları, satın alma gücü ve pazar özellikleri ile teknolojik olanaklar göz önüne alınarak ürünün kalitesini belirleyen teknik spesifikasyonlar ve süreçler tespit edilir.

2. *Gelen Malzeme Kontrolü*: Kalite spesifikasyonlarına uyan ve üretimde kullanılacak olan her türlü malzeme, hammadde, yarı ürünün geçişinin yapılarak kabulüdür.

3. *Ürün Kontrolü*: Üretim işlemlerinin başlangıcından nihai ürün ortaya çıkışına kadar devam eden süreç içerisinde, kusurlu parçaların üretiminin kaynağında önüne geçmek ve kalite spesifikasyonlarından sapmaları önlemek amacıyla sürdürülen kontroldür.²⁶

Özel proses etütləri, üç aşamayı kapsayan bir çeşit geri besleme fonksiyonudur. Dizayn, tedarik ve imalat aşamalarında görülen aksaklıkların giderilmesi için gerekli araştırma ve geliştirme faaliyetlerinden ibarettir.

²⁶ İ. Ertuğrul (2001). *İşletmelerde Kalite Kontrolü ve İstatistiksel Kalite Kontrol Değerlendirmesiyle Bir Tekstil İşletmesine Uygulama Örneği* (Basılmamış Doktora Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın, s.39.

1.4 İstatistiksel Kalite Kontrol

Kalite kontrolü çalışmaları üretim miktarlarının büyüklüğü, üretim yöntemlerinin karmaşıklığı ve ürünlerin yapısı nedeniyle oldukça büyük sorunları kapsamaktadır. Bu tür sorunların giderilmesinde, büyük sayıları ve rastgele değişimleri inceleyen bilimsel bir temele gerek vardır. Matematiksel istatistik kavramı, belirsizlik ve risk koşullarında karar verme amacı ile büyük sayıları ve tesadüfi değişimleri inceleyen bir bilim dalı olduğundan kalite kontrol çalışmalarında kullanılabilir. ²⁷

İstatistiğin kalite kontrolünde geniş uygulama alanı bulması, minimum malzeme ve işçilikle yüksek kalite düzeyinde ve büyük miktarlarda üretimi zorunlu kılan II. Dünya Savaşı'nda gerçekleşmiştir. Savaşın ortaya çıkardığı çeşitli ihtiyaçlar, kalite kontrolde kontrol diyagramlarının ve örnekleme ile yapılan kabul testlerinin geniş çapta kullanılmasına yol açmıştır. Savaşın sonra gelişen endüstri, aynı eğilimin günümüze kadar sürmesini sağlamıştır. ²⁸

İstatistiksel proses kontrolü (İPK), ürün kalitesini ölçmek, yorumlamak ve sonunda kontrol etmek için istatistiksel teknikleri kullanan bir yöntemdir. İPK, doğrudan problemin altında yatan nedenin tanımlanması ve sonunda ortadan kaldırılmasına yöneliktir. Böylelikle İPK'nın odağı, hem kalitenin hem de üretimin geliştirilmesidir. ²⁹ İPK, ürün kalitesini kontrol etmede, Shewart'ın üretim prosesinde istatistiksel kavramları uygulayarak kontrol şemalarını tanıtmışından beri büyük rol oynamaktadır. ³⁰

İPK'nın amacı, çıktıdaki değişimin atanabilir nedenlerden mi yoksa genel nedenlerden mi kaynaklandığını tespit etmektir. Çıktının kalitesinde sayısız küçük nedenler, doğa durumundan kaynaklanan değişikliğe yol açabilmektedir. Küçük

²⁷ Gümüšoğlu, 2000: 23

²⁸ Kobu, 2003: 596

²⁹ H. Rowlands, L.R. Wang (2000). An Approach of Fuzzy Logic Evaluation and Control in SPC, *Quality & Reliability Engineering International*, Vol:16, p.91.

³⁰ W.H. Chih, D.A. Rollier (1995). A Methodology of Pattern Recognition Schemes for Two Variable in SPC, *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol:12, No:3, p.86.

nedenlerden kaynaklanan şans nedenli değişikler, normal kabul edilmektedir.³¹ Buna karşın, atanabilir nedenler bulunduğunda proses “kontrol dışıdır” sonucuna ulaşılabilmektedir. Bu durumda, prosesin tekrar kabul edilebilir kalite seviyeye ulaşması için düzeltici tedbirler alınmalıdır.³²

1.5 İstatistiksel Kalite Kontrol Teknikleri

İstatistiksel kalite kontrol prosesi; gözlem, değerlendirme, teşhis, karar ve yorumu içermektedir. Tablo 1.1’de de görüldüğü gibi toplam kalite yönetimi felsefesinin ana değerlerinin ve kavramlarının oluşturulabilmesinde problem çözme ve sürekli iyileştirme için kalite takımları tarafından kullanılan İPK yöntemlerine, yöneticiler tarafından kullanılan kalite fonksiyon göçerimine ve kalite kontrol tarafından kullanılan istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinden oluşan araçlara ihtiyaç vardır.³³

Tablo 1.1: Toplam Kalite Elemanları, Toplam Kalite Yönetimi

<i>Felsefi Elemanlar</i>	<i>Kalite Kontrol Bölümü Araçları</i>	<i>Genel Araçlar</i>
• Müşteri eğilimli kalite	• İstatistiksel kalite kontrol yöntemleri	• İstatistiksel proses kontrolü
• Liderlik	a. Örnekleme planları	a. Süreç akış şemaları
• Sürekli iyilenme	b. Süreç yeterliliği kontrolü	b. Kontrol çizelgeleri
• Çalışanların katılımı	c. Taguchi yöntemleri	c. Histogramlar
• Çabuk cevap verme		d. Pareto analizi
• Tasarım kalitesi		e. Neden-sonuç diyagramı
• Gerçekçi yönetim		f. Akış kartları
• Firma sorumluluğu ve aidiyet		g. Kontrol şemaları
		• Kalite fonksiyon göçerimi

Toplam kalite konusunda Japonya’daki en önemli isimlerden biri olan K. Ishikawa, bir şirketmedeki problemlerin % 95’inin kalite kontrolün yedi tekniği ile çözülebileceğini savunmaktadır. Bu tekniklerin, özellikle uygulama sürecinde ortaya çıkan ya da çıkabilecek olan problemlerin belirlenmesinde ve çözümlenmesinde, gerekli verilerin oluşturulmasında yararlı oldukları söylenebilmektedir. Bu yedi teknik,

³¹ Stevenson, 1993: 487

³² Anderson vd, (1996). *Statistics for Business and Economics*, West Publishing Company, p.754.

³³ Gümüşoğlu, 2000: 12

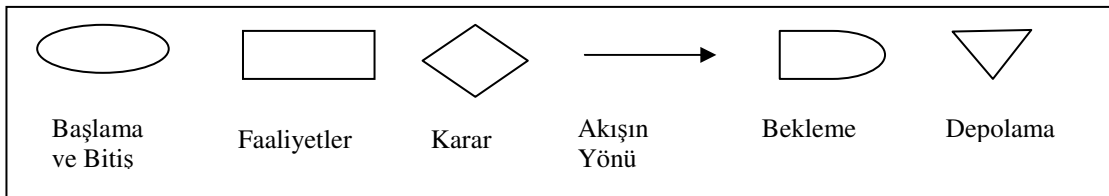
planlama ve üretim faaliyetlerinde değişik kullanım amaçlarına hizmet edebilecek özelliktedir ve aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Süreç Akış Şeması
- Pareto Analizi
- Çetele Diyagramı (Kontrol Çizelgeleri)
- Sebep - Sonuç Diyagramı
- Histogram
- Dağılma (Saçılma) Diyagramı
- Kontrol Şeması

Süreç Akış Şeması

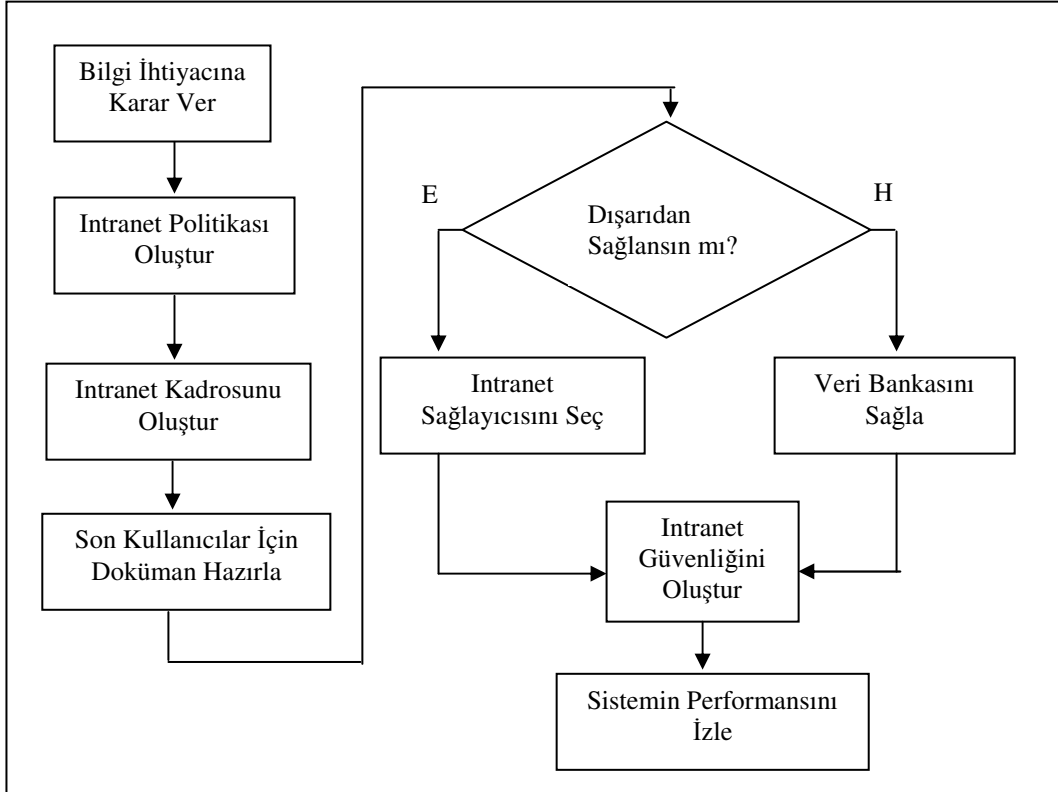
Süreç akış şeması, belli bir süreçteki adımları grafik sembollerle göstermektedir. Süreç akış şemalarıyla, büyük bir süreçte çeşitli basamaklar tanımlanmakta ve yapılan işin herkes tarafından anlaşılması sağlanmaktadır. Bu tür şemalar incelenerek, sorunun potansiyel kaynağı olan çevrimler açığa çıkartılabilmektedir.³⁴ Süreç akış şeması oluşturmakla, belli bir süreçte atılması gereken adımlara daha yakından bakma olanağına kavuşulmaktadır. Aynı zamanda akış şemaları, sürece kimin nasıl katılacağını belirlemede önemli katkı sağlamaktadır. Son olarak akış şeması, süreç esnasında hangi alanlarda daha çok iyileştirmeye gerek olduğunun belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Tablo 1.2’de, süreç akış şemalarında kullanılan semboller görülmektedir.

Tablo 1.2: Standart Süreç Akış Şeması Sembolleri



³⁴ Ertuğrul, 2004: 269

Şekil 1.3’de bir işletmede yeni kurulmaya çalışılan intranet (işletme içinde iletişimin sağlanabilmesi için internetin kullanımıdır) uygulaması için hazırlanan akış şeması görülmektedir.



Şekil 1.3: Bir Intranet Uygulaması İçin Akış Diyagramı

Pareto Analizi

V. Pareto, 1897’de gelir dağılımının eşit olmadığını gösteren bir formül geliştirerek, gelirin çok büyük bir diliminin, küçük bir azınlık tarafından sahiplenildiğine dikkat çekmiştir. Gelirlerin %80’inin, %20’lik bir gruba ait olduğunu iddia ederek, bu oranı 20/80 olarak açıklamıştır. Juran, bu kurala “Pareto Prensibi” adını vermiştir. Bu prensibe göre, uygunsuzlukların çok büyük bölümü belli birkaç sebebe dayanmakta ve bu sebeplerin tespiti, sorunların giderilmesinde

kilit rol oynamaktadır.³⁵ Pareto analizinin amacı, hatalı parçaların ve hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kalite kontrol elemanlarına yol göstererek emeklerinin en verimli sahalarda yoğunlaştırılmasını ve isabetli kararlar verilerek gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Çok sayıda parçadan oluşan karmaşık mamullerde tolerans limitlerini düşürmek için, Pareto grafiğinin çizimi bu konuda uygulanabilecek basit fakat etkili bir analizdir. Pareto analizi, maliyet ve hataları tespit etmek için kullanılabilen bir yöntemdir. Bu analizden faydalanılarak hangi parçaların maliyet bakımından önemli olduğu tespit edilmekte ve kontrol çalışmaları, daha çok bu parçalar üzerinde yapılmaktadır.³⁶

Örneğin, bir işletmede hata tipine göre hatalı parça verilerinin sınıflandırılması ve benzer makinelerden hangilerinin en çok hatalı parça ürettiğinin belirlenmesi amacıyla Pareto analizinin yapılması istendiği varsayılp, Tablo 1.3'de görülen veriler elde edilmiş olsun³⁷:

Tablo 1.3: Pareto Diyagramına İlişkin Veriler

<i>Hata Sebepleri</i>	<i>Frekans</i>	<i>Birikimli Frekans</i>
Hatalı parçalar	120	120
Yanlış montaj parçaları	30	150
Toleranslar	24	174
Yetersiz operatör eğitimi	16	190
Yetersiz takım	10	200
<i>Toplam</i>	200	

Bu verilere ilişkin Pareto diyagramı Şekil 1.4'de gösterilmiştir.

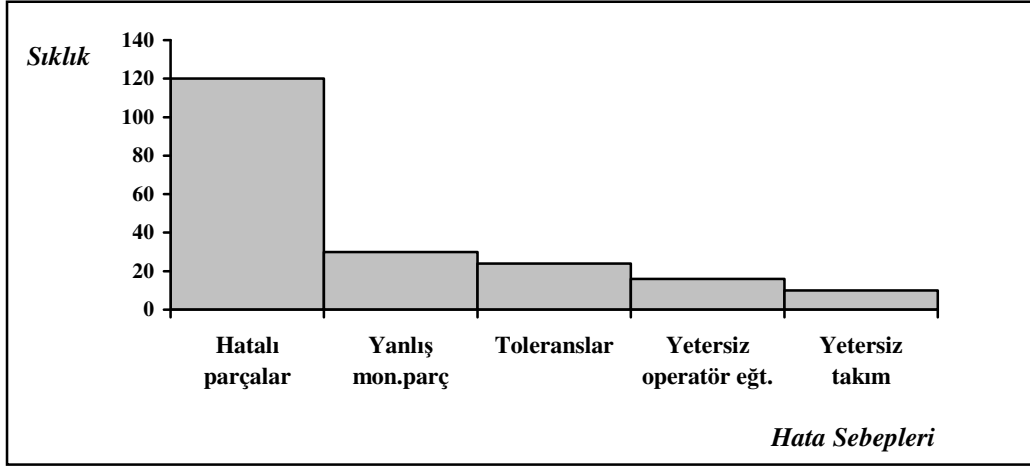
³⁵ "İstatistiksel Proses Kontrol II",

<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=30>, Son Erişim

Tarihi:20.12.2005

³⁶ S. Özcan (2001). İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama, *Cumhuriyet Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 2, s.153.

³⁷ Ş. Baskan (1997). *İstatistiksel Kalite Kontrol*, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, s.40.



Şekil 1.4: İlgili Örneğe Ait Pareto Diyagramı

Cetele Diyagramı

Çetele diyagramı, belirli bir zaman aralığında meydana gelen hataların ortaya çıkma nedenlerini ve kaynaklarını bulmak amacıyla sorunları çetele ile göstererek sıklık derecelerinin saptanması için kullanılan bir araçtır.³⁸ Çetele diyagramı, veri toplarken kullanılan bir yöntem olup, veriye ait istatistik özelliklerin anında görülebilmesine olanak sağlamaktadır. Çetele diyagramları, sorunların cinsini ve ortaya çıkma sıklığını göstermekte ancak nedenini ve kaynağını göstermemektedir.

Tablo 1.4’de, bir eşya taşıma şirketi tarafından hazırlanan ve son zamanlarda müşterilerden gelen şikayetleri gösteren çetele diyagramı görülmektedir.

³⁸ Gümüšoğlu, 2000: 140

Tablo 1.4: Bir Taşıma Şirketi İçin Hazırlanan Çetele Diyagramı

ÇETELE DİYAGRAMI <i>Müşteriden Gelen Şikayetler</i>		
<i>Kırılan camlar</i>	//// // //	13
<i>Yanlış adrese teslim</i>	///	3
<i>Araç üzerindeyken mobilyanın araca sürtülmesi</i>	//// // // //	32
<i>Geç teslimat</i>	//// //	7
<i>Kayıp parçalar</i>	//// //	10
<i>Sert hareket nedeniyle oluşan stıyrık ve çizikler</i>	//// // ... //	28
<i>Kirlenmiş döşemeler</i>	//// /	6
TOPLAM		99

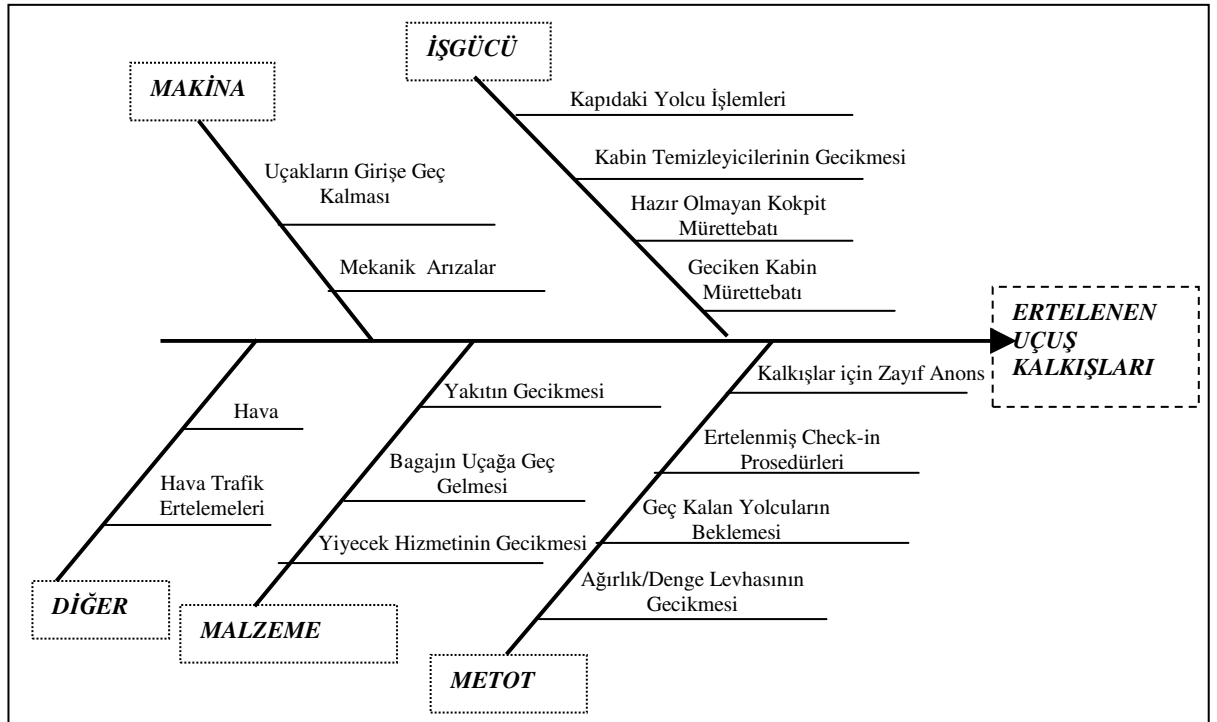
Sebe-Sonuç Diyagramı

İlk defa 1953 yılında K. Ishikawa tarafından kullanılan bu yöntem, daha sonra Japonya’da büyük ilgi görmüş ve Japon Endüstri Standartları (JIS) Kalite Kontrol terminolojisine dahil edilmiştir. Orada geçen tanımıyla Sebe-Sonuç Diyagramı, “kalite karakteristikleriyle etmenler arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram”dır. “Balık kılıcı diyagramı” olarak da bilinen bu diyagram, omurgasını ilgili kalite karakteristiğinin (sonuç) oluşturduğu, sebeplerin ise önemine göre (ana sebep/tali sebep) kılıçları teşkil ettiği bir gösterim yöntemidir.³⁹

Tablo 1.5’de bir hava yolu şirketi tarafından hazırlanan ve ertelenen uçuş sebeplerini gösteren sebe-sonuç diyagramı görülmektedir.

³⁹ Ö.İ. Doğan (2000). Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:2, Sayı:1

Tablo 1.5: Bir Havayolu Şirketinin Sebep-Sonuç Diyagramı



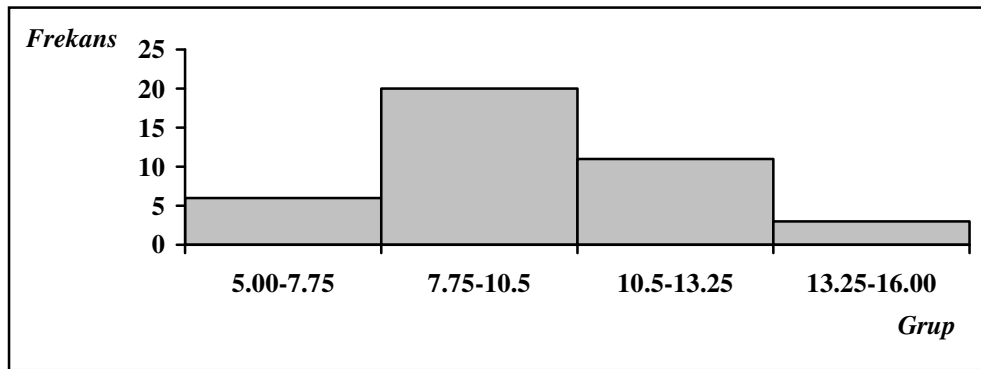
Histogram

Histogram, ürünlerin kalite düzeylerinin araştırılması amacıyla uygulamada yaygın olarak kullanılan "frekans bölünmesi"nin, uygun örnekleme planına göre derlenen verilerin gruplandırılmış biçimidir. Böylece, ölçülebilir özelliklere sahip gözlem sonuçları frekans bölünmesi ile sayısal düzeyde incelenebilmektedir. Sayısal değerlerin fazlalığının algılama gücü yarattığı düşünüldüğünde, frekans bölünmesinin grafiği olarak adlandırılan "histogram" çizilebilmektedir. Böylece, gözlem sonuçları ile bu sonuçların frekansları arasındaki ilişki, görsel açıdan etkin bir biçimde incelenebilmekte ve gözlem sonuçlarının belirli bir bölünme şekline uyup uymadığı da izlenebilmektedir.⁴⁰ Tablo 1.6'da histogram çizimi için kullanılacak veriler, Şekil 1.5'de ise bu verilerle oluşturulan histogram görülmektedir.

⁴⁰ "İstatistik Proses Kontrol", http://www.yazilimvadis.com/?pg=urun_qpro, Son Erişim:20.12.2005

Tablo 1.6: Histograma İlişkin Veriler

<i>Gruplar</i>	<i>Frekans</i>
5.00 – 7.75	6
7.75 – 10.50	20
10.50 – 13.25	11
13.25 – 16.00	3

**Şekil 1.5: İlgili Örneğin Histogram ile Gösterimi**

Dağılma (Saçılma) Diyagramı

Kimi zaman yöneticiler, belli bir faktörün belli bir kalite problemine neden olup olmadığından emin olamamaktadırlar. Dağılma diyagramı, bu şüpheyi doğrulamakta ya da geçersiz kılmaktadır.⁴¹ Dağılma diyagramı ile belirli bir süreçte birbirleriyle ilişkili olarak düşünülen iki veri, bir diyagram üzerinde incelenmektedir. Diyagramın yatay ekseninde, genellikle neden olarak değerlendirilecek değişken yer alırken; dikey ekseninde bundan etkilendiği düşünülen değişken yer almaktadır. Diyagramdaki değişkenlerden biri artarken diğeri de artıyorsa, iki değişken arasında pozitif bir ilişki, aksi durumlarda da negatif bir ilişki mevcuttur. Bu diyagrama verileri yerleştirirken dikkat edilecek en önemli husus, verilerin alındığı iki değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olmasıdır. Aksi halde, yanlış sonuçlara meydan verilmektedir.⁴²

⁴¹ L.J. Krajewski, L.P. Ritzman (1998). *Operations Management/Strategy and Analysis*, USA: Addison-Wesley Publishing Comp., p.229.

⁴² M. Halis (2004). *Toplam Kalite Yönetimi: Kapsam, İlkeler ve Uygulamalar*, Ankara: Roma Yayınları, s.135.

1.6 Kontrol Şemaları

Kontrol şemaları, bir sürecin istatistiksel yöntemlerle ekonomik ve güvenilir bir biçimde kontrol altında tutulmasında kullanılan en etkin araçtır. Bu şemalar yardımıyla değişkenliğe neden olan faktörlerin şans veya özel faktör oldukları belirlenerek gerekli önlemler alınmaktadır. Burada bahsedilen şans ve özel faktörleri kısaca açıklamak gerekirse;

I. Şans Faktörleri: Olay üzerindeki etkileri bir kurala bağlanamayan ve tamamen tesadüfi olarak ortaya çıkan faktörlerdir. Başka bir deyişle sistemin içinde var olan doğal değişkenliği ifade etmektedir.⁴³ Örneğin bir parçanın işlenmesinde boyutlarının duyarlılığını etkileyen; hava sıcaklığı, malzemenin metalürjik yapısı, işçinin dikkat ve ustalığı, aydınlatma, titreşim vb. faktörler bu gruba girmektedir. Şans faktörlerini tespit edip etkilerini gidermeye çalışmak, hem teknik hem de ekonomik açıdan mümkün değildir. Şans faktörlerinin olay üzerinde hangi limitler arasında değişmeler getireceğini bilmek ve değişmeleri kontrol altında tutmak her bakımdan daha uygun bir yaklaşımdır.

II. Özel Faktörler: Olayların sadece bir kısmı üzerinde etkili olmaktadır. Varlıkları, süreli olmayıp zaman zaman ortaya çıkmaktadır. Etkileri, nispeten büyük ölçüde değişmeler meydana getirmektedir. Örneğin imalat yönteminin yanlış veya eksik uygulanması, takım aşınması, tezgah duyarlılığının bozulması, acemi işçi kullanılması vb. faktörler bu gruba girmektedir. Bunların varlıklarını tespit edip, ortadan kaldırmaya çalışmak mümkündür. Özel faktörlerin neden olduğu değişmeler şans faktörleri için tespit edilen limitlerin dışına taşmakta ve bu suretle varlıkları anlaşılmaktadır.⁴⁴

Feigenbaum kontrol şemalarını, “gerçek ürün kalite karakteristiklerini geçmiş tecrübelerden yararlanarak grafiklerle gün-gün, saat-saat, tarih sırasıyla karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma, genellikle üretilen her parçayı muayene etmekten öte, örnekleri seçme ve ölçme şeklinde yapılmaktadır.” şeklinde tanımlamıştır. Kontrol şemaları, sürecin gerçekleştirdiği üretimin kabul edilebilir

⁴³ M.L. Berenson, D.M. Levine (1999). *Basic Business Statistics*, New Jersey: Prentice Hall, s.689.

⁴⁴ Kobu, 2003: 601

sınırlar içinde kalıp kalmadığını tespit edip, bu sınırların dışına çıkması halinde uyarı veren, başka bir deyişle sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bir grafik analiz yöntemidir.⁴⁵

Kontrol şemaları birkaç amaç için kullanılabilir. İlk önce, sürecin temel ya da doğal değişken düzeyleri saptanmakta sonra, sürecin sağlıklı olmasına ve devamlılığın sağlanabilmesine olanak sağlanmaktadır. Sağlıklı olması, çalışmada yalnızca doğal, şansa bağlı öğeler varken sürecin tanımlanması ile belirlenmektedir.⁴⁶ Şans veya özel faktörlerden herhangi birini tamamen ortadan kaldırmak mümkün olduğu halde, ikisini birden elimine etmek imkansızdır. Aslında kontrol şemalarının amacı, bu hatalara tamamen engel olmak değildir. Amaç, hataların doğuracağı kayıplarla, bunları bulmak için yapılacak masraflar arasında bir denge kurarak prosesi sürdürmektir.⁴⁷

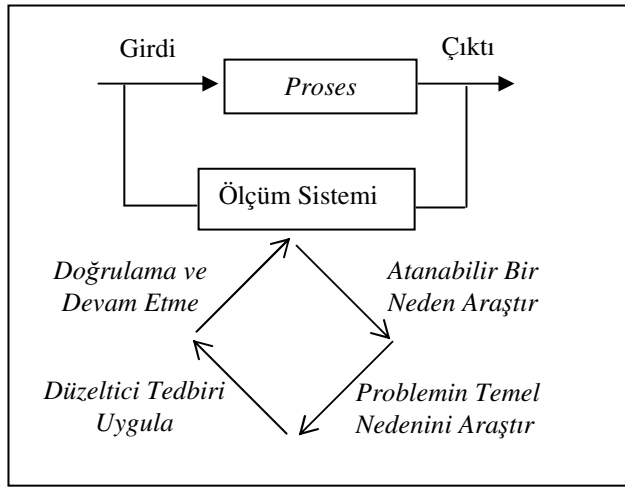
Kontrol şemalarının gücü, üretim prosesi içindeki normal olmayan durumları tanımlama ve proses kaymalarını ortaya çıkarma yeteneği altında yatmaktadır. Böylelikle mümkün teşhisler yapılmakta, çoğu üretim problemleri düzeltilmekte, genellikle kayıplar azaltılmakta ve ürün kalitesinde ilerlemeler kaydedilmektedir.⁴⁸ Kontrol şemalarını kullanarak prosesin iyileştirilmesi Şekil 1.6'da görülmektedir.

⁴⁵ İ. Kaya, O. Engin (2004). Genetik Algoritmalar Yardımı ile Kusurlu Oranı Kontrol Diyagramlarında Örnek Hacim Belirlenmesinde Uygun Mutasyon Yönteminin ve Oranının Seçilmesi, *IV. Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Konya, s.89.

⁴⁶ Demir, Gümüüşoğlu, 2003: 763

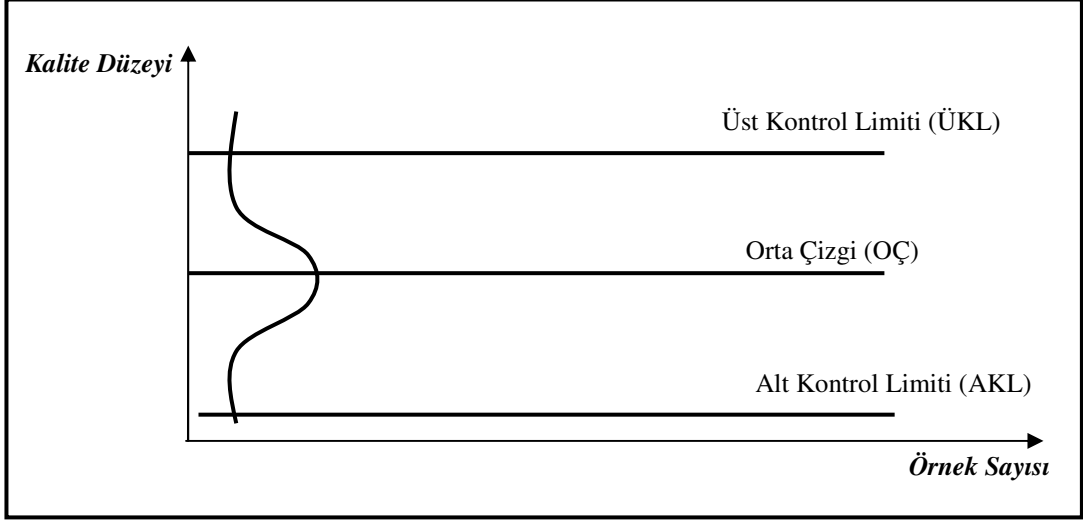
⁴⁷ Kobu, 2003: 602

⁴⁸ J.H. Wang, T. Raz (1990). On the Construction of Control Charts Using Linguistic Variables, *International of Production Research*, Vol:28, No:3, p.477.



Şekil 1.6: Kontrol Şemalarını Kullanarak Prosesin İyileştirilmesi

Şekil 1.7, kontrol şemalarının genel yapısını göstermektedir. Kalite kontrol şemaları, normal dağılıma göre ($x \pm 3\sigma$) belirlenmektedir. Şemanın orta çizgisi (central line, CL), proses kontrolde olduğunda, prosesin ortalamasına karşılık gelmektedir. Dikey çizgi ise; dikkate alınan değişken için ölçüm ölçeğini tanımlamaktadır. ÜKL ve AKL olarak etiketlenen iki çizgi, prosesin kontrolde veya kontrol dışı olduğuna karar vermede önemli rol oynamaktadır. Bu çizgiler, üst kontrol limiti (ÜKL) (upper control limit, UCL) ve alt kontrol limiti (AKL) (lower control limit, LCL) olarak adlandırılmaktadır. ÜKL ve AKL genel olarak, ortalamaya $\mp 3\sigma$ eklenerek bulunmaktadır. Merkezi limit teoremine göre, işlemin dağılımı normal olmasa bile, yeterince büyük örnek hacmi için \bar{x} 'nin örnekleme dağılımı, normal dağılıma uygundur. Böylece, normal dağılım gösteren bir değişkenin değerlerinin %99,7'sinin $\bar{\bar{x}} \pm 3\sigma$ sınırları içinde olduğu göz önüne alınarak, tesadüfi değişkenliğin de %99,7 olasılıkla kontrol limitleri içinde kalacağı söylenebilmektedir. Kontrol limitleri dışındaki değerler, prosesin kontrol dışında olduğunun ve düzeltici tedbirin alınması gerektiğinin güçlü istatistiksel kanıtıdır.



Şekil 1.7: Kontrol Şemalarının Genel Yapısı

Her durumda kontrol şemasının genel yapısı, Şekil 1.7'de gösterildiği gibidir. Her kontrol şemasındaki temel farklılık, ölçülen ölçümün ölçeğidir; örneğin p şemasında ölçüm ölçeği, örneklem ortalaması yerine örneklemdeki hatalı parçaların oranını göstermektedir.

Kontrol limitleri dışındaki noktalara ek olarak; kontrol limitleri arasındaki noktaların belli modelleri, kalite kontrol problemleri için uyarı sinyalleri olabilmektedir. Bu durum, kontrol şemalarının en büyük eksikliğidir yani prosesi temsil eden tüm noktalar, proses kontrol dışında olduğu halde, kontrol limitleri içine düşebilmektedir.⁴⁹ Bu anlamda kontrol şemaları, doğruluk seviyelerinin bozulduğunun erken uyarılarının, eğilimleri oluştuklarında ortaya çıkarma yeteneği doğrultusunda görülmesini sağlamaktadır.⁵⁰ Örneğin, tüm noktaların kontrol limitleri arasında; ama noktaların büyük çoğunluğunun orta çizginin bir tarafı üzerinde olduğu düşünülün. Bu; bir ekipman probleminin, materyaldeki bir değişimin veya kalitede bir kaymaya neden olacak atanabilir bir nedeni gösterebilmektedir. Böyle bir model meydana geldiğinde, üretim prosesinin dikkatli incelemesi, kalitede gerçek bir

⁴⁹ C. Kahraman vd, (1995). Using Triangular Fuzzy Numbers in the Test of Control Charts for Unnatural Patterns, *IEEE.*, p.292.

⁵⁰ J. Wilson (1994). Quality Control Methods in Cycle Counting for Record Accuracy Management, *International Journal of Operation & Production Management*, Vol:15, No:7, p.33.

değişimin meydana gelip gelmediğine karar vermek için yapılmalıdır.⁵¹ Bu şekildeki doğal olmayan modeller için bazı testler geliştirilmiştir.

Kontrolde olan bir şema için gözlemlenen başka bir model zaman içerisinde aşamalı kayma veya eğilimdir. Oysaki doğal bir modelde, işaretlenen noktaların uzun bir yayılımı boyunca anormallik kanıtı yoktur. Doğal model sabittir; eğilim, hızlı kayma, hızlı inmeler ya da çıkmalar yoktur.⁵² Örneğin araçlar yıpranır, makine parçalarının boyutları dereceli bir şekilde tasarlanan seviyelerinden yavaş yavaş sapar. Sıcaklıktaki veya nemdeki dereceli değişiklikler, genel ekipman bozulması, toz toplanması veya operatör yorgunluğu kontrol şemalarında eğilim modeli ile sonuçlanabilmektedir. Bir satırdaki altı ya da yedi nokta hem artan hem de azalan eğilim gösteriyorsa bu, tüm noktalar kontrol limitleri arasında olsa bile dikkate alınması gereken bir sinyaldir. Böyle bir model meydana geldiğinde proses, kalitede olası değişme veya kayma için yeniden gözden geçirilmelidir. Prosesi kontrol durumuna getirmek için düzeltici tedbirler gerekli olabilmektedir.⁵³

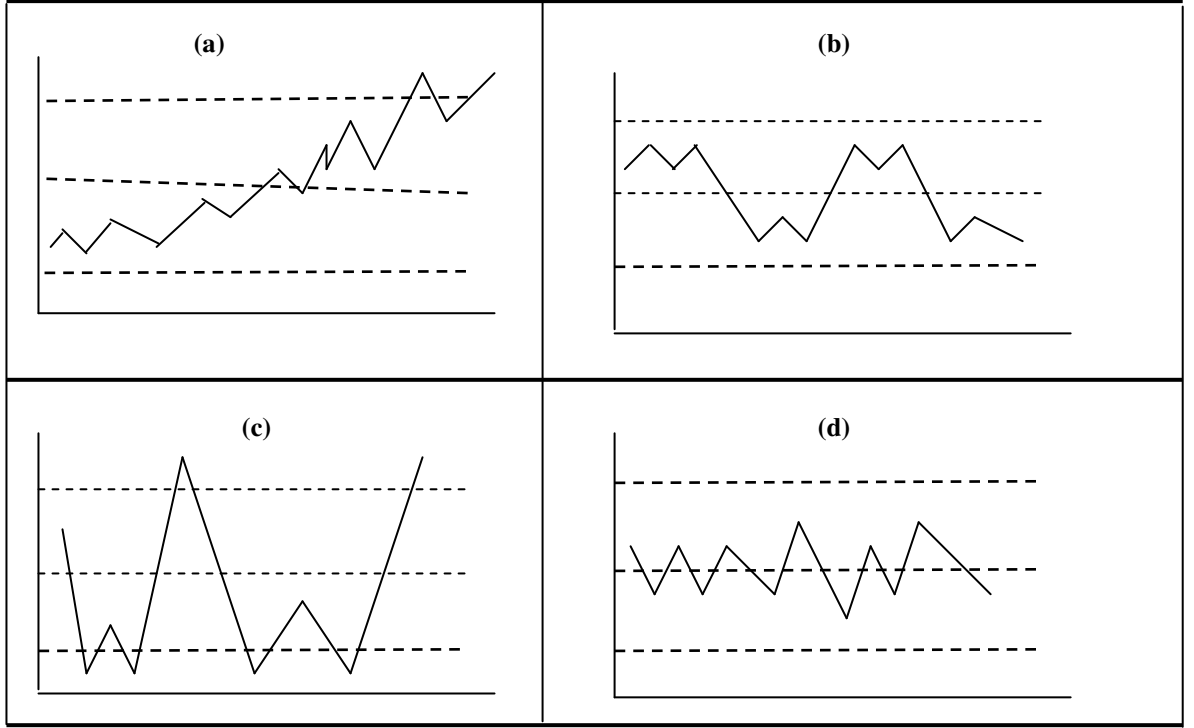
Şekil 1.8’de kontrol şemalarının çiziminde yapılan hatalara ait örnekler görülmektedir. (a)’daki şema, proses karakteristiğinin değişmeye başladığını, fakat limitleri ayarlamak sureti ile önlem alınmadığını göstermektedir. (b)’de proses periyodik olarak değişmektedir. Belirli dönemler için ayrı limitlerin tespit edilmesi gerekmektedir. (c)’de limitler dışına taşma çok sık meydana geldiğinden, özel faktör aramak yerine, limitlerin dar tespit edilme olasılığı üzerinde durulmalıdır. (d)’deki şemada ise, aksi durum mevcuttur. Yani limitler gereğinden geniş alınmıştır. Bu durum, özel faktörlerin gözden kaçmasına yol açacağından yeniden limit tespiti yapılmalıdır.⁵⁴

⁵¹ Anderson vd., 1996: 765

⁵² Kahraman vd., 1995: 292

⁵³ Anderson vd., 1996: 764

⁵⁴ Kobu, 2003: 602



Şekil 1.8: Kontrol Şemalarının Çiziminde Yapılan Hata Tiplerine Ait Örnekler

Kontrol şemaları, prosesten toplanan verilerle oluşturulmakta ve çalıştırılmaktadır. Bir kontrol şemasında, belli zaman aralıkları ile alınan örneklerin kontrol edilmek istenen boyutu sayılarak veya ölçülerek bulunan değeri, şema üzerinde bir nokta ile gösterilmektedir. Kontrol şeması; bu boyut, sayılabilen bir büyüklük ise (örneğin, hatalı parça sayısı) *özellikler için kontrol şeması*, ölçülebilen bir büyüklük ise *değişkenler için kontrol şeması* adını almaktadır.

1.6.1 Değişkenler için kontrol şemaları (Niceliksel ölçüler için kontrol şemaları)

Ölçülebilir değişkenler; uzunluk, ağırlık, yoğunluk gibi bir alet veya cihaz yardımıyla ölçülebilen ve rakamlarla ifade edilebilen özelliklerdir. Bu özellikler için kullanılan şemalar, örnek alt sınıfı eleman sayısı birden büyük olan ve rasyonel (anlamlı) örnek sınıfları oluşturabilen prosesler için kullanılan şemalardır. Bunlar; ortalama (\bar{x}), standart sapma (σ) ve dağılım aralığı (R) şemalarıdır. Bunlar, pratikte en çok kullanılan kontrol şemalarıdır.

Çoğu uygulamada yönetim, hem sürecin ortalama başarısı ile, hem de değerlerin değişkenliği ile ilgilenmektedir. Ortalamalar yeterli başarıda olsa bile, değişkenliğin artması, çok sayıda standart dışı birim üretildiğini ve değişkenliğin artan bir eğilim içinde olduğunu göstermektedir.⁵⁵ Bu yüzden çoğunlukla, hem ortalamanın hem de değişkenliğin denetlendiği kontrol şemaları hazırlanmaktadır.

Değişkenliğin ölçüsü olarak, standart sapma (s) ve dağılma aralığı (R) kullanılmakla birlikte her örneğin standart sapmasının hesaplanması güç olduğundan genellikle bulunması daha basit olan dağılma aralığı yaklaşımı tercih edilmektedir.

Değişkenler için kontrol şemalarında örnek hacimlerinin, özellikler için kontrol şemalarında olduğu gibi büyük tutulmasına gerek duyulmamakta, 3 ile 10 arası gözlem yeterli olmaktadır.

$\bar{x} - R$ ve $\bar{x} - s$ *Kontrol Şemaları*

Ürünlerin belli özelliklerine ait kantitatif ölçülerin istenilen standartlara uygunluğu, \bar{x} ve s veya \bar{x} ve R şemaları ile kontrol edilmektedir. Kontroller, üretilen ürünlerin tamamının muayene edilmesi yerine örnekleme yoluna gidilerek gerçekleştirilmektedir. Uygulamada ürünlerden alınan bir şans örneğinin (tesadüfi örnek) önceden belirlenen standart değerden veya ana kütle ortalamasından en fazla $\pm 3\sigma$ kadar sapma göstermesi beklenmektedir.⁵⁶

\bar{x} şeması için kontrol limitleri, ortalama aralık değerine dayandığında; bu limitler, proses değişkenliği kontrolde olmadıkça bir anlam taşımazlar. Pratikte, \bar{x} şemasından önce R şeması oluşturulmaktadır. Eğer R şeması proses değişkenliğini kontrolde gösterirse, sonra \bar{x} şeması oluşturulmaktadır.⁵⁷

Proses değişkenliğini gözlemlemek için R şeması yerine örneklem standart sapma şeması (s şeması) oluşturulabilmektedir. Eğer örneklem büyüklüğü 10'dan

⁵⁵ Newbold, 2001: 726

⁵⁶ Ertuğrul, 2004: 218

⁵⁷ Anderson vd., 1996: 766

küçükse R ve s şeması aynı sonucu göstermekte; eğer örneklem büyüklüğü 10'dan büyükse, s şeması tercih edilmektedir.⁵⁸

\bar{x} -R ve \bar{x} -s şemalarının oluşturulmasında kullanılacak olan orta çizgi, ÜKL ve AKL değerleri aşağıda verilen formüller yardımıyla bulunmaktadır. Kontrol limitlerinin hesaplanmasındaki bu formüllerde kullanılan tüm faktörler, d_2 ve d_3 adı verilen iki faktöre dayanmaktadır. d_2 , değişen örneklem büyüklüğü için aralık ve standart sapma arasındaki ilişkiyi; d_3 faktörü ise, değişen örneklem büyüklüğü için aralığın standart hatası ve standart sapması arasındaki ilişkiyi göstermektedir.⁵⁹ Formüllerde yer alan faktör değerleri, bu faktörler için hazırlanmış özel tablo yardımıyla kolaylıkla elde edilebilmektedir.

\bar{x} ve s Şeması

\bar{x} Şeması İçin:

$$OÇ = \bar{\bar{x}}$$

$$ÜKL = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}$$

$$AKL = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$$

σ Şeması İçin:

$$OÇ = \bar{s}$$

$$ÜKL = B_4 \bar{s}$$

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

\bar{x} ve R Şeması

\bar{x} Şeması İçin:

$$OÇ = \bar{\bar{x}}$$

$$ÜKL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

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

R Şeması İçin:

$$OÇ = \bar{R}$$

$$ÜKL = D_4 \bar{R}$$

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

\bar{x} - R ve \bar{x} - s şemalarının çizimi bir örnek yardımıyla gösterilecek olursa; Temel Vida Endüstri yönetimi, şirketin en büyük müşterileri tarafından kullanılan özel metal vidanın üretimi ile ilgilenmektedir. Vidanın çapı, oldukça önemlidir. 5 örneklemden alınan veriler Tablo 1.7'de verilmektedir. Örneklem büyüklüğü 4'tür. Prosesin kontrolde olup olmadığını kontrol şemaları ile incelemek istediğinde;

⁵⁸ Anderson vd., 1996: 761

⁵⁹ Berenson, Levine, 1999: 708

Tablo 1.7: Değişkenler İçin Kontrol Şeması Çizimine İlişkin Veriler

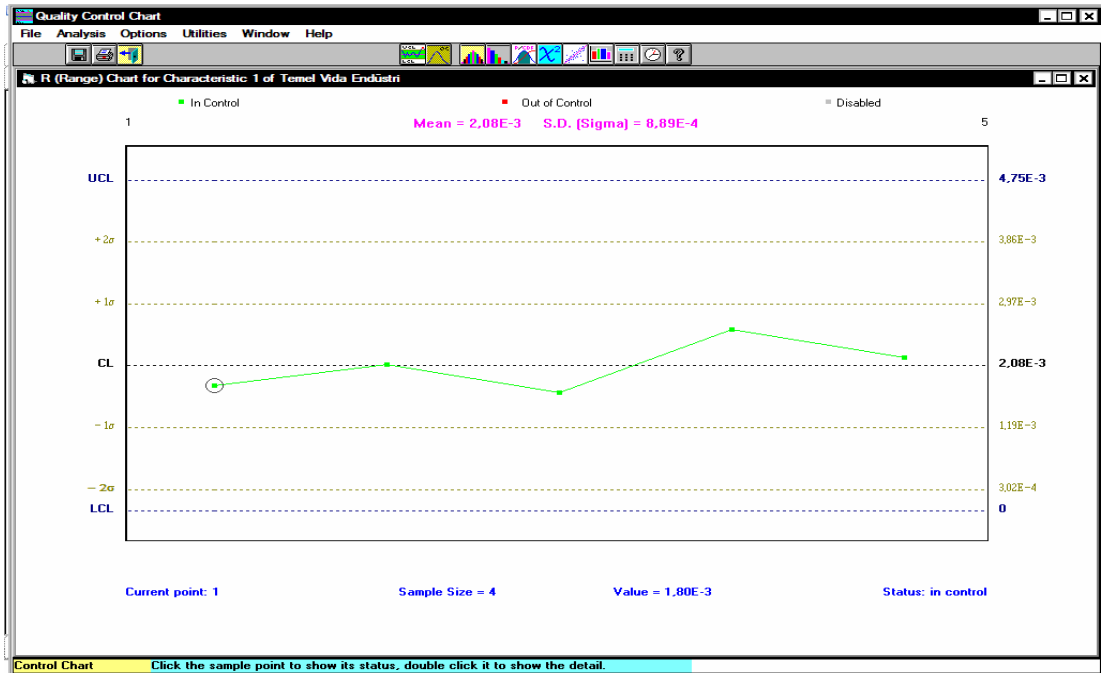
Örneklem No	Gözlemler				R	\bar{x}
	1	2	3	4		
1	0,5014	0,5022	0,5009	0,5027	0,0018	0,5018
2	0,5021	0,5041	0,5024	0,5020	0,0021	0,5027
3	0,5018	0,5026	0,5035	0,5023	0,0017	0,5026
4	0,5008	0,5034	0,5024	0,5015	0,0026	0,5020
5	0,5041	0,5056	0,5034	0,5047	0,0022	0,5045
				Ortalama	0,0021	0,5027

öncelikle örneklem için genişlik (R) değerleri, \bar{R} değeri ve kontrol limitleri hesaplanarak

$$\bar{R} = 0,0021$$

$$\text{ÜKL} = D_4 \bar{R} = 2,282(0,0021) = 0,00479$$

$$\text{AKL} = D_3 \bar{R} = 0(0,0021) = 0 \text{ olarak bulunmaktadır.}$$



Şekil 1.9: İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan R Şeması

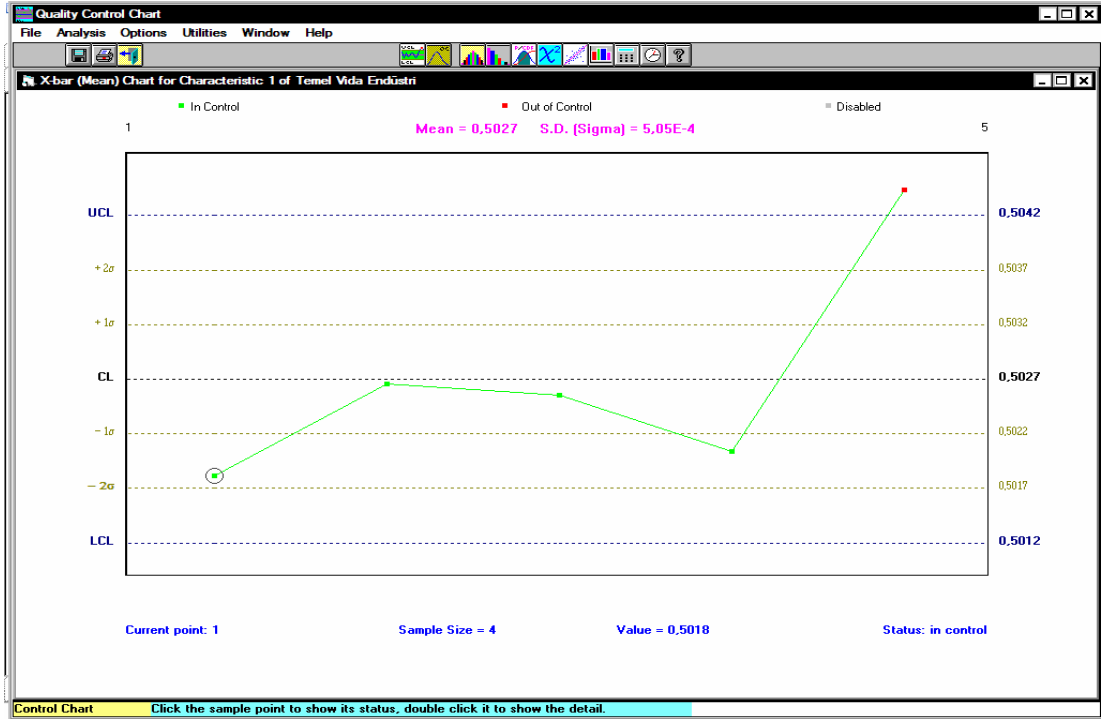
Elde edilen verilerle oluşturulan R şeması, Şekil 1.9'da görülmektedir. Şemaya bakıldığında proses değişkenliğinin istatistiksel olarak kontrolde olduğu görülmektedir.

Aynı veriler yardımıyla, \bar{x} şeması çizilmek istendiğinde gerekli parametreler;

$$\bar{\bar{x}} = 0,5027$$

$$\bar{U}KL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 0,5027 + 0,729(0,0021) = 0,5042$$

$$AKL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 0,5027 - 0,729(0,0021) = 0,5012 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$



Şekil 1.10: İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan \bar{x} Kontrol Şeması

Hesaplanan orta çizgi, üst ve alt kontrol limitleri ile oluşturulan \bar{x} şeması, Şekil 1.10'da görülmektedir. Bu şemadan da görüldüğü gibi 5. örneklem, üst kontrol limitinin dışındadır ve bu da, proses ortalamasının kontrol dışı olduğunu gösterdiği için mutlaka atanabilir bir neden aranmalıdır. Eğer bulunursa, düzeltici tedbir alınmalı, yeni veriler toplanıp kontrol şeması yeniden oluşturulmalıdır.

1.6.2 Özellikler için kontrol şemaları (Niteliksel ölçüler için kontrol şemaları)

Üretim sistemlerinin büyük çoğunluğu, pek çok aşamanın veya sürecin bir arada bulunması ile oluşmaktadır. Her aşamanın, mutlaka belirtilen kalite koşullarını sağlaması gerekmektedir. Aşamanın herhangi bir bölümünde, gerekli kalite

niteliklerini sağlayan ürün bir sonraki bölüme geçebilmektedir. İşte bu şekilde bazı kalite özellikleri, sadece nitelikleri açısından incelenebilmektedir. Yani her gözlenen parça iki sınıfa, operasyonel olarak tanımlanan gerekliliklere uyma ve uymama bakımından ayrılabilir. Kalitatif özelliklerin kontrolünde ürünler sadece hatalı veya hatasız olarak sınıflandırıldığında;

- a) Her ürün üzerinde saptanan hatalar ürünün niteliğini belirlediğinde hatalı sayısı (np) veya hatalı oranı (p) kontrol şeması,
- b) Üründeki hata sayısı kontrol şeması (c ve u) kullanılmaktadır.

p Kontrol Şeması (Kusur Yüzdesi Şeması)

Uygulamada bazı hallerde, mamullerin belli özelliklerinin standartlara uygunluğu yerine, bu mamullerin kusurlu olup olmadıkları ile ilgilenilmektedir. Böyle durumlarda \bar{x} yerine, kusurlu oranının (p) kontrol edilmesi gerekecektir. Bu ise, p şeması ile yapılmaktadır.⁶⁰

Bir süreçteki kusurlu parça oranını izlemek amacıyla hazırlanan p şemaları için, belli zaman aralıkları ile işlemde n hacminde örnekler alınmaktadır. Örnek hacmi, en az bir kusurlu parçayı içerecek büyüklükte seçilmeli, bu ise genellikle 50 ile 300 gözlemden oluşmaktadır. Her örnek için kusurlu parça oranı (p) hesaplanmakta ve şema üzerinde bir nokta ile işaretlenmektedir. Eğer tüm noktalar kontrol limitleri içinde ise süreç, kontrol altındadır. Kontrol limitlerine taşan değerler bulunduğu ise, işlem durdurularak özel faktörler araştırılmakta ve gerekli düzeltmeler yapılmaktadır.⁶¹

p kontrol şemasının oluşturulmasında kullanılacak olan formüller aşağıda verilmiştir.

$$OC = \bar{p}$$

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

⁶⁰ Ertuğrul, 2004: 239

⁶¹ Top, 2001: 214

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

p kontrol şemasının çizimine ilişkin örnek şöyle olsun; Mavi Bankasının kayıt hizmet departmanının operasyon yöneticisi, Mavi personeli tarafından kaydedilen yanlış müşteri hesap numaraları ile ilgilenmektedir. Her hafta, rastgele 2500 hesap örnekleme alınmış ve yanlış hesap numaralarının sayısı kaydedilmiştir. Son 12 hafta için sonuçlar, Tablo 1.8'de verilmiştir. Prosesin kontrolde olup olmadığı, 3 sigma kontrol limitlerini kullanarak araştırılmak istendiğinde;

Tablo 1.8: p Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler

Örneklem No	Yanlış Hesap Numaraları
1	15
2	12
3	19
4	2
5	19
6	4
7	24
8	7
9	10
10	17
11	15
12	3
Toplam	147

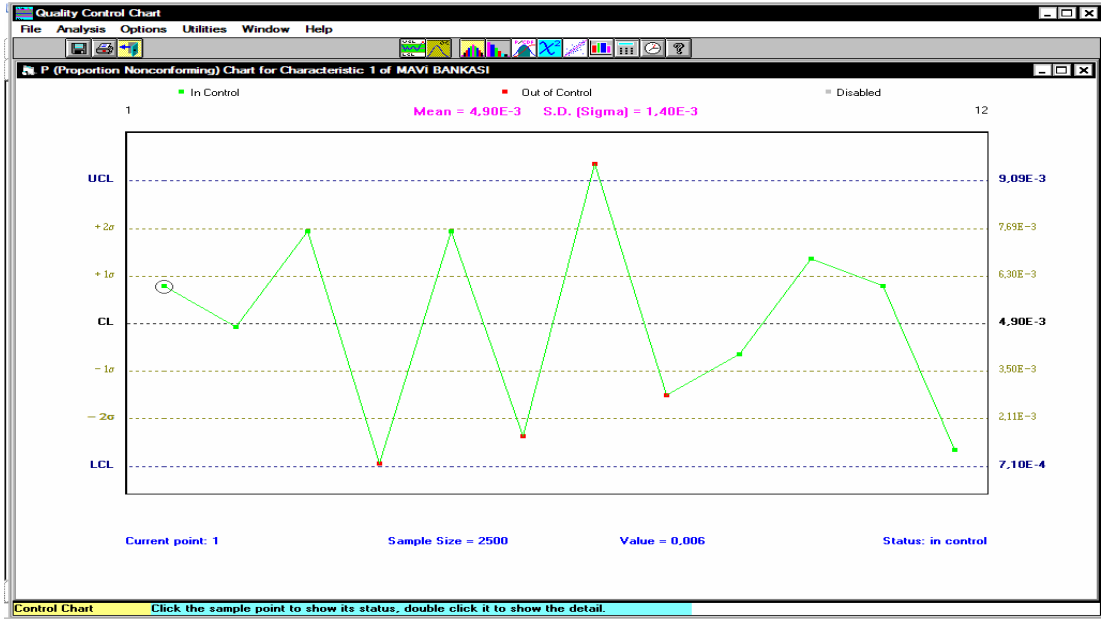
Öncelikle \bar{p} değerinin hesaplanması gerekmektedir.

$$\bar{p} = \frac{147}{12(2500)} = 0,0049$$

Kontrol limitleri hesaplandığında ;

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0049 + 3(0,0014) = 0,0091 \text{ ve}$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0049 - 3(0,0014) = 0,0007 \text{ olarak bulunmaktadır.}$$



Şekil 1.11: İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan p Kontrol Şeması

Hesaplanan orta çizgi, alt ve üst kontrol limitleri ile oluşturulan p kontrol şeması Şekil 1.11’de görülmektedir. Oluşturulan kontrol şemasından da görüldüğü gibi 7.örneklem, üst kontrol limitinin dışındadır, bu yüzden proses kontrol dışıdır. Bu zayıf performansın nedenleri araştırılıp, gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra yeni kontrol şeması oluşturulmalıdır.

np Kontrol Şeması (Ortalama Kusur Sayısı Şeması)

Bazı problemlerde, kusurlu oranı yerine kusurlu sayısı ile ilgilenilmektedir. İşte np şemaları, p şemalarının değişik bir biçimidir. np kontrol şemalarının çiziminde kullanılacak olan parametrelerin formülleri aşağıda verilmiştir:

$$OÇ = n\bar{p}$$

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

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

np kontrol şemasının çiziminin bir örnek yardımıyla gösterilebilmesi için gerekli veriler Tablo 1.9’da verilmiştir.

Tablo 1.9: np Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler

<i>Örnek Sayısı</i>	<i>Örnek Hacim</i>	<i>Hata Sayısı</i>
<i>1</i>	200	23
<i>2</i>	200	15
<i>3</i>	200	17
<i>4</i>	200	15
<i>5</i>	200	41
<i>6</i>	200	0
<i>7</i>	200	25
<i>8</i>	200	31
<i>9</i>	200	29
<i>10</i>	200	0
<i>11</i>	200	8
<i>12</i>	200	16

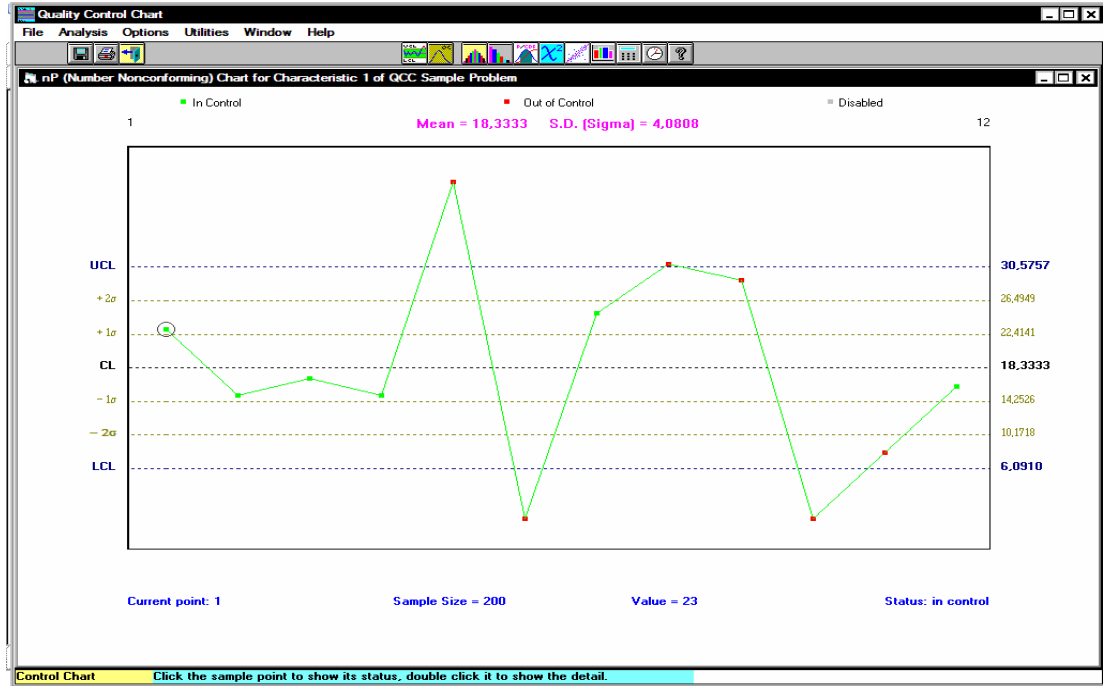
Öncelikle \bar{p} değeri hesaplanarak, $\bar{p} = \frac{220}{200(12)} = 0,09167$ olarak bulunmaktadır.

Daha sonra formüller yardımı ile

$$OÇ = n\bar{p} = 200(0,09167) = 18,334$$

$$AKL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 18,334 - 3\sqrt{18,334(1-0,09167)} = 6,09145$$

$$ÜKL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 18,334 + 3\sqrt{18,334(1-0,09167)} = 30,5765 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$



Şekil 1.12: İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan np Kontrol Şeması

Ortalama kusur sayısı şemasının verilen değerler yardımıyla çizimi, Şekil 1.12'de görülmektedir. Oluşturulan şemada bazı örneklemelerin ortalama kusur sayısı, limitler dışına çıkmaktadır, bu durum da üretimin kontrolde olmadığını göstermektedir. Üretimi kontrol altına alabilmek için hataların nedenleri araştırılmalı, düzeltici tedbirler alındıktan sonra yeni örneklemelerle üretimin kontrolde olup olmadığı yeniden incelenmelidir.

c Kontrol Şeması

Kalite denetiminde yaygın bir uygulama, bitmiş bir ürünün incelenip belli bir tür bozukluğu ya da kusuru olanların sayısının saptandığı bir durumdur. Birimler zaman içinde incelenmekte ve birim başına bozukluklar sayılırsa bu bilgi, bir kontrol şemasına yerleştirilebilmektedir.⁶² Bu şema, c kontrol şeması olarak adlandırılmaktadır.

⁶² Newbold, 2001: 746

Hatalı sayısı, veri tabanı kayıtlarına yapılan girişlerden belirlendiğinde hatalı kayıtları çok doğru olmayabilmektedir. Kötü kayıt, birden fazla hata içerebilmektedir. Bu durumda, çıktı başına düşen hatalı sayısını kontrol etmek için c kontrol şemaları kullanılmaktadır. c kontrol şemalarının çiziminde kullanılacak olan formüller aşağıda verilmiştir.

$$O\check{C} = \bar{c}$$

$$\check{U}KL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

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

c kontrol şemasının çiziminin bir örnek yardımıyla gösteriminde kullanılacak olan veriler, Tablo 1.10'da verilmiştir.

Tablo 1.10: c Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler

<i>Örneklem</i>	<i>Hata Sayısı</i>	<i>Örneklem</i>	<i>Hata Sayısı</i>
<i>1</i>	3	<i>10</i>	1
<i>2</i>	2	<i>11</i>	3
<i>3</i>	4	<i>12</i>	4
<i>4</i>	5	<i>13</i>	2
<i>5</i>	1	<i>14</i>	4
<i>6</i>	2	<i>15</i>	2
<i>7</i>	4	<i>16</i>	1
<i>8</i>	1	<i>17</i>	3
<i>9</i>	2	<i>18</i>	1

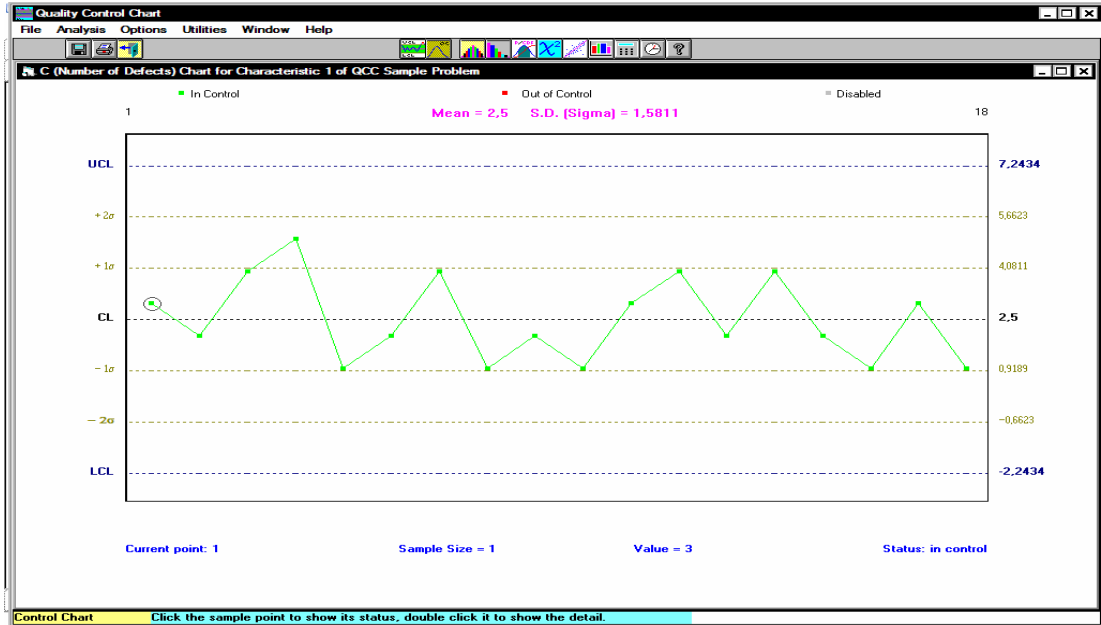
Öncelikle \bar{c} değeri,

$$\bar{c} = \frac{45}{18} = 2,5 \text{ olarak bulunur.}$$

Daha sonra kontrol limitleri hesaplandığında;

$$AKL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 2,5 - 3\sqrt{2,5} = - 2,2434$$

$$\check{U}KL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 2,5 + 3\sqrt{2,5} = 7,2434 \text{ olarak bulunmaktadır.}$$



Şekil 1.13: İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan c Kontrol Şeması

Hesaplanan orta çizgi ve kontrol limitleri yardımı ile çizilen kontrol şeması Şekil 1.13'de görülmektedir. Şemadan da görüldüğü gibi hata sayılarının hepsi, kontrol sınırları arasında kaldığı için, üretim kontrol altındadır.

u Kontrol Şeması

Bazı hallerde üretilen birimlerin kusurlu olup olmadıkları yerine, bir tek birimde tespit edilen kusur sayısı ile ilgilenilmektedir. Örneğin, buzdolapları için yapılan bir kalite kontrolde, buzdolaplarını kusurlu ve kusursuz şeklinde ikiye ayırmaktan çok, her bir buzdolabında görülen ve tamiri gerektiren çizik, fiş bozukluğu, lamba arızası gibi kusurların sayısı üzerinde durulmaktadır. Birimin geri gönderilmesini gerektirecek derecede önemli bir kusur nadiren görülmektedir. Dolayısıyla $\bar{x} - s$, $\bar{x} - R$, p ve np şemalarının kullanılmasına gerek kalmamaktadır. İşte bir birimde tespit edilen kusur sayıları esas alınarak çizilen kontrol şemasına, u kontrol şeması denmektedir.⁶³ u kontrol şemasının çiziminde kullanılacak olan formüller aşağıda verilmiştir.

⁶³ Ertuğrul, 2004: 248

$$OÇ = \bar{u}$$

$$ÜKL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$AKL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

u kontrol şemasının çizimi bir örnek yardımıyla gösterilecek olursa; kişisel bilgisayar üreticileri, son montaj hattı üzerinde şansa bağlı olarak 5'er birimlik 20 örnek seçmiştir. Birim başına kusurlu sayısı Tablo 1.11'de gösterilmektedir.

Tablo 1.11: u Kontrol Şeması Çizimi için Elde Edilen Veriler

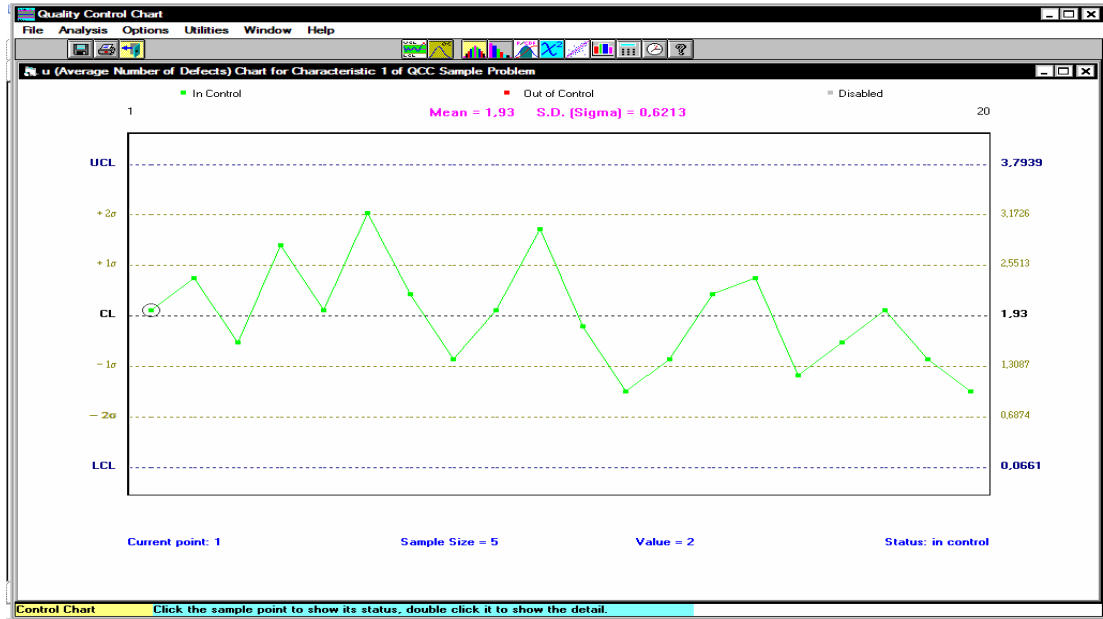
<i>Örnek Sayısı</i>	<i>Örnek Hacmi (n)</i>	<i>Kusurlu Sayısı (c)</i>	<i>Birim Başına Kusurlu Sayısı (u = c/n)</i>
<i>1</i>	5	10	2
<i>2</i>	5	12	2,4
<i>3</i>	5	8	1,6
<i>4</i>	5	14	2,8
<i>5</i>	5	10	2
<i>6</i>	5	16	3,2
<i>7</i>	5	11	2,2
<i>8</i>	5	7	1,4
<i>9</i>	5	10	2
<i>10</i>	5	15	3
<i>11</i>	5	9	1,8
<i>12</i>	5	5	1
<i>13</i>	5	7	1,4
<i>14</i>	5	11	2,2
<i>15</i>	5	12	2,4
<i>16</i>	5	6	1,2
<i>17</i>	5	8	1,6
<i>18</i>	5	10	2
<i>19</i>	5	7	1,4
<i>20</i>	5	5	1
<i>Toplam</i>		193	38,6

Kontrol şemasının çizimi için öncelikle orta çizgi, alt ve üst kontrol limitlerinin hesaplanması gerekmektedir. Formüller yardımıyla bu değerler;

$$O\check{C} = \bar{u} = \frac{\sum u}{n} = \frac{38,6}{20} = 1,93$$

$$\check{U}KL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 1,93 + 3\sqrt{\frac{1,93}{5}} = 3,7939$$

$$AKL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 1,93 - 3\sqrt{\frac{1,93}{5}} = 0,0661 \text{ olarak bulunmaktadır.}$$



Şekil 1.14: İlgili Örnek için WinQSB Programı Yardımıyla Oluşturulan u Kontrol Şeması

Veriler yardımıyla oluşturulan u kontrol şeması, Şekil 1.14’de görülmektedir. Birim kusur sayılarının hepsi, kontrol sınırları arasında kaldığı için, üretim kontrol altındadır.

İKİNCİ BÖLÜM

BELİRSİZLİK KAVRAMI ve BULANIK MANTIK

Basit ve yalıtılmış doğal çevrelerde çok iyi sonuç veren klasik yöntemler; karmaşık, etkileşimli ve görelilik özellikler taşıyan çağdaş problemlerin çözümünde her zaman o derece iyi sonuçlar veremeyebilmektedir. Nitekim bilim ve teknolojideki gelişmeler, günümüzün modern toplumunu öylesine karmaşık hale getirmiştir ki, karar süreçleri, belirsiz ve incelenmesi zor bir özellik kazanmıştır. Bu durum, etkili karar verme için karar destek sistemlerini (decision support systems, DSSs) başka bir deyişle yöneticilerin etkili karar alabilmeleri için gerekli tüm bilgi ve veriyi işleyebilen ve organize edebilen sistemleri gerektirmektedir. Karar verme sürecinde karar vericiler, dış çevrelerinde veya organizasyon içinde farklı biçimlerde bulunan bilgiyi (örneğin söylemeden anlaşılan veya açık bilgi) ve farklı tipteki veriyi (içsel veya dışsal veri) birleştirmektedir. Bu anlamda düşünüldüğünde karar vericinin görevi, karar vermeyi etkileyen belirsizlikler nedeniyle oldukça zordur. Karar ortamı, karar vericinin doğa durumlarına ve onların gerçekleşmesine ilişkin bilgi derecesine bağlıdır. Buna göre, karar ortamını oluşturan ve belirleyen verilere göre karar ortamları genel olarak;

-Belirli ortam,

-Riskli ortam ve

-Belirsiz ortam olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Belirlilik ortamının, iki temel varsayımın aynı anda sağlanması ile ortaya çıktığı söylenebilmektedir. Bu iki temel varsayım:

1. Belli bir stratejinin seçiminden elde edilecek sonucun kesinlikle bilindiği,
2. Hangi durumun gerçekleşeceğine ilişkin bilginin tam ve kesin olarak elde edildiği başka bir deyişle, belli bir durumun gerçekleşme olasılığının 1,00 olduğudur.⁶⁴

⁶⁴ A. Baray (1993). Bulanık Kümeler Kuramı ve İşletme Uygulamaları, *İstanbul Üniv. İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt:22, Sayı:2, s.92.

Risk ortamında karar vermede, alınacak belirli bir karara ilişkin değişik sayıda koşullar söz konusudur. Her seçeneğin her koşul altında varacağı sonuçlar, belirli bir olasılıkla (riskle) oluşmaktadır. Risk ortamının varlığı da, belirlilik ortamı gibi iki varsayıma bağlıdır.⁶⁵ Bunlar:

1. Birden çok durumun var olması ve var olan bu durumların gerçekleşme olasılıklarının tam olarak belirlenebilmesi,
2. Belli bir stratejinin seçimiyle ortaya çıkan sonuçların tam ve kesin olarak bilinmesidir.

Buradan da anlaşılacağı gibi, bir durumun gerçekleşmesi belirlilik ortamında kesin olarak bilinirken, risk ortamında olasılıklar biçiminde bilinmektedir.

Belirsizlik ortamı genelde, gerçekleşecek durumların olasılıklarının kesin olarak bilinmediği durumlarda ortaya çıkmaktadır. Diğer bir deyişle, ortamların ve seçeneklerin nasıl bir sonuç vereceği karar verici tarafından bilinmezse, burada meydana gelecek sonuçlara herhangi bir olasılık değeri verilememektedir.

Karar vericinin her karar ortamında kullandığı karar verme araçları farklıdır. Bu karar verme araçlarına kısaca bakıldığında; *belirlilik ortamı* deterministiktir ve en basit karar verme koşullarından biridir. Böyle bir ortamda genelde karşılaşılan seçenekler, minimum ya da maksimum olarak karar verici tarafından tercih edilmekte ve doğrusal programlama, CPM gibi optimizasyon tekniklerini yanı sıra diferansiyel hesap, türev, integral, fonksiyonlar teorisi gibi temel analiz yöntemleri kullanılarak problemin çözümüne gidilmektedir.

Risk ortamında, olaylar belli olasılık değerlerine göre meydana geldiğinden öncelikle olasılık teorisinin kullanılması gerekmektedir. Burada, beklenen değer kavramı esas alınmaktadır. Yani, beklenen karı en yüksek yapan seçenek ve beklenen zararı en az yapan seçenek, en uygun sonucu sağlayan seçenek olarak adlandırılmaktadır. Burada da bilinen olasılıklı programlama, PERT, simülasyon gibi optimizasyon teknikleri olasılık teorisi ile birlikte kullanılmaktadır.

⁶⁵ A. Öztürk (2005). *Yöneylem Araştırması*, Bursa: Ekin Kitabevi, s.16.

Belirsizlik altında karar ölçütleri, gelecekte olması olanaklı doğa durumlarının bilinip ancak karar vericinin bu durumlara olasılık atayabilecek bilgisi olmadığı kabul edildiği karar durumlarında uygulanabilmektedir.⁶⁶ Belirsizlik ortamında karar verme ile ilgili olarak ortaya atılan çeşitli kuramlar mevcuttur. Bunlardan bazıları klasik olasılık kuramı, Bayes kuramı, klasik kümeler kuramına dayalı Hartley kuramı, Dempster Shafer Kuramı ve Zadeh'in Lukasiewicz Mantığını temel alan Bulanık Kümeler Kuramıdır.⁶⁷

2.1 Bulanık Mantık

Mühendislikte ve diğer bilim dallarında olaylar ve sistemler, kesin matematiksel modeller kullanılarak tanımlanmaktadır. Oluşturulan bu modellerin kullanılması ile olayın veya sistemin gelecekte alacağı durum veya göstereceği davranış biçimi tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Halbuki günlük yaşantıda karşılaşılan problemlerin büyük bir çoğunluğu ya çeşitli nedenlerden dolayı tam olarak modellenemeyebilmekte ya da kesin bir durumu ifade edemeyebilmektedir. Bu tip problemlerin incelenmesinde ve çözümlenmesinde Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) yaklaşımı kullanılabilir.⁶⁸

Bulanık mantık, bir sistemin girdi-çıkı 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.⁶⁹ Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplindir. Doğruluğun ya da yanlışlığın derecesini konu almaktadır. İki seviyeli mantığın oldukça genelleştirilmiş hali olarak da düşünülebilmektedir. Öyle ki doğru ve yanlış arasına, kısmen doğru ya da kısmen yanlış kavramları da eklenerek spektrum genişletilmiştir.⁷⁰

⁶⁶ H. Tütek, Ş. Gümüsoğlu (2000). *Sayısal Yöntemler*, İstanbul: Beta Yayınları, s.69.

⁶⁷ Baray, 1993: 93

⁶⁸ O. Türkbey (2003). Makina Sıralama Problemlerinde Çok Amaçlı Bulanık Küme Yaklaşımı, *Gazi Ünv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt:18, No:2, s.63.

⁶⁹ M. Özkan (2003). *Bulanık Hedef Programlama*, Bursa: Ekin Kitabevi, s.132.

⁷⁰ İ. Ertuğrul (1996). *Bulanık Mantık ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, s.6.

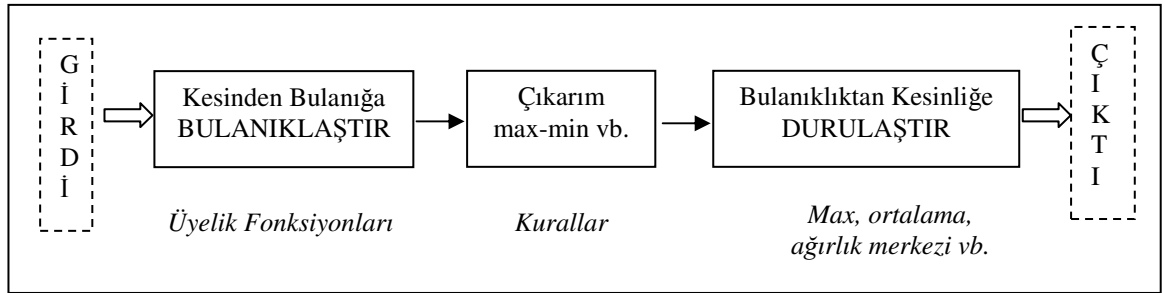
Bulanık mantık düşünüşüne uygun düşen modelleme problemleriyle karşılaştığında, genellikle bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanma yoluna gidilmektedir. Uzman operatör; dilsel değişkenler/niteleyiciler (linguistic variables) olarak tanımlanabilen “uygun, çok uygun değil, yüksek, biraz yüksek, fazla, çok fazla” gibi günlük yaşantıda sıkça kullanılan kelimeler doğrultusunda esnek bir denetim mekanizması geliştirmektedir. Buna göre dilsel değişken, değişken değeri olarak, bir dildeki kelimeleri alabilen değişkendir.⁷¹ Böylece dilsel değişkenler, karmaşık veya net olarak ifade edilemeyen kavramların ve karar proseslerinin, yaklaşık olarak nitelenebilmesini sağlamaktadır.⁷² İşte bu şekilde dilsel değişkenlerin kullanımına izin vermesi, bulanık mantığı diğer mantık sistemlerinden ayıran önemli bir farklılıktır.

Bulanık mantık, klasik mantığın tersine, herhangi bir cümlenin doğruluğunun derece sorunudur. Örneğin eğer (if)(hava soğuksa) o halde (then)(sıcaklığı aç) kuralı için bütün değişkenler (hava ve aç) değerlerin aralığına karşılık gelmektedir. Bulanık sistemler, bilgisayara 0 ile 1 arasında doğru değerini nasıl hesaplanacağını gösterebilmek için üyelik fonksiyonlarına dayanmaktadır. Bir sistemin işleyişi veya bir nesne için, “ne kadar” veya “hangi noktadan sonra” gibi soruların yanıtları ile bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları oluşturulmaya çalışılmaktadır. Herhangi bir bulanık cümlenin derecesi, 0 ile 1 arasında gösterilmektedir. Tipik bir bulanık sistem kural tabanını, üyelik fonksiyonunu ve çıkarım prosedürünü içermektedir.⁷³ Bu durum Şekil 2.1’de görülmektedir.

⁷¹ L.A. Zadeh (1975). The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-I, *Information Sciences*, Vol:8, p.222.

⁷² L.A. Zadeh (1975). The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-III, *Information Sciences*, Vol:9, p.78.

⁷³ K. Metaxiotis vd. (2003). Integrating Fuzzy Logic into Decision Support Systems:Current Research and Future Prospects, *Information Management & Computer Security*, 11/2, p.54.



Şekil 2.1: Tipik Bir Bulanık Sistem

Bulanık mantığı, diğer mantık sistemlerinden ayıran önemli özelliklerden birisi, üçüncünün olmazlığı ilkesi ve çelişmezlik ilkesi olarak adlandırılan ve diğer mantık sistemleri için oldukça önemli olan hatta temel kural denilebilecek iki özelliğin, bulanık mantık için geçerli olmamasıdır. Bulanık mantıkta bir önerme aynı zamanda hem “doğru” hem de “yanlış” olmaz denilememektedir. Bu durum, doğruluğun çok değerli oluşundan ve bu çerçevede “ve” bağlaçlarına yüklenen anlamdan kaynaklanmaktadır.⁷⁴

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüşlerine ve değer yargılarına yer verilmesi; ikinci ise, insan kavrayışına ve yargısına gerek duyulan hallerdir.⁷⁵ İncelenen sistemlerin karmaşıklığı arttığında, az veya yeterli miktarda veri bulunmadığında bulanıklık, o kadar etkili olacaktır. Bu sistemlerin çözümlerinin araştırılmasında bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinden, bulanık mantık kurallarının kullanılması ile anlamlı ve yararlı çözüm çıkarımlarının yapılması yoluna gidilmektedir.⁷⁶

Matematikçilerin elinde bir sistemin girdilerine yanıt verecek özel algoritmalar bulunmadığında bulanık mantık, belirsiz niceliklere başvuran “sağduyulu” kurallar kullanarak sistemi denetleyebilmekte ve

⁷⁴ N. Baykal, T. Beyan (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*, Ankara: Bıçaklar Kitabevi, s.39.

⁷⁵ A. Kandel (1986). *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*, Boston, MA: Addison-Wesley Publishing Company, p.2.

⁷⁶ Z. Şen (2004). *Mühendislikte Bulanık(Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*, İstanbul: Su Vakfı Yayınları, s.8.

betimleyebilmektedir.⁷⁷ Başka bir deyişle, belirsiz bilgileri işleyebilme ve kesin rakamlar ile ifade edilemeyen durumlarda karar vermeyi kolaylaştırmaktadır.⁷⁸ Bulanık mantık ile tasarlanan ürünlerin kullanımı, tasarlanması, denenmesi daha kolay ve standart sistemlere göre daha iyi bir denetim sağlamaktadır. Ayrıca bulanık mantığın uygulamaya geçirilişi kolay, hızlı ve ekonomiktir.⁷⁹

Bulanık mantığın tüm bu avantajlarının yanında bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Bulanık mantıkta kullanılan üyelik fonksiyonları değişkenlerinin belirlenmesinde, kesin sonuç veren bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme-yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilmektedir. Uzun testler yapmadan gerçekten ne kadar üyelik fonksiyonu gerektirdiğini önceden kestirmek çok güçtür. Bunun yanında bulanık mantık yaklaşımında üyelik fonksiyonu değişkenleri, sisteme özeldir ve başka sistemlere uyarlanması çok zordur.⁸⁰

2.2 Bulanık Mantığın Tarihçesi ve Uygulamaları

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.⁸¹ İşte bulanık küme kuramı, bu çalışmalara alternatif olarak geliştirilmiştir.

Bulanıklık kavramı, ilk olarak Amerikalı filozof Black (1937) tarafından ortaya atılmış ve bundan otuz yıl kadar sonra 1962 yılında Zadeh tarafından ele alınmıştır. Zadeh (1965)'in yayınladığı makalede, bulanık küme kuramının temelleri

⁷⁷ Ertuğrul, 1996: 5

⁷⁸ E. Öztemel (2003). *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul: Papatya Yayıncılık, s.27.

⁷⁹ Ç. Elmas (2003). *Bulanık Mantık Denetleyiciler*, Ankara: Seçkin Kitabevi, s.29.

⁸⁰ Elmas, 2003: 40

⁸¹ K. Yenilmez (2001). *Bulanık Doğrusal Programlama Problemleri için Yeni Çözüm Yaklaşımları ve Duyarlılık Analizi* (Basılmamış Doktora Tezi), Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, s.2.

oluşturulmuştur.⁸² Zadeh bu makalede, sistemdeki karmaşıklığın yarattığı belirsizliğin farklı görünümünü ve kişilerin algılama farklılıklarını ele almıştır.⁸³ 1970'lerde bulanık mantık, endüstriyel uygulamalarda uygulanan bir bulanık mantık sistemi oluşturmak için uzman sistemlerle birleştirilmiştir.

Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanması, 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile olmuştur. Bu araştırmacılar, ilk defa bir buhar makinesi kontrolünün bulanık sistem ile modellenmesini başarmıştır.

Daha sonraki yıllarda bulanık sistem uygulaması bir çimento fabrikasının işletilmesi ve kontrolü için yapılırken, artık bulanık kavramlar dünyanın birçok yerinde yavaş yavaş kullanılmaya başlanmıştır. Bu başlama, batıda çok yavaş olurken, doğuda ve özellikle de Japonya, Singapur, Kore ve Malezya'da fazlaca kendisini göstermiştir. Teknolojiye duyarlı olan Japon mühendisleri, bulanık kontrol birimlerini kurmanın ne kadar kolay olduğunu göreyerek, bunları birçok cihazın yapımında kullanılmaya başlamışlardır. Bunlar arasında bulanık sistemin elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro ve şirket işletimi gibi konularda kullanılmasında 1980 sonrasında patlama olmuştur.⁸⁴

Çoğu endüstriyel uygulamalar bulanık mantık sistemlerini, sinirsel ağlar ile çalıştırmaktadırlar. Sinirsel ağların ve bulanık sistemlerin birleşmesi, umut verici bir alandır. Hem sinirsel ağlar hem de bulanık mantık, model gerektirmeyen sayısal yaklaşımlardır. Her yaklaşım, karmaşık matematiksel analizden çok basit bir algoritmik prosesi uygulamakta ve parametreleri ayarlamaktadır. Bu benzerlikler, iki prosesin birleştirilmesi için potansiyeli geliştirmektedir. "Bulanık sinirsel ağlar (fuzzy neural networks)" adı verilen yaklaşım, sinirsel ağları ana parça olarak kullanmakta ve sonra bulanık mantık sisteminin özelliklerini eklemektedir. Bunun

⁸² N. Yapıcı (2000). *Bulanık Doğrusal Programlamaya Sinir Ağları Yaklaşımı* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, s.5.

⁸³ M. Özkan (2002). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Örneği* (Basılmamış Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, s.4.

⁸⁴ Şen, 2004: 9

tersine “sinirsel bulanık sistemler (neural fuzzy systems)” yaklaşımında bulanık sisteme sinirsel ağların özellikleri eklenmektedir.⁸⁵

2.3 Bulanık Küme Kuramı ve Bulanık Mantık

Belirsiz durumlarla günlük yaşantıda oldukça sık karşılaşılmaktadır. Hal böyle olunca belirsizliğin matematiksel ifadesi problemi de matematikçilerin üzerinde eğildikleri önemli bir konu haline gelmiştir. İşte bulanık kümeler kuramı, bu önem vermenin bir sonucu olarak ortaya atılmıştır. Bulanık kümeler kuramı, benzer dünyada var olan ikiden fazla doğruluk değerlerini dikkate alarak belirsiz ortamlarda doğru karar vermeye ışık tutan, elektronikten beşeri ilişkilere kadar geniş uygulama alanına sahip bir kuramdır. Başka bir deyişle bulanık küme kuramı, klasik matematiğin standartlarına göre pek çok bakımdan belirsiz olan veya kesin olmayan karar süreçlerine matematiksel bir kesinlik kazandıran kavramlar ve yöntemler bütünüdür.⁸⁶

Bulanık bir küme, sınır koşulları esnek olarak tanımlanabilen bir kümedir. Bulanık küme kuramı, kısmi üyeliğe izin vererek geleneksel küme kuramını genelleştirmekte ve küme üyeliği için, $[0,1]$ aralığında herhangi bir değeri kabul etmektedir. Geleneksel kümelere bakıldığında, geleneksel kümelere kümeye üye olanlar veya olmayanlar arasındaki ayırım, esnek olmayan ve sert bir yapıdadır. Diğer bir ifadeyle geleneksel kümelere küme üyeliği arasındaki geçiş, 0'dan 1'e ve 1'den 0'a kesikli bir durumdur.⁸⁷ İşte geleneksel ve bulanık kümeler, sınır koşulu ve üyelik derecesi anlamında birbirinden ayrılmakta ve birbiriyle karşılaştırılmaktadır.

Türkşen'e göre bulanık küme kuramının amacı, belirsizlik ifade eden tanımlanması güç ya da anlamı zor kavramlara üyelik derecesi atayarak onlara belirlilik kazandırmaktır. Bu nedenle yaklaşım, iki değerli kümeler kuramının, çok değerli kümeler kuramına dönüşümünden doğmaktadır. Bulanık kümeler, belirlilik derecesi ya hep ya da hiç kavramının ötesinde bir görüşten ortaya çıkmaktadır.⁸⁸

⁸⁵ T. Ting-Du, P. Wolfe (1997). Implementation of Fuzzy Logic Systems and Neural Networks in Industry, *Computers in Industry*, Vol:32, p.266.

⁸⁶ Yenilmez, 2001: 2

⁸⁷ Özkan, 2003: 4

⁸⁸ Yapıcı, 2000: 5

Bulanık küme kuramı, tanımlamayı ve kesin sınırları gerektirmeyen bu tür problemleri çözmek için geliştirilerek kısmi üyelik ilişkilerini göz önüne almaktadır. Bulanık küme kuramı, basitleştirilmiş modeli faydalı hale getirmek için geliştirilmekte; bu yüzden insani durumları içeren gerçek dünya sistemlerinin çözümü sırasında daha sağlam ve esnek model geliştirilebilmektedir.⁸⁹ Bulanık küme kuramı, kesin olmamaya yol açan bazı problemler için iyi bir çözüm olarak görüldüğü için; ekonomi, işletme, kontrol teorisi, karar ve bilgi sistemleri, mantık, insan durumu, yapay zeka/uzman sistem, sosyal bilimler, yöneylem araştırması vb. konularda uygulanabilmektedir.

Bulanık küme kuramının dezavantajlarına kısaca bakıldığında, üyelik fonksiyonlarının makul bir şekilde oluşumu açık değildir. Daha basit fonksiyonların bileşimi ve istatistiksel veri kullanımı önerilmiştir, fakat henüz genel yaklaşım görüntüsü tamamen oluşmamıştır. Uygulayıcılar için tanımların seçimi, tam uygun olmayabilmektedir. Zadeh'in kabul ettiği gibi, farklı tanımlar, farklı durumlar geçerlidir. Bununla birlikte, kullanılan tanımlar her zaman açık değildir.⁹⁰

2.3.1 Bulanık kümeler ve olasılık

Bulanık kümeler kuramının temelinde, olabilirlik yatmaktadır. Olabilirlik, risk ortamında karar vermede kullanılan olasılıktan daha farklıdır. Arada yapısal bir farklılık söz konusudur. Bu yapısal farklılık, her iki kavramın açıklamaya çalıştığı belirsizliğin başka başka olmasından kaynaklanmaktadır.⁹¹ Örneğin “yarın yağmur yağacak” ifadesinde olasılıklı bir durum söz konusu iken, “yaşlı insan” ifadesinde ise, “yaşlı” ifadesinden kaynaklanan bir bulanıklık söz konusudur. Ama her iki durumda da bir belirsizlik vardır. Olasılık, bir olayın meydana gelişindeki belirsizliği

⁸⁹ M.H. Atin (1999). *Bulanık Lineer Programlama* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s.4.

⁹⁰ S.H. Çelik (2000). *Bulanık Rasgele Doğrusal Programlama* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.30.

⁹¹ H.J. Zimmermann (1991). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, p.110.

açıklarken, bulanıklık bir olayın belirsizliğini açıklamaktadır.⁹² Bulanık küme kavramını kullanarak, görelî algılamaya dayanan üyelik ilişkisi doğrultusunda çeşitli olaylar ölçülmektedir. Belirsizliği düzenlemek için ise, dilsel değişkenler tercih edilmektedir.⁹³ Olasılığın doğruluk değeri ise, zamana bağılı olmaktadır. Ayrıca gerçekleşmesi beklenen durum, bu zaman sonunda test edilmekte ve ifadenin doğruluk değeri kesinleşmektedir. Örneğin, “yarın yağmur yağacak” ifadesinin doğru olup olmadığını anlamak için yarının olması beklenecek, yani belli bir zaman geçecek ve bu geçen zamanın sonunda yağmurun yağıp yağmayacağına bakılacak, başka bir deyişle geçen zaman sonunda varılan durumun ne olacağı araştırılacaktır.⁹⁴

Oysa “yaşlı insan” ifadesinde zamana bağılılık ve zaman sonunda varılan durumun test edilmesi, bu ifadenin doğruluk değerini etkilemeyecektir. Ayrıca, olasılık dağılımı belli sayıda tekrarlanan gözlem sonuçlarından elde edilirken, olabirlikte böyle bir durum söz konusu değildir. Olabirlikte insanların (genelde uzmanların) değerlendirilmesine başvurulmaktadır. Olasılıkta ise, böyle bir şey olmamaktadır.⁹⁵

Basit bir örnek ile, olasılık ve üyelik arasındaki farkı göstermek için şu cümle düşünölsün: “İyi bir birim, x tane yırtığa sahip olabilir”. Burada x , $E=\{0,1,2,3,\dots\}$ arasında bir değeri alır. x ile $\mu(x)$, “iyi” birimler kümesine aitlik derecesi olarak yorumlanmaktadır. x ile $f(x)$ olasılık yoğunluk fonksiyonunu, x çizikleri ile gözlemlenen bir birimin olasılığı olarak yorumlanmaktadır. Bahsedilen cümlenin olasılık ve üyeliğini göstermek için örneklemelerin alındığını düşünölerken; $\mu(x)$, $f(x)$ değeri Tablo 2.1’de verilmektedir. $\mu(x)$ değeri, uzman yargılarından elde edilen görelî değeri, $f(x)$ değeri ise örneklem gözlemlerinden elde edilen objektif değeri olduğu unutulmamalıdır.

⁹² T.J. Ross vd., (2002). *Fuzzy Logic and Probability Applications: Bridging The Gap*, Philadelphia: SIAM Publishers, p.31.

⁹³ T.H. Wang (1988). *Development of Control Charts for Linguistic Data*, The University of Iowa, Iowa, p.28.

⁹⁴ Baray, 1993: 98

⁹⁵ Baray, 1993: 98

Tablo 2.1: Yırtık ile İlgili Olasılık ve Üyelik Değerleri

x	0	1	2	3	4	5	6	7
$\mu(x)$	1,0	0,9	0,8	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0
$f(x)$	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

2 çizikli iyi bir birimin üyelik derecesi 0,8 iken; iki çizikli herhangi bir birimin olasılığı 0,2 veya daha düşüktür.⁹⁶ Bu yüzden yüksek üyelik derecesi, daha yüksek olasılığı veya düşük olasılık derecesi, düşük üyelik derecesini gerektirmemektedir.⁹⁷ Ayrıca her mümkün sonuca karşılık gelen olasılık toplamının 1'e eşit olması gerekirken, bu sınırlama üyelik fonksiyonuna uygulanamamaktadır.

2.3.2 Üyelik fonksiyonu

Genel olarak, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye *üyelik fonksiyonu* adı verilmektedir. Başka bir deyişle, bulanık küme tarafından tanımlanan ve 0 ile 1 arasında değer verebilen ilgili karakteristik fonksiyona *üyelik fonksiyonu* denilmektedir.⁹⁸ Buna göre *üyelik derecesi*, 0 ile 1 arasındaki değişimin, her bir öge için değeridir. Üyelik fonksiyonu grafiğinde x eksenini, üyeleri gösterirken; y eksenini de, üyelik derecelerini göstermektedir.

X evrensel kümesinde tanımlanan, bulanık küme A için μ_A üyelik fonksiyonu şöyle ifade edilmektedir:

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1]$$

μ_A üyelik fonksiyonu, [0,1] kapalı aralığında gerçek bir sayıyı göstermektedir. Burada 0 sayısı, ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını; 1 sayısı, ilgili nesnenin kümenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer arasındaki herhangi bir sayı ise, ilgili nesnenin kümeye derecesini veya kısmi üyeliğini belirtmektedir. $\mu_A(x)$ değerinin 1'e yakın olması, x'in A kümesine daha fazla ait olması demektir.⁹⁹

⁹⁶ Wang, 1988: 28

⁹⁷ L.A. Zadeh (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol:1, p.8.

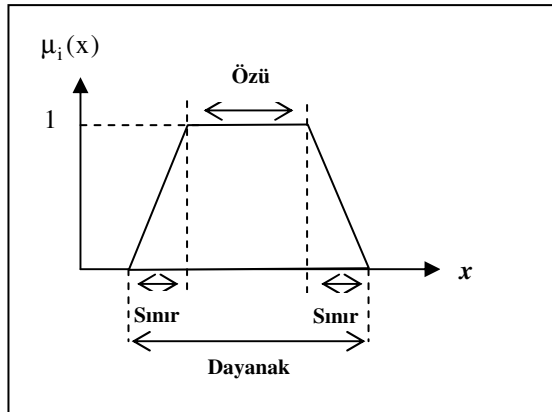
⁹⁸ L.A. Zadeh, J. Kacprzyk (1992). *Fuzzy Logic for The Management of Uncertainty*, Newyork: John Wiley&Sons Inc., p.214.

⁹⁹ Atin,1999: 9

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında, sayısal ve işlevsel olmak üzere iki yol vardır. Sayısal tanımlama, bulanık kümenin üyelik işlevini ve üyelik derecesini belirten sayılardan oluşmuş vektör olarak tanımlanmaktadır. Bu vektörün boyutu, ayrıklaştırma seviyesine bir başka deyişle uzaydaki süresiz elemanların sayısına bağlı olmaktadır. İşlevsel tanımlama ise, bulanık kümenin üyelik fonksiyonu, tanım uzayındaki her bir eleman için üyelik derecesini hesaplayabilen analitik deyimlerle tanımlanmaktadır.¹⁰⁰

Üyelik fonksiyonları genellikle küçük, orta, büyük olarak 3; küçük, orta küçük, orta, orta büyük, büyük olarak 5 veya çok küçük, küçük, az küçük, sıfır, az büyük, büyük, çok büyük olarak 7 etikette tek sayı olarak tanımlanmaktadır.¹⁰¹

En genel hali ile yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonu Şekil 2.2’de görüldüğü gibi değişik kısımlara sahiptir.



Şekil 2.2: Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

Görüldüğü gibi verilen bir alt kümede bir değil, birden fazla öğenin üyelik derecesi 1'e eşit alınabilmektedir. İşte üyelik dereceleri 1'e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına, o alt kümenin özü (core) denmektedir.¹⁰² Burada $\mu_i(x) = 1$ 'dir.

¹⁰⁰ Elmas, 2003: 36

¹⁰¹ Ertuğrul, 1996: 17

¹⁰² Şen, 2004: 28

Bir alt kümenin tüm öğelerini içeren aralığa, o alt kümenin dayanağı (support) adı verilmektedir. Dayanakta bulunan her öğenin az veya çok değerde üyelik dereceleri vardır. Gösterim olarak, $\mu_i(x) > 0$ 'dır.

Üyelik dereceleri 1'e veya 0'a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun sınırları (boundary) veya geçiş bölgeleri denmektedir. Gösterim olarak, $0 < \mu_i(x) < 1$ 'dir. Genel olarak tüm üyelik fonksiyonlarında, biri sağda diğeri solda olmak üzere iki tane geçiş bölgesi vardır.

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarında üyelik derecelerinin 0,5'e eşit olması durumundaki noktaya geçiş noktası (cross-over) denmektedir. Yani $\mu_i(x) = 0,5$ 'tir. Bulanık kümenin yüksekliği, üyelik derecesinin en büyük olduğu öğeye karşılık gelmektedir. Normal bulanık kümenin yüksekliği, 1'e eşittir. Normal olmayan bulanık kümeleri normal hale dönüştürmek için (dışbükey olmaları şartı ile), kümenin üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesine bölünmesi gerekmektedir.

Bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonu belirli bir $x = c$ noktası için simetrik ise bulanık küme, simetrik olarak tanımlanmaktadır. $\mu_i(x + c) = \mu_i(c - x)$ olarak gösterilmektedir. Üyelik fonksiyonları simetrik olabilir de olmayabilir de.

2.3.2.1 Üyelik fonksiyonu tipleri

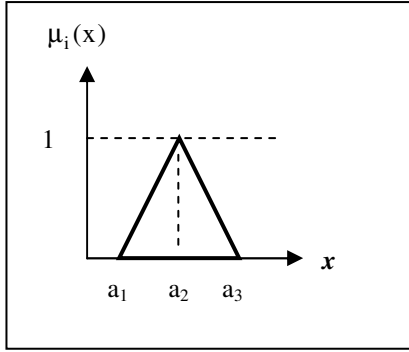
Çok sayıda üyelik fonksiyonu olmakla birlikte pratikte en fazla kullanılanlar üçgen, yamuk, çan eğrisi fonksiyonlarıdır. Denetimi yapılan sistemin özelliğine göre bunların dışında uygun bir fonksiyon da kullanılabilir.

Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Bir üçgen üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile tanımlanmaktadır.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise } (x-a_1)/(a_2-a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & \text{ise } (a_3-x)/(a_3-a_2) \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 & \text{ise } 0 \end{cases}$$

Şekil 2.3'de üçgen üyelik fonksiyonuna bir örnek gösterilmektedir.



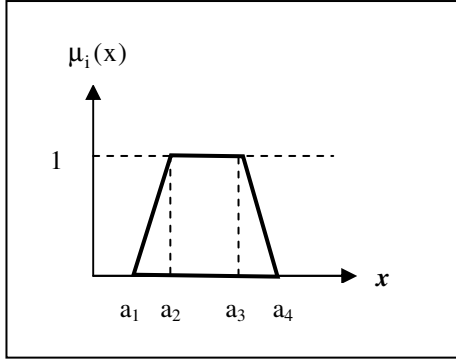
Şekil 2.3: Üçgen Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi

Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Bir yamuk üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 olarak dört parametre ile tanımlanmaktadır. Aslında üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir durumudur.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise } (x-a_1)/(a_2-a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & \text{ise } 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 & \text{ise } (a_4-x)/(a_4-a_3) \\ x > a_4 \text{ veya } x < a_1 & \text{ise } 0 \end{cases}$$

Şekil 2.4'de üçgen yamuk fonksiyonuna bir örnek gösterilmektedir.



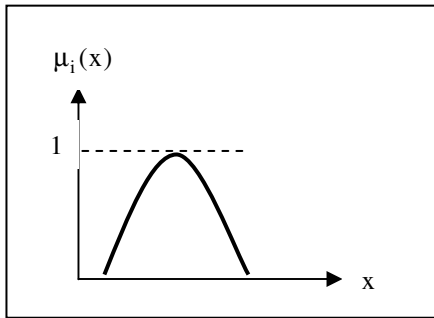
Şekil 2.4: Yamuk Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi

Gaussian Üyelik Fonksiyonu

Bu tip bir üyelik fonksiyonu m ve σ parametreleri ile tanımlanmaktadır.

$$\mu_A(x; m, \sigma) = \exp\left\{\frac{-(x - m)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

Burada m , fonksiyon merkezini ve σ da genişliğini ifade etmektedir. σ küçük olduğunda üyelik fonksiyonu daha ince olurken, bu değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu gittikçe yayvanlaşacaktır.¹⁰³ Şekil 2.5'de gaussian üyelik fonksiyonuna bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Gaussian Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi

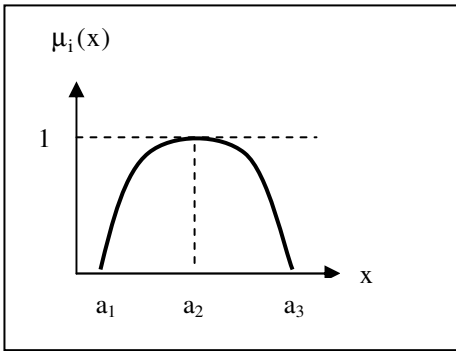
¹⁰³ J. Yen, R. Langari (1999). *Fuzzy Logic, Intelligence, Control and Information*, New Jersey: Prentice Hall, p.64.

Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile tanımlanmaktadır.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \left\{ \frac{1}{1 + \left| \frac{x - a_3}{a_1} \right|^{a_2}} \right\}$$

Şekil 2.6'da çan şekilli üyelik fonksiyonuna bir örnek gösterilmektedir.



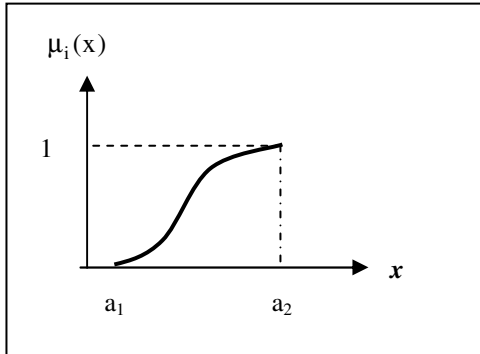
Şekil 2.6: Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi

Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu, a_1 ve a_2 olarak iki parametre ile tanımlanmaktadır.

$$\mu_A(x; a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a_1(x - a_2)}} \right\}$$

Şekil 2.7'de sigmoidal üyelik fonksiyonuna bir örnek gösterilmektedir.



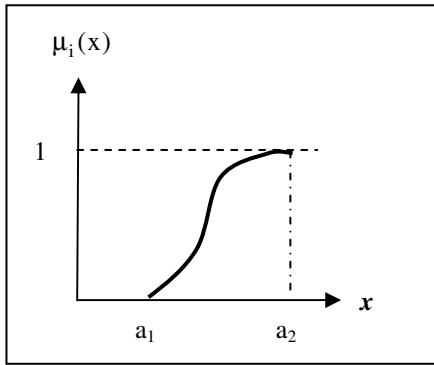
Şekil 2.7: Sigmoidal Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi

S Üyelik Fonksiyonu

Bu üyelik fonksiyonu a_1 ve a_2 parametre ile tanımlanan düzgün bir üyelik fonksiyonudur. Bu fonksiyonun adı, şeklinin S harfine benzemesinden gelmektedir.¹⁰⁴

$$\mu_A(x; a_1, a_2) = \begin{cases} x \leq a_1 & \text{ise } 0 \\ a_1 \leq x \leq [(a_1 + a_2)/2] & \text{ise } 2[(x - a_1)/(a_2 - a_1)]^2 \\ [(a_1 + a_2)/2] \leq x \leq a_2 & \text{ise } 1 - 2[(x - a_2)/(a_2 - a_1)]^2 \\ a_2 \leq x & \text{ise } 1 \end{cases}$$

Şekil 2.8’de S üyelik fonksiyonuna bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.8: S Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimi

2.3.2.2 Üyelik derecesi atama

Olasılık hesabından da bilineceği gibi rastgele bir değişkene değişik olasılık yoğunluk fonksiyonları uydurulabileceğine benzer olarak, bulanık kümeler daha da fazla üyelik fonksiyonu uydurmak mümkündür. Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanmaktadır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde

¹⁰⁴ G. Bojadziev, M. Bojadziev (1991). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications*, London: World Scientific, p.65.

kullanılan yöntemlerin başlıcaları sezgi, çıkarım, mertebelenme, açılı bulanık kümeler, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, çıkarımcı muhakeme gibi değişik yaklaşımlardır.

2.3.3 Klasik ve bulanık kümeler

Eksiksiz olarak tanımlanmış ve bir takım genel özelliklere sahip nesnelere yığılmasına *küme* denmektedir.¹⁰⁵ Daha genel olarak küme, incelenen olayın sonucunda istenilen karar değişkeni için belirlenen olabirirlikler toplamını içeren topluluktur. Basit olarak olay, bir paranın atılarak yazı veya tura gelmesini tahmin etmekse, kesinlikle bilinen bu olayın iki sonuçlu olduğudur. Böylece olayın olabirirliklerini içeren küme, yazı ve tura kelimelerini içeren bir topluluktur.

Bir kümede yer alan nesnelere, o kümenin *elemanları* (*öğ*) denmektedir. Küme elemanları, olabirirlik taşıyan karar değişkenleridir. Elemanları sonlu sayıda olan kümeye *sınırlı küme*, elemanları sınırsız sayıda olan kümeye de *sınırsız küme* denmektedir. Kümeler bulanık olmayan kümeler (klasik kümeler) ve bulanık kümeler olarak adlandırılan iki grupta incelenebilmektedir.

2.3.3.1 Klasik kümeler için temel kavramlar ve işlemler

Klasik kümeleri göstermenin çeşitli yolları vardır. Listeleme yönteminde bir küme, elemanları ile yazılmaktadır. Kaplamsal tanım da denilen bu yöntemde kümeyi oluşturan bu nesnelere sırasına bakmadan küme parantezi içinde, aralarına “ , ” konularak yazılmaktadır. Bu gösterim, sonlu kümelerde kullanılmaktadır. Örneğin bir E kümesinin listeleme yöntemi ile gösterimi;

$$E = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\} \text{ şeklindedir.}$$

¹⁰⁵ A.S. Ögütü (2002). “*Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Yem Karışım Problemine Uygulanması* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, s.3.

Kural yöntemi ya da içlemsel denilen yöntemde ise, kümeyi oluşturan elemanların ortak özelliği yazılmaktadır. Örneğin E kümesinin elemanları $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ koşullarını yerine getiriyorsa B kümesi şu şekilde tanımlanmaktadır;

$$E = \{y | y ; p_1, p_2, p_3, \dots, p_n \text{ koşullarını yerine getirenler} \}$$

Burada E, evrensel kümeyi ifade etmektedir. *Evrensel küme*, incelenecek olayın veya olaylar dizisinin olabilecek tüm sonuçlarının bulunduğu kümedir. Evrensel kümeye bazen temel küme, toplum kümesi veya referans küme de denmektedir. Evrensel her küme, bulanık olmayan bir kümedir. Örneğin, $E = \{a,b,c,d,e,f\}$ evrensel küme ve E'nin $A = \{a,c,d\}$ gibi bir alt kümesi verilsin. E ve A kümeleri, sırasıyla

E =	<table style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	b	c	d	e	f	1	1	1	1	1	1
a	b	c	d	e	f								
1	1	1	1	1	1								

A =	<table style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	a	b	c	d	e	f	1	0	1	1	0	0
a	b	c	d	e	f								
1	0	1	1	0	0								

biçiminde ifade edilebilmektedir. Burada 0 ve 1 sayıları, elemanların üyeliğini tanımlamaktadır. 1 sayısı, elemanın alt kümeye ait olduğunu; 0 sayısı ise, elemanın alt kümeye ait olmadığı anlamına gelmektedir.¹⁰⁶ Şimdi E evrensel küme, $x \in E$ ve $A \subseteq E$ olmak üzere, klasik küme sonlu, sayılabilir ya da sayılamaz olabilen $x \in E$ elemanlarının bir birleşimi olarak düşünülebilmekte ve

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases}$$

eşitliği ile tanımlanmaktadır. Bu eşitlikte $\mu_A(x): X \rightarrow \{0,1\}$ klasik kümeler için üyelik fonksiyonunu ya da üyelik derecesini göstermektedir.¹⁰⁷ Üyelik fonksiyonu bilindiği gibi, E evrensel kümesine ait bir x elemanının A kümesine ait olma derecesini belirtmektedir. Bu eşitlikte $\mu_A(x)=1$ ise “x elemanı A kümesine aittir”, $\mu_A(x)=0$ ise “x elemanı A kümesine ait değildir.” anlamını taşımaktadır. Üyelik fonksiyonu, bu değerler dışında bir değer almamaktadır. A klasik kümesinin üyelik

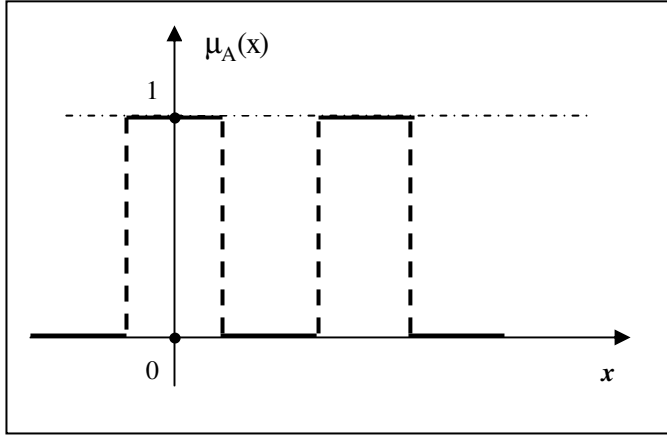
¹⁰⁶ Yenilmez, 2001: 7

¹⁰⁷ Bojadziev, Bojadziev, 1991: 104

derecesi, $\mu_A(x)$ 'in değer kümesi $\{0,1\}$ aralığındadır.¹⁰⁸ Şekil 2.9'da klasik bir küme görölmektedir. Buna göre yukarıda verilen A altkümesi için,¹⁰⁹

$$\mu_A(a)=1, \mu_A(b)=0, \mu_A(c)=1$$

$$\mu_A(d)=1, \mu_A(e)=0, \mu_A(f)=0 \text{ olmaktadır.}$$



Şekil 2.9: $\forall x \in R$ Olan Klasik Bir Küme

Evrensel kümenin tam karşıtı olan ve hiçbir şey bulundurmeyen kümeye de *boş küme* adı verilmektedir. Bir E evrensel kümesindeki A kümesinin boş küme olması, $A = \phi$ veya $\{ \}$ olarak ifade edilmektedir. Boş küme kavramı, hem klasik hem de bulanık kümelerde aynı anlama sahiptir. Klasik ve bulanık kümelerde boş kümenin bir şekil ile gösterilmesi mümkün değildir.

Boş bir küme (\emptyset); $\forall x \in E : \mu_{\emptyset}(x) = 0$ biçiminde tanımlanmaktadır.

Alt kümeler, evrensel kümenin değişik düşünce ve önerilere göre parçalanarak alt kümeler haline getirilmesi ile olmaktadır. Başka bir deyişle bir alt küme, evrensel kümenin bazı üyelerinin yığıdır.¹¹⁰ Örneğin bir zar atıldığında 5'den küçük olabirlilikler kümesi, $B = \{1,2,3,4\}$ 'dir.

¹⁰⁸ Yapıcı, 2000: 5

¹⁰⁹ A. Kaufmann, M.M. Gupta (1988). *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*, New York: Elsevier Science Publishers Company, p.14.

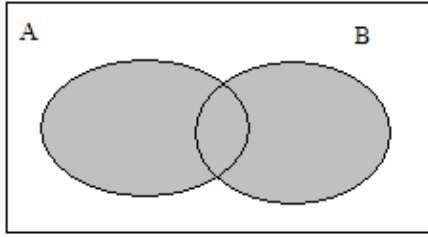
¹¹⁰ Ö. Tuncel (1997). *Bulanık Doğrusal Programlama (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi)*, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.4.

Her küme, kendisinin ve evrensel kümenin bir alt kümesidir. $A \subseteq B$ ve $B \subseteq A$ ise A ve B aynı üyeleri içermekte ve bu durumda A ve B kümelerine *eşit kümeler* denmektedir.¹¹¹ Bir E evrensel kümesinde tanımlanan A ve B şeklindeki iki alt kümenin eşit olması, $A = B$ olarak gösterilmektedir.

Klasik Kümeler Üzerindeki İşlemler

Birleşim İşlemi: Birleşim işlemi sonucu alt kümelerin “veya” ifadesi ile bir araya getirilmesi söz konusudur. Burada sözel işlem, “veya” kelimesinin mantıksal anlamından gelmektedir. Birleşim işlemi, klasik kümeler için “ \cup ” işareti ile gösterilmektedir. Şekil 2.10’da klasik iki kümenin birleşimi Venn Şeması ile gösterilmiştir.

$$\text{Birleşim: } \mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$



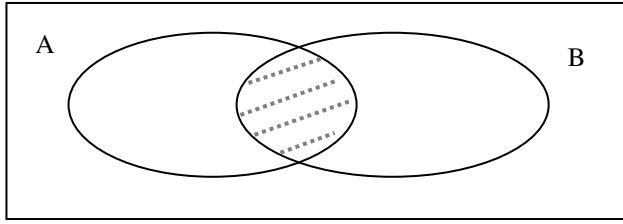
Şekil 2.10: İki Klasik Kümenin Birleşimi

Kesişim İşlemi: Kesişim işlemi sonucu kümelerde iki alt kümenin “ve” ifadesi ile bir araya getirilmesi söz konusudur. Burada “ve” ifadesi ile göz önünde tutulan iki veya daha fazla alt kümelerde bulunan ortak öğelerin teşkil ettikleri küme anlaşılmaktadır. A ve B gibi iki kümenin kesişimi, “ \cap ” ile gösterilmektedir.¹¹² Şekil 2.11’de klasik iki kümenin kesişimi, Venn Şeması ile gösterilmiştir.

$$\text{Kesişim: } \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$$

¹¹¹ Öğütü, 2002: 3

¹¹² İ. Ertuğrul (2005). *Temel Matematik*, Bursa: Ekin Kitabevi, s.12



Şekil 2.11: İki Klasik Kümenin Kesişimi

Fark İşlemi: Klasik kümelerde fark işlemi sonucunda, A klasik kümesinden B klasik kümesinin çıkarılması ile elde edilen kümede, A'ya ait olan ama B'nin ögesi olmayan öğeler bulunmaktadır.

Tümleme İşlemi: Bir evrensel kümenin alt kümesi olan A klasik kümesinin tümleyeni A'nın öğeleri dışında bulunan evrensel kümenin tüm öğelerini içeren küme olarak tanımlanmakta ve \bar{A} olarak gösterilmektedir.

$$\text{Tümleyen: } \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

2.3.3.2 Bulanık kümeler için temel kavram ve işlemler

Bulanık bir küme, üyeleri kesin olarak belirli olmayan ama aday öğelerin bu kümeye üyelik derecelerinin bilindiği bir kümedir.

Bulanık kümeler de, klasik kümelere benzer şekilde iki yöntemle gösterilmektedir. Bunlardan birincisi, küme elemanlarının üyelik derecelerine göre sıralanması, 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;

$$A = \{x, \mu_A(x)\}$$

olarak yazılabilmektedir. Bu durumda E'deki bulanık küme olan A,¹¹³

¹¹³ Ross vd., 2002: 32

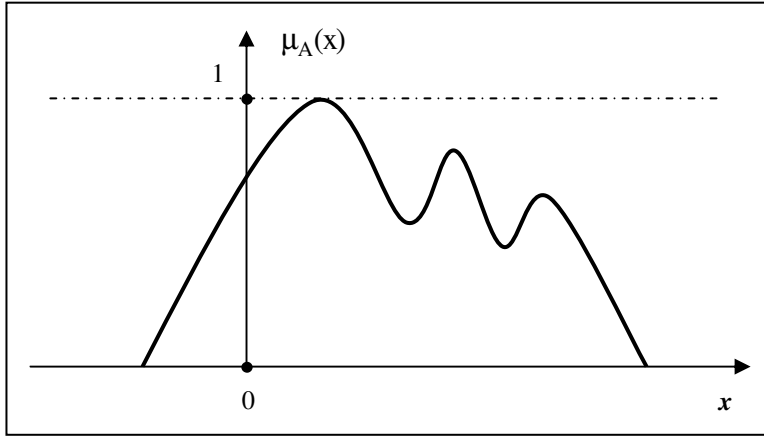
$$A = \{\mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n\} = \sum \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \text{ şeklindedir.}$$

Bu gösterimdeki toplama işareti, alışa geldiğimiz toplamı değil, artı işareti ile küme öğelerinin topluluğunu ifade etmektedir.

Bulanık kümenin sürekli veya sayılamaz olması durumunda gösterimi ise;

$$A = \left\{ \int \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \text{ şeklindedir.}$$

Burada kullanılan integral işareti ise, bilinen integral anlamına gelmemekte yine topluluğu gösteren bir işaret olarak algılanmaktadır.¹¹⁴



Şekil 2.12: $\forall x \in \mathbb{R}$ Olan Bulanık Bir Küme

Şekil 2.12’de, $\forall x \in \mathbb{R}$ olan bulanık bir küme görülmektedir. Görüldüğü gibi kesin bir küme ile bulanık bir küme arasındaki temel farklılık, öğelerin aldığı üyelik derecelerinden kaynaklanmaktadır.¹¹⁵ Kesin bir kümenin üyelik dereceleri yalnızca 0 ya da 1 değerlerini alırken, bulanık bir kümenin öğelerinin üyelik dereceleri $[0,1]$ kapalı aralığındaki herhangi bir değeri alabilmektedir.¹¹⁶

¹¹⁴ Zadeh, 1975: 222

¹¹⁵ Tuncel, 1997: 6

¹¹⁶ J.J. Buckley (2003). *Fuzzy Probabilities, New Approach and Applications*, New York: Physica-Verlag, p.7.

A ve B gibi iki bulanık kümenin üyelik dereceleri aynı ise, bu iki kümeye *eşit kümeler* denmekte ve

$$\forall x \in E, A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x)$$

şeklinde gösterilmektedir. Her eleman için $\mu_A(x) \neq \mu_B(x)$ ise $A \neq B$ 'dir.¹¹⁷

Eğer E evrensel kümesinin her bir elemanının bulanık A kümesindeki üyelik derecesi, bulanık B kümesindeki üyelik derecesinden küçük veya eşitse; A bulanık kümesi, B bulanık kümesinin alt kümesi olmaktadır. Bu durumda,

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x), x \in E$$

$A \subseteq B$ 'dir.

Destek (Support) Kümesi: E evrensel kümesindeki bir A bulanık kümesinin destek kümesi, keskin küme olup, E'in A bulanık kümesinde 0'dan farklı üyelik derecesine sahip olan elemanların hepsini içermektedir. E'in bulanık kümelerinin destekleyicileri aşağıda gösterildiği gibi ifade edilmektedir:¹¹⁸

$$\text{Supp}A = \{x \in E \mid \mu_A(x) > 0\}$$

α -Kesme (cut) Kümesi : α eleman işareti (0,1] olmak üzere, bir A bulanık kümesinin α -kesmesi, E evrensel kümesinin bulanık olmayan bir alt kümesidir. Bulanık A kümesinin α -bölüm keskin kümesi A_α ile gösterilmekte ve E evrensel kümesinin A kümesindeki bütün elemanlarından üyelik derecesi α özel değerinden büyük veya eşit olanları içermektedir.¹¹⁹ Bu durumda

$$A_\alpha = \{x \in E \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$$
 olmaktadır.

α kesme kavramı, zayıf α -kesme ve kuvvetli α -kesme olmak üzere iki gruba ayrılmakta ve matematiksel olarak sırasıyla

$$A_\alpha = \{x \mid \mu_A(x) > \alpha\} ; \alpha \in [0,1) \text{ ve}$$

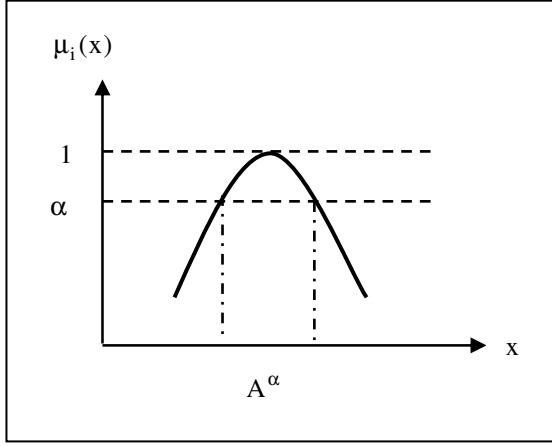
$$A_\alpha = \{x \mid \mu_A(x) \geq \alpha\} ; \alpha \in (0,1] \text{ biçiminde gösterilmektedir.}$$

¹¹⁷ Özkan, 2002: 22

¹¹⁸ Çelik, 2000: 10

¹¹⁹ Kandel, 1986: 7

Bu iki kavram arasındaki farklılık, eşit işaretinin varlığından ya da yokluğundan kaynaklanmaktadır. Eğer kümenin üyelik fonksiyonu sürekliyse, zayıf α kesme ile kuvvetli α kesme arasındaki farklılık ortadan kalkmaktadır. Zayıf α kesme ile hesaplama yapmak daha kolaydır. Eğer destek kümesi gerçel sayılardan oluşuyorsa ve üyelik fonksiyonu sürekliyse, konveks bulanık kümenin zayıf α kesmesi Şekil 2.13'deki gibi kapalı aralıktır.¹²⁰



Şekil 2.13: Zayıf α kesmesi

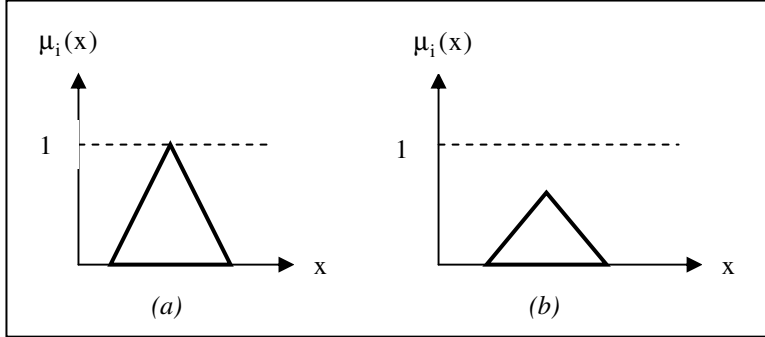
Normallik: Normal bulanık kümede, en azından bir tane üyelik derecesi 1'e eşit olan öge bulunmalıdır. Bu özellik, matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\forall x \in E : \sup_x \mu_A(x) = 1$$

Bulanık bir küme normal değilse, küme normal altı (subnormal) olarak tanımlanmaktadır. Boş olmayan her normal altı bulanık bir küme, üyelik derecelerinin her birini en büyük üyelik derecesine bölerek normalleştirilebilmektedir.¹²¹ Şekil 2.14, normal ve normal altı kümeyi göstermektedir.

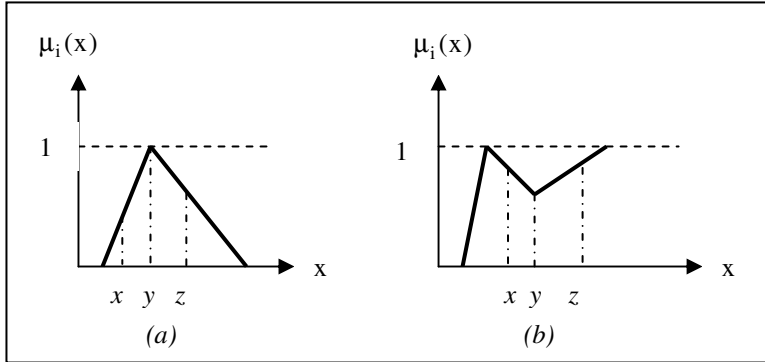
¹²⁰ Tuncel, 1997: 8

¹²¹ Bojadziev, Bojadziev, 1991: 114



Şekil 2.14: Bulanık Kümeler a) normal b) normal altı

Dışbükeylik (Konvekslik): Dışbükeylik; üyelik fonksiyonunun sürekli artan, sürekli azalan veya üçgen gibi olması durumudur.¹²² Şekil 2.15, dışbükey olan ve olmayan bulanık alt küme örnekleridir.



Şekil 2.15: Bulanık Kümeler a) Dış Bükey b) Dış Bükey Olmayan

Dışbükeyliğin matematik olarak tanımlanmasında, aynı bulanık alt kümeye düşen x , y ve z gibi üç tane öge düşünülürse ve bunlar arasında değerce büyüklük olarak $x < y < z$ gibi bir sıra bulunuyor ise, bunlardan ortadakinin üyelik fonksiyonu önceki ve sonrakine göre

$$\mu_i(y) \geq \text{EK}[\mu_i(x), \mu_i(z)]$$

bağıntısı daima geçerli olmalıdır. İşte bu durumda o kümeye dışbükey bulanık küme adı verilmektedir.

¹²² Baykal, Beyan, 2004: 84

Bulanık Sayılar: Bulanık kuralların öncül ve soncul kısımlarında bulunan, örneğin ‘hız yüksek’ gibi bulanık küme kısımları birer yaklaşıklık ifade etmektedir. Bu bakımdan ‘yaklaşık 3’, ‘yaklaşık 7’, ‘5’den büyük ve yaklaşık’ gibi ifadelerin hepsi bir bulanık sayıyı ifade etmektedir.¹²³ Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilmektedir. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonlarıyla tanımlandığı için bulanık sayılar da kendi üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmaktadır. Bu nedenle üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır.¹²⁴

Ele alınan konuya göre değişik bulanık sayılar kullanmak mümkündür. Genel olarak pratik uygulamalarda kullanılan üçgen ve yamuk olmak üzere iki tane bulanık sayı söz konusudur. Bu sayılar isimlerini, üyelik fonksiyonlarının biçimlerinden almaktadır.

Belirsiz bir yüklemi işlemek için 3 parametre ile üçgen bulanık sayı, 0 veya 1 üyelik derecesi ile ilgili her dilsel değişkeni gösteren, oldukça uygun olması ve kolayca uygulanması için gösterilebilmektedir. Üçgen bulanık sayı $P = (a,b,c)$ şeklinde tasarlanmaktadır. a,b,c parametreleri sırasıyla en küçük olası değeri, en parlak değeri ve en büyük olası değeri göstermektedir.¹²⁵

Üçgen bulanık sayının matematik gösterimi aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$\mu_A(x; a,b,c) = \begin{cases} a \leq x \leq b & \text{ise } (x-a)/(b-a) \\ b \leq x \leq c & \text{ise } (c-x)/(c-b) \\ x > c \text{ veya } x < a & \text{ise } 0 \end{cases}$$

Gerçel sayı doğrusu üzerinde tanımlı olan yamuksal bulanık sayı, aşağıda verilen üyelik fonksiyonu ile parametrik olarak ifade edilebilmektedir.

¹²³ Şen, 2004: 60

¹²⁴ Baykal, Beyan, 2004: 223

¹²⁵ Kahraman vd., 1995: 294

$$\mu_A(x; e, f, g, h) = \begin{cases} e \leq x \leq f & \text{ise } (x-e)/(f-e) \\ f \leq x \leq g & \text{ise } 1 \\ g \leq x \leq h & \text{ise } (h-x)/(h-g) \\ x > h \text{ veya } x < e & \text{ise } 0 \end{cases}$$

Burada e ve h parametreleri yamuk bir bulanık sayının üyelik derecesinin 0 olduğu elemanları göstermektedir. f ve g parametreleri ise, bu sayının üyelik fonksiyonunda 1 üyelik dereceli elemanların bir araya getirildiği kümeyi göstermektedir.¹²⁶

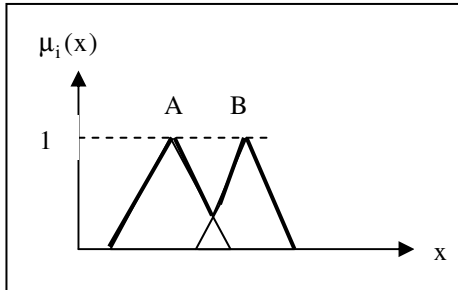
Bulanık Kümeler Üzerindeki İşlemler

Bulanık kümeler arasındaki cebirsel işlemler, kümelerin üyelik fonksiyonları yardımıyla tanımlanmaktadır. Bulanık kümeler arasındaki kesişme, birleşme ve tümleyen işlemleri şimdiye kadar birçok değişik biçimde tanımlanmıştır.

Birleşim İşlemi: İki tane A ve B gibi bulanık alt kümenin birleşim fonksiyonu, $A \cup B$ birleşiminin üyelik dereceli olarak hesaplanmaktadır. İki tane bulanık alt kümenin birleşimi durumunda her bir kümeye ait öğenin, ait oldukları kümelerdeki üyelik derecelerinin en büyüğü alınmaktadır.

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

Buradaki birleşim, “veya” birleştiricisine karşılık gelmektedir. Şekil 2.16, iki bulanık kümenin birleşimini göstermektedir.



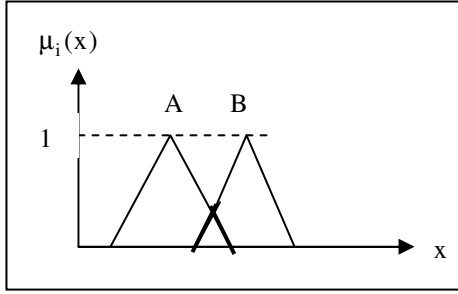
Şekil 2.16: A ve B Bulanık Küme Birleşimleri

¹²⁶ Özkan, 2002: 33

Kesişim İşlemi: İki tane A ve B gibi bulanık alt kümenin kesişim fonksiyonu, $A \cap B$ kesişiminin üyelik derecesi olarak hesaplanmaktadır. İki tane bulanık alt kümenin kesişimi durumunda her bir kümeyle ait öğenin ait oldukları kümelerdeki üyelik derecelerinin en küçüğü alınmaktadır.

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]^{127}$$

Buradaki kesişim “ve” birleştiricisine karşılık gelmektedir. Şekil 2.17’de iki bulanık kümenin kesişimi gösterilmektedir.



Şekil 2.17: A ve B Bulanık Küme Kesişimleri

Kapsama: A ve B bulanık kümelerinde $A \subset B$ ise bunun üyelik fonksiyonu,

$$\forall x \in E \text{ için, } \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

ile ifade edilmektedir.¹²⁸

Fark İşlemi: Bulanık kümelerde tümlenme ve kesişim işlemleri kullanılarak fark işlemcisi basitleştirilebilmektedir. Bulanık A ve B kümeleri için

$$A/B = A \cap \bar{B},$$

$$\mu_{\bar{B}}(x) = 1 - \mu_B(x)$$

$$\mu_{A \cap \bar{B}}(x) = \min[\mu_A(x), 1 - \mu_B(x)]$$

olarak elde edilmektedir.

¹²⁷ Nguyen, Walker, 1999: 7

¹²⁸ Atin, 1999: 16

Tümleyen İşlemi: Tümleme işleminde bulanık bir kümenin tümleyenini bulmak için bu kümenin öğelerinin üyelik dereceleri 1'den çıkarılmalıdır. Bir A kümesinin tümleyeni \bar{A} ise bu şöyle bulunmaktadır:¹²⁹

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \text{ veya}$$

$$\mu_A(x) + \mu_{\bar{A}}(x) = 1$$

Buradaki tümleyen “değil” bağlacına karşılık gelmektedir.

Cebirsel Çarpım: $A, B \subset E$ olarak verilen iki bulanık kümenin cebirsel çarpımı;

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{AB}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$$

ifadesi ile tanımlanmaktadır.¹³⁰

Cebirsel Toplam: $A, B \subset E$ olarak verilen iki bulanık kümenin cebirsel toplamı;

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{A \oplus B}(x) = \mu_A + \mu_B - \mu_A \mu_B$$

ifadesi ile tanımlanmaktadır.¹³¹

2.4 Bulanık Kontrol (Denetim)

Günümüzde kontrol teknolojisi, geleneksel kontrol tekniklerinden matematik modellere dayanan kontrol tekniklerine ve bilgi tabanlı zeki kontrol tekniklerine doğru hızla yol almaktadır. Son yıllardaki çalışmalar göstermiştir ki bulanık kontrol, bulanık küme teorisinin uygulamasındaki araştırma için en aktif ve verimli alanlardan biri olarak doğmuştur.

Klasik kontrol teorisinde sistemin yapısını açıklayan bilgiler, kesin değerler halinde verilmektedir. Kontrol stratejisinin temelini; sisteme ait bilgilerle, sistem değişkenleri arasındaki ilişkiler oluşturmaktadır. Klasik kontrol, sürecin matematiksel bir modeli ile başlamakta ve kontrolör de, bu modele göre tasarlanmaktadır. Bulanık mantık denetleyici, bir uzman kişinin bilgi ve tecrübelerinden yararlanılarak oluşturulmaktadır. Böylece uzman operatör, dilsel

¹²⁹ Bojadziev, Bojadziev, 1991: 123

¹³⁰ Yenilmez, 2001: 20

¹³¹ Ö.F. Yılmaz (1998). *Bulanık Doğrusal Programlama ile Asgari Ücretin Belirlenmesi* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.10.

niteleyiciler olarak bilinen; çok artır, biraz artır, çok fazla, çok az gibi günlük hayatta sıkça kullanılan kelimeler doğrultusunda esnek bir kontrol metodu geliştirebilmektedir. Bulanık mantık denetleyicinin temeli, bu tür sözlü ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur.¹³²

Denetlemesi zor olan karmaşık süreçlerde (çimento ocakları, çelik fırınları, çöp işleme fabrikaları gibi), bulanık kontrolü kullanmak zorunlu hale gelmektedir. Kontrol edilen sistemin iyi tanımlanamadığı, karmaşık olduğu veya uygun matematiksel modelinin bulunamadığı durumlarda, bulanık mantık kontrol tekniğinin uygulanması uygun olmaktadır.

Bulanık kontrolün ilk uygulamaları genellikle endüstriyel alanlarda, çimento sanayinde ve su arıtma sistemlerinde olmuştur. Daha sonraları otomatik tren çalışma sistemleri, otomatik konteyner vinç çalışma sistemleri, asansör kontrolü, nükleer reaktör kontrolü, otomobil aktarma sistemi (vites organları) kontrolü, hava uçuş kontrolü, bulanık mantık kontrol edici donanım sistemi, bulanık hafıza araçları ve bulanık bilgisayarlar konusundaki bulanık kontrolün değişik uygulamaları görülmüştür. Günümüzde artık bulanık denetim uygulamalarına yönelik özel yazılım ve donanımlar piyasadan hazır bir şekilde temin edilmektedir.

Bulanık kontrolün temel avantajları; sistemin matematiksel formülasyona ihtiyaç duymaması, tam olmayan eksik nesnelere tanımlanması ve çok amaçlı kontrolün başarılmasında kullanılan dilsel değişkenler ve yaklaşık çıkarsamadır.

Ancak uygulamayı sınırlayan bazı dezavantajlara da sahiptir. İlk olarak bulanık mantık kontrolörün tasarımında kullanılan bilgi, tecrübeye ve uzmanlığa dayanmalıdır. İhtiyaç duyulan türdeki bilginin elde edilmesi bazen çok zor olabilmektedir. İkinci olarak, bulanık mantık kontrolörün parametreleri çoğunlukla deneme yanılma metodu ile bulunmaktadır. Bu da zaman almakta ve optimal kontrolü garanti etmemektedir.¹³³

¹³² M.A. Akcayol (2004). Bulanık Mantık Denetimli Katodik Koruma Devresi Tasarımı, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(1), p.111.

¹³³ M. Caner vd. (2004). Bulanık Mantık Tabanlı Uyarım Kontrolü, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* (1), s.18.

Bir Bulanık Mantık Denetleyicisi'nin tasarımında, bilinmesi gereken temel faktörler şunlardır:

1. Gerçek giriş ve çıkışlar ve bunların evrensel kümeleri, yani her bir değişkenin alması muhtemel değerler aralığı.
2. Giriş ve çıkış değişkenlerinin ölçekleme faktörleri.
3. Her bir giriş ve çıkış değişkenleri için bulanık değerlerin kurulmasında kullanılacak bulanık üyelik fonksiyonları.
4. Bulanık kontrol kuralları tabanı.

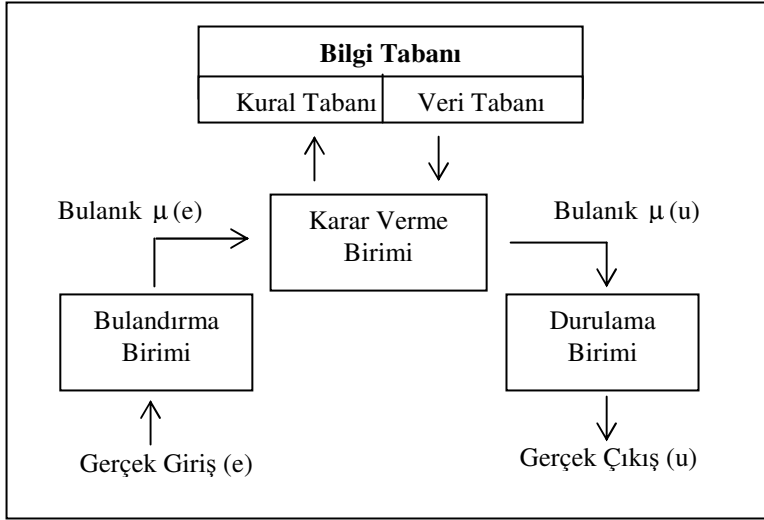
Hazırlanan basit bulanık mantık denetim sistemi şu özelliklere sahiptir:

1. Giriş ve çıkış ölçek faktörleri sabittir.
2. Kural tabanı değişmez ve kurallar arası etkileşim yoktur. Bütün kurallar, aynı derecede kesin ve sabittir.
3. Üyelik işlevleri sabittir.
4. Kuralların sayısı, giriş değişkenlerinin sayısı ile belirlenir.
5. Çıkış durulama ve kurallarının sonuçlarının toplanma yöntemi sabittir.
6. Hiyerarşik kural yapısı yoktur ve düşük seviyeli denetimdir.¹³⁴

Bulanık mantık denetleyiciler; bilgi tabanı, bulandırma, karar verme ve durulama birimleri olmak üzere dört temel bileşenden oluşmuştur.¹³⁵ Şekil 2.18'de bir bulanık mantık denetleyicinin temel yapısı görülmektedir.

¹³⁴ Elmas, 2003: 90

¹³⁵ D. Karaboğa (2004). *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları*, İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım, s.63.



Şekil 2.18: Bulanık Mantık Denetleyicilerinin Temel Yapısı

Bulandırma Birimi

Bulandırma, sayısal girdi değerlerini sözel olarak nitelendirilmiş bulanık kümelerdeki üyelik derecelerine atayan bir sistemdir.¹³⁶ Başka bir deyişle, üyelik işlevinden faydalanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeyi/kümeleri ve üyelik derecesini tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değerler atamaktadır.

Bilgi Tabanı (knowledge-base)

Bilgi tabanı ünitesi, veri tabanı ve kural tabanı olmak üzere iki üniteden oluşmaktadır. Çıkarım ünitesi karar verme işlemini gerçekleştirirken; bilgi tabanına giderek oradan üyelik fonksiyonları ile ilgili bilgileri ve değişik giriş değerleri için tespit edilmiş kontrol çıkış bilgisini almaktadır. Bu sebeple kontrol işlemi süresince veri tabanı ve çıkarım ünitesi sürekli birbiri ile ilişki halinde bulunmaktadır. Başka bir deyişle, denetimi yapılan sistemle ilgili bulandırma, bulanık çıkarım, durulama işlemleri sırasında gerek duyulan üyelik işlevi ve kural tablosu bilgileri veri tabanından kullanıma sunulmaktadır.

¹³⁶ M. Yılmaz, E. Arslan (2005). Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, s.515.

Bilgi tabanının kural tabanı ünitesi, giriş çıkış arasındaki bağıntıyı tanımlayan bir dizi bulanık kuralları içermektedir. Bu kurallar genellikle EĞER-O HALDE (IF-THEN) şart cümlelerinden oluşan bir bütünü temsil etmektedir.¹³⁷ Girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanmaktadır. A ve B girişler, C ise çıkış değişkeni olan bir sistem için

$$\text{EĞER } A = x \text{ ve } B = y \text{ ise O HALDE } C = z$$

şeklindeki bir kural A ve B'nin aldığı değerlere göre C çıkışının bulanık değerini belirlemektedir.

Karar Verme Birimi

Karar verme birimi, çıkarım motoru (fuzzy engine) olarak da adlandırılmaktadır. Bu kısım, insanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneğinin benzeri bir yolla bulanık kavramları işlemekte ve çıkarım yaparak gerekli denetimi belirlemektedir. Bulanık çıkarımda denetimi yapılan sistemi kullanan uzman operatörün kullandığı dilsel niteleyiciler ve kurallar kullanılarak sembolik sonuç elde edilmektedir. Bulanık mantık denetiminin beyni, bulanık çıkarımdır. Bulanık çıkarım için birçok farklı yapı bulunmaktadır.

Max-Dot: Her bir giriş değeri, ait olduğu üyelik işlevindeki üyelik derecesine bağlı olarak ilgili bulanık kümeyi yeniden ölçeklendirir. Çıkış değeri, tüm girişler için yeniden ölçeklendirilmiş bulanık kümeler içerisindeki maksimum değer alınarak bulunur.

Min-Max: Her bir giriş değeri için ait olduğu üyelik işlevindeki üyelik derecesine bağlı olarak ilgili bulanık kümenin üyelik değerinin üstündeki kısmı kesilir. Çıkış değeri, elde edilen bu bulanık kümelere genellikle ağırlıklı ortalaması yönteminin uygulanmasıyla bulunur.

¹³⁷ İ. Atacak, Ö.F. Bay (2004). Bulanık Mantık Denetimli Seri Aktif Güç Filtresi Kullanarak Harmonik Gerilimlerin Bastırılması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* , Cilt:19, No:2, s.206.

Tsukamoto: Bu yapıda çıkış üyelik işlevi, tek yönlü artan bir işlev olarak seçilir. Çıkış değeri ise, her bir kuralın keskin çıkış değerinin ağırlıklı ortalaması alınarak bulunur.

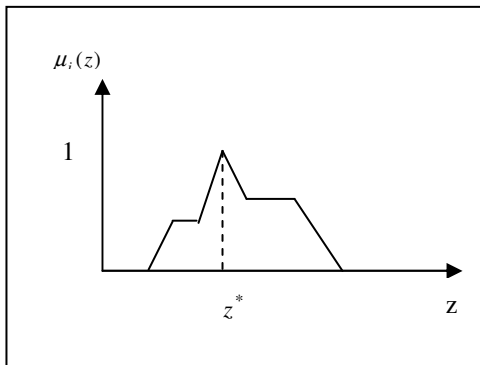
Takagi-Sugeno: Her bir kuralın çıkışı, giriş değerlerinin doğrusal birleşimiyle bulunur. Keskin çıkış değeri ise, ağırlıklı ortalaması alınarak bulunur.

Durulama Birimi

Durulama birimi, karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlerin elde edilmesini sağlamaktadır. Başka bir deyişle, bulanık sonucun tekrar sisteme uygulanması için giriş değeri gibi sayısal değere dönüştürülmesi gerekmektedir.¹³⁸ İşte bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne durulaştırma (defuzzification) denmektedir.¹³⁹ Durulama işlemi değişik yöntemler kullanılmaktadır. Önce, her kural için üyelik derecelerinden oluşan değer ve sonuç kural tespit edilmektedir. Daha sonra, en uygun yöntem seçilerek durulama yapılmaktadır. En çok kullanılan yöntemler şunlardır;

Maksimum Üyelik Derecesi: Bu yöntemin diğer adı, yükseklik yöntemidir. Bütün üyelik dereceleri içinde en büyük olana eşittir ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\mu_i(z^*) \geq \mu_i(z) \text{ ve } z \in Z$$



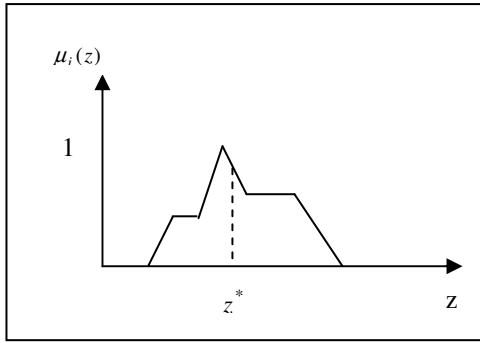
Şekil 2.19: Maksimum Üyelik Derecesi Yöntemi ile Durulaştırma

¹³⁸ Elmas, 2003: 97

¹³⁹ Şen, 2004: 89

Ağırlık Merkezi Yöntemi: Diğer adı sentroid olan bu yöntem, en yaygın kullanılan durulaştırma yöntemidir.¹⁴⁰ Aşağıda gösterilen formül ile ifade edilir:

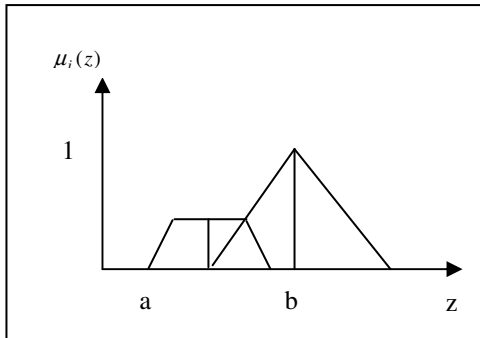
$$z^* = \frac{\int \mu_i(z)zdz}{\int \mu_i(z)dz}$$



Şekil 2.20: Ağırlık Merkezi Yöntemi ile Durulaştırma

Ağırlıklı Ortalama Yöntemi: Bu yöntemin kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonunun bulunması gerekmektedir. Bu yöntemde girişlerden elde edilen bütün bulanık değerler kullanılarak durulaştırma yapılır. Aşağıda gösterilen formül ile ifade edilir:

$$z^* = \frac{\sum \mu_i(\bar{z})\bar{z}}{\sum \mu_i(\bar{z})}$$

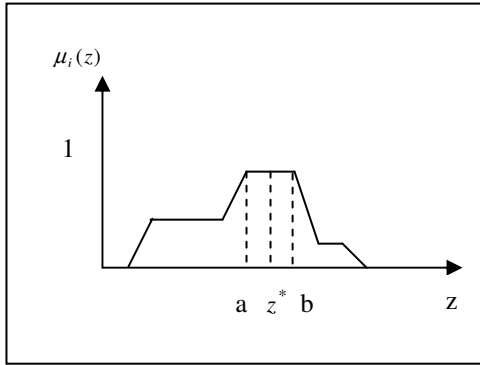


Şekil 2.21: Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ile Durulaştırma

¹⁴⁰ N. Baykal, T. Beyan (2004). *Bulanık Mantık, Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*, Ankara: Bıçaklar Kitabevi, s.223.

Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi: Yöntem, en büyüklerin ortası olarak da adlandırılır. En yüksek olabilirlik derecesine sahip çıktı değerlerinin ortasını gösterir.¹⁴¹ Maksimum üyelik derecesi tek bir nokta olmayıp, düz olabilen sistemler içinde kullanılabilir. Aşağıda gösterilen formül ile ifade edilir:

$$z^* = \frac{a + b}{2}$$



Şekil 2.22: Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi ile Durulaştırma

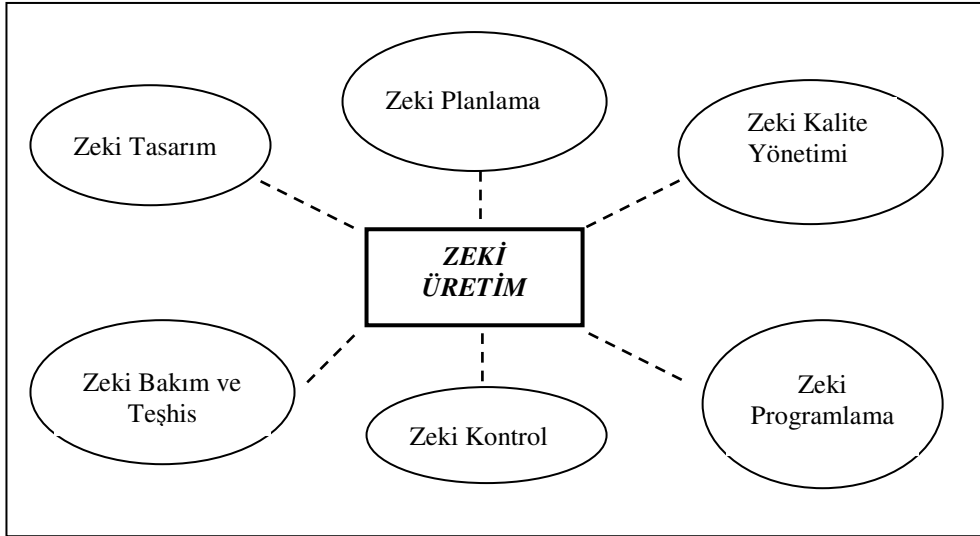
¹⁴¹ Yen, Langari, 1998: 119

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KALİTE KONTROL

Endüstriyel üretimin artan karmaşıklığı ve yüksek etkinlik ile daha fazla esneklik, daha iyi ürün kalitesi ve düşük maliyete olan ihtiyaç, üretim uygulamalarının yüzünü değiştirmiştir. 1950'lilerin başlarından beri klasik kontrol teorisi kurulduğunda mühendisler, sistemi analiz eden veya tasarlayan birçok prosedür tasarlamışlardır. Fakat bugünün karmaşık sistemi içinde sadece bu prosedürlerin uygulanması, üretim organizasyonunun performansını maksimize etmede yeterli olmamaktadır. Bu teknik konulara ek olarak, modern üretim teknolojisi; doğasında disiplinler arasıdır ve üretim, bilgisayar teknolojisi, yönetim, pazarlama ve kontrol sistemleri gibi farklı bilgi dallarının uygulamalarından yararlanmaya da izin vermektedir. İşte zeki sistem uygulamaları da böylelikle, modern üretimde yerini almıştır. Zeki sistemler kısaca, birden fazla yapay zeka tekniği ile oluşturulan sistemler veya farklı yapay zeka tekniklerinin avantajları incelenerek bu tekniklerin birleştirilmesi ile oluşturulmuş yapay zeka kombinasyonlarıdır.¹⁴² Daha önce bahsedildiği gibi, üretim prosesi oldukça karmaşıktır ve birçok parçaya bölünerek düzenlenebilmektedir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi zeki üretim sistemi şu parçalara ayrılabilir: zeki tasarım, zeki operasyon, zeki kontrol, zeki planlama ve zeki bakım.

¹⁴² İ. Kaya vd, (2004). Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Zeki Sistem Yaklaşımı, *IV.Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Konya, s. 605.



Şekil 3.1: Zeki Üretim Sisteminin Parçaları

Zeki üretim sisteminin kolaylaştırılmış modelinin parçalarına ve yapay zekanın başlıca tekniklerine bakıldığında; bilgi tabanlı sistemler (KBS, knowledge-based systems), sinirsel ağlar (NN, neural networks), olay tabanlı nedenselleme (CBR, case-based reasoning), genetik algoritmalar (GAs, genetic algorithms) ve bulanık mantık (fuzzy logic) karşımıza çıkmaktadır. Bu teknikler arasında sayılan *bulanık mantık* ve buna dayanan *bulanık küme teorisi* dikkat çekmiş ve üretimde oldukça başarılı uygulamaları yapılmıştır.

Bulanık küme teorisine, geçmiş 30 yıldan beri yoğun olarak çalışılmaktadır. Bilindiği gibi bulanık küme teorisi, tam olarak tanımlanması zor olan sistemleri modellemede kullanılmıştır. Metodoloji olarak bulanık küme teorisi; belirsizlikleri ve subjektiviteyi, model formülasyonu ve çözüm prosesi ile bütünleştirir.¹⁴³ Bugün, bulanık küme teorisi, kurulmuş ama sürekli gelişen bir araştırma disiplini olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar sistemlerini analiz etmek ve modellemek için bir metodoloji olarak bulanık küme teorisinin kullanımı, bulanık küme teorisinin belirsizliği ve kesin olmayanı içeren niteliksel ve niceliksel problemleri

¹⁴³ A.L. Guiffreda, R. Nagi (1998). Fuzzy Set Theory Application in Production Management Research: a Literature Survey, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 9(1), p.39.

modellemedeki yeteneği nedeniyle üretim yönetimi araştırmacılarının belirli bir ilgisidir. Başka bir deyişle, karar analizinde belirsizliğin modellenmesi girişimlerinin araştırılması, olasılık teorisi ve/veya bulanık küme teorisi doğrultusunda yapılmıştır. Olasılık teorisi karar analizinin stokastik doğasını gösterirken, bulanık küme teorisi insan davranışındaki subjektiviteyi yakalamaktadır.¹⁴⁴ Dubois ve Prade stokastik karar yönteminin, örneğin istatistiksel karar analizi, insan davranışındaki belirsizliği ölçemeyeceğini bunun yerine bu yöntemin insan varlığı etrafındaki dış çevre hakkında eksik bilgiyi modellemede bir yol olduğunu savunmuştur. Öte yandan bulanık küme teorisi, ne rastgele ne de stokastik olan akılsal (mental) fenomenlerden kaynaklanan belirsizliği modellemek için mükemmel bir araçtır. Bu yüzden bulanık mantığın üretim yönetimine uygunluk nedenleri 3 madde ile tanımlanabilmektedir:

- Kesin olmayış ve belirsizlik, karar vericinin akılsal modelinin doğasında vardır.
- Üretim yönetimi çevresi içinde; modelin amacını, karar değişkenlerini, kısıtlayıcılarını ve parametrelerini formüle etmede ihtiyaç duyulan bilgi; belirsiz olabilir veya kesin olarak ölçülemeyebilir.
- Kişisel önyargının ve subjektif düşüncenin sonucu olan kesin olmayış ve belirsizlik, varolan bilginin kalitesine ve miktarına gölge düşürmektedir.¹⁴⁵

Başka bir deyişle, karar verme yolundaki bir rasyonel yaklaşım sadece objektif olasılık ölçülerini dikkate almaktan çok insan subjektivitesini de hesaba katmalıdır. Bu nedenle yıllardan beri üretim yönetiminde bulanık mantığın ve buna dayanan bulanık küme teorisinin başarılı uygulamaları ve çalışmaları yapılmıştır. Tablo 3.1, üretim yönetimi araştırmalarındaki bulanık mantık ve bulanık küme teorisinin uygulamaları üzerindeki sınıflandırma planını göstermektedir.

¹⁴⁴ M. Gülbay, C. Kahraman, D. Ruan (2004). Alfa Cut Fuzzy Control Charts for Linguistic Data, *International Journal of Intelligent Systems*, Vol:19, p.1175.

¹⁴⁵ F. Meziane vd. (2000). Intelligent Systems in Manufacturing: Current Developments and Future Prospects, *Integrated Manufacturing Systems*, 11/4, p.219.

Tablo 3.1: Üretim Yönetimindeki Bulanık Mantık Araştırmaları için Sınıflandırma Planı

	<i>Araştırma Konuları</i>
1.	Siparişe Göre Programlama
2.	Kalite Yönetimi a. Kabul Örnekleme b. İstatistiksel Proses Kontrol c. Genel Konular
3.	Proje Programlama
4.	Fabrika Yeri ve Düzenleme a. Fabrika Yeri b. Fabrika Düzenleme
5.	Bütünleşik Planlama
6.	Üretim ve Envanter Planlaması a. Üretim Prosesi Planlama Seçiminin Planlanması b. Envanter Parti Büyüklüğü Modelleri
7.	Tahminleme a. Simülasyon b. Delphi Yöntemi c. Zaman Serisi Analizi d. Regresyon Analizi

3.1 Bulanık Mantık ve Kalite Yönetimi

Artan ekonomik baskılar ve daha da katılaştıran çevresel düzenlemelerle ürün kalite standardı yükselmiş ve proses operasyonu daha da zorlaşmıştır. Bu nedenle artık genel araştırmaya dayalı kalite kontrol teknikleri yeterli olmamaktadır. Yaklaşık 20 yıl önce bazı bilim adamları “yeni jenerasyon kalite kontrol” dedikleri yeni bir kalite kontrol kavramını tanıtmışlardır. Bu kavramın odak noktası, proses kontrolüdür. Buna göre eğer ürün kalitesi, proses kontrol planına uygun bir şekilde modellenirse, ürün kalitesi belirli bir şekilde gelişecektir.¹⁴⁶

Burada bahsedilen kalite kavramı, doğasında subjektiftir ve insan değerlendirmesine bağlı olduğunda, anlamında çokluğa yol açabilir. Bu yüzden kaliteyi kesin uygunluğun ya da uygunsuzluğun tersine uygunluk derecesi olarak dikkate almak daha doğrudur. Başka bir deyişle kalite, pek çok kişinin bildiği veya tanımlamaya çalıştığı gibi mutlak anlamda en iyi değildir. Kalite çok genel anlamda,

¹⁴⁶ H.H. Lou vd. (2003). Hierarchical Decision Making for Proactive Quality Control: System Development for Defect Reduction in Automotive Coating Operations, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol:16, pp.237-238.

amaca uygunluk derecesidir.¹⁴⁷ İşte bu noktadan bakıldığında bulanık küme teorisi, kalitenin subjektif doğal dil tanımlayıcılarını desteklemekte ve modelleme prosesine girmek için metodoloji geliştirmektedir. Bu yeterlilik, kalite fonksiyon göçerimi, proses geliştirme araçları ve istatistiksel proses kontrolünün ileriki gelişmelerinde oldukça yararlı olacağına kanıtıdır.¹⁴⁸ Bulanık kalite kontrol üzerindeki araştırma alanları ve bu alanlarla ilgili başlıca çalışmalar, Tablo 3.2’de görülmektedir. Bu alanların her biri, kalitenin ölçülmesini gerektirmektedir.

Tablo 3.2: Bulanık Kalite Yönetimi

<i>Kalite Alanı</i>	<i>Yazar(lar)</i>	<i>Bulanık Kalite Uygulaması</i>
<i>Genel Kalite Yönetimi</i>	Otka ve Ichihashi (1988)	Tek aşamalı, iki noktalı özellikli örnekleme planı
	Chakraborty(1988,1994a)	Tek örnekleme, özellikli örnekleme planı
	Kanagawa ve Ohta(1990)	Doğrusal olmayan üyelik fonksiyonunu da içeren Otka ve Ichihashi'nin çalışmasının genişletilmesi
	Chakraborty(1992,1994-a)	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
	Yongting (1996)	Proses yeterlilik analizi
<i>İstatistiksel Proses Kontrol</i>	Bradshaw (1983)	Bulanık kontrol şemalarına giriş
	Wang ve Raz (1990) Raz ve Wang (1990)	\bar{x} şemaları
	Kanagawa vd. (1993)	Proses ortalaması proses değişkenliği için kontrol şemaları
	Wang ve Chen (1995)	Özellik np şemasının ekonomik istatistiksel tasarımı
	Franceschin ve Romano(1999)	Dilsel niteleyiciler üzerine kurulu dilsel değişkenler için kontrol şemalarının oluşumu
	Taleb ve Limam(2002)	Bulanık ve olasılık kontrol şemaları
	Kahraman,Gülbay ve Ruan(2004)	Dilsel veriler için alfa kesmesi bulanık kontrol şemaları
	Cheng(2005)	Bulanık proses kontrolü için bulanık sayılar yardımıyla kontrol şemalarının oluşumu
	Taleb ve Limam(2005)	Bulanık çok değişkenli kontrol şemaları

¹⁴⁷ Ertuğrul, 2004: 4

¹⁴⁸ Guiffrida, Nagi, 1998: 10

3.1.1 Bulanık kalite yönetimi ile ilgili literatür araştırması

Bulanık kalite yönetimi ile ilgili yapılmış olan çalışmalar iki başlık altında incelenecektir. Bunlar kalite ile ilgili genel konular ve son olarak istatistiksel proses kontrolüdür. Kalitede genel konulara ilişkin çalışmalar, bu başlık altında verilirken, istatistiksel proses kontrolüne ilişkin çalışmalar, detaylı olarak bir sonraki başlıkta verilecektir.

Kalite Yönetiminde Genel Konular

Kalite kontrolün diğer teknikleri arasında sayılabilen Taguchi yöntemi, kalite fonksiyon göçerimi, Pareto analizi, neden-sonuç diyagramları, kabul örnekleme gibi tekniklere bulanık mantık kuralları uygulanarak daha esnek bir denetim sağlanmıştır. Bu tekniklerde ölçülmesi gereken kalitenin doğasında bulunan belirsizlik ve subjektiflik bulanık mantık yardımıyla modellenmeye çalışılmıştır.

Khoo ve Ho (1996), bulanık kalite fonksiyon göçerimi (FQFD) sistemi – burada “müşterinin sesi” hem dilsel hem de kesin değişkenler için ifade edilebilir için bir çerçeve tanıtmıştır. FQFD sistemi, dokümantasyon prosesini kolaylaştırmak için kullanılmakta ve 4 modülün (planlama, göçerim, kalite kontrol ve operasyon) ve bir koordineli kontrol mekanizması doğrultusunda bağlanan 5 destek veritabanlarını içermektedir. FQFD sistemi, esnek üretim sisteminin temel tasarım ihtiyaçlarına karar vermek için gösterilmiştir.

Glushkovsky ve Florescu (1996), dilsel veriler mümkün olduğunda, bulanık küme teorisinin, kalite geliştirme araçlarına nasıl uygulanacağını anlatmıştır. Yazar, dilsel kalite karakteristiklerini tanımlamak için 3 genel adım tanımlar: (i) evren kümesinin seçilmesi, (ii) terimlerin yeterli biçimlendirilmesi ve tanımı, (iii) gözlemlerin yeterli dilsel tanımları. Dilsel değişkenleri kullanarak bulanık küme teorisinin; Pareto analizine, neden-sonuç diyagramlarına, deney tasarımına, istatistiksel kalite kontrolüne ve proses yeterlilik çalışmalarına uygulama örnekleri gösterilmiştir.

Gutierrez ve Carmona (1995), kalite ile ilgili kararların doğasında belirsiz anlamlı olduğunu ve çoklu kriterlere dayanarak çözümlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu yüzden, bulanık çok kriterli karar teorileri, kalite kararlarını modellemek için uygun bir çerçeve sağlamıştır. Bu çerçeve, çalışmada otomobil üretim örneği üzerinde gösterilmiştir. Yazarlar, 5 karar alternatifi (yeni makinelerin satın alınması, işgücünün eğitilmesi, önleyici tedbirler, tedarikçi kalitesi ve araştırma) ve 4 değerlendirme kriterini (toplam maliyetin azaltılması, esneklik, tedarik süresi ve kalitenin maliyeti) içeren bulanık çoklu kriter çerçevesini göstermiştir.

Yongting (1996), bulanık kavram olarak kalite ile ilgili başarısızlığın, geleneksel kalite yönteminin temel eksikliği olduğunu tanımlamıştır. Standartların müşteri anlayışında, çok kriterli değerlendirmelere ihtiyaç ve müşterinin aklında kalitenin psikolojik yönündeki belirsizlik, kalitenin bulanık küme teorisini kullanarak modellenmesini desteklemiştir. Bulanık proses yeterliliği analizi için prosedür tanımlanmış ve bir örnek kullanılarak gösterilmiştir.

Kabul örneklemesine ilişkin çalışmalara bakıldığında, Otka ve Ichihashi (1988); tek aşamalı, iki noktalı özellik örnekleme planları için bulanık tasarım metodolojisini anlatmıştır. Bir algoritma gösterilmiş ve üçgen bulanık sayılar tarafından tüketici ve üretici riskleri tanımlandığında örnek örnekleme planları üretilmiştir. Fakat yazarlar, üretici ve tüketici riskleri için üyelik fonksiyonlarının nasıl ayrılacağına değinmemiştir.

Chakraborty (1988,1994-a), üretici ve tüketici riskinin belirlenmesinde belirsizlik olduğunda tekli örnekleme özellik örnekleme planının kritik değerlerinin ve örnekleme büyüklüğüne karar vermedeki problemi incelemiştir. 1988'deki çalışmasında bulanık hedef programlama modeli ve çözüm prosedürü tanıtılmıştır. Birçok sayısal örnek geliştirilmiş ve sonuçlanan örnekleme planlarının gücünün duyarlılığı değerlendirilmiştir. 1994-a'daki çalışmasında üçgen bulanık sayıların ve olasılık teorisinin tekli örnekleme plan tasarımı probleminde nasıl kullanıldığının ayrıntısı incelenmiştir.

Kanagawa ve Ohta (1990), Otka ve Ichihashi'nin örnekleme plan tasarım prosedüründeki iki sınırlamayı tanımlamıştır. Birincisi, Otka ve Ichihashi'nin tasarım prosedürü, örnekleme planının örnekleme büyüklüğünü açıkça minimize etmemekte; ikincisi, kullanılan üyelik fonksiyonları gerçekçi bir şekilde tüketici ve üretici riskini modellememektedir. Bu eksiklikler, doğrusal olmayan üyelik fonksiyonu kullanımını ve bulanık matematiksel programlama çözüm metodolojileri içindeki örnekleme büyüklüğünün bütünleştirilmesi doğrultusunda düzeltilmiştir.

Chakraborty (1992,1994-a); parti tolerans hata yüzdesi, tüketici risk ve gelen kalite seviyesi üçgen bulanık sayılar modellendiğinde, tek aşama tasarım problemine, Dodge-Roming parti tolerans hatalı oranı (LTPD) örnekleme planına işaret etmiştir. Dodge-Roming planında, optimal LTPD örnekleme planının tasarımı, doğrusal olmayan tamsayı programlama problemine bir çözüm oluşturmuştur. Amaç, lot tolerans hatalı oranı üzerindeki sınırlamaya konu olan ortalama toplam araştırmayı ve tüketici riski seviyesini minimize etmektir. Bulanık parametreler tanımlandığında, prosedür olabirlikli (bulanık) programlama problemi haline gelir. Alfa kesmesi kullanan bir çözüm algoritması, bütün LTPD planını tasarlamak için kullanılmış ve bir duyarlılık analizi, bulanık kullanılan parametreleri üzerinde uygulanmıştır.

3.2 İstatistiksel Proses Kontrol ve Bulanık Mantık

Bulanık mantığın istatistiksel proses kontrolüne uygulanma nedeni, prosesin yapılan işe oldukça bağımlı olması ve çalışılan üretim işletmesinin tipik olmamasıdır. Başka bir deyişle üretim prosesinin çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi gibi durumlarda bulanık mantığa başvurulmaktadır. Böyle durumlarda klasik istatistiksel proses kontrol kullanılması sonucu oluşturulan temel tekniklerden olan kontrol şemaları, yapılan işin günden güne değişiklik gösterdiğini dikkate almadığından birçok noktayı kontrol dışı gösterecek ve hata alarmı verecektir. Örneğin berilyum işletmesi, günlük bazda parça üretir ama her gün, birbirinden farklıdır; başka bir deyişle bazı günler çok fazla parça üretilirken bazı günler çok az parça üretilir. Ya da bazı günler çok büyük parçalar üretilirken bazı günler daha

küçük parçalar üretilir, makine kesmeleri kimi zaman pürüzlü iken bazı günler ise uygundur. İşte bu gibi faktörler “tipik bir günü” tanımlamayı oldukça zorlaştırır.¹⁴⁹ Bu gibi durumlarda, yönetimin ele alması gereken; prosesin kontrolde olup olmadığı, özel kontrollerin başlatılmasına gerek olup olmadığı ya da yeni uygulamaların farklılık yaratıp yaratmayacağı gibi soruların klasik kontrol şemaları ile cevaplanması yeterli olmamaktadır. Böyle durumlarda bulanık mantık, hem belirsizliği modelleyebilmekte hem de insan kavrayış ve yargısına yer verebilmektedir.

Literatürde bulanık mantığın ve buna dayanan bulanık küme teorisinin, istatistiksel kalite kontrol problemlerine uygulama örnekleri bulunmaktadır. Bradshaw (1983), kalite standartları ile ürün uygunluğunun derecelendirilmiş derecesinin gösterimini yorumlamaya temel olarak bulanık küme teorisini kullanmıştır. Standartların altındaki kaliteden kaynaklanan maliyet, uygunsuzluğun uzantısı olduğunda, uyuma fonksiyonu var olur ki bu, kalite karakteristiğinin verilen herhangi bir değeri ile ilgili uygunsuzluğun derecesini tanımlar. Bu uyuma fonksiyonu, bir kabul kontrol şeması üzerinde, bulanık ekonomik kontrol şemalarının oluşturulmasında kullanılmaktadır. Yazar, bulanık ekonomik kontrol şeması limitlerinin, geleneksel kabul şemalarında daha avantajlı olduğunu savunmuştur çünkü bulanık ekonomik kontrol şemaları, ürün uygunsuzluğunun sıklığı kadar ağırlıkları ile ilgili bilgi de sağlamaktadır.¹⁵⁰

Wang ve Raz (1990), bulanık teoriye dayanan alternatif yaklaşım önermişlerdir. Dilsel verilere dayanan değişkenler için kontrol şemaları oluşturmada iki yaklaşım göstermişlerdir. Ürün kalitesi “mükemmel”, “iyi”, “zayıf” vb. gibi terimlerle sınıflandırıldığında, üyelik fonksiyonları dilsel kalite tanımlayıcılarını nitelendirmek için kullanılabilir. Bulanık ölçüler için temsilci değerler, genel olarak kullanılan 4 yöntemden biriyle bulunabilmektedir: (i) bulanık mod, (ii) alfa kesmesinin bulanık orta değeri, (iii) bulanık medyan, (iv) bulanık ortalama. Bu yöntemlerden herhangi biriyle sonuçlanan temsilci değerler, kontrol şemalarının

¹⁴⁹ W.J. Ross (2001). Fuzzy and Probabilistic Techniques Applied to Problems of the Chemical Process Industries, The University of New Mexico, New Mexico, p.265.

¹⁵⁰ Gülbay vd., 2004: 1175

kontrol limitlerini oluşturmada kullanılacaktır. Wang ve Raz, proses ortalamasının tahminine ve ∓ 3 standart hataya dayanan “olasılıklı” kontrol limitlerini ve üyelik fonksiyonları olarak ifade edilen kontrol limitlerini kullanarak \bar{x} şemasının oluşumunu göstermiştir. Raz ve Wang (1990), dilsel veriler için kontrol şemalarının oluşumu üzerindeki 1990’daki çalışmalarının devamını göstermişlerdir. Simule edilmiş verilere dayanan sonuçlar şunu göstermiştir; dilsel değişkenler için kontrol şemaları, proses kaymalarına duyarlılık temelinde, basma kalıp hata oranı şemalarından daha iyi performans göstermiştir. Gözlemleri göstermek için kullanılan dilsel terimlerin sayısının, kontrol şemalarının duyarlılığını etkilediği görülmüştür.

Kanagawa vd. (1993), olasılık yoğunluk fonksiyonuna –ki bu, proses ortalamasını ve proses değişkenliğini kontrol etmek için dilsel değişkenlerin ardında yer alır– dayanan dilsel değişkenler için kontrol şemalarını geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım, Wang ve Raz’ın yaklaşımından daha farklıdır çünkü kontrol şemaları, dilsel verilerin altında yatan olasılık dağılımlarını doğrudan kontrol etmeye hedeflenmiştir.¹⁵¹ Bu prosedür, Woodwall vd. (1997) tarafından yeniden gözden geçirilmiş ve Laviolette vd. (1995) ve Asai (1995) tarafından tartışılmıştır. Woodwall vd. (1997) tarafından bulanık kalite kontrol şemalarının bibliyografisini tanıtılmıştır.

Wang ve Chen (1995), istatistiksel kontrol şemalarının ekonomik tasarımları için sezgisel yöntem ve bulanık matematiksel programlama modeli göstermiştir. Bir özellikli np şeması için ekonomik istatistiksel tasarım, 1.tip ve 2.tip hataları üzerindeki kısıtlamaları karşılamak için operasyon konusunun bir saatte beklenen kayıp maliyetini minimize etme amacı altında çalışmıştır. Yazar şunu savunmuştur; 1.tip ve 2.tip hata kısıtlayıcıları sağlandığında, ekonomik istatistiksel modelin tahmini altında gösterilen bulanık küme teorisi prosedürü, belirsizliği -var olduğunda- modellemede daha esnekliğe izin vererek kontrol şemalarının ekonomik tasarımını geliştirir.¹⁵²

¹⁵¹ A. Kanagawa vd. (1993). Control Charts for Process Average and Variability Based on Linguistic Data, *International Journal of Production Research*, Vol:31, No:4, p.913.

¹⁵² C.R. Wang, C.H. Chen (1995). Economic Statistical np Control Chart Designs Based on Fuzzy Optimization, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol:12, No:1, pp.82-92.

Kahraman vd. (1995), doğal olmayan modeller için kontrol şemalarının testinde üçgensel bulanık sayıları kullanmışlardır.¹⁵³

Chang ve Aw, proses ortalaması kaymalarını tanımlamak için sinirsel bulanık (neural fuzzy,NF) kontrol şemalarını önermiştir. Yönetilen çok katmanlı geri beslemeli sinirsel ağ, üretim prosesindeki çeşitli ortalama sapmalarını araştırmak için off-line eğitilmiştir. Gerçek zamanlı kullanımda ortalama sapmalarını tanımlamada, sinirsel ağların çıktıları, bulanık küme planını kullanarak çeşitli karar bölgelerine sınıflandırılmıştır. Yaklaşım, geleneksel kontrol şemaları üzerinde ek avantajlar ve daha iyi performans önermiştir. Simülasyon sonuçları, önerilen sinirsel bulanık kontrol şemalarının ortalama dizilim uzunluğu (ARL) bakımından klasik \bar{x} şemalarından ve kümülatif toplam (CUSUM) şemalarına göre daha üstün olduğunu göstermiştir. Önerilen sistem, Shewart tipi kontrol şemalarının sezgisel kurallarına ek olarak, ortalama kaymalarının büyüklüğünü tanımlama yeteneğine sahiptir. Doğru sınıflama yüzdelerine çalışılmıştır. Daha da ötesi, önerilen sinirsel bulanık şemalarının uygun kullanımı için genel kılavuz verilmiştir.

Woodwall vd. (1995), kategorik veriye dayanan istatistiksel ve bulanık kontrol şemalarının bir incelemesini vermiştir. Laviolette ve Seaman (1992,1994) ve Laviolette vd. (1995) savunmalarının çoğunu Marcucci (1985) tarafından tanıtilen “tuğla problemine” dayandırmıştır. Bu problem, tuğlaların üretimini içermektedir. Prosesten gelen tuğlalar üç biçime girmektedir: standart, yüzü ufalanmış ve kötü. Standart tuğlalar, her amaç için uygundur; yüzü ufalanmışlar yapısal olarak kusursuzdur ama her amaç için kullanılamazlar; kötüler ise hiçbir şekilde kabul edilemez. Açık olarak, bu durum için üyelik fonksiyonları açık bir şekilde tanımlanamaz, ama üyelik fonksiyonlarına atamak için bazı fiziksel değerlendirmeler yapılabilmektedir.¹⁵⁴

El-Shal ve Morris (1999) tarafından, gerçek hataların araştırılması ve araştırma hızının geliştirilmesi ve hata alarmı üretiminin azaltılması amacıyla

¹⁵³ Kahraman vd., 1995: 291-297.

¹⁵⁴ M. Laviolette vd. (1995). A Probabilistic&Statistical View of Fuzzy Methods, *Technometrics*, Vol:37, No:3, pp.249-261.

istatistiksel proses kontrol kurallarını düzenlemek için bulanık mantık kullanımının bir araştırmasına çalışılmıştır.¹⁵⁵

Rowland ve Wang (2000) bulanık mantık yöntemini ile istatistiksel proses kontrolü (İPK) ürünün karakteristiğini göstermede kullanılacak yeni yöntem geliştirmek, prosesin eğilimini ve davranışını analiz etmek, prosesin kontrol dışı olup olmadığını değerlendirmek ve operatörlere, mühendislere veya uygun olan yerde otomatik kontrol sistemine çıktı kuralları sağlamak için birleştirmiştir. İPK bölge kurallarına bulanık mantık uygulamasına dayanan bulanık-İPK değerlendirmesi ve kontrolü (FSEC) yönteminin tasarlanması ile ilgilenmiştir. Yapılan çalışmada, bulanık alt küme teorisi kullanır ama bu kullanım geçmiş çalışmalardaki uygulamalardan biraz daha farklıdır. Çalışmada klasik kontrol şeması kavramları korunmuş ama İPK bölge kurallarını yorumlamak için bulanık mantık kullanılmıştır. Bu, denetimsel kontrol sistemi veya proses kontrol içinde yüksek seviyede denetleyici içinde çıktı kuralları olarak kullanılabilen sayısal kontrol hareketi ile sonuçlanan yeni bulanık İPK değerlendirmesi ve kontrol sistemini biçimlendirir. FSEC'i uygulayan bir simülasyon programı, Borland C++ 5.0'de yazılmış ve simülasyon sonuçları elde edilip, analiz edilmiştir. Normal olmayan prosesler otomatik olarak test edilen bölge kurallarının her biri için ayarlanıp ve kontrol hareketinden sonra performans geliştirilmiş, böylece belirli sayısal kontrol hareketi ile özel bir yöntem olarak tekniğin uygun değeri, kalite değerlendirme kriteri üzerine dayanmıştır.¹⁵⁶

Hsu ve Chen (2000), olası nedenleri değerlendirmek ve kesikli üretim proseslerinin performanslarını gözlemlemek için bulanık nedenlemeye dayanan yeni teşhis sistemi tanımlamışlardır. Çalışmada oluşturulan teşhis sistemi, on-linedır ki bu, hızlı bir şekilde doğru nedenleri bulmak için operatörlere yardım eden bir operasyonel destek sistemidir. Teşhis sistemi, bir bilgi bankası ve çıkarım mekanizması modülünü içerir. Bilgi bankası, \bar{x} şemasındaki Nelson kuralları tarafından tanımlanan doğal olmayan belirtilerin, üyelik fonksiyonları bilgisini ve

¹⁵⁵ S.H. El-Shal, A.S. Morris (1999). A Fuzzy Rule-Based Algorithm to Improve the Performance of SPC in Quality Systems, *IEEE*, pp.284-289.

¹⁵⁶ Rowlands, Wang, 2000: 91-98

neden-belirti ilişkileri bilgisini geliştirmektedir. Bulanık neden-belirti ilişki matrisini oluşturmada bilgi kazancı için, maximal benzerlik yöntemi (MSM) denilen bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem, bulanık ilişki matrisini kurmak için ve verilerden bilgi elde etmek için kullanılmaktadır. Sonra bulanık neden-belirti ilişki matrisini kullanılarak proses istikrarsızlığının nedeni teşhis edilebilmektedir.¹⁵⁷

Taleb ve Limam (2002), Wang ve Raz'ın ve Marcucci'nin önerdiği bulanık ve olasılık teorisine dayanan yaklaşımları gerçek veriler kullanarak karşılaştırmaya çalışmışlardır. Bulanık ve olasılık yaklaşımları arasındaki karşılaştırma, ortalama seyir uzunluğu ve kontroldeki örneklere dayandırılmıştır. Araştırmalarını bir porselen prosesine uygulamışlardır. Porselen prosesi için elde ettikleri bulanık kontrol şemalarının performansının, bulanıklığın derecesinden ve kullanılan dönüştürme yönteminden etkilendiğini göstermişlerdir.¹⁵⁸

Kahraman vd. (2004), Wang ve Raz'ın önerdiği yaklaşımları izleyerek oluşturulan bulanık kontrol şemalarına α kesmesini uygulayarak, α kesmesi kontrol şemalarının önermiştir. Bu çalışma, önceki çalışmalardan denetleme darlığı bakımından farklı olmaktadır. Kalite denetleyicisi, üretim prosesinin ve ürünlerin doğasına dayanan denetimin darlığını tanımlayabilmektedir. Bu, farklı α değerlerinin uygulanması ile mümkün olmaktadır. Yapılan uygulamaların sonucunda daha yüksek α kesmesinin, daha dar araştırmayı sağladığı görülmüştür. α kesmesi kontrol şemalarını kullanarak elde edilen sonuçlar, daha önceden elde edilen bulanık kontrol şemaları ile karşılaştırılmıştır.

Taleb ve Limam (2005), veriler dilsel biçimde gösterildiğinde çok değişkenli özellik proseslerini gözlemlemek için kontrol şemasını oluşturmada iki yöntem önermişlerdir. Bulanık ve olasılık teorilerine dayanan iki gözlemeleme istatistikleri T_f^2 ve W^2 'yi geliştirmişlerdir. Birincisi, Hotelling'in T^2 istatistiğine benzemekte ve bulanık kümenin temsilci değerlerine dayanmaktadır. W^2 , bağımlı χ^2 değişkenlerinin doğrusal kombinasyonudur, dağılımı Satterthwaite'in yaklaşımından

¹⁵⁷ H.M. Hsuo, Y.W. Chen (2001). A Fuzzy Reasoning Based Diagnosis System for \bar{x} Control Charts, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol:12, pp.57-64.

¹⁵⁸ H. Taleb, M. Limam (2002). On Fuzzy and Probabilistic Control Charts, *International Journal of Production Research*, Vol:40, No:12, pp.2849-2863.

çıkarılmaktadır. Sonuçlanan çok değişkenli kontrol şemaları, ortalama dağılım uzunluğuna dayanılarak karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonucuna göre, önerilen kontrol şemaları benzer sonuçlar vermesine rağmen bazı dezavantajlar da göstermektedir.¹⁵⁹

3.2.1 Bulanık kalite kontrol şemaları

Ürün ve hizmetlerin önceden belirlenen standartlara veya ortalamaya ne kadar yakın olduğunun ölçümü ve kontrolü amacı ile kalite, bulanık bir kavram olarak düşünülmektedir. Bu yüzden bulanık kümeler ve sistemler, kalitenin başarıldığının güvencesi için uygun hale gelmektedir. Kalite güvencesinin kendisi; politikalara, prosedürlere ve kaliteyi etkileyen hem içsel hem de dışsal faktörleri birleştiren kılavuzlara bağımlıdır. Bu nedenle bir bulanık kontrol sistemi, klasik kalite güvence prosesinin mantıksal bir uzantısı şeklindedir.¹⁶⁰

Bir süreçteki ürün veya hizmet kalitesinin istatistiksel yöntemlerle ekonomik ve güvenilir bir biçimde kontrol altında tutulmasında kullanılan en etkin araç, bilindiği gibi kontrol şemalarıdır. Kontrol şemaları, Shewart tarafından 1920'lerde önerilmiş olup ilk çalışma 1931'de yayınlanmıştır ve bugün hala yeni uygulamaların konusu olmaktadır. Shewart kontrol şemaları, "bir" kalite karakteristiğinin varyansı ya da ortalamasındaki kaymalarda prosesi gözlemlemek için tasarlanmakta, bu yüzden genellikle "tek değişkenli" kontrol şemaları olarak adlandırılmaktadır.¹⁶¹ Günümüzde yapılan çalışmaların odak noktası ise, kontrol şemaları ile birleştirilmiş bulanık küme teorisi ve olasılığın kullanılmasıdır. Daha önce bahsedildiği gibi bulanık mantığın ve buna dayanan bulanık küme teorisinin istatistiksel kalite kontrol ile birleştirilmesi yönündeki yapılan çalışmalarda farklı prosedürler tanıtılmış ve en etkin kontrol yönteminin bulunması açısından tanıtılan bu prosedürler tartışılmıştır. Bu çalışmalarda oluşturulan bulanık kontrol şemaları için kullanılan yaklaşımlar Tablo 3.3'de detaylı olarak görülmektedir.

¹⁵⁹ H. Taleb, M. Limam (2005). Fuzzy Multinomial Control Charts, AI*IA 2005: 9th Congress of the Italian Association for Artificial Intelligence, pp.553-563.

¹⁶⁰ Korvin, Shipley, 2001: 678

¹⁶¹ Gülbay vd., 2004: 174

Tablo 3.3: Çokterimli Prosesler İçin Kontrol Şeması Yaklaşımları

<i>Şema Tipi</i>	<i>Genelleştirilmiş p Şeması</i>	<i>Bulanık Kontrol Şeması Olasılıklı Yaklaşım</i>	<i>Bulanık Kontrol Şeması Üyelik Yaklaşım</i>	<i>Normal Olmayan Bulanık Şema</i>
<i>Dayanağı</i>	Olasılık Teorisi	Bulanık Teorisi ve Olasılık Teorisi	Bulanık Teorisi	Bulanık Teorisi
<i>Amaç</i>	p şemasının multinominal prosese genellenmesi	Her örneklem için gerçek bir değer elde etmede bulanık küme teorisinin kullanılması Bu değerlerin dağılımı normal olduğu düşünülür.	Sadece bir bulanık altküme içindeki tüm gözlemleri birleştirmek için bulanık küme teorisinin kullanılması(bulanık aritmetik)	Dilsel terimlerin temsilci değerini belirlemek için bulanık teorisi ve dilse veri altındaki olasılık yoğunluk fonksiyonunun kullanılması
<i>Orta Çizgi</i>	Bu yaklaşımda orta çizgi yoktur.	Elde olan başlangıç örneklemelerin temsilci değerlerinin aritmetik ortalamasına karşılık gelir.	Bütün (aggregate) bulanık altkümenin temsilci değerine karşılık gelir.	Örneklem kümülanlarının ortalamalarının ortalamasına karşılık gelir.
<i>Kontrol Limitleri</i>	Üst kontrol, χ^2 dağılımının yüzde seviyesine karşılık gelir.	ÜKL ve AKL, değişkenler için kontrol şemasında kullanılan formüller yardımıyla belirlenir.	ÜKL ve AKL, simülasyon(k) ve bulanık aritmetiğin kuralları kullanılarak karar verilir.	Kontrol Limitlerine, Gram-Charlier serileri ve olasılık limit yöntemi kullanılarak karar verilir.
<i>Örneklem Büyüklüğü</i>	Ki kare dağılımının kullanımını değerlendirebilecek kadar yeterli olmalıdır.	Kontrol limitleri örneklem büyüklüğüne dayanır.	Kontrol limitleri örneklem büyüklüğüne dayanmaz.	Kontrol limitleri örneklem büyüklüğüne dayanır.
<i>Uyarılar</i>	Kalitedeki değişikliğin kalitenin iyileştirilmesinin bir sonucu olup olmadığı belirlenemez.	Atanabilir nedenler açık bir şekilde tanımlanamaz.	k değerinin hesaplama metodu açık değildir. Atanabilir nedenler açık bir şekilde tanımlanamaz.	Bilinmeyen olasılık dağılım fonksiyonuna kolay bir şekilde karar verilemez.
<i>Temel Referanslar</i>	Marcucci (1985)	Raz ve Wang (1990-b)	Raz ve Wang (1990-b)	Kanagawa vd. (1993)

Kontrol şemalarının oluşumu için, tüm parametreler tanımlanmalıdır. Çok sıklıkla böyle bir varsayım, gerçek yaşam problemleri için özellikle dilsel veya belirsiz verilerle ilgilenildiği zaman oldukça katı görünmektedir. Bu katılığı rahatlatmak için, bulanık yöntemler kontrol şemaları ile birleştirilmiştir. Özellikle özellikler için kontrol şemaları için bulanık yöntemler kullanılabilir çünkü veriler genellikle dilseldir. Bulanık kümeler olarak dilsel değişkenlerin gösterimi ki bulanık aritmetik kuralları ile düzenlenebilmekte, doğal diller içinde belirsizliği içinde barındırmakta ve kalite güvence denetleyicilerinin ifade yeteneğini geliştirmektedir.¹⁶²

Tüm kontrol şemalarının genel yapısında, proses kontrolde olduğunda prosesin ortalamasına karşılık gelen *orta çizgi*, prosesin kontrolde veya kontrol dışı olduğuna karar vermede önemli rol oynayan *üst kontrol limiti* (ÜKL) ve *alt kontrol limiti* (AKL) yer almaktadır. İşte bulanık mantığın bir uygulama alanı, bir kontrol sistemindeki alt ve üst kontrol limitlerinin belirlenmesidir. Kesin sistem limitlerini belirlemenin uygun prosedürü (üç standart sapmalı alt ve üst kontrol limitleri) sistemin esnekliğini sınırlayabilmektedir. Bulanık mantığı uygulayarak kontroller, değişen sistem parametrelerine dayanarak uygulanabilmektedir.¹⁶³

Pratik bakış açısından, İPK'nın kullanımı hem kurulumunda hem de uygulanmasında bazı güçlükler göstermektedir. Örneğin bir kişi, proses davranışının normalliğini göstermek, örneklem büyüklüğünün ve sıklığının bulunmuş seçimini yapmak, açık bir şekilde yorum prensiplerini kurmak veya yeterli doğruluğa sahip bir ölçüm cihazını kullanmak zorunda kalabilmektedir. Üretimin tüm ekonomik ve teknik parametrelerini idare etmek genellikle imkansız olduğundan bir kişi, bu durumların bir parçasını veya tamamını tanımlamadan İPK ayarlamalarını gerçekleştirebilmektedir. Sonuç olarak, kontrol şemaları bakımından prosesi düzenleyen operatörler için bu şemalardan uygun sonucun çıkarımı kolay bir görev değildir. Bu yüzden değerli kuralların eksikliği için şemaların yorumu sadece bir soru haline gelir, örneğin “kontrol limitlerinin ötesinde herhangi bir nokta var

¹⁶² Gülbay vd., 2004: 1175

¹⁶³ Ting-Du, Wolfe, 1997: 263

mıdır?”. Daha da ötesi bazı kurallar var olsa bile bu yorum oldukça subjektif kalır. (örneğin limitlerin kenarındaki bir noktaya ne denir?) Teorik yöntemin bakış açısından, İPK’de kullanılan karar diyagramı, genellikle kesin olmayışın kümesine ve niteliksel veya niceliksel belirsiz bilgiye dayanmaktadır. Kesin olmayış, proses davranışının olasılıklı modellenmesi nedeniyledir (hata düzeyi α ile tanımlanan normal model). Daha da ötesi kontrol limitleri, kesin kontrol bölgesi tanımlamakta, istatistiksel tanımı hesaba katmakta, kontrol bölgeleri altında sadece yaklaşma önermektedir. Bu, onların bulanık limitler olarak düşünülmesine yol açmaktadır.¹⁶⁴

Bulanık kalite kontrol şemaları, klasik kalite kontrol şemaları ile karşılaştırıldığında bulanık kontrol şemalarının üstünlükleri dikkat çekmektedir. Örneğin p şemasındaki “uygun”–“uygunsuz” şeklindeki ikili sınıflama, ürün kalitesinin doyurucudan değersize beklenmedik bir şekilde değişmediği durumlarda uygun olmayabilir, bu durumda bazı ara seviyeler olmalıdır. İkili sınıflamaya ek olarak, ürün kalitesini belirlemede birçok ara seviyeler kullanılabilir. Bu ara seviyeler, dilsel terimler biçiminde ifade edilebilmektedir. İşte bulanık kontrol şemaları ile birlikte ürün kalitesi için belirlenen birden çok kalite karakteristiği aynı anda değerlendirilebilmektedir. Bulanık kontrol şemalarında kontrol limitlerinin yerleri, klasik kontrol şemasının aksine değişen proses parametrelerine göre değişmektedir. Kalite karakteristiğini belirten dilsel değişkenlerin neler olduğu iyi belirlenmeli ve kullanılan dilsel değişkenlerin sayısı gözlem altında bulunan prosese göre seçilmelidir. Ayrıca dilsel veriler için kullanılan üyelik fonksiyonlarının şekli de önemlidir. Tablo 3.4, Shewart kontrol şeması ile bulanık kalite kontrol şemasının bir karşılaştırılması verilmiştir.

¹⁶⁴Z. Zalila vd. (1998). Fuzzy Supervision in Statistical Process Control, *IEEE*, p.638.

Tablo 3.4: Klasik Shewhart ve Bulanık Kontrol Şemalarının Karşılaştırılması

	<i>Klasik Shewhart Kontrol Şemaları</i>	<i>Bulanık Çıkarım Kontrol Şemaları</i>
<i>Kalite Karakteristiklerinin Sayısı</i>	Sadece bir kalite karakteristiği	Birden çok kalite karakteristikleri
<i>Baz Periyotta Kullanılan Bilgi</i>	Geçmiş veriler	Uzmanların deneyim kuralları
<i>Yargı</i>	Proses istatistiksel olarak kontrolde ya da değildir	Varolan proses bilgisi ve proses istatistiksel olarak kontrolde ya da değildir.
<i>Avantajlar</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bir kalite karakteristiğini dikkate almak kolaydır. 2. Daha objektiftir. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uzman deneyimine dayanan proses için daha açık kontrol standartları sağlar. 2. Kontrol şemalarındaki bulanık çıkarım kurallarının tanımı için daha esnekler.
<i>Dezavantajlar</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontrol limitleri esnek değildir. 2. Örneklem büyüklüğü kontrol limitlerinin genişliğini etkiler. 3. Doğru kontrol limitlerini elde etmek için geçmiş verilerin tanımlanmasına ihtiyaç vardır. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Çıkarım sonuçları, subjektif deneyim kurallarına dayanır. 2. Klasik kontrol şemasının eklenen kuralları (sistemik değişimler için) kullanılamaz.

3.2.1.1 Bulanık kontrol şemalarının oluşumu

3.2.1.1.1 Bulanık kümeler için temsilci değerler

Belirli bir ürünün kalite seviyesini değerlendirmek için, ilk olarak dilsel terimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin özellikler için kullanılan p şemalarında, üretim birimleri “uygun” ya da “uygunsuz” olarak spesifikasyonlara uyup uymadığına göre sınıflandırılabilen veya bir birim için uygunsuzluk sayısı (spesifikasyonlardan sapma) sayılmaktadır. p şemalarında kullanılan “uygun” veya “uygunsuz” ikili sınıflama, ürünün kalitesinin ani bir şekilde değerlienden değersizize değişmediği yerlerde uygun olmayıp, ara seviyelerin kullanılması gerekebilmektedir. Bu şekildeki ara bilgileri tamamen kullanmadan p şemalarının kullanımı, x

şemasından daha zayıf bir performansla sonuçlanmaktadır. Bu, proses kaymalarının ve diğer normal olmayan durumların zayıf araştırmasıyla kanıtlanmıştır.¹⁶⁵

Bir ürün üzerindeki “desen hatasının” büyüklüğünü ölçen dilsel değişken için “büyükten” “küçüğe” sıralama terimleri mantıklı olabilmektedir. Genel olarak, “mükemmel”, “iyi”, “orta”, “zayıf” ve “kötü” gibi terimler yeterli olmaktadır. Bunlar veya mümkün dilsel yargılamaları gösteren diğer terimler, denetleyici tarafından yapılmaktadır. Bu terimlerin toplamı, belirli kalite karakteristiğinin kalite seviyesini ölçen dilsel değişkenlerin terim kümesini oluşturmaktadır.

Her dilsel terim için, bu terim ile ilgili bulanık alt küme içinde elemanı karakterize eden üyelik fonksiyonu vardır. “desen hatasının” büyüklüğünü ölçen dilsel değişken hakkında konuşulduğunda, altında yatan temel değişken -alan-doğasında sayısaldır. Bu yüzden, “büyük” dilsel teriminin anlamını aralık içindeki her mümkün alan ile ilgili üyelik fonksiyonu tarafından tanımlanabilir. Diğer yandan “desen hatasının” görünebilirliğini ölçen dilsel değişken durumunda, tam olarak tanımlanmış temel değişken yoktur, yani bazı kesin sayısal fonksiyon olarak görünebilirliğin derecesinin nasıl ifade edileceği bilinmemektedir.¹⁶⁶

Burada anlatılmak istenen dilsel yaklaşımın avantajı, insan denetleyicilere daha doğal olduğu ve “uygun” veya “uygunsuz” gibi iki yargıdan daha çok bilgi verebilmesidir. Başka bir deyişle ürün kalitesi hakkında ara derecelendirmelere izin vermesidir. Üyelik fonksiyonu, insanların belirli bir dilsel terim algılaması yolu için bir model sağlamaktadır.

Seçilen dilsel terimlerin sayısı, olası karıştırmadan kaçınmak için sınırlı tutulmalıdır. Önce bu terimler belirlenmeli, sonra her dilsel terim ile ilgili üyelik fonksiyonları çıkarılmalıdır. Normal ve konveks üyelik fonksiyonlarının hesaplamayı kolaylaştırdığı düşünülmektedir. Genellikle, yapılan hesaplamaları basitleştirmek için, temel değişkenin aralığını 0 ve 1 arasında standardize etmek tercih edilmelidir.

¹⁶⁵ Gülbay vd., 2004: 1175

¹⁶⁶ Wang, 1998: 35

Dilsel yaklaşımı izleyerek, bir örneklem aşağıdaki gibi çok sayıda dilsel terimi içerebilmektedir:

{iyi, mükemmel, orta, zayıf,....}

Kontrol şemasında bir örnekleme nokta olarak çizmek için, örnekleme temsil eden tek değere ihtiyaç vardır. İşte bu örneklem verisinin temsili için, çok sayıda yöntem ve prosedür vardır.

Ürün kalitesinin tanımlanmasında “mükemmelden” “kötüye” sıralanan önceden belirlenen birçok dilsel terimin olduğunu düşünülün. Üretim prosesinden rastgele alınan örneklem, bu dilsel terimler tarafından değerlendirilen gözlemleri içermektedir. Doğasında ister niceliksel ister niteliksel olan bu dilsel terimler ile ilgili standardize edilmiş temel değişken, değerlendirilen kalite karakteristiğinin kalite düzeyini belirtmektedir.

Bundan sonraki bölümde, dilsel verileri içeren örneklemelerin tek değer tarafından temsili için iki prosedür gösterilecektir. Birinci durum; örnekleme temsil etmek için, bir örneklem içindeki her gözlemin temsilci değerlerinin ortalamasını kullanmayı gerektirmektedir. İkinci durum ise; örnekleme temsil etmek için örneklem içindeki her gözlemin dilsel terimleri ile ilgili bulanık alt kümelerinin ortalamasına karşılık gelen bulanık alt kümenin temsilci değerini kullanmayı gerektirir. Her iki durumda da bulanık alt kümenin temsilci değere dönüştürülmesi gerekmektedir.

3.2.1.1.1 Bulanık kümenin temsilci değeri

Kontrol şemalarını standart biçimde tutmak ve şemada gözlemleri belli bir ölçüğe, ki bunlar temsilci değerler olarak ifade edilebilmekte ve temsilci değere dönüştürmek gerekmektedir. Bu, bulanık küme içindeki temel değişkenin aralığının sezgisel temsili olduğu sürece değişik yollarla yapılabilmektedir. Tanımlayıcı istatistikte kullanılan merkezi eğilim ölçüleri prensibine benzer şekilde aşağıda dört yöntem sunulmuştur:

1. Bulanık Mod, f_{mod} (Fuzzy Mode, f_{mode}): F bulanık kümesinin bulanık modu, üyelik derecesinin 1'e eşit olduğu temel değişken değeridir. Üyelik derecesi unimodal olduğunda, bu tektir. Bu durum aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$f_{\text{mod}} = \{x | \mu_F(x) = 1\}, \forall x \in F$$

2. α -Seviyesinde Bulanık Orta Aralık, $f_{\text{mr}}(\alpha)$ (α -Level Fuzzy Midrange, $f_{\text{mr}}(\alpha)$):

Bu, α seviyesindeki kesmenin sonlarının orta noktası olarak tanımlanabilir. A_α olarak gösterilen α kesmesi, üyelik derecesi α 'ya eşit ya da α 'dan daha büyük üyelik dereceleri olan elemanları bütünleştiren bulanık olmayan kümedir. a_α ve b_α , A_α 'nın son noktaları ise,

$$f_{\text{mr}}(\alpha) = \frac{1}{2}(a_\alpha + b_\alpha)$$

Gerçekte $\alpha = 1$ olduğunda bulanık mod, α -seviyesinde bulanık orta aralığın özel bir durumudur.

3. Bulanık Medyan, f_{med} (Fuzzy Median, f_{med}): Bulanık kümenin üyelik fonksiyonu altındaki eğriyi iki eşit alana bölen ve aşağıdaki eşitliği sağlayan noktadır.

$$\int_a^{f_{\text{med}}} \mu_F(x) dx = \int_{f_{\text{med}}}^b \mu_F(x) dx = \frac{1}{2} \int_a^b \mu_F(x) dx$$

burada a ve b , F bulanık kümesinin temel değişkenleri içindeki bitim noktalarıdır, $a < b$ 'dir.¹⁶⁷

4. Bulanık Ortalama, f_{avg} (Fuzzy Average, f_{avg}): Zadeh'e dayanarak bulanık ortalama¹⁶⁸ aşağıdaki formül yardımı ile bulunur.

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

Üçgen üyelik fonksiyonu ile bulanık alt kümenin çevrilmesinin özel durumunda, Tablo 3.5'de verilen bu dört yöntem için formüller kullanılabilir.¹⁶⁹

¹⁶⁷ Wang, Raz, 1990: 481

¹⁶⁸ Zadeh, 1975: 78

¹⁶⁹ Wang, 1988: 40

Tablo 3.5: Üçgen Üyelik Fonksiyonuna Sahip Bulanık Alt Kümenin Temsilci Değerleri İçin Formüller

f_{mod}	b
$f_{mr}(\alpha)$	$\frac{a + c + \alpha(s - t)}{2}$
f_{med}	$\frac{4a + \sqrt{8s^2 + 8st}}{4}, \quad s \geq t \text{ ise}$ $\frac{4c - \sqrt{8t^2 + 8st}}{4}, \quad s < t \text{ ise}$
f_{avg}	$\frac{2s^2 - 2t^2 + 3as + 3ct}{3(s + t)}$

Şunu belirtmek gerekir ki, bunlardan herhangi birini destekleyen belirli bir teoriksel temel yoktur ve bunlar arasındaki seçim, tamamen hesaplamanın kolaylığına ve kullanıcının tercihine bağlıdır.¹⁷⁰ Genelde ilk iki yöntemin hesaplanması, diğerlerine göre özellikle üyelik fonksiyonu doğrusal olmadığında daha kolaydır. Aslında bulanık mod, üyelik fonksiyonu oldukça asimetrik olduğunda ikili sonuca neden olabilmektedir. Bulanık orta aralık, α üyeliğini farklı derecelerde seçildiğinde daha esnek olmaktadır. Üyelik fonksiyonu altındaki alan, bulanıklığın uygun ölçüsü olarak kabul edildiğinde bulanık medyan daha uygun olarak düşünülebilir. Üyelik fonksiyonunun yeri kadar, şekli de dikkate alınırsa, bulanık ortalama daha uygun bir seçim olacaktır, çünkü genişleme prensibinden ayrılır ve temel değişkenlerin ağırlıklı ortalamasıdır.¹⁷¹

¹⁷⁰ Gülbay vd., 2004: 1177

¹⁷¹ Wang, Raz, 1990: 481

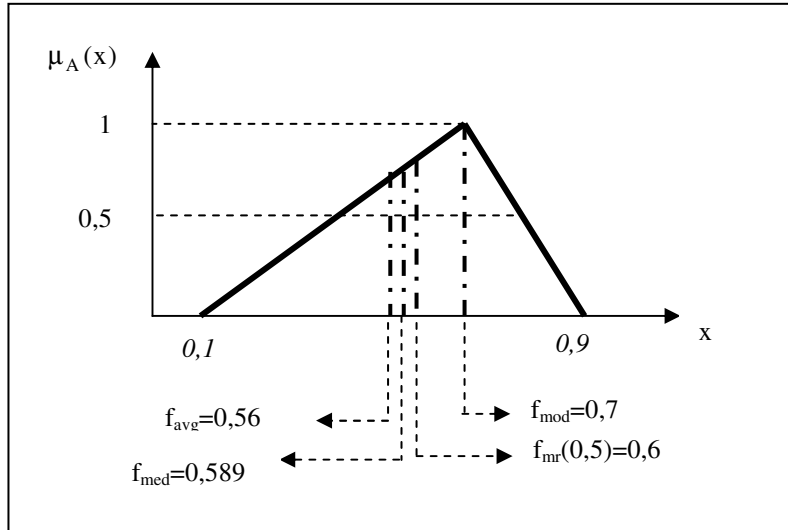
Herhangi bir bulanık kümenin temsilci değerini veren bu dönüştürücü yöntemleri gösterebilmek için üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi olan bir bulanık A kümesi tanımlanırsa;

$$\mu_A(x; 0,1, 0,7, 0,9) = \begin{cases} 1,667x - 0,167 & , 0,1 \leq x \leq 0,7 \\ -5x + 4,5 & , 0,7 \leq x \leq 0,9 \\ 0 & , x > 0,9 \text{ veya } x < 0,1 \end{cases}$$

bu bulanık A kümesinin temsilci değerleri şu şekilde hesaplanır:

$$f_{\text{mod}} = 0,7, \quad f_{\text{med}} = 0,589, \quad f_{\text{avg}} = 0,56, \quad f_{\text{mr}}(0,5) = 0,6$$

Bulanık A kümesinin gösterimi ve elde edilen sonuçlar Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Bulanık A kümesinin Üyelik Fonksiyonu ve Temsilci Değerleri

3.2.1.1.2 Bir örneklemin temsilci değeri

Bir örneklem, denetimi için üretim prosesinden rastgele alınan birçok gözlemi içermektedir. Bir örneklem içindeki her gözlem, dilsel terim tarafından sınıflandırılmaktadır ve bilinen üyelik fonksiyonu ile ilişkilendirilmektedir. Bu dilsel değerlerin, bu örneklem için tek değer vermesini sağlamak için birleştirilmesine gerek vardır. Bu durum, \bar{x} şemasındaki ortalama veya p şemasındaki hata oranına benzemektedir. Örneklem içindeki gözlemlerin kombinasyonu, her gözlem ile ilgili

bulanık alt kümenin temsilci değeri ile veya bu değer olmaksızın yapılabilmektedir.¹⁷²

<i>Dilsel Terim</i>	L_1	L_2	L_3	L_4	.....	L_i	<i>Büyüklik</i>
<i>Örnekleme</i>							
S_1	k_1	k_2	k_3	k_4	....	k_i	n_1
S_2	.	.	.	.	.	.	.
.
.
S_t	k_1	k_2	k_3	k_4	....	k_i	n_t

Şekil 3.3: Prosesten Alınan Verilerin Genel Gösterimi

Şekil 3.3’de herhangi bir prosesten alınan ve birden çok dilsel terimi içeren verilerin gösterimi görülmektedir. n büyüklüğünde S_1 örnekleminin aşağıda belirtilen gösterim gibi olduğu düşünülün:

$$S = \{(L_1, k_1), (L_2, k_2), \dots, (L_t, k_t)\}$$

Burada k_i ; F_i görelî bulanık kümesi ile L_i dilsel terimi tarafından değerlendirilen parçaların sayısıdır, $\sum k_i = n$ ’dir ve $i, 1$ ’den t ’ye kadar uzanmaktadır.

Örnekleme temsilinin birinci yaklaşımı için; gözlem ile ilgili dilsel terimlerin temsilci değeri doğrudan elde edilmektedir. Örneklemin temsilci değeri, örnekleme içindeki gözlemlerin temsilci değeri ortalaması olarak hesaplanmaktadır. Bu yaklaşım Wang ve Raz tarafından “*olasılıkçı yaklaşımı*” olarak adlandırılmıştır.¹⁷³

Bu yaklaşıma göre; her bulanık altküme (F_i) temsilci değeri (r_i) dönüştürülmelidir. S örnekleminin ortalaması (M) aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$M = \frac{r_1 k_1 + r_2 k_2 + \dots + r_t k_t}{n}$$

Örnekleme temsilinin ikinci yaklaşımı için, örnekleme içindeki her dilsel değer ile ilgili bulanık alt kümeler toplanmakta ve örnekleme büyüklüğüne bölünmektedir.

¹⁷² Taleb, Limam, 2002: 2851

¹⁷³ Taleb, Limam, 2002: 2852

Sonuç, bulanık kümedir ki bu, terim kümesi içindeki belirli bir dilsel değere karşılık gelemebilmekte, ama bu; bu örneklemin ortalama kalite seviyesine karşılık gelmektedir. Daha sonra bu örneklem için tek sayısal değer, 4 dönüştürme yöntemlerinden biri ile toplam bulanık alt kümeden temsilci değerine dönüştürülerek elde edilmektedir. Bu yaklaşım Wang ve Raz tarafından “üyelik yaklaşımı” olarak adlandırılmıştır.¹⁷⁴

S örnekleminin ortalaması (MF) aynı zamanda bir bulanık alt kümedir ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$MF = \frac{k_1 F_1 + k_2 F_2 + \dots + k_t F_t}{n}$$

burada üyelik fonksiyonu $\mu_{MF}(x) = \text{Max}_{x=(k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_t x_t)/n} \{ \text{Min}[\mu_1(x_1), \mu_2(x_2), \dots, \mu_t(x_t)] \}$

Eğer her F_i , (a_i, b_i, c_i) tarafından karakterize edilen bir üçgen üyelik fonksiyonu ise, bulanık altküme MF aşağıdaki gibi gösterilebilmektedir:

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^t k_i a_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^t k_i b_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^t k_i c_i}{n} \right)$$

Buradan sonra bulanık altküme MF’in temsilci değeri bir önceki bölümde bahsedilen dört dönüştürme yönteminden herhangi biri kullanılarak elde edilebilmektedir.

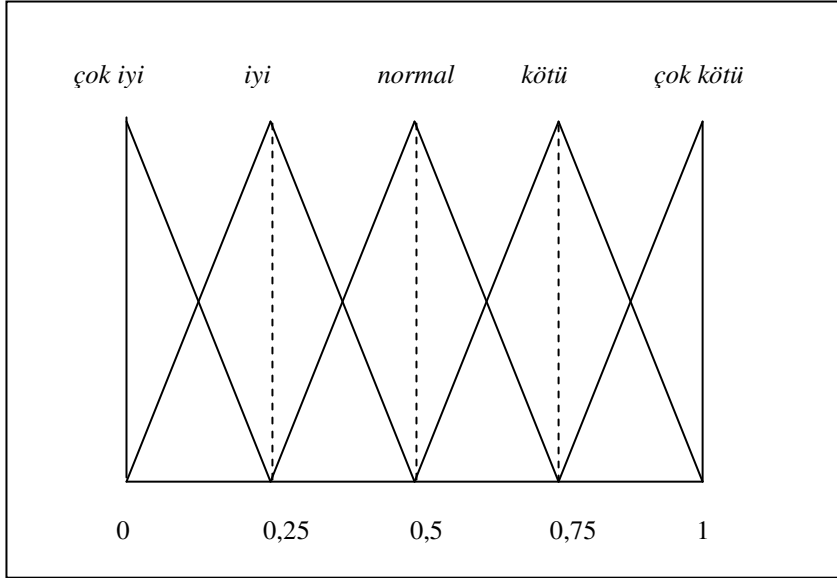
Bir örneklemin temsilci değerinin, olasılıkçı ve üyelik yaklaşımı ile hesaplanışını göstermek için çıktığı olarak alınan bir tekstil firmasındaki yarı mamul havlu için tanımlanan 5 dilsel terimi düşünülün¹⁷⁵; {çok iyi, iyi, normal, kötü, çok kötü}. Bu dilsel terimlere ilişkin üyelik fonksiyonları Tablo 3.6’da ve Şekil 3.4’de detaylı olarak görülmektedir.

¹⁷⁴ Taleb, Limam, 2002: 2852

¹⁷⁵ İ. Ertuğrul vd. (2005). Ürün Kalitesini Değerlendirmede Bulanık Kalite Kontrol Şemalarının Kullanımı ve Bir Uygulama, *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 25. Ulusal Kongre Bildirisi*, İstanbul.

Tablo 3.6: Yarı Mamul Havlu İçin Belirlenen Dilsel Değişkenlerin Üyelik Fonksiyonları

$\mu_{\text{çokiyi}} = \begin{cases} 0 & , 0,25 \leq x \leq 1 \\ \frac{0,25 - x}{0,25} & , 0 \leq x \leq 0,25 \end{cases}$
$\mu_{\text{iyi}} = \begin{cases} \frac{x}{0,25} & , 0 \leq x \leq 0,25 \\ \frac{0,5 - x}{0,25} & , 0,25 \leq x \leq 0,5 \end{cases}$
$\mu_{\text{normal}} = \begin{cases} \frac{x - 0,25}{0,25} & , 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ \frac{0,75 - x}{0,25} & , 0,5 \leq x \leq 0,75 \end{cases}$
$\mu_{\text{kötü}} = \begin{cases} \frac{x - 0,5}{0,25} & , 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ \frac{1 - x}{0,25} & , 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$
$\mu_{\text{çokkötü}} = \begin{cases} \frac{x - 0,75}{0,25} & , 0,75 \leq x \leq 1 \\ 0 & , 0 \leq x \leq 0,75 \end{cases}$



Şekil 3.4: Yarı Mamul Havluya İlişkin 5 Dilsel Değişkenin Üyelik Fonksiyonu

Aynı prosesten alınan 15 gözlemle ilgili aşağıdaki verilerin elde edildiğini düşünülün:

$$S_1 = \{(L_{\text{çok iyi}}, 5), (L_{\text{iyi}}, 4), (L_{\text{normal}}, 3), (L_{\text{kötü}}, 2), (L_{\text{çok kötü}}, 1)\}$$

Olasılıkçı yaklaşıma göre öncelikle her dilsel değişken için tanımlanan bulanık alt kümeler için bir temsilci değer elde edilmelidir. Bu örnek için temsilci değere dönüştürmede “bulanık medyan” kullanılmıştır. Buna göre her dilsel değişkenin temsilci değeri;

$$r_{\text{çok iyi}} = 0,0732$$

$$r_{\text{iyi}} = 0,25$$

$$r_{\text{normal}} = 0,5$$

$$r_{\text{kötü}} = 0,75$$

$$r_{\text{çok kötü}} = 0,927 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Buradan sonra birinci yöntemle göre, 1.örneklem ortalaması:

$$M_1 = [(0,0732 \times 5) + (0,25 \times 4) + (0,5 \times 3) + (0,75 \times 2) + (0,927 \times 1)] / 15 = 0,352$$

Bu şu anlama gelmektedir; olasılıkçı yaklaşıma göre, 1. örneklemi kontrol şeması üzerinde temsil eden değer “0,352” olacaktır.

Üyelik yaklaşımına göre, öncelikle birinci örneklemdaki tüm dilsel değişkenleri temsil eden bir bulanık alt küme oluşturulmalıdır. Oluşturulan bu bulanık alt küme aşağıdaki gibidir;

$$\frac{(5x0) + (4x0) + (3x0,25) + (2x0,5) + (1x0,75)}{15},$$

$$\frac{(5x0) + (4x0,25) + (3x0,5) + (2x0,75) + (1x1)}{15},$$

$$\frac{(5x0,25) + (4x0,5) + (3x0,75) + (2x1) + (1x1)}{15} = (0.67, 0.333, 0.567)$$

Böylelikle bulanık alt kümenin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\mu_A(x; 0,167, 0,333, 0,567) = \begin{cases} 6,024x - 1,006 & , \quad 0,167 \leq x \leq 0,333 \\ -4,274x + 2,423 & , \quad 0,333 \leq x \leq 0,567 \\ 0 & , \quad x > 0,567 \text{ veya } x < 0,167 \end{cases}$$

Elde edilen bu bulanık alt kümenin temsilci değerini bulmak için yine bulanık medyan yöntemi kullanıldığında;

$r_{MF} = 0,351$ olarak hesaplanmaktadır. Bu şu anlama gelmektedir; üyelik yaklaşımına göre, 1. örnekleme kontrol şeması üzerinde temsil eden değer "0,351" olacaktır.

3.2.1.1.2 Dilsel değişkenlerle kontrol şemalarının oluşturulması

Kontrol şemalarının oluşumu, orta çizgi ve kontrol limitleri için kullanılacak değerlerin karar verilmesini gerektirmektedir. Bu parametrelerin belirlenmesi, üretim prosesinden alınan örneklem verilerine dayanmaktadır.

Dilsel verileri kullanmak için, bazı düzenli sayılar tarafından bir örneklem içindeki dilsel verilerle ilgili bulanık altkümeleri göstermek gerekmektedir. Örneklem verilerini göstermek ve kontrol şemasının parametrelerini çıkarmak için yöntemlerin ve prosedürlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.¹⁷⁶

Prosesin ortalaması ve dağılımı, herhangi bir zamanda başarılı noktalarda üretim prosesinden alınan örneklem tarafından tahmin edilebilmektedir. Dikkate alınması gereken birinci parametre, proses ortalamasını tahminleyen orta çizginin

¹⁷⁶ Kanagawa vd., 1993: 913

yeridir. İkinci parametre ise, prosesin değişkenliğinin belirli aralığını gösteren kontrol limitlerinin yeridir.

Bu bölümde oluşturulacak bir kontrol şemasının parametrelerini belirlemek için iki yaklaşım kullanılacaktır. Bunlar olasılıkçı yaklaşım ve üyelik yaklaşımıdır. Bahsedilen bu iki yaklaşımının birbirinden farkı, kontrol limitlerinin belirlenmesinde kullanılan hesaplama yöntemidir. Olasılıkçı yaklaşım, kontrol limitlerine karar vermek için olasılık yoğunluk fonksiyonunun ± 3 standart sapmasını uygulamaktadır. Üyelik yaklaşımı ise, kontrol limitlerine karar vermek için üyelik fonksiyonundan çıkarılan ortalama sapmayı kullanmaktadır.

3.2.1.1.2.1 Olasılıkçı yaklaşım

Orta Çizgi

Olasılıkçı yaklaşımda; örneklemin ortalaması, örneklem içindeki tüm gözlemlerin temsilci değerlerinin aritmetik ortalaması olarak elde edilmektedir. Orta çizgi, bu örneklem ortalamalarının da büyük ortalaması olarak tahmin edilmektedir. Üretim prosesinden alınan her biri n büyüklüğünde m örneklemleri düşünülün ve bu örneklemlerin ortalaması M_1, M_2, \dots, M_m olarak gösterilsin. Orta çizgi (OC);

$$OC = \frac{\sum_{j=1}^m M_j}{m} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^t r_i k_{ij}}{mn}$$

burada M_j , j örnekleminin örneklem ortalamasıdır; t , terim kümesindeki terim sayısıdır; r_i , L_i dilsel terimi için temsilci değerdir ve k_{ij} , j örneklemindeki L_i tarafından sınıflandırılan birimlerin sayısıdır.

Kontrol Limitleri

Kontrol limitlerini oluşturmak için, m örneklemlerinin standart sapmalarının doğrultusunda tahminlenebilen prosesin standart sapmasının tahmini gerekmektedir. n gözlemlili j örnekleminin SD_j standart sapması, aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$SD_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^t k_{ij} (r_i - M_j)^2}$$

bu m örneklerinin standart sapmasının ortalaması (MSD) aşağıdaki gibidir:

$$MSD = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SD_j$$

Örneklem dağılımının normale yaklaştığını veya örneklem büyüklüğü n'nin göreceli olarak büyük olduğunu (≥ 25) düşünerek kontrol limitlerini çıkarmak için \bar{x} kontrol şemasının standart formülü uygulanabilmektedir. Şemada işaretlenen noktalar, her örneklemin kalite seviyesini temsil eden örneklem ortalamalarıdır, bunlar [0,1] aralığında yayılmaktadır.

$$AKL = \text{Max} \{0, (OÇ - A_3MSD)\}$$

$$ÜKL = \text{Min} \{1, (OÇ + A_3MSD)\}$$

Burada

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \text{ ve}$$

$$c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} = \sqrt{\frac{2}{(n-2)}} \frac{[(n-2)/2]!}{[(n-3)/2]!} \cong \frac{4(n-1)}{4n-3} \text{ formülleri yardımıyla}$$

hesaplanmaktadır.

3.2.1.1.2.2 Üyelik yaklaşımı

Orta Çizgi

Üyelik yaklaşımında, örneklem ortalaması bu örneklem içindeki gözlemlere karşılık gelen bulanık alt kümelerin ortalanması ile elde edilir. Bulanık alt kümeler üzerindeki bu işlemler, bulanık aritmetik kuralları doğrultusunda gerçekleştirilmekte ve sonuç, bu örneklemin ortalama kalite seviyesini gösteren bir bulanık alt kümedir olmaktadır. Büyük ortalama (GMF) aşağıdaki formülden çıkarılmaktadır:

$$GMF = \frac{\sum_{j=1}^m MF_j}{m}$$

burada MF_j , j. örneklemin ortalaması ile ilgili bulanık alt kümedir ve m, örneklem sayıdır. Orta çizginin yeri, daha önceki bölümde bahsedilen

yöntemlerden herhangi birini kullanarak GMF'nin tek temsilci değerine dönüştürülmesiyle elde edilmektedir.

Kontrol Limitleri

Olasılık yoğunluk fonksiyonuna dayanan klasik kontrol limitlerinin tersine; üyelik kontrol limitleri, üyelik fonksiyonuna dayanmaktadır.

Dış bükey bulanık küme olduğu ve x_m 'in üyelik fonksiyonunun modunu gösterdiği düşünülün. Ters üyelik fonksiyonu, iki parçayı içerir; $x_l(\alpha)$, x_m 'in soludur; $x_r(\alpha)$, x_m 'in sağdır. Ters üyelik fonksiyonu şöyle yorumlanabilir: $x_l(\alpha)$, x temel değişkenin en küçük değeridir ki üyelik fonksiyonu α 'ya eşittir ve $x_r(\alpha)$, x temel değişkenin en büyük değeridir ki üyelik fonksiyonu α 'ya eşittir. Başka bir deyişle $x_l(\alpha)$ ve $x_r(\alpha)$, α kesmesinin son noktalarıdır.

Bir bulanık alt kümenin dağılımını ölçen miktar, ortalama sapma (δ), aşağıdaki formüle göre elde edilen sağ ortalama sapma (δ_r) ve sol ortalama sapmanın (δ_l) toplamıdır.

$$\delta_l = \int_{\alpha=0}^1 [x_m - x_l(\alpha)] d\alpha$$

$$\delta_r = \int_{\alpha=0}^1 [x_r - x_m(\alpha)] d\alpha$$

Sol ortalama sapma (δ_l) ve sağ ortalama sapma (δ_r), üyelik fonksiyonu altındaki x_m modunun solundaki ve sağındaki alana eşittir. Verilen bulanık A alt kümede ortalama sapma $\delta(A)$ aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\begin{aligned} \delta(A) &= \delta_l(A) + \delta_r(A) \\ &= \int_{\alpha=0}^1 [x_r(\alpha) - x_l(\alpha)] d\alpha \end{aligned}$$

burada α , üyelik değeridir. Bulanık alt kümenin dağılımına karar vermek için; ortalama sapma, temel değişkenin birimi olarak ifade edilebilmektedir.

(a,b,c) tarafından gösterilen üçgen bulanık altkümede, ortalama sapma $\delta(A)$ aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$A = (a,b,c)$$

$$\delta(A) = \int_{\alpha=0}^1 [(-\alpha(c-b) + c) - (\alpha(b-a) + a)] d\alpha$$

$$\delta(A) = \frac{1}{2}(c-a)$$

Verilen her n gözlemlili m örneklem, her örneklem ile ilgili bulanık alt kümeler ilk olarak hesaplanmaktadır. Büyük ortalamaya karşılık gelen bulanık altküme oluşturulmaktadır. Bu altkümenin ortalama sapması üyelik yaklaşımı için kontrol limitlerine karar vermede kullanılabilir. Kontrol limitleri, orta çizginin altında ve üstünde, ortalama sapmanın katı olarak yer almaktadır. Her örneklemin temsilci değeri, $[0,1]$ kapalı aralığında yer aldığında;

$$AKL = \text{Max} \{ 0, (\text{Orta Çizgi} - k \delta(\text{GMF})) \}$$

$$ÜKL = \text{Min} \{ 0, (\text{Orta Çizgi} + k \delta(\text{GMF})) \}$$

olarak hesaplanmaktadır.

Burada, orta çizgiden kontrol limitlerinin ortalama sapmalarının $[\delta(\text{GMF})]$ sayısını gösteren k çarpanı hesaplanmalıdır. Başka bir deyişle k , ortalama sapmanın sayısıdır ki, bu sayı kadar kontrol limitleri orta çizgiden uzakta yer alır. k değerine, tecrübeye ya da 1.tip hataları sabitleyerek Monte-Carlo simülasyonu doğrultusunda karar verilmektedir. Dilsel veriler için Raz ve Wang, önceden belirlenen 1.tip hata olasılığını veren k değerini bulmak için Monte-Carlo simülasyonunu önermektedir. Öncelikle dilsel terimlerin deneysel dağılımı, başlangıç örnekleminden tahmin edilir. Sonra k için başlangıç değeri keyfi olarak seçilir ve kontrol limitleri $[\delta(\text{GMF})]$ ile hesaplanır. Geniş sayıda örneklem üretmek için deneysel dağılım kullanılır ve kontrol limitlerinin dışına düşen örneklemin oranları hesaplanır. Eğer oran, önceden tanımlanan 1.tip hata oranından farklıysa, k değeri değiştirilir ve oran yeniden hesaplanır. Önceden tanımlanan 1.tip hata olasılığının tam değerine ulaşıncaya kadar iterasyona devam edilir. Standart kontrol şemalarında olduğu gibi küçük(büyük) değerler örneklem dalgalanmalarındaki duyarlılığı artırır(azaltır). Tablo 3.7'de bu bölümde bahsedilen yaklaşımların karşılaştırılması detaylı olarak görülmektedir.

Tablo 3.7. Bulanık Kontrol Şemalarını Oluşturmada Kullanılan Olasılıkçı ve Üyelik Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

	Olasılıkçı Yaklaşım		Üyelik Yaklaşımı	
	İzlenen Adımlar	Adımlarda Kullanılan İşlemler	İzlenen Adımlar	Adımlarda Kullanılan İşlemler
Örneklem Ortalamasının Hesaplanması	Her dilsel terim, temsilci değerine dönüştürülür.	Dönüştürme yöntemleri (Bulanık medyan/bulanık mod/ bulanık ortalama/ α kesmesi orta aralık) kullanılır.	Örneklem içindeki gözlemlere karşılık gelen bulanık alt kümelerin ortalaması hesaplanır.	$MF = \frac{k_1F_1 + k_2F_2 + \dots + k_tF_t}{n}$ Çıkan sonuç, Bulanık kümedir
	Örneklem içindeki tüm gözlemlerin temsilci değerlerinin, aritmetik ortalaması olarak hesaplanır.	$M_j = \frac{\sum_{i=1}^t r_i k_{ij}}{n_j}$	Örneklem ortalamasına karşılık gelen bulanık alt küme, temsilci değerine dönüştürülür.	r_{MF} Dönüştürme yöntemleri (Bulanık medyan/bulanık mod/ bulanık ortalama/ α kesmesi orta aralık) kullanılır.
Standart / Ortalama Sapmanın Hesaplanması	Her örneklem için standart sapma hesaplanır.	$SD_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^t k_{ij} (r_i - M_j)^2}$	Örneklem ortalamalarının toplamı, örneklem sayısına bölünerek örneklem ortalamalarının ortalaması hesaplanır. (proses ortalaması)	$GMF = \frac{\sum_{j=1}^m MF_j}{m}$ Çıkan sonuç, Bulanık kümedir
	Örneklem ortalamalarının standart sapmalarının ortalaması hesaplanır.	$MSD = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SD_j$	Örneklem ortalamalarının, proses ortalamasından sapması hesaplanır. (ortalama sapma)	$\delta(A) = \delta_1(A) + \delta_r(A)$ $= \int_{\alpha=0}^1 [x_r(\alpha) - x_1(\alpha)] d\alpha$
Orta Çizginin Hesaplanması	Örneklem ortalamalarının ortalaması hesaplanır.	$OC = \frac{\sum_{j=1}^m M_j}{m}$	Proses ortalamasına karşılık gelen bulanık alt küme temsilci değerine dönüştürülür.	OC Dönüştürme yöntemleri (Bulanık medyan/bulanık mod/ bulanık ortalama/ α kesmesi orta aralık) kullanılır.
Kontrol Limitlerinin Hesaplanması	Örneklem büyüklüğüne dayanır; A_3 sabiti kullanılır. Değişkenler için kontrol şemalarındaki formüllere dayanır.	AKL = Max {0, (OC - A_3 MSD)} ÜKL = Min {1, (OC + A_3 MSD)}	Bulanık aritmetik ve k değerinin belirlenmesine dayanır. Örneklem büyüklüğüne dayanmaz. k çarpanı, belirsizdir (simülasyon, uzman tarafından atanır)	AKL = Max {0, (OC - k δ (GMF)} ÜKL = Min {0, (OC + k δ (GMF)}

3.2.1.1.3 Özellikler için α kesmesi bulanık kontrol şemaları

Wang ve Raz'ın önerdiği yaklaşımlar aracılığıyla özellikler için α kesmesi kontrol şemaları geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, uygun α seviyesinin seçilerek denetimin darlığına karar verme yeteneğini geliştirmektedir. Başka bir deyişle kalite denetleyicisi, üretim prosesinin ve ürünlerin doğasına dayanan denetimin darlığını tanımlayabilmektedir. Bu α seviyelerinin farklı değerleri ile mümkün olmaktadır. Uygun α kesmesine, üretim prosesleri ve ürünün doğasına göre karar verilmektedir. Kalite denetleyicisi, eğer daha dar bir inceleme isterse, daha yüksek α kesmesi kullanabilmektedir.

Özellikler için kontrol şemaları, spesifikasyonlara uymayan olarak reddedilen oran, uygunsuz parçalarının sayısı, uygunsuzluğun sayısı ve bir birim için uygunsuzluk sayısı için elde edilmektedir. Bu bölümde sırasıyla ilk olarak reddedilen oranlar için bulanık kontrol şemaları elde edilmekte, sonra uygunsuzluğun sayısı için üyelik fonksiyonu ve α kesmesi kontrol limitleri elde edilmektedir. Özellikler için diğer kontrol şemaları da aynı yolla elde edilebilmektedir.

Bulanık durumda, her örneklem ortalaması M_j ve orta çizgi (OÇ), daha önce belirtilen formüller yardımıyla hesaplanmaktadır. Çünkü OÇ, bulanık kümedir ve üçgen bulanık sayı (TFN) tarafından gösterilebilir ki bulanık modu OÇ'dir. Bu durum aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Sonra her örneklem için M_j , $L_j(\alpha)$ ve $R_j(\alpha)$ aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmaktadır.

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

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

\bar{M} veya OÇ'nin üyelik fonksiyonu, aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

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

α kesmesi için kontrol limitleri de, TFN'ler tarafından gösterilebilen bir bulanık kümedir. Çünkü OÇ'nin üyelik fonksiyonu iki parçaya bölünmekte ve her parça kendi OÇ, AKL ve ÜKL'ne sahip olmaktadır. α değerine dayanan kontrol limitlerinin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi verilmiştir:

Kontrol limitler(α):

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} O\check{C}^L = \bar{M} \alpha \\ AKL^L = \max \left\{ O\check{C}^L - 3\sqrt{\frac{(O\check{C}^L)(1-O\check{C}^L)}{\bar{n}}}, 0 \right\} \\ \check{U}KL^L = \min \left\{ O\check{C}^L + 3\sqrt{\frac{(O\check{C}^L)(1-O\check{C}^L)}{\bar{n}}}, 1 \right\} \end{array} \right\} \text{eğer } 0 \leq M_j \leq \bar{M} \\ \left\{ \begin{array}{l} O\check{C}^R = 1 - [(1 - \bar{M} \alpha) \alpha] \\ AKL^R = \max \left\{ O\check{C}^R - 3\sqrt{\frac{(O\check{C}^R)(1-O\check{C}^R)}{\bar{n}}}, 0 \right\} \\ \check{U}KL^R = \min \left\{ O\check{C}^R + 3\sqrt{\frac{(O\check{C}^R)(1-O\check{C}^R)}{\bar{n}}}, 1 \right\} \end{array} \right\} \text{eğer } \bar{M} \leq M_j \leq 1 \end{array} \right.$$

Burada \bar{n} , ortalama örneklem sayısıdır (ASS). ASS kullanıldığında kontrol limitleri örneklem büyüklüğü ile değişmeyecektir. Bu yüzden, tüm örneklem için kontrol limitleri aynıdır.

Değişken örneklem büyüklüğü için (VSS) \bar{n} , j. örneklemin büyüklüğü(n_j) ile yer değiştirmelidir. Böylece her örneklem kendi kontrol limitine sahip olacaktır.

Prosesin kontrolde mi (1) veya kontrol dışında mı (0) olduğu kararı, hem ASS hem de VSS için aşağıdaki gibidir:

$$\text{Proses kontrolü} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } AKL^L(\alpha) \leq L_j(\alpha) \leq \dot{ÜKL}^L(\alpha) \wedge AKL^R(\alpha) \\ & \leq R_j(\alpha) \leq \dot{ÜKL}^R(\alpha) \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

α kesmesi değerine, araştırmanın darlığına(sıklığına) göre karar verilir; dar inceleme için α değerleri 1'e yakın kullanılmalıdır. α 'nın 0'a azaltılmasıyla (incelemenin darlığını azaltır), prosesin kontrolde olduğu alan ($\dot{ÜKL}$ ve AKL arasındaki fark) artar.

Bulanık durumda \bar{c} 'in veya $O\check{C}$ 'nin üyelik fonksiyonu aşağıda yazıldığı gibidir:

$$\mu_{c_j}(x) = \begin{cases} \frac{x - c_{\min}}{\bar{c} - c_{\min}} & \text{eğer } c_{\min} \leq x \leq \bar{c} \\ \frac{x - c_{\max}}{\bar{c} - c_{\max}} & \text{eğer } \bar{c} \leq x \leq c_{\max} \end{cases}$$

\bar{c} şemalarına karşılık gelen kontrol limitleri;

Kontrol limitleri (α):

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} O\check{C}^L = c_{\min} + (\bar{c} - c_{\min})\alpha \\ AKL^L = \max \{ O\check{C}^L - 3\sqrt{c_{\min} + (\bar{c} - c_{\min})\alpha}, 0 \} \\ \dot{ÜKL}^L = \{ O\check{C}^L + 3\sqrt{c_{\min} + (\bar{c} - c_{\min})\alpha} \} \end{array} \right\} \text{eğer } c_{\min} \leq c_j \leq \bar{c} \\ \left\{ \begin{array}{l} O\check{C}^R = c_{\max} + (\bar{c} - c_{\max})\alpha \\ AKL^R = \max \{ O\check{C}^R - 3\sqrt{c_{\max} + (\bar{c} - c_{\max})\alpha}, 0 \} \\ \dot{ÜKL}^R = \{ O\check{C}^R + 3\sqrt{c_{\max} + (\bar{c} - c_{\max})\alpha} \} \end{array} \right\} \text{eğer } \bar{c} \leq c_j \leq c_{\max} \end{array} \right.$$

Burada c_j , j. örneklem içinde uygunsuzluğun sayısıdır.

Prosesin kontrolde olduğu (1) ve kontrol dışı olduğu (0) kararı aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$\text{Proses kontrolü} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } AKL^L(\alpha) \leq L_j(\alpha) \leq \ddot{U}KL^L(\alpha) \wedge AKL^R(\alpha) \\ & \leq R_j(\alpha) \leq \ddot{U}KL^R(\alpha) \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

burada j örneklem numarasıdır ve

$$L_j(\alpha) = c_{j_{\min}} + (c_j - c_{j_{\min}})\alpha$$

$$R_j(\alpha) = c_{j_{\max}} + (c_j - c_{j_{\max}})\alpha$$

Ve $(c_{j_{\min}}, c_j, c_{j_{\max}})$, j örneklemini için uygunsuzluğun sayısının TFN'sidir.¹⁷⁷

¹⁷⁷ Gülbay vd., 2004: 1183-1186

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KALİTE KONTROL YAKLAŞIMININ BİR MERMER İŞLETMESİNDE UYGULAMA ÖRNEĞİ

4.1 Metodoloji

Bir işletmede iyi bir kalite anlayışının yerleşebilmesi için, kalitenin o işletme için ulaşılabilir bir amaç olması ve dolayısıyla onun üzerinde yoğunlaşması, ayrıca iyi bir kontrol sisteminin kurulması gerekmektedir.

İşletmede uygulanacak olan istatistiksel kalite kontrol tekniklerinden en çok kalite kontrol şemalarından yararlanarak kalite güvenliği sağlanmaktadır. Bununla birlikte bu çalışmaların sonucunda işletmelerin verimliliği artmaktadır.

Açıklanan bu durumlar üretim durumunda gerçekleştiğinde, kusurlu ürün sayısında bir düşüş görülecek ve dolayısıyla kusurlu ürün maliyeti azalacaktır. Ancak bunlar için, çalışanlara yeterli bir eğitim verilmesi ve hedeflere ulaşılması için yeterli araçların sağlanması gerekmektedir.

Bu bağlamda çalışmanın uygulama bölümünde izlenen adımlar şöyledir;

- Öncelikle ilgili işletmenin uygulama alanı olan ilgili prosesinde değerlendirmeye alınacak ürün belirlenmiştir.
- Belirlenen bu ürün ile ilgili hata nedenlerine karar verilerek, en çok ortaya çıkan hata nedenlerine göre ilgili ürün, tercih edilme sırasına göre derecelendirilmiştir.
- Belirlenen bu hata nedenlerine göre incelenen prosesi temsil eden beş farklı şekilde üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır.
- Her üyelik fonksiyonu için bulanık kalite kontrol şeması oluşturmada izlenen olasılıkçı ve üyelik yaklaşımına göre bulanık kalite kontrol şemaları oluşturulmuş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

4.2 Uygulama Alanı Olan Mermer İşletmesinin Tanıtımı

Bu tezin uygulama alanını, Taş ve Toprağa Dayalı Sanayi sektörünün en önemli bölümü olan mermercilik faaliyetleri oluşturmaktadır. Anadolu'da tarih boyunca kurulan hemen her uygarlık döneminde, teknolojik ve artistik değerleri nedeniyle en sık kullanılan malzeme olan mermer, antik mimarinin yapıtaşlarından biridir. Mermer, kalsiyum karbonat ihtiva eden kristal kayadır. Anadolu'nun birçok yerinde bulunan mermer yataklarının, binlerce yıldır işlendiği bilinmektedir. Zaten Latince, Grekçe ve tüm Batı dillerindeki adını da (marmor, marmaros, marble), çok uzun yıllardır işletilen mermer ocaklarına ev sahipliği yapan Marmara Adası'ndan almıştır. Yıllık 3 milyon tona ulaşan doğal taş üretim miktarı ile Türkiye; Çin, İtalya, Hindistan ve İspanya'dan sonra dünyanın ilk beş üreticisi arasına girmektedir. Anadolu'da tarihi Hititler'e kadar uzanan mermer işletmeciliği, Türkiye'de halen binin üzerinde mermer ocağı ve 10 bini aşkın atölye ve fabrikada sürdürülmektedir. Bahsedilen bu mermer işletmeciliğinde, Denizli ili de önemli bir paya sahiptir.

Bu tezin uygulama bölümünde incelenen işletme, Denizli İmalat Sanayi'nde faaliyet gösteren bir mermer işletmesidir. 15.000 m² kapalı ve 55.000 m² açık alana sahip olan işletme, kurulduğu tarihten itibaren ürün kalitesini ve müşteri memnuniyetini kendine ilke edinmekle beraber sektördeki gelişmeleri yakından takip etmiştir. Ağırlıklı olarak İtalyan teknolojisini kullanan işletme, kendi ocaklarından çıkardığı aylık 7.500 m³ bloktan ortalama 140.000 m² yarı mamul üretip, bunun 125.000 m²'sini ihraç etmektedir. İhracatın %90'ı A.B.D.'ye, geri kalanı da Yunanistan, Brezilya, Arjantin, Kanada, İngiltere, Fransa, Hollanda, Belçika, Bahamalar, Güney Afrika, Suriye, İsrail, İtalya ve İspanya'ya yapılmaktadır.

İlgili işletme, 500'ü aşkın çalışanı ile her geçen gün ileriye dönük hedeflerle yoluna devam etmektedir. Bu çalışmaları sonucunda 2003 yılında günümüzün en çok konuşulan ve uygulanan yönetim modellerinden biri olan ISO 9001:2000 belgesini kazanarak sektörde bu belgeye sahip sayılı firmalardan biri olmuştur. Ayrıca işletme, çevreye ve Araştırma-Geliştirmeye verdiği önem ile de hep ön planda bulunmuş ve çalışmalarını yoğunlaştırarak ÇEVRE 14001 belgesine odaklanmıştır. Bunun yanında, Avrupa Birliği ülkeleriyle ticaret yapabilmenin en önemli şartlarından biri

olan CE standartlarında bir işletmeye sahip olmak için gerekli altyapı çalışmalarına başlamış ve bu çalışmaları belgelendirme projelerine hız vermiştir.

İlgili işletmenin vizyonu; Türkiye'de sektörün 1 numaralı firması olmak ve sektörde örnek firma olma özelliğini devam ettirirken dünya doğal taş pazarında da adını dev firmaların arasına yazdırmaktır. Misyonu ise; bu vizyonu gerçekleştirebilmek için iş güvenliği ve verimliliğe dayanan bir çalışma ortamında tutarlı, yüksek ürün ve hizmet kalitesi ve uygun fiyatlarla müşterilerine en iyi hizmeti verebilmek için hiç durmadan çalışmaktır.

4.3 İşletmenin Üretim Prosesi

İlgili işletme, ağırlıklı olarak traverten üretmektir. Gerekli hammaddeyi farklı traverten ocaklarından sağlamaktadır. İşletmede ürünler 4 ana üretim prosesinden geçmektedir. Bunlar honlu dolgulu, eskitme, patinatolu-kenar kırıklı ve plaka üretimidir. İşletmenin farklı ebatlardaki fayans ve plakadan oluşan ürün yelpazesi aşağıda görülmektedir.

Fayans

- 15,3 x 15,3 x 1,2 (cm) - 6" x 6" x 1/2"
- 20,3 x 20,3 x 1,2 (cm) - 8" x 8" x 1/2"
- 30,6 x 30,6 x 1,0 (cm) - 12" x 12" x 3/8"
- 30,6 x 30,6 x 1,2 (cm) - 12" x 12" x 1/2"
- 40,6 x 40,6 x 1,2 (cm) - 16" x 16" x 1/2"
- 45,7 x 45,7 x 1,2 (cm) - 18" x 18" x 1/2"
- 30,6 x 61,0 x 1,2 (cm) - 12" x 24" x 1/2"
- 40,6 x 61,0 x 1,2 (cm) - 16" x 24" x 1/2"
- 61,0 x 61,0 x 1,5 (cm) - 24" x 24" x 5/8"
- 91,44 x 91,44 x 2,0 (cm) - 36" x 36" x 3/4"

Plaka

- Minimum Ebat: 240 x 140 (cm) - 7'10" x 4'7"
- 2 (cm) - ~3/4"
- 3 (cm) - ~6/5"
- 3,4 (cm) - ~7/5"
- 4,1 (cm) - ~8/5"

İlgili işletmede üretilen ürünler üzerinde birçok kenar ve yüzey işlemleri de yapılabilmektedir. İşletmede ürünler üzerinde yapılan kenar ve yüzey işlemleri aşağıda detaylı olarak verilmiştir:

<i>Yüzey işlemleri</i>	<i>Kenar işlemleri</i>
Ham	Düz
Honlu & Dolgulu	Kırıklı (chiseled-edge)
Honlu & Dolgusuz	Patinatolu
Patinatolu & Dolgulu	Pahlı
Patinatolu & Dolgusuz	
Eskitme (tumbled)	

Farklı her kenar ve yüzey işlemleri için, işletmede farklı üretim prosesleri gerçekleştirilmektedir. İşletmede genel üretim safhasındaki iş akış şeması, Şekil 4.1’de görülmektedir. İlgili işletmede gerçekleştirilen prosesin, işletme içindeki yerleşim planı ise Şekil 4.2’de görülmektedir.

Ham Kesim: İşletmede ocaklardan getirilen bloklara yapılan ilk yapılan işlem, ham kesimdir. Ham kesimin amacı, blok haldeki ürünlerin müşterilerin taleplerine göre işlenebilmesi için belli kalınlıkta plaka ve strip malzemenin üretilmesidir. Bu işlem için işletme içinde iki seçenek vardır; Katrak ve SD makinesidir.

Katruk Makinesinde Ham Kesim: Katruk makinesinde kesilen plakalarda ölçü standardı ve kesim kalitesi, diğer yöntemlere göre daha yüksektir. Kesim işlemi, sağlam bir platform üzerine sabitlenen blok taşıyıcı vagonun, bıçaklara (elmas soket) doğru yükselme hareketi yapmasıyla sağlanmaktadır. Makinedeki bıçak sayılarının değişimine göre, 4,1 cm, 3,4 cm, 3 cm ve 2 cm kalınlığında plaka ürünler kesilebilmektedir. Katruk makinesi 10 m³ hacmindeki bir bloğu, 6 saatte plaka haline getirebilmekte ve saatte 35-40 cm dalma yapabilmektedir. Kısacası, katruk makinesinin üretim hızı, SD makinelerine göre daha yüksektir ve bu makine daha kaliteli ürünler sağlamaktadır. Blok seçimi, katruk makinesinin verimini doğrudan etkilemektedir. Katruk makinesinde kesimi tamamlanan ürün, plaka halinde satışa sunulabildiği gibi strip haline getirilmesi için köprülü kesme makinelerine aktarılabilmektedir.

SD Makinesinde Ham Kesim: Bu makinelerde yatay ve dikey kesim olmak üzere, iki boyutlu kesim gerçekleştirilmektedir. Kesime başlamadan önce blok seçimi yapılmakta, blok seçiminde talep edilen ürünün ebatları veya bloğun çatlak, damar ve delik yapısı dikkate alınmaktadır. SD makinesinde kesim işleminde, blok kızığa yerleştirilmekte ve platforma taşınmaktadır. Bloklar platformda sabitlendikten sonra, dikey testere istenen ebatlara göre bloğa dalma hareketini yaparken, yatay testere de bloğun tabandan kesimini yapmaktadır. SD makinesi, 10 m³'lük bir bloğun kesimini 12 saatte tamamlamaktadır. Başka bir deyişle üretim hızı, katruk makinesine göre daha azdır. SD makinelerinin en önemli avantajı, blok seçiminde esneklik sağlamasıdır. Bu makine, büyük ebatla ve sıkı yapıda olmayan blokları kesebildiği gibi, ürünün istenen kalınlıkta kesilebilmesinde esneklik sağlamaktadır.

Köprülü Kesme: Köprülü kesme ile katruk makinesinden elde edilen plakalar ebatlanmaktadır. Köprülü kesme üretimini etkileyen faktörler; testerenin dönme hızı,

ilerleme hızı ve su beslemesidir. Öncelikle köprülü kesimi gerçekleştirilecek ürünün özelliklerine göre, bu faktörler ayarlanmaktadır. Köprülü kesme işleminde, plakalar yere paralel hale getirilerek önce kenarlarından alım yapılmakta, daha sonra plakalardan, istenen ebatlarda strip malzemeler elde edilmektedir. Bu aşamada, kesimin hassasiyetini sağlamak için lazer tekniği kullanılmaktadır. Köprülü kesme işlemi tamamlanan ürünler, yarma makinelerine gönderilmektedir.

Kafa Kesme: Kafa kesme ile, SD makinesinden çıkan malzemeler istenen uzunlukta kesilmekte veya problemliler malzemeler ebatlanmaktadır. Bu aşamada da, makinedeki testere hızı kesme ve ilerleme hızı önemli iki faktördür.

Yarma: Yarma aşamasında, yarma makinelerinin en bilinen ve önemli özelliği karo üretiminin verimini arttırmasıdır. Bu aşamada, özellikle karo üretimine yönelik SD kesimlerinde oluşabilecek hataların ve ürünün makinelere yükleme-makinelerden boşaltma sırasında oluşan hataların giderilmesi için tercih edilmektedir. Yarma makinesinden çıkan malzeme, kalibre-honlamaya verilmekte, belirlenen ölçüde veya yapıda olmayan malzemeler ise ayrılmaktadır.

Kalibre ve Honlama: Yarmada yapılan kesim, hassas kesim olmadığı için çıkan ürünün yüzeyinde dalgalanmalar ve kesimden kaynaklanan pürüzlenmeler olmaktadır. İşte bu aşamada, ürünün kalınlığında ölçü standardizasyonunun sağlanabilmesi için kalibre ve honlama olmak üzere iki yüzey işlemi yapılmaktadır. Yarma aşamasından geçen ürün, ilk önce kalibreleme işlemine alınmakta, ürün soketler kullanılarak istenen standart ölçülerine kadar inceltilmektedir. Kalibreden çıkan ürün, seri olarak honlamaya geçirilmekte ve burada abrasivler yardımıyla ürünündeki kalibre izleri giderilmektedir. Honlamada sadece ürün yüzeyinin pürüzleri giderilmekte, her hangi bir inceltme söz konusu olmamaktadır. Malzemenin sertlik derecesine göre abrasivlerin dereceleri (abrasivlerin derecesi 60, 120 veya 180'dir) ayarlanmaktadır. Kalibre ve honlamadan çıkan ürün, renk tonuna göre (koyu, orta ve açık) sınıflandırılmakta ve dolgu hattına gönderilmektedir.

Dolgulama: Dolgulamada amaç, traverten taşının doğal yapısından kaynaklanan deliklerin doldurularak taşın direncinin artırılması ve görünümünün iyileştirilmesidir. Burada dolgu maddesi olarak kalsit, kaolen ve çimentodan oluşan karışım kullanılmakta, gerektiğinde renklendirme için boyadan da yararlanılmaktadır. Öncelikle ürün, hatta girmeden önce eğer oldukça büyük deliklere sahipse toz karışım ile doldurulmakta daha sonra hatta verilmektedir. Ürün makinede ilk olarak, çamur halinde bulunan karışım ile tamamen doldurulduktan sonra üründeki delikler, toz halinde bulunan karışım ile iyice doldurulmakta ve sıkılaştırılmaktadır. Bu işlemlerden sonra ürün, kontrol edilmekte ve kurutmaya gönderilmektedir.

Kurutma: Kurutmada amaç, ürün yüzeyindeki deliklerin dolmasını sağlayan dolgu malzemesinin, doğal ortamda kurutulmasıdır. Böylece kullanılan dolgu malzemesi, istenen sertliğe ve mukavemet derecesine ulaşmaktadır. Kurutma işleminin yapılmaması halinde, kullanılan dolgu istenen dayanıklılığı gösterememekte ve bu da müşteri memnuniyetsizliğine neden olmaktadır. Dolgu malzemesinin kuruma süresi, iklim koşullarına bağlıdır. Kurutma süresini tamamlayan ürünler, fayans hatlarına aktarılmaktadır.

Kazıma: Kazıma, fayans hatlarının ilk işlemidir. Burada amaç, silimde temizlenemeyecek büyüklükteki dolgu izlerinin giderilmesidir.

Silim: Silimdeki amaç, dolgu izlerinin giderilmesi ve artık ürüne son yüzey özelliğinin verilmesidir. Bunun için, yumuşak abresiv taşları kullanılarak ürün parlatılmakta ve cilalanmaktadır. Silimden sonra ürün, istenen yüzey kalitesine kavuşmakta ve ebatlamaya geçmektedir.

Ebatlama: Silimden çıkan ürünün boyutları, kalibre ve honlamadan çıkan ürünün boyutlarıdır. Bu boyuttaki ürünler, satışa sunulmak için talep edilen ölçülere göre burada kesilmekte başka bir deyişle ebatlanmaktadır. Ürünün ilk prosten bu prosese kadar çalışılan ölçüleri, Tablo 4.1’de olduğu gibi özetlenebilmektedir.

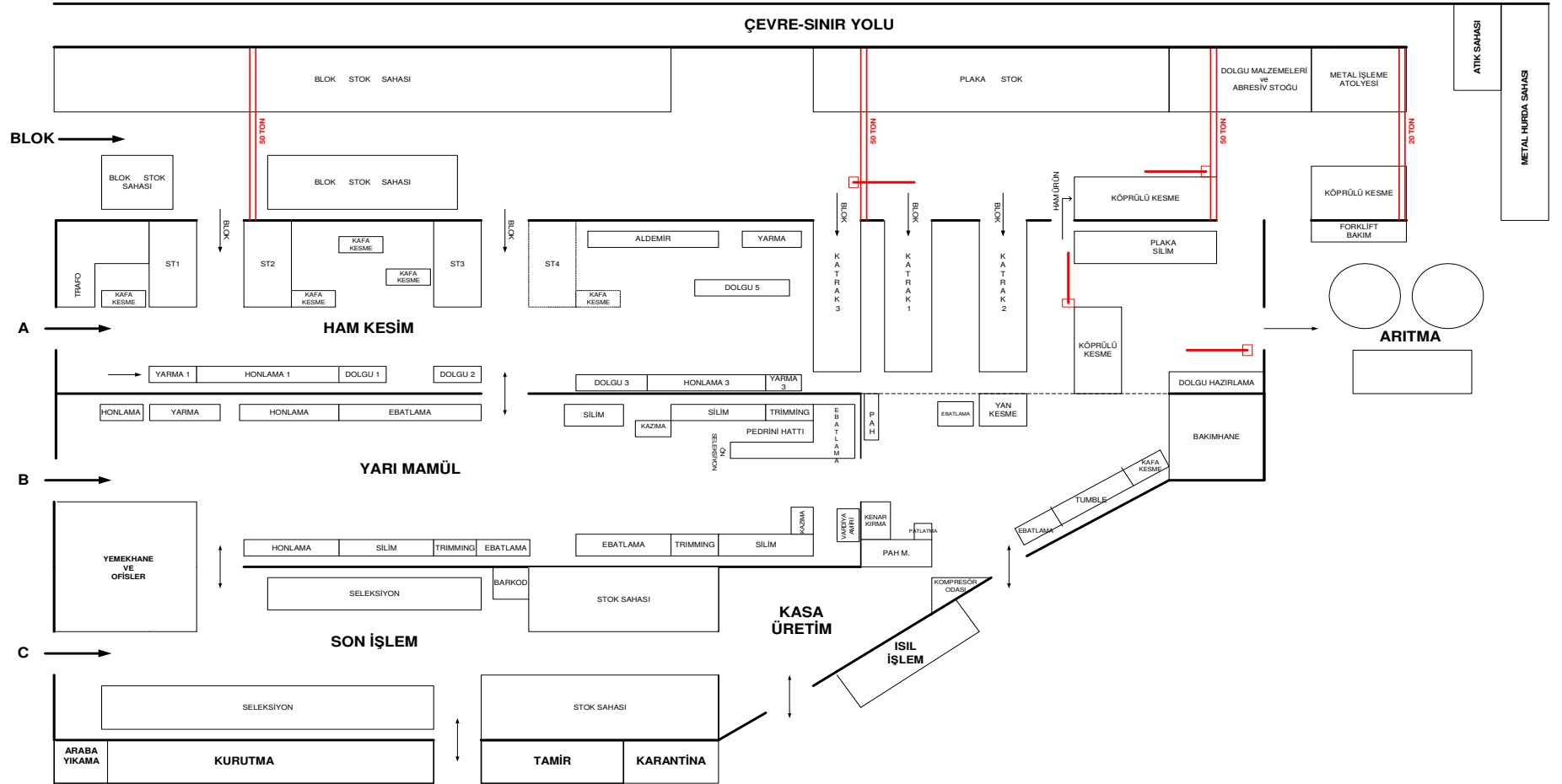
Tablo 4.1: Ürünün Üretim İçindeki Ölçüleri

Ham Ölçüler (cm)	Yarı Mamül Ölçüler (cm)	Nihai Ölçüler (cm)
4,1 x 63 x 63	1,5 x 63 x 63	1,5 x 61 x 61
3,5 x 48 x 48	1,27 x 48 x 48	1,27 x 45,7 x 45,7
3,5 x 43 x 43	1,27 x 43 x 43	1,27 x 40,6 x 40,6
3,0 x 33 x 33	1,0 x 33 x 33	1,0 x 30,6 x 30,6
3,5 x 43 x 63	1,27 x 43 x 63	1,27 x 40,6 x 61
3,5 x 23 x 43	1,27 x 23 x 43	1,27 x 20,3 x 40,6
3,5 x 23 x 23	1,27 x 23 x 23	1,27 x 20,3 x 20,3

Eskitme prosesleri: Eskitme prosesleri, müşterinin talepleri doğrultusunda gerçekleştirilen işlemlerdir. Bu ürünler için yapılan prosesler; kenar kırma, vibrasyon ve patinato işlemleridir. Kenar kırık ürün için, yarma ve kalibre-honlamadan çıkan ürün dolgulamaya girmeden kenar kırma makinelerine getirilmekte ve kırma derinliği ve kırma genişliği dikkate alınarak ürün işlenmektedir. İşlenen bu ürünler arasında belirlenen kriterlere uyan ürünler, patinato makinesine gönderilmektedir. Bu makinedeki işlemin amacı, kırmadan kaynaklanan keskin sivri uçların yuvarlatılmasıdır. Vibrasyon ise, “Eskitme” ürünler için kullanılan bir yöntemdir. Burada ürün, yarmaya girmeden kalibre-honlamadan çıktıktan sonra vibrasyon makinesinde işlenmektedir. Burada ürünün köşeleri ve yüzeyi, vibrasyon makinesinde bulunan çeşitli ebattaki taşların içinde sürtünme ile işlenmektedir. Vibrasyondan çıkan ürün, yarma işlemine alınmakta ve ön seleksiyon yapılmaktadır.

Ön seleksiyon: Ön seleksiyonda, yüzey işlemleri ve ebatlaması tamamlanan ürünlerin istenen özelliklere sahip olup olmadığı kontrol edilmektedir. Burada ürünler temiz, hatalı veya alt ebata düşürülecek olarak sınıflandırılmaktadır. Temiz ürünler, müşterinin talep ettiği özellikteki (kalibre, ebat, yüzey kalitesi) ürünlerdir. Bu ürünler, seleksiyon hattına transfer edilmektedir. Hatalı ürünler; küçük kenar kırığı, silim, dolgu ve kalibre hatası gibi tamir atölyesinde onarılması yapılabilecek ürünlerdir. Bu ürünler, tamir atölyesinde işlendikten sonra tekrar yüzey temizleme sürecine aktarılıp seleksiyon hattına gönderilmektedir. Ön seleksiyonda, büyük kırıklı ürünler kurtarılabilirse bir alt ebattaki ürünün ebatlarında tekrar işlenerek seleksiyon hattına gönderilmektedir.

Seleksiyon: Seleksiyonda ürünlerin kalite kontrolleri yapılmakta ve ürünler, renk ve yapısal özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Kalite kontrol sırasında hatalı bulunan ürünler, (büyük kırık, küçük kırık, kalibre, abrasiv, dolgu, çatlak vb.) ya tamir atölyesine ya da yeniden ebatlamaya gönderilmektedir. Kalite kriterlerini sağlayan ürünler ise, bu bölümdeki sınıflandırma kriterlerine göre kasalanmakta ve sevkiyat alanına aktarılmaktadır.



Şekil 4.2: Prosesin Yerleşim Planı

4.4 Kalite Sistemi, Politikası ve Yönetimin Sorumluluğu

İlgili işletme; müşteri ihtiyaçlarının kendi kalitesini belirlediğine inanarak yüksek kaliteli malları en ekonomik seviyede üretmeyi ilke edinmiştir. İşletme yönetimi ve çalışanları tarafından belirlenen kalite politikasının ana hatları belirtilecek olursa;

- Çalışanları sürekli eğiterek ilgili taraflara en iyi servisi vermek,
- Kararlı ve ilgili taraflarına güven veren bir organizasyona sahip olmak,
- Sürekli müşteri memnuniyetini prensip edinmiş olmak,
- Ürettiği ürünün kalitesine güvenerek rekabet disiplinlerine göre hareket etmek,
- Ayakta durabilmenin zor olduğu sektörde sürekli iyileştirme yaparak bacası tüten bir işletme olmaktır.

Kalite politikasının tüm çalışanlara duyurulabilmesi ve kalite bilincinin geliştirilmesi amacı ile programlı eğitimler düzenlenmektedir. Bu eğitimlerin amacı; kalite yönetim sistemini uygulamak, sürdürmek ve etkinliğini sürekli iyileştirmek, müşteri isteklerinin yerine getirilmesi yolu ile müşteri memnuniyetini arttırmak için, gerekli olan insan kaynaklarını belirlemeye ve bunların eğitimlerini sağlamaya dair bir yöntem oluşturmaktır.

Gerçekleştirilen eğitimler (planlı/plansız) eğitim etkinliği değerlendirme formu ile;

- Eğitimin Kendisi (İçeriği)
- Eğitimin Etkileri (Sonuçları)

olmak üzere hemen ve zamana yayılarak insan kaynakları ve personel birimi tarafından değerlendirilmektedir. Hemen yapılan değerlendirme, eğitici ve insan kaynakları ve personel biriminin birlikte yaptığı değerlendirmedir. Zamana yayılan sonuçlara odaklı değerlendirme ise, kalite güvence birimi ile insan kaynakları ve personel biriminin birlikte yaptığı değerlendirmedir. Her iki değerlendirme sonucu da, gözden geçirme için girdi oluşturmaktadır.

İlgili işletmede eğitim ihtiyaçları, yönetimin kalite sistemini gözden geçirme toplantılarında, aylık yönetim toplantısında veya ISO-9000:2000 Proje Ekibi toplantılarında belirlenebilmektedir. Bununla birlikte her birim, çalışanların performansını gözlemleyerek ve birim çalışanlarından gelecek istekler doğrultusunda eğitim konu ve içeriklerini belirleyerek eğitim talebinde bulunabilmektedir.

İşletmede yönetim tarafından kalite sisteminin değerlendirilmesi için, yönetimin gözden geçirilmesi toplantıları yapılmaktadır. Bunun için, ocak ve temmuz ayları içerisinde üst yönetimin katılımı ile yapılan aylık toplantı, aynı zamanda üst yönetimin gözden geçirmesi toplantısı olarak değerlendirilmektedir. Toplantı gündemini ve görüşülecek konuların tespitini, yönetim temsilcisi yapmaktadır. Bu toplantıda, kalite sisteminin yönetim tarafından belirlenmiş olan kalite politikası ve kalite hedeflerini karşılamadaki etkinliğinden emin olmak için kalite hedefleri ve iç tetkik raporları gündem maddesi olmaktadır. Bunun yanı sıra müşteri şikayetleri, kalite ve üretim sorunları gibi konular görüşülmektedir.

4.5 Kalite Kontrol Faaliyetleri

Gerçekleştirilen kalite kontrol faaliyetlerinin amacı, girdi hammaddeden son ürüne kadar olan prosesin bütün aşamalarında uygulanacak kalite kontrol yönteminin belirlenmesi, uygulanması ve ortaya çıkan uygunsuzluk durumunun tespit edilerek sorumlulara bildirilmesi, önlemeye yönelik tedbirlerin alınmasıdır. İşletmede yapılan kalite kontroller; malzemelerde kontroller, kesim sırasında kalite kontroller, silim dolgu sırasında kalite kontroller, son aşamada kalite kontroller olmak üzere dörde ayrılabilir.

Malzemelerin kontrolü amacıyla, satın alınan malzemelerin girdi kontrolleri satın alma prosedürüne uygun olarak yapılmaktadır.

Kesim sırasında kalite kontrolde, kesilen plaka periyodik olarak Standart Ürün ve Taş Kesim Kriterleri Listesine, Proses Kalite Planına, Proses Hata Tanımları Listesi kriterlerine, ilgili kesim iş emrine göre uygunluğu kontrol edilir.

Silim işlemleri sırasında ve sonrasında plakalar kalite kontrolü yapan kişi/kişiler tarafından proses kalite planına ve proses hata tanımları listesi kriterlerine, Standart Ürün ve Taş Kesim Kriterlerine, ilgili kesim iş emrine göre kontrol edilerek tanımlanan hatalara rastlandıysa proses kontrol formuna kaydedilmektedir.

Dolgu sırasında ve sonrasında plakalar kalite kontrolü yapan kişi/kişiler tarafından proses kalite planına ve proses hata tanımları listesi kriterlerine, Standart Ürün ve Taş Kesim Kriterlerine, ilgili kesim iş emrine göre kontrol edilerek tanımlanan hatalara rastlandıysa proses kontrol formuna kaydedilmektedir.

Son kontrolde, Katrak, Ebatlama, Yarma, Silim sonrası üretilen plakalar kasalama işlemine tabi tutulup sevkıyata hazır hale getirilip kendilerine ayrılan alanlarda bekletilirken uygulanan kalite kontrol usullerine göre kontrol edilmektedir. Tüm aşamalarda ortaya çıkan uygunsuz ürünler, uygun olmayan ürünün kontrolü prosedürüne göre işleme tabi tutulmaktadır.

4.6 Uygun Olmayan Ürünün Kontrolü

Uygun olmayan ürünü kontrolü faaliyetlerinin amacı, belirlenen şartlara uymayan ürünün, yanlışlıkla kullanımının veya teslimatının önlenmesi için tanımlanmasını ve kontrol edilmesini sağlamaya yönelik yazılı bir yöntem oluşturmaktır. İlgili işletmede uygun olmayan ürünler sekiz aşamada incelenmekte ve bu aşamaların açıklamaları şöyle olmaktadır;

Kalibre İşlemleri: Yarma makinesi çıkışında ayrılan kalın malzemeler (normalden en az 1 mm kalın) honlama makinelerinin sadece kalibreleri kullanılarak normal malzemeye düşürülerek honlanmaktadır. Yeniden derecelendirme işleminde malzeme kalınlığını yeni derecelendirilen malzeme kalınlığına düşürmek için, honlama makinelerinde kalibre işlemi yapılmaktadır.

Tamir İşlemleri: Ön seleksiyon ve seleksiyonda ayrılan hatalı (dolgu hatalı-köşe kenar kırık-silim hatalı) malzemelerin, mermer yapıştırıcısı (akemi) ile tamir edilip spiral ile düzeltilmesi işlemidir.

Kafa / Yan Kesme İşlemleri: Yan kesme işlemleri, ham kesimden elde edilen ürün bilgi formundaki ölçüler dışındaki atölye işlemleri için boyuna ebatlamasıdır. Kafa kesme işlemleri, üretimin bütün istasyonlarında oluşan ve taşımada kaynaklanan kırık malzemelerin serbest boy olarak ebatlanmasıdır.

Keçe İşlemleri: Tamir işleminden geçmiş ve hataları giderilmiş malzemelerin sıkıştırılmış bez ve ipten oluşmuş keçe ismi verilen, abrasiv gibi kullanılabilen malzeme ile silim makinelerinden geçirilerek spiral izlerinin ve abrasiv hatalı malzemelerde abrasiv izlerinin giderilmesi işlemidir.

Fayans İşlemleri: Hatalı fayansların tekrar ebatlanmasıyla farklı ebatlarda ürünlerin elde edilmesidir.

İç Piyasa Ebatlama İşlemleri: Ürün bilgi formunda belirtilen uygunsuz ürünlerin, süpürgelik malzemelerin, atölye ürünlerinin, uygunsuz ürünlerin özel siparişler doğrultusunda ebatlanmasıdır.

Atölye İşlemleri: Verilen siparişler doğrultusunda istenilen özellikteki malzemenin; kafa kesme, yan kesme, pah, honlama, ebatlama makinelerinin kullanılarak gerçekleştirilmesidir.

Palet Taşı: Ham kesimden ayrılan ve yarmaya uygun olmayan (büyük delik, kumlu, çatlak, oniksli v.b.) malzemelerdir.

4.7 Düzeltici ve Önleyici Faaliyetler

İlgili işletmede gerçekleştirilen düzeltici ve önleyici faaliyetlerin amacı, işletme içinde karşılaşılan uygunsuzlukların sebeplerini gidermek ve tekrarını önlemek için karşılaşılan uygunsuzlukların etkilerine uygun tedbirlerin alınmasına yönelik yöntem oluşturmaktır.

Bilindiği gibi düzeltici faaliyet, saptanan bir uygunsuzluğun sebebini veya diğer istenmeyen durumunu yok etmek için yapılan faaliyettir. Düzeltici faaliyet, tekrar meydana gelmeyi önlemek için yapılmaktadır. Önleyici faaliyet ise, meydana

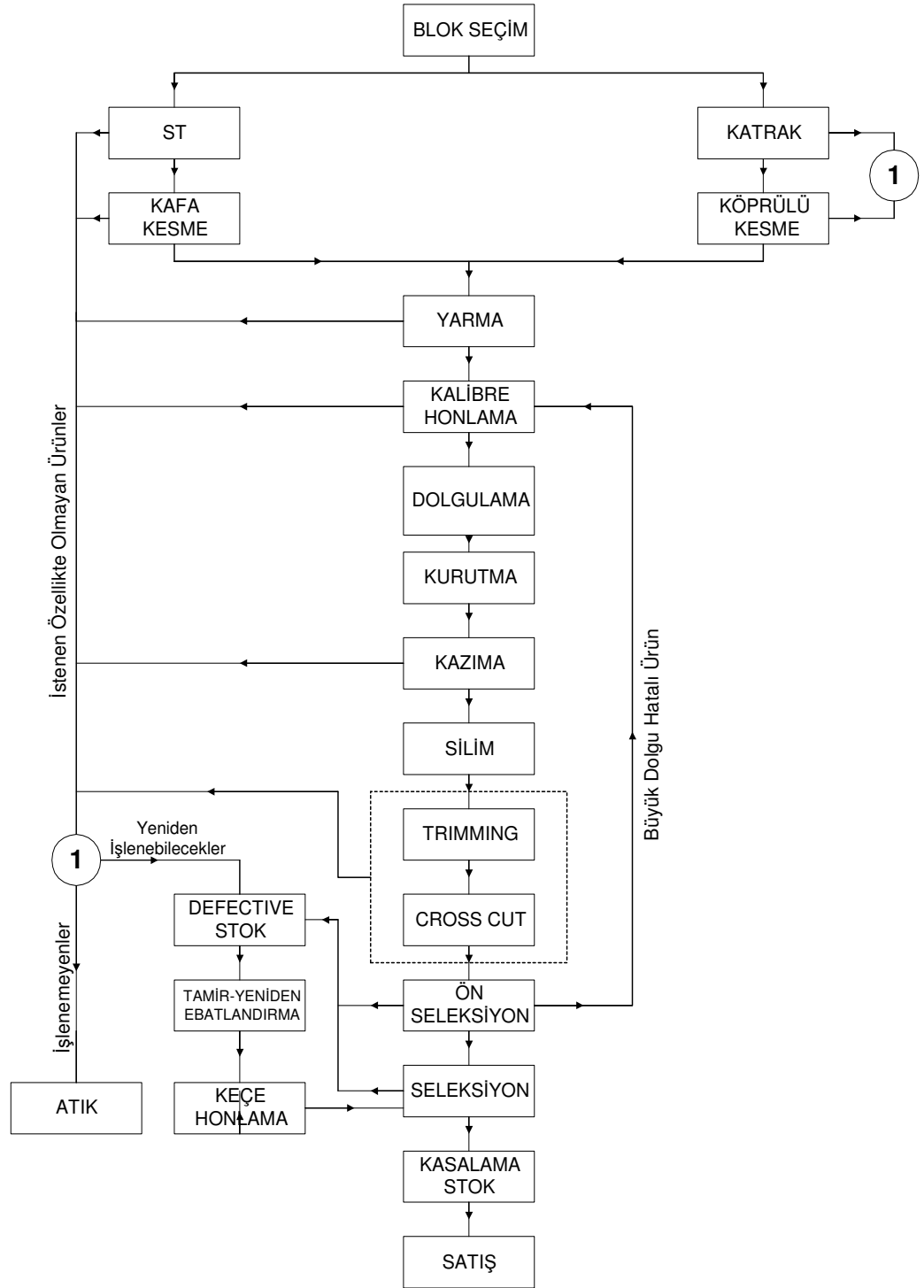
gelmeyi önlemek için yapılmaktadır. Düzeltici faaliyetler şu durumlarda istenebilmektedir:

- Yapılan toplantılar sonucunda tespit edilen olumsuzluklarda,
- Bir proses veya işin gerçekleştirilmesi sırasında tekrarlanan sorunlarda,
- Bir iç tetkik sırasında gözlemlenen aykırılıklarda,
- Müşteri şikayetlerinde,
- Tedarikçilerden gelen mallarda bir uygunsuzluk tespit edildiğinde,
- Kalite Yönetim Sistemine veya ISO 9000 standartlarına uygun olmayan herhangi bir durum ortaya çıktığında,
- İstatistiksel olarak proses kontrol dışına çıkma eğilimi gösterdiğinde.

4.8 Uygulama Alanı Olarak Seçilen Honlu Dolgulu Üretim Prosesi

Uygulama alanı olarak seçilen honlu dolgulu üretim prosesinin işleyişi şöyledir; özenle seçilmiş bloklar, SD ve katraş makinelerinde ebatlanır. Yarma makinelerinde işlemden geçer ve tam otomatik kalibre-honlama makinelerinde honlanır. Renk tonlarına ayrıldıktan sonra dolgu makinelerinde dolgulama işlemine tabi tutularak kurutulmaya alınır. Kurutulma işlemi tamamlanan yarı mamul ürün, honlama ebatlama hatlarında 0-1 mm. hassasiyetle ebatlanır, ebatlama sonunda kullanılan malzemenin hakim rengi dikkate alınarak ön seleksiyon işlemine tabi tutulur. Ayrıca bu aşamada, kalite kontrol işlemi de gerçekleşir. Kriterlere uymayan mamuller ayrılır. Seleksiyon işleminde birçok kriter göz önüne alınarak ayırım yapılır. Ürünler, seleksiyondan sonra kasalanarak stoğa alınır. Gerçekleştirilen bu işlemler için akış şeması Şekil 4.3'de görüldüğü gibidir.

**Honlu Dolgulu
Proses Akım Diyagramı**



Şekil 4.3: Honlu Dolgulu Proses Akım Diyagramı

4.8.1 Honlu dolgulu üretim prosesinde seleksiyon

Seleksiyonda, ürünlerin hem kalite kontrolleri yapılmakta hem de ürünler renk ve yapısal özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Kalite kontrol sırasında hatalı bulunan ürünler (büyük kırık, küçük kırık, kalibre, abrasiv, dolgu, çatlak vb.) ya tamir atölyesine ya da yeniden ebatlamaya gönderilmektedir. Kalite kriterlerini sağlayan ürünler ise, bu bölümdeki sınıflandırma kriterlerine göre kasalanmakta ve sevkiyat alanına aktarılmaktadır.

Bu bölümdeki seçim kriterleri ve adlandırma için iki farklı sistem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, üretimin adlandırması; diğeri ise, uluslararası pazarda standart hale gelmiş ve müşterilerin siparişlerde tercih ettiği satış kodlamasıdır. Üretimin kodlamasında temel olarak uygulanan 2 seçim kriteri vardır. Bunlar; ürünün rengi ve ürünün yapısal özelliğine bağlı olan kalitesidir. Ürünün rengi dikkate alınarak yapılan sınıflandırmada 3 kategori vardır, bunlar; açık, orta ve koyudur. Kalite dikkate alınarak yapılan sınıflandırmada ise, 4 kategori vardır, bunlar; A, B, C ve COMM (Commercial)'dur. Bu kategorilerin belirlenmesini etkileyen faktörler;

- *Dolgu*: Dolgunun boyu ve miktarı; A, B ve C kodunu belirler.
- *Renk dağılımı*: Renk dağılımının homojenliğine göre yine A, B ve C kodu seçilir.
- *Fosilleşme*: Fosilleşme varsa X ile kodlanır.
- *Renklenme*: Renklenme varsa, o renge göre kodlanır.
- *Onyx yapı*: Yapıda büyük onyx yapıları varsa COMM olarak kodlanır.

Bu sınıflandırmanın gösterimi Tablo 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.2: Üretim Bölümünde Yapılan Sınıflandırma ve Adlandırma

		RENK		
		Açık	Orta	Koyu
KALİTE	1. SINIF	A1 A2 A3	Açık A5	Koyu A5
	2. SINIF	B1L (Dolgulu) B1L Renkli	Koyu B1L (Dolgulu) Koyu B1L Renkli	Temiz B2 Dolgulu Temiz B2 Renkli
	3. SINIF	C1 (Dolgulu) C1 Renkli		C1 Koyu C2 Yeşil, Siyah
	COMM	Açık COMM		Koyu COMM
	Fosilleşme	A2X	Light X Koyu	A5X

İlgili işletmede seleksiyonda kullanılan adlandırmanın 3 temel noktası vardır, buna göre adlandırmada ilk önce ürünün kalitesini gösteren kod (A,B,C,COMM), daha sonra bu kodu ürünün renk tonunu gösteren kod (1,2,3,4,5) yazılmakta ve son olarak da ürünün yapısal özelliğini gösteren kod verilmektedir (Dolgulu, X, Renkli). Bu, bir örnekle gösterilmek istenirse;

A3 X: A:1.Kalite

B2 Dolgulu: B: 2.Kalite

3: Açık renk

2: Koyu Renk

X: Fosilleşme var

Dolgulu: Dolgu var

Satışta kullanılmakta olan kodlama, seleksiyon bölümünde kullanılmakta olan eski kodlamadan farklı olmakla beraber yaklaşım hemen hemen aynıdır. Bu kodlama da tüm ürün yelpazesini kapsayacak standart yapıya sahip değildir ancak satışın büyük bir hacmini içeren ürün yelpazesinde bir standart yapıya ulaşıldığı söylenebilmektedir. Bu adlandırma incelendiğinde de yine en önemli kriter, ürünün rengi olmaktadır. Kodlamada 3 farklı temel renk kodu vardır. Bunlar;

- *Extra light:* Açık sütlü kahve

- *Light:* Sütlü kahve

- *Medium:* Koyu sütlü kahve

Adlandırmadaki bu ilk kod, ürünün yapısal özelliği çok bozuk olmayan, görüntü olarak göze batan bozukluklar (Dolgu, renklenme, fosilleşme vb.) içermeyen ürünler için kullanılmaktadır. Seleksiyon kısmındaki kodlamaya göre bu ürünler 1.

ve 2. sınıf ürünler (A ve B) olmaktadır. Bu gruplardaki ürünlerde de nispeten dolgu, renklenme ve fosilleşme izi içeren ürünler bulunmaktadır ve bu yapıları içeren ürünler için adlandırmada ikincil kodlar kullanılmaktadır. Bunlar ise;

H: Ürünün yapısında fosilleşme izi olduğunu gösterir (Eski adlandırmada X)

A: Ürünün renk tonunu gösterir.

B: Ürünün renk tonunu gösterir, A koduna göre daha koyu ton belirtir.

Düz: Ürünün görünümünde hiçbir renk dağılımı olmadığını ve düz görünümü olduğunu belirtir.

1: Ürünün yapısındaki kirlenme derecesinin arttığını gösterir.

R: Ürünün görüntüsünde renklenme olduğunu gösterir.

Bu iki kod seviyesinden sonra aynı renk tonunda ve aynı kirlenme faktörünün farklı derecesine sahip ürünlerin adlandırılmasında kullanılan kodlar ise, 1 ve 2'dir. 2'deki ürünün kirlenme derecesi, 1'e göre daha fazladır.

Bu açıklamalar doğrultusunda kullanılan ürün adlarını kullanarak ürünlerin özellikleri açıklanabilmektedir.

Extra Light: En açık tondaki ürün, açık sütlü kahve renginde ve yapısında gözle görünür kirlilik yoktur. Homojen, temiz bir görünüme sahiptir.

Extra Light H: Extra Light ile aynı renk ve tondadır ancak tek farkı yapısındaki fosilleşmenin görüntüye yansıyan izidir.

Light A: Extra Light ile aynı renkte ancak ton olarak, bir ton koyusudur. Gözle görünen kirlilik yoktur.

Light B: Light A ile aynı yapısal özellikte yani görüntüye yansıyan herhangi bir kirlilik yoktur, ancak renk olarak bir ton koyudur.

Light H: Light B ile aynı renk tonunda ancak yapısal olarak fosilleşmenin verdiği bir kirliliğe sahiptir.

Light Düz: Renk tonu Light B'ye yakındır ve hiçbir bulutlanma veya yapısal bozukluk yoktur. Görüntü olarak, tamamen tek renk ve çok düzgündür. (Yapıda damar varsa adlandırmada belirtilir.)

Light Düz H: Light Düz ile tek farkı, yapısındaki fosilleşme izidir.

Light I: Renk ve ton olarak Extra Light'a yakın olmasına rağmen yapısındaki bozukluk (dolgu izi büyüklüğü, miktarı) görüntüde dikkat çekicidir.

Light H I: Light 1'deki görüntü bozukluğuna ek olarak, fosilleşme izi de dikkat çekicidir.

M: Görüntü özelliği olarak yapısal bozukluklar dikkat çekmez. Light ürünlere göre daha koyu bir renk tonuna sahiptir.

M I: M ile aynı ton rengine sahiptir ancak yapıdaki dolgu rengi ve büyüklüğü görüntüye yansımıştır. "1" kodu renk tonu farkını değil görüntüdeki dolgudan kaynaklanan bozukluğu göstermektedir.

M I R: Renk ve ton olarak M'ye yakındır ancak yapıdaki renklenme dikkat çekmektedir. 1R görüntüde kirlenmenin olduğunu ve bunun renklenmeden kaynaklandığını göstermektedir.

M I H: Yine renk ve ton olarak M'ye yakındır ancak yapıdaki fosilleşme izi, görüntüye yansımıştır ve dikkat çekicidir.

M 2 H: Renk ve ton olarak M1H ile aynı, fosilleşme izinin renk tonu daha koyu ve belirgindir. "2" burada kirlenmenin arttığını yani derecesini göstermektedir.

Buraya kadar verilen kodlamalar seleksiyon kısmında kullanılan sınıflandırmaya göre A ve B ürünlerini kapsar yani yapıdaki bozukluk derecesi ürüne nispeten yansımıştır. Kirlenme derecesi artınca, C sınıfına geçilmektedir. Bu sınıftaki ürünler için yeni adlandırmada kullanılan kod, "COMM" kodu olmuştur. Bu sınıftaki ürünlerin renk tonlarının kodlanması için yine "Light" ve "Medium" kullanılmıştır. Yapıdaki renklenme hatası için kullanılan kod, renklenmenin kendisi (Kırmızı, Yeşil) olmuştur. Bu adlandırmaya göre 2. sınıf (üretimdeki sınıflandırmada 3. sınıf) ürünler ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

L.COMM: Renk tonu olarak açık tonda (L), ancak fosilleşme izi, onyx yapı, dolgu büyüklüğü ve rengi yüzünden kaynaklanan görüntü bozukluğu ileri düzeyde ve dikkat çekicidir.

L.COMM I: L.COMM'la aynı renk tonunda ancak yapısal bozukluğun izi görüntüye daha çok yansımış ve daha çok rahatsız edicidir. 1, yapısal bozukluğun arttığını gösterir.

L.COMM K Açık: Renk tonu yine L.COMM ile aynı ancak bu sefer görüntü bozukluğu renklenmeden kaynaklanmaktadır. “K”, bu renklenmenin Kırmızı olduğunu ve “Açık” kodu da, kırmızılaşmanın tonunu belirtmektedir.

L.COMM K Koyu: L.COMM K Açık’dan tek farkı kırmızılaşmanın tonunun daha koyu olmasıdır.

L.COMM Y Açık: L.COMM K Açık’dan farkı renkleşmenin Yeşil (Y) olmasıdır.

L.COMM Y Koyu: Yeşil renkleşmenin tonu koyudur.

M.COMM: L.COMM’a kıyasla ürünün taban renginin tonu daha koyu başka bir deyişle M ürününün yapısında daha büyük yapısal hata (dolgular veya onyx yapı) içermesidir.

M.COMM 1 Açık: M.COMM’a göre daha büyük ve dikkat çekici yapısal bozukluğa sahiptir. “1”, burada yapısal bozukluğun görüntüdeki kirlenmenin arttığını, “Açık” ise taban rengininin açık olduğunu göstermektedir.

M.COMM 1 Koyu: M.COMM 1 Açık’dan tek farkı taban renginin daha koyu olmasıdır.

COMM Kırmızı: Renk tonu açıktır. Bu adlandırmada COMM kodunun renk tonu (L yada M) olmaksızın tek başına kullanılması ve “Kırmızı” kodunun kullanılması ürünün 2. sınıf olmasının nedeninin üründe görülen kırmızılaşmadan kaynaklandığını göstermektedir.

COMM Yeşil: COMM Kırmızı’dan farkı, renklenmenin Yeşil olmasıdır.

COMM Renkli: COMM Kırmızı’dan farkı, renkleşmenin tek renk olmamasıdır. Renkleşme yeşil, siyah ve kırmızın farklı kombinasyonları olabilmektedir.

4.8.2 Honlu dolgulu üretim prosesi seleksiyonunda karşılaşılan üretim hataları

İşletmenin seleksiyon bölümü, daha önce de bahsedildiği gibi hatalı ürünlerin hatasız ürünlerden ayrıldığı bölümdür. Bu proseste karşılaşılan hata nedenleri oldukça fazladır ancak bu çalışmada karşılaşılan tüm hata nedenleri dikkate alınmadan sadece işletme için sorun teşkil eden başlıca hata nedenleri dikkate alınarak üretim prosesinin kontrolde olup olmadığı bulanık kalite kontrol şemaları ile araştırılacaktır.

Seleksiyon kısmında karşılaşılan üretim hata nedenlerini; dolgu hatası, köşe kırığı hatası, büyük kırık hatası, silim hatası, abresiv hatası, kalibre hatası, büyük dolgu hatası, işletme hatası, toz dolgu hatası, rc1 hatası ve açık malzeme hatası olarak sıralamak mümkündür. Bu hata nedenlerinin tanımına kısaca değinilirse;

Dolgu hatası: Traverten taşının yüzeyindeki deliklerin bir sonraki işlemlerde problem yaratmaması için özel karışımlarla doldurulması sırasında oluşan hatadır. Bu hata, büyük dolgu hatası ve toz dolgu hatası olarak ayrılmaktadır.

Köşe kırığı: Eskitme ürünler için spesifik prosesler kenar kırma, vibrasyon ve patinato işlemleridir. Kenar kırıklı ürünlerde, kırma işlemi sırasında kırma derinliği ve kırma genişliğinde meydana gelen hatalardır.

Büyük kırık: Traverten taşının işlenmesi esnasında taşın yüzeyinde meydana gelen kırıklardır.

Silim: Dolgu izlerinin giderilmesi ve malzemeye artık son yüzey özelliğinin verilmesi amacıyla silme işlemi sırasında ortaya çıkan hatadır. Kurutma süresi çok uzun tutulduysa dolgu istenenden daha fazla sertleşecektir ve yüzeyden temizlenmesi zorlaşacaktır, bu temizleme esnasında ürün zarar görebilmektedir.

Abresiv: Malzemenin kalın olmasından veya abresiv malzemeden sonra ürünün üzerinde iz oluşmasıyla ortaya çıkan hatadır.

Kalibre: Yarma prosesinde yapılan kesim, hassas kesim olmadığı için çıkan ürünün yüzeyinde dalgalanmalar ve kesimden kaynaklanan pürüzlenmeler söz konusudur. Ürünün kalınlığında ölçü standardizasyonunun sağlanması için kalibreleme işlemi sırasında, üründe ortaya çıkan hatadır. Bu hata nedeniyle, soketlerin kalibresi, titreşim, su beslemesi, testerenin kesme ve ilerleme hızı etkilidir.

Büyük dolgu: Traverten taşının doğal yapısında bulunan deliklerin daha sonraki proseslerde sorun çıkarmaması için özel bir karışımla doldurulması sırasında veya doldurulduktan sonra kuruma esnasında tam mukavemet derecesine erişememesinden kaynaklanan hatadır.

İşletme hatası: İşletme içindeki tüm proseslerde ortaya çıkabilecek olan ve çalışanların dikkatsizliği sonucu üründe meydana gelen hatalardır.

Toz dolgu: Traverten taşının doğal yapısından kaynaklanan büyük deliklerin kapanmasında kullanılan toz dolgu karışımının tam tutturulamamasından kaynaklanan hatadır.

Rcı hatası: Temiz giren ürünün açık renk olması gerekirken koyu renk çıkmasından kaynaklanan hatadır.

Açık malzeme hatası: Temiz giren ürünün koyu renk olması gerekirken açık renk çıkmasından kaynaklanan hatadır.

Bu hatalar arasında; silim, kalibre, işletme, rcı ve açık malzeme hataları yok denecek kadar azdır. Dolgu hatası, abresiv hatası, köşe kırığı ve büyük kırık hataları ise, işletmenin mutlaka dikkate alması gereken büyüklüktedir. Bu nedenle, bu hataların ürün kalitesini etkilediği düşünülerek bu çalışmada incelenmiştir. İşletmenin seleksiyon prosesinden çıkan ürünler kalite derecelerine göre şu şekilde ayrılmıştır:

- Temiz ürün (hatasız ürün)
- Dolgu hatalı ürün
- Abresiv hatalı ürün
- Köşe kırıklı ürün
- Büyük kırıklı ürün

Bu sıralamada dikkat edilmesi gereken önemli nokta, temiz ürünü birinci kalite ürün olarak veya dolgu hatalı ürünü ikinci kalite ürün olarak değerlendirmenin yanlış olduğudur. Çünkü bu gösterim, farklı beş özellikteki ürünün iyiden kötüye sıralanmasını değil, hem işletme hem de müşteri tarafından derecelendirilmesini ifade etmektedir. Örneğin temiz ürün hem işletme hem de müşteri tarafından ilk tercih olarak istenmektedir. Dolgu hatalı ürün, işletme tarafından abresiv hatalı ürüne tercih edilmekte veya abresiv hatalı ürün, köşe kırıklı ürüne tercih edilmektedir. Çünkü farklı nedenli hatalı ürünleri, hatasız ürünlere çevirebilmek için işletme, bu ürünleri küçük de olsa tekrar işleme tabi tutmaktadır. İşletme tarafından tercih edilmeyen ürün, büyük kırık hatalı ürün olmaktadır, çünkü bu ürünlerin tekrar kullanılabilmesi için ya da bu ürünleri hatasından arındırılabilmesi için tekrar diğer proseslere gönderilmekte ve çok işlem gerektirmektedir ayrıca kırığı nedeniyle orijinal ebatında da kullanılmamakta, alt ebata düşürülmek zorunda kalınmaktadır.

Belirtilen bu hata nedenlerini dikkate alarak seleksiyon aşamasından çıkan ürünlerin tercih edilme derecesine göre 1.tercih ürün, 2.tercih ürün, 3.tercih ürün, 4.

tercih ürün ve 5. tercih ürün olarak nitelendirmek mümkündür. Daha açık bir ifade ile;

• Temiz ürün (hatasız ürün)	————→	• 1.tercih ürün
• Dolgu hatalı ürün	————→	• 2. tercih ürün
• Abresiv hatalı ürün	————→	• 3. tercih ürün
• Köşe kırıklı ürün	————→	• 4. tercih ürün
• Büyük kırıklı ürün	————→	• 5. tercih ürün

olmaktadır. Buna göre;

1. tercih ürün, hatadan tamamen arındırılmış üründür başka bir deyişle hammadde halinden nihai ürün haline gelen kadar işlem gördüğü tüm proseslerde hiç problem ile karşılaşmamış üründür. 1. tercih ürünün yüzeyinde, küçük ya da büyük görünebilen hiçbir iz ya da buna benzeyen başka bir hata bulunmamaktadır.

2. tercih üründe, ürünün kullanımını etkilemeyen dolgu hatası bulunmaktadır.

3. tercih üründe, ürünün kullanımını etkilemeyen abresiv hatası bulunmaktadır.

4. tercih üründe köşe kırıkları bulunmaktadır.

5. tercih üründe ise ürünün kullanımını etkileyen büyük kırıklar bulunmaktadır. Bu büyük kırıklar nedeniyle ürün, bir alt ebata düşürülmektedir.

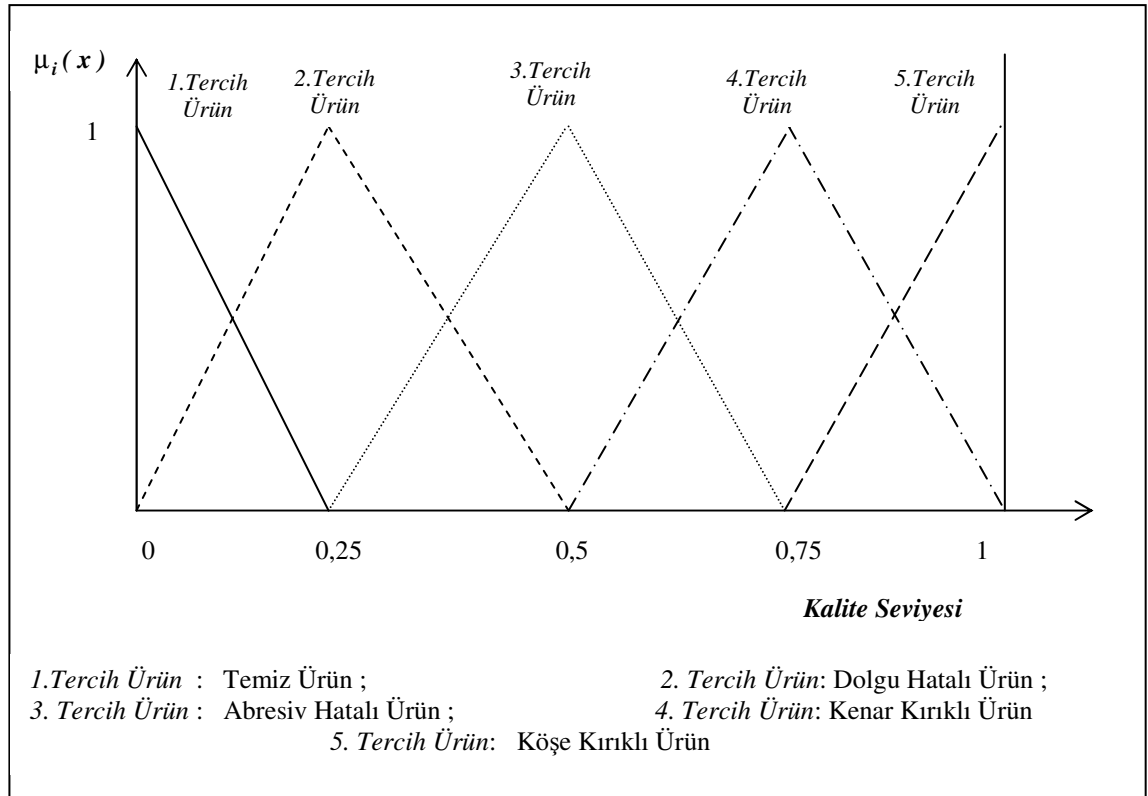
4.9 Bir Mermer İşletmesi İçin Bulanık Kalite Kontrol Şemalarının Oluşturulması

İlgili işletme için belirtilen bu hata nedenlerini dikkate alarak seleksiyon aşamasından çıkan ürünlerin kalitesine göre 1. tercih ürün, 2. tercih ürün, 3. tercih ürün, 4. tercih ürün ve 5. tercih ürün olarak nitelendirildiğinde, seleksiyon prosesinden çıkan ürünleri temsil eden dilsel değişkenler kümesi;

{1. tercih ürün, 2. tercih ürün, 3. tercih ürün, 4. tercih ürün, 5. tercih ürün} olmaktadır. Dilsel değişkenlerin sayısı, işletmenin mevcut durumu dikkate alınarak belirlenmiştir. Bilindiği gibi üyelik fonksiyonlarının değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme tekniği yoktur. En uygun yöntem deneme-yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilmektedir. Zaten bu

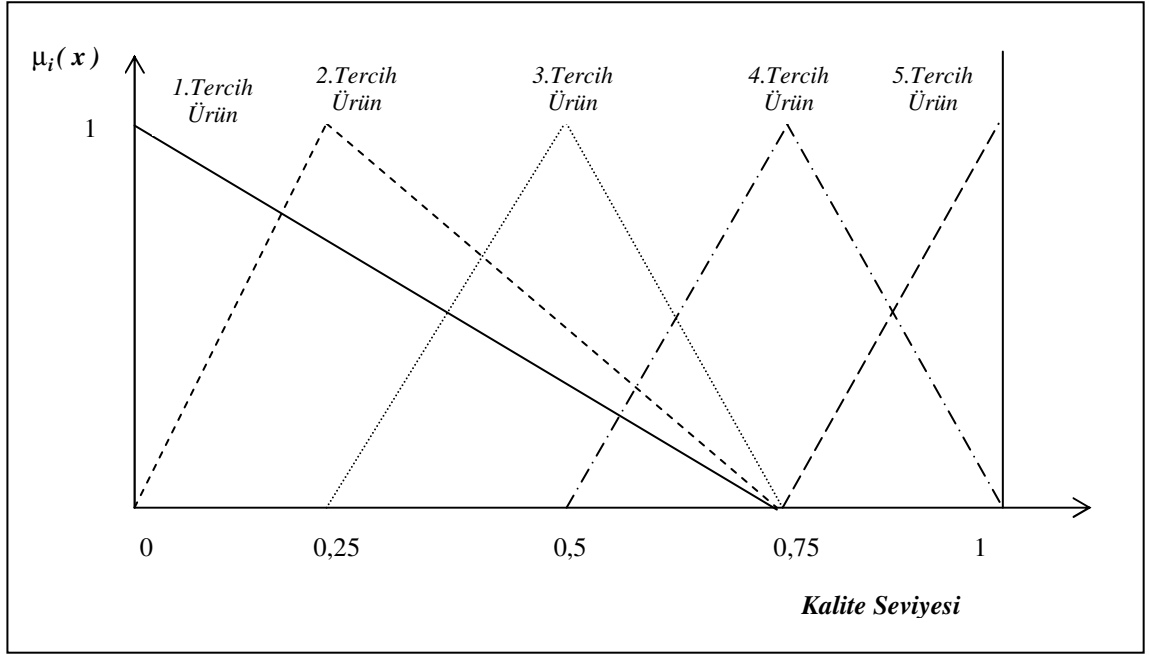
nedenle, bulanık mantık yaklaşımında üyelik fonksiyonunun değişkenleri sisteme özeldir ve başka sistemlere uyarlanması oldukça zordur.¹⁷⁸

Sistemi temsil eden dilsel terimler belirlendikten sonra, her dilsel terim için, bu terim ile ilgili bulanık alt kümenin elemanlarını karakterize eden ve bu terime karşılık gelen üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Üçgen üyelik fonksiyonunun pratik uygulamalarda yaygın olarak kullanılması, hesaplamaların daha kolay yapılabilmesi nedeniyle normal ve konveks üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir. Kontrol şemalarını oluştururken kullanılan üyelik fonksiyonunun şeklindeki farklılığın ve kontrol şeması oluşturmada kullanılan yöntemin önemini inceleyebilmek için, seleksiyondan çıkan ürünlerde farklı şekillerde 5 üyelik fonksiyon kümesi tanımlanmıştır. Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 farklı şekillerdeki 5 üyelik fonksiyonu kümesini göstermektedir.

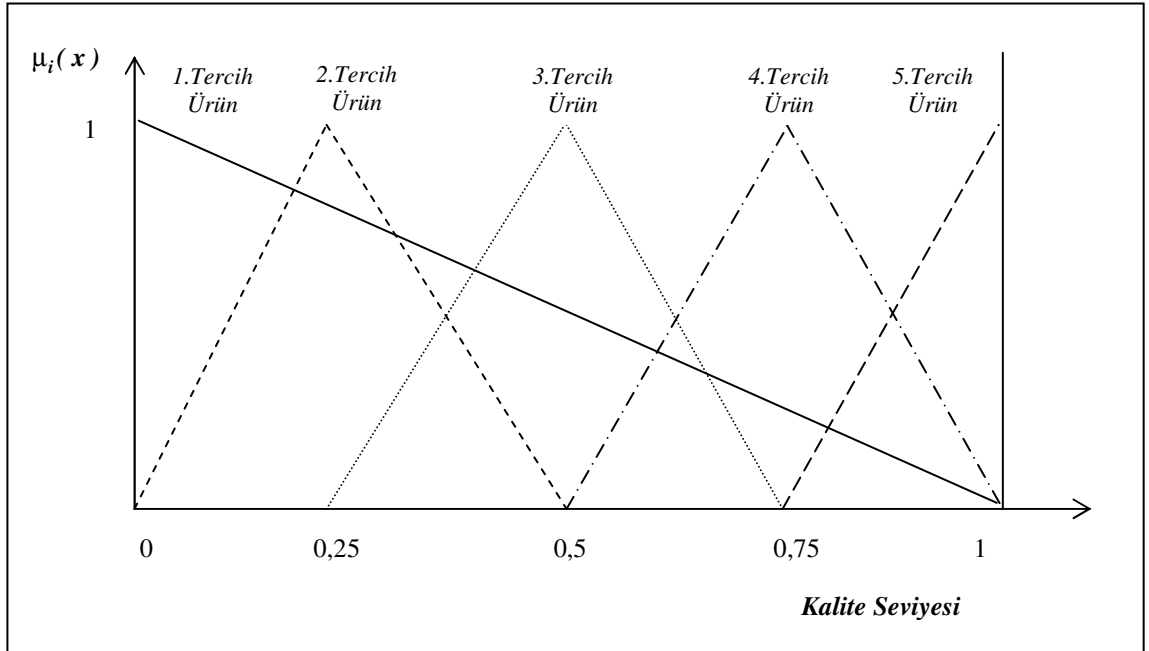


Şekil 4.4: Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 1.Kümesi

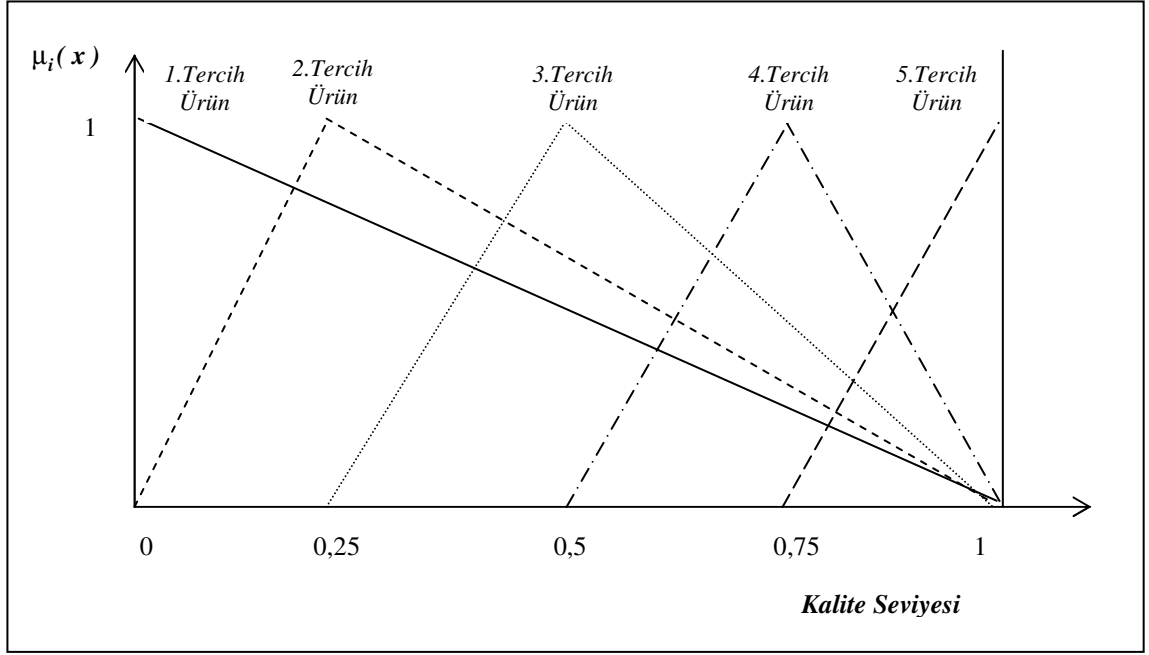
¹⁷⁸ Elmas, 2003: 40



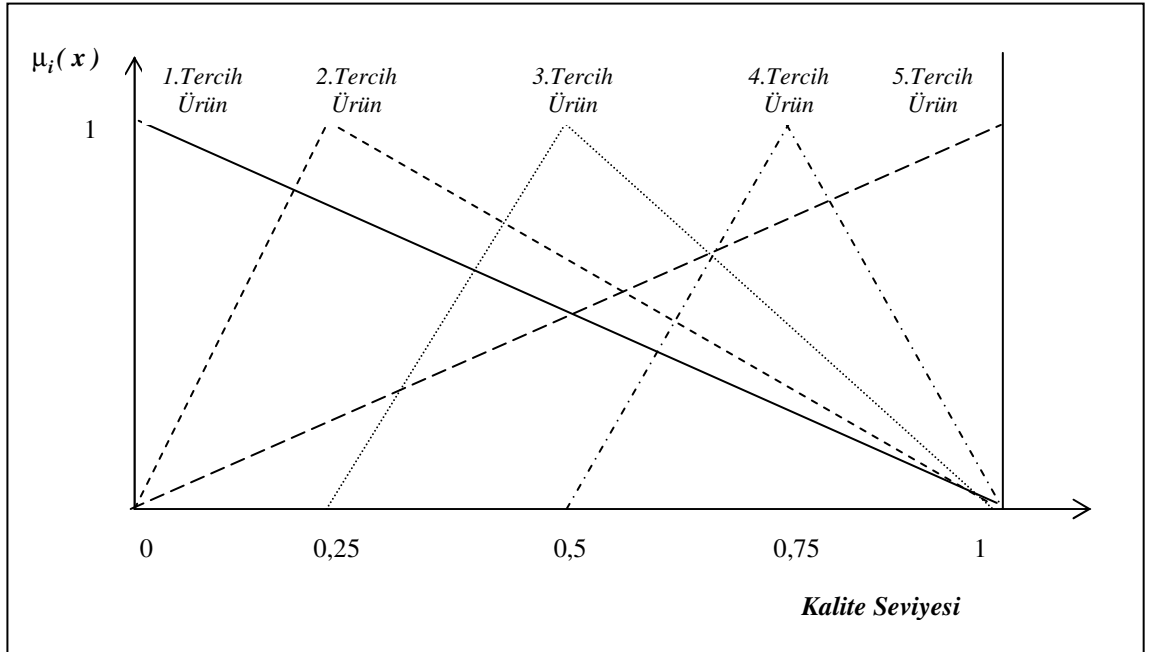
Şekil 4.5: Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanmlanan Üyelik Fonksiyonlarının 2.Kümesi



Şekil 4.6: Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Tanmlanan Üyelik Fonksiyonlarının 3.Kümesi



Şekil 4.7: Seçimden Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 4. Kümesi



Şekil 4.8: Seçimden Çıkan Ürünler için Tanımlanan Üyelik Fonksiyonlarının 5. Kümesi

Farklı şekillerdeki üyelik fonksiyonları kümesindeki her dilsel terimin ait olduğu üyelik fonksiyonu farklı olmaktadır.

Seleksiyondan çıkan ürünler için farklı şekillerdeki tanımlanan üyelik fonksiyon kümelerinin detaylı yazılımları aşağıda belirtildiği gibidir.

1.kümedeki üyelik fonksiyonları;

$$\mu_1 = \begin{cases} 1 - 4x & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 0 & 0,25 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad \mu_2 = \begin{cases} 4x & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 2 - 4x & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & 0,5 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_3 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 4x - 1 & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 3 - 4x & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 0 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad \mu_4 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,5 \\ 4x - 2 & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 4 - 4x & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_5 = \begin{cases} 0 & x \leq 0,75 \\ 4x - 3 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

2. kümedeki üyelik fonksiyonları;

$$\mu_1 = \begin{cases} 1 - 1,333x & 0 \leq x \leq 0,75 \\ 0 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad \mu_2 = \begin{cases} 4x & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 1,5 - 2x & 0,25 \leq x \leq 0,75 \\ 0 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_3 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 4x - 1 & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 3 - 4x & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 0 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad \mu_4 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,5 \\ 4x - 2 & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 4 - 4x & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_5 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,75 \\ 4x - 3 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

3. kümedeki üyelik fonksiyonları;

$$\mu_1 = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ 1 - x & 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & x \geq 1 \end{cases} \quad \mu_2 = \begin{cases} 4x & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 2 - 4x & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & 0,5 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_3 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 4x - 1 & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 3 - 4x & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 0 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad \mu_4 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,5 \\ 4x - 2 & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 4 - 4x & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_5 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,75 \\ 4x - 3 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

4. kümedeki üyelik fonksiyonları;

$$\mu_1 = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ 1 - x & 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & x \geq 1 \end{cases} \quad \mu_2 = \begin{cases} 4x & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 1,333 - 1,333x & 0,25 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_3 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 4x - 1 & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 2 - 2x & 0,5 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad \mu_4 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,5 \\ 4x - 2 & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 4 - 4x & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_5 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,75 \\ 4x - 3 & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

5. kümedeki üyelik fonksiyonları;

$$\mu_1 = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ 1 - x & 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & x \geq 1 \end{cases} \quad \mu_2 = \begin{cases} 4x & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 2 - 4x & 0,25 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_3 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 4x - 1 & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 3 - 4x & 0,5 \leq x \leq 1 \\ 0 & \end{cases} \quad \mu_4 = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 0,5 \\ 4x - 2 & 0,5 \leq x \leq 0,75 \\ 4 - 4x & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_5 = \begin{cases} x & 0 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

4.9.1 İlgili işletmenin seleksiyon prosesinin bulanık kontrol şemaları oluşturularak aylara göre değerlendirilmesi

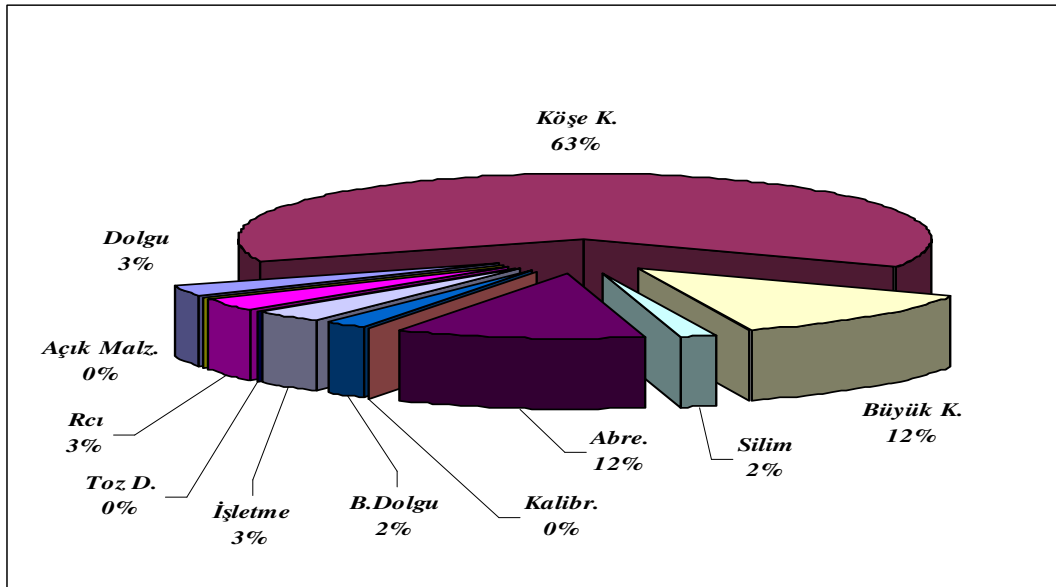
Bu bölümde ilgili mermer işletmesinin 2006 yılının Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında seleksiyonda gerçekleştirilen kontrole göre, üretim prosesin kontrolde olup olmadığı bulanık kalite kontrol şemaları ile incelenecektir. Bulanık kalite kontrol şemalarının oluşturulmasında olasılıkçı ve üyelik yaklaşımları kullanılacaktır. Kontrol şemalarını oluşturmada, her dilsel terimin ait olduğu bulanık alt kümeleri temsilci değerlerine çevirirken bulanık mod ve bulanık medyan yöntemleri kullanılmıştır. Belirlenen tüm üyelik fonksiyonları için hesaplanan bu temsilci değerler Tablo 4.3’de görülmektedir.

Tablo 4.3: Her Dilsel Terimi Gösteren Üyelik Fonksiyonlarının Temsilci Değerleri

		<i>Temsilci Değerler</i>	
		<i>Bulanık Mod</i>	<i>Bulanık Medyan</i>
1.küme için	1.Tercih Ürün (Temiz)	0,00	0,07
	2.Tercih Ürün (Dolgu Hatası)	0,25	0,25
	3.Tercih Ürün (Abresiv)	0,50	0,50
	4.Tercih Ürün (Köşe Kırığı)	0,75	0,75
	5.Tercih Ürün (Büyük Kırık)	1,00	0,93
2.küme için	1.Tercih Ürün (Temiz)	0,00	0,22
	2.Tercih Ürün (Dolgu Hatası)	0,25	0,32
	3.Tercih Ürün (Abresiv)	0,50	0,50
	4.Tercih Ürün (Köşe Kırığı)	0,75	0,75
	5.Tercih Ürün (Büyük Kırık)	1,00	0,93
3.küme için	1.Tercih Ürün (Temiz)	0,00	0,29
	2.Tercih Ürün (Dolgu Hatası)	0,25	0,25
	3.Tercih Ürün (Abresiv)	0,50	0,50
	4.Tercih Ürün (Köşe Kırığı)	0,75	0,75
	5.Tercih Ürün (Büyük Kırık)	1,00	0,93
4.küme için	1.Tercih Ürün (Temiz)	0,00	0,29
	2.Tercih Ürün (Dolgu Hatası)	0,25	0,39
	3.Tercih Ürün (Abresiv)	0,50	0,57
	4.Tercih Ürün (Köşe Kırığı)	0,75	0,75
	5.Tercih Ürün (Büyük Kırık)	1,00	0,93
5.küme için	1.Tercih Ürün (Temiz)	0,00	0,29
	2.Tercih Ürün (Dolgu Hatası)	0,25	0,39
	3.Tercih Ürün (Abresiv)	0,50	0,57
	4.Tercih Ürün (Köşe Kırığı)	0,75	0,75
	5.Tercih Ürün (Büyük Kırık)	1,00	0,71

4.9.1.1 Ocak ayı için seleksiyon prosesinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi

Ocak ayı boyunca 45,7x45,7x1,2 ebatlı honlu dolgulu ürün için seleksiyon aşamasından alınan veriler, Tablo 4.4’de adet bazında görülmektedir. Ocak ayında seleksiyondan 25 günlük veri alınmasının sebebi, işletmenin pazar günleri çalışmaması ve bayrama denk gelen günlerin tatil edilmesidir. Ocak ayında seleksiyon aşamasında, ilgili ürün için karşılaşılan hata nedenlerinin tümü, Şekil 4.9’da gösterilmektedir.



Şekil 4.9: Ocak Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı

Şekil 4.9’da da görüldüğü gibi bazı hatalar yok denecek kadar azdır. Bu nedenle Tablo 4.4, sadece temiz ürünler, dolgu hatalı, abresiv hatalı, kenar kırıklı ve köşe kırıklı ürünler için hazırlanmıştır.

Tablo 4.4: Ocak Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	n
1	6019	141	449	1500	295	8404
2	6469	93	219	2270	360	9410
3	2322	8	137	663	113	3242
4	6584	125	355	1501	323	8887
5	4930	74	224	1013	295	6536
6	6414	93	150	1686	290	8633
7	7371	0	187	1469	258	9284
8	4928	48	855	1388	225	7444
9	1514	80	190	410	55	2249
10	3052	1692	378	1136	698	6955
11	2094	35	95	713	125	3062
12	7492	144	176	1808	362	9981
13	6102	90	178	1653	225	8247
14	6438	72	229	1278	215	8231
15	5078	57	275	1140	219	6769
16	1514	0	95	454	78	2140
17	4602	63	171	680	225	5740
18	9315	0	316	1158	1158	11946
19	7794	0	414	1438	300	9946
20	6500	200	408	1432	333	8872
21	7434	0	318	1810	388	9949
22	6000	500	370	1500	233	8602
23	1075	0	50	335	20	1480
24	4141	0	190	1135	345	5811
25	7371	0	187	1469	258	9284

Olasılıkçı Yaklaşımına Göre Bulanık Kontrol Şemalarının Oluşturulması

Olasılıkçı yaklaşımda öncelikle, incelenen sistemi temsil ettiği düşünülen ve önceden belirlenen her bulanık alt küme, temsilci değerine çevrilmelidir. Bu temsilci değer elde edilirken dört dönüştürme yönteminden biri kullanılmaktadır. Bu çalışma için 5 farklı şekilde tanımlanan üyelik fonksiyonları kümesindeki her bulanık kümenin temsilci değeri, Tablo 4.3'de görüldüğü gibi dönüştürme yöntemi olarak bulanık mod ve bulanık medyan kullanılarak elde edilmiştir.

Olasılıkçı yaklaşımda ikinci adım, ocak ayında alınan ve incelenen her örneklem için örneklem ortalamasının ve örneklem standart sapmasının hesaplanmasıdır. Tablo 4.5'de, dönüştürme yöntemi olarak bulanık mod kullanılarak hesaplanan ocak ayında incelenen örneklem 1.Küme, 2.Küme, 3.Küme, 4.Küme ve

5.Kümeye göre ortalama ve standart sapmaları görülmektedir. Tablo 4.6'da ise, dönüştürme yöntemi olarak bulanık medyan kullanılarak hesaplanan ocak ayında incelenen örneklemin 1.Küme, 2.Küme, 3.Küme, 4.Küme ve 5.Kümeye göre ortalama ve standart sapmaları görülmektedir. Tablo 4.6'daki hesaplamalara örnek olarak, 1.örneklemin 1.kümeye göre ortalama ve standart sapma hesaplamaları ayrıntılı olarak aşağıda verilmiştir.

$$M_1 = \frac{r_1 k_1 + r_2 k_2 + r_3 k_3 + r_4 k_4 + r_5 k_5}{n}$$

$$= \frac{(0 \times 6019) + (0,25 \times 141) + (0,5 \times 449) + (0,75 \times 1500) + (1 \times 295)}{8404} = 0,2$$

$$SD_1 = \sqrt{\frac{\left[k_{11} (r_1 - M_1)^2 \right] + \left[k_{12} (r_2 - M_1)^2 \right] + \left[k_{13} (r_3 - M_1)^2 \right] + \left[k_{14} (r_4 - M_1)^2 \right] + \left[k_{15} (r_5 - M_1)^2 \right]}{n - 1}}$$

$$SD_1 = \sqrt{\frac{\left[6019 (0 - 0,2)^2 \right] + \left[141 (0,25 - 0,2)^2 \right] + \left[449 (0,5 - 0,2)^2 \right] + \left[1500 (0,75 - 0,2)^2 \right] + \left[295 (1 - 0,2)^2 \right]}{8404 - 1}}$$

$$SD_1 = 0,332$$

Tablo 4.6: Ocak Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullanılarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	n	1.Küme için		2.Küme için		3.Küme için		4.Küme için		5.Küme için	
							M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j
1	6019	141	449	1500	295	8404	0,250	0,294	0,356	0,232	0,407	0,202	0,413	0,203	0,405	0,187
2	6469	93	219	2270	360	9410	0,281	0,316	0,383	0,250	0,432	0,218	0,435	0,218	0,426	0,203
3	2322	8	137	663	113	3242	0,260	0,304	0,365	0,239	0,417	0,208	0,420	0,209	0,413	0,194
4	6584	125	355	1501	323	8887	0,238	0,291	0,348	0,229	0,401	0,200	0,406	0,201	0,398	0,184
5	4930	74	224	1013	295	6536	0,233	0,292	0,345	0,231	0,399	0,202	0,403	0,203	0,393	0,181
6	6414	93	150	1686	290	8633	0,243	0,298	0,353	0,236	0,407	0,206	0,409	0,206	0,402	0,190
7	7371	0	187	1469	258	9284	0,212	0,278	0,329	0,219	0,387	0,191	0,388	0,192	0,382	0,177
8	4928	48	855	1388	225	7444	0,275	0,296	0,373	0,231	0,421	0,199	0,430	0,203	0,423	0,190
9	1514	80	190	410	55	2249	0,260	0,288	0,361	0,225	0,408	0,196	0,418	0,197	0,413	0,186
10	3052	1692	378	1136	698	6955	0,336	0,311	0,417	0,253	0,432	0,241	0,470	0,223	0,447	0,184
11	2094	35	95	713	125	3062	0,281	0,315	0,382	0,249	0,431	0,218	0,435	0,218	0,426	0,201
12	7492	144	176	1808	362	9981	0,237	0,294	0,348	0,233	0,402	0,204	0,405	0,204	0,397	0,186
13	6102	90	178	1653	225	8247	0,243	0,295	0,353	0,233	0,406	0,203	0,409	0,203	0,403	0,190
14	6438	72	229	1278	215	8231	0,214	0,275	0,329	0,217	0,386	0,189	0,389	0,190	0,383	0,176
15	5078	57	275	1140	219	6769	0,234	0,288	0,344	0,227	0,399	0,197	0,402	0,199	0,395	0,183
16	1514	0	95	454	78	2140	0,266	0,307	0,370	0,242	0,422	0,210	0,425	0,212	0,417	0,196
17	4602	63	171	680	225	5740	0,201	0,269	0,320	0,213	0,378	0,186	0,381	0,188	0,373	0,166
18	9315	0	316	1158	1158	11946	0,233	0,308	0,348	0,249	0,405	0,220	0,406	0,221	0,385	0,175
19	7794	0	414	1438	300	9946	0,215	0,276	0,330	0,217	0,387	0,188	0,390	0,190	0,383	0,175
20	6500	200	408	1432	333	8872	0,238	0,289	0,347	0,228	0,399	0,199	0,405	0,200	0,397	0,182
21	7434	0	318	1810	388	9949	0,243	0,298	0,353	0,236	0,408	0,205	0,410	0,206	0,401	0,188
22	6000	500	370	1500	233	8602	0,243	0,284	0,349	0,223	0,396	0,197	0,407	0,195	0,401	0,182
23	1075	0	50	335	20	1480	0,252	0,296	0,359	0,232	0,412	0,200	0,414	0,202	0,411	0,195
24	4141	0	190	1135	345	5811	0,270	0,317	0,375	0,252	0,427	0,220	0,429	0,221	0,416	0,196
25	7371	0	187	1469	258	9284	0,212	0,278	0,329	0,219	0,387	0,191	0,388	0,192	0,382	0,177
						Toplam	6,170	7,358	8,868	5,815	10,155	5,089	10,289	5,094	10,075	4,645

Örneklem ortalamaları ve standart sapmaları yardımı ile, orta çizgi (örneklem ortalamalarının ortalaması) ve standart sapmaların ortalaması hesaplanmaktadır. Dönüştürücü olarak mod ve medyan kullanarak her kümeye ait orta çizgi ve standart sapmaların ortalaması, Tablo 4.7’de görülmektedir. Tablo 4.7’deki hesaplamalara örnek olarak, bulanık mod kullanıldığında 1.kümenin örneklem ortalamalarının ve standart sapmaların ortalamasının hesaplanması ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

$$CL = \frac{\sum_{j=1}^m M_j}{m} = \frac{\sum_{j=1}^{25} M_j}{25} = \frac{4,916}{25} = 0,197$$

$$MSD = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SD_j = \frac{1}{25} \sum_{j=1}^{25} SD_j = \frac{8,287}{25} = 3,331$$

Tablo 4.7: Ocak Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Mod ve Medyan Kullanılarak)

	<i>Bulanık Mod</i>		<i>Bulanık Medyan</i>	
	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)
1. Küme	0,197	0,331	0,247	0,294
2. Küme	0,197	0,331	0,355	0,233
3. Küme	0,197	0,331	0,406	0,204
4. Küme	0,197	0,331	0,412	0,204
5. Küme	0,197	0,331	0,403	0,186

Orta çizgi ve standart sapmaların ortalaması yardımı ile her örnekleme ait alt ve üst kontrol limitleri bulanık mod ve bulanık medyan kullanılarak hesaplanmaktadır. Bulanık mod kullanılarak her örnekleme ait alt ve üst kontrol limitleri Tablo 4.8’de, bulanık medyan kullanılarak her örnekleme ait alt ve üst kontrol limitleri Tablo 4.9’da görülmektedir. Her örneklemin kendine ait alt ve üst kontrol limitinin olmasının nedeni, örneklem büyüklüklerinin başka bir deyişle örneklem hacimlerinin farklı olmasıdır. Alt ve üst kontrol limitlerini hesaplanmasında A_3 sabiti, örneklem büyüklüklerinin farklılığı nedeniyle, her örneklem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. A_3 değeri için de, c_4 değerinin hesaplanmasına ihtiyaç vardır. Tablo 4.8’deki

hesaplamalara örnek olarak, bulanık mod kullanıldığında 1.kümeye göre 1.örneklemin alt ve üst kontrol limitlerinin hesaplanması ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

$$c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} = \sqrt{\frac{2}{8404-1}} \frac{\Gamma\left(\frac{8404}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{8404-1}{2}\right)} = 0,999$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} = \frac{3}{0,999 \sqrt{8404}} = 0,033$$

$$AKL_1 = \text{Max} \{0, (OÇ - A_3 \text{MSD})\} = \text{Max} \{0, (0,2 - 0,033 \times 0,33)\} = \text{Max} (0, 0,189)$$

$$AKL_1 = 0,189$$

$$ÜKL_1 = \text{Min} \{1, (OÇ + A_3 \text{MSD})\} = \text{Min} \{0, (0,2 + 0,033 \times 0,33)\} = \text{Min} (1, 0,211)$$

$$ÜKL_1 = 0,211$$

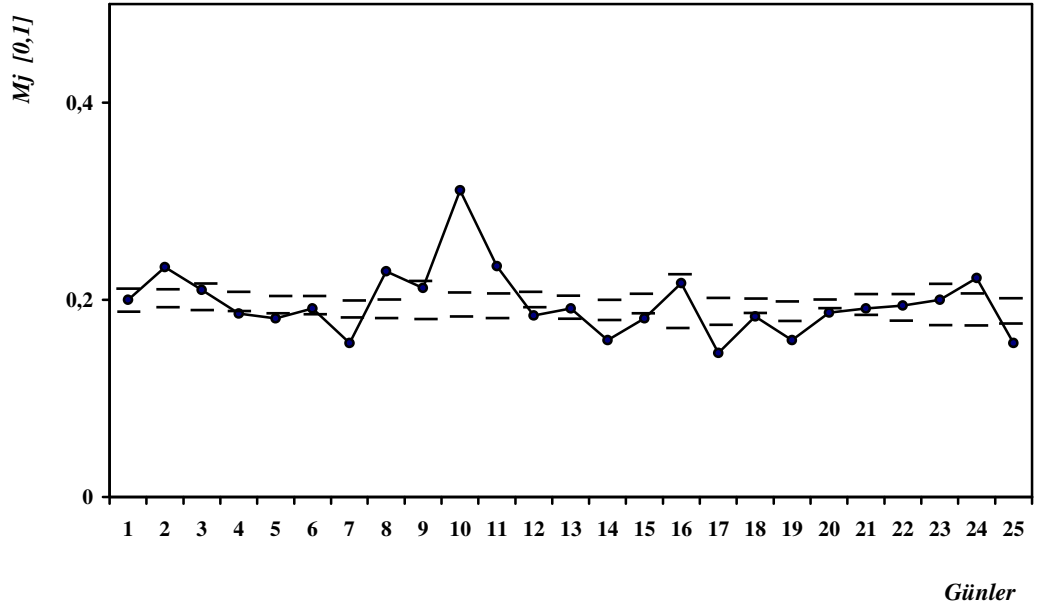
Tablo 4.8: Ocak Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (bulanık mod kullanılarak)

Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
2	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210
3	0,183	0,217	0,183	0,217	0,183	0,217	0,183	0,217	0,183	0,217
4	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
5	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212
6	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
7	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210
8	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
9	0,179	0,221	0,179	0,221	0,179	0,221	0,179	0,221	0,179	0,221
10	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212
11	0,182	0,218	0,182	0,218	0,182	0,218	0,182	0,218	0,182	0,218
12	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210
13	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
14	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
15	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212	0,188	0,212
16	0,179	0,221	0,179	0,221	0,179	0,221	0,179	0,221	0,179	0,221
17	0,187	0,213	0,187	0,213	0,187	0,213	0,187	0,213	0,187	0,213
18	0,191	0,209	0,191	0,209	0,191	0,209	0,191	0,209	0,191	0,209
19	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210
20	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
21	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210
22	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211	0,189	0,211
23	0,174	0,226	0,174	0,226	0,174	0,226	0,174	0,226	0,174	0,226
24	0,187	0,213	0,187	0,213	0,187	0,213	0,187	0,213	0,187	0,213
25	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210	0,190	0,210

Tablo 4.9: Ocak Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (bulanık medyan kullanılarak)

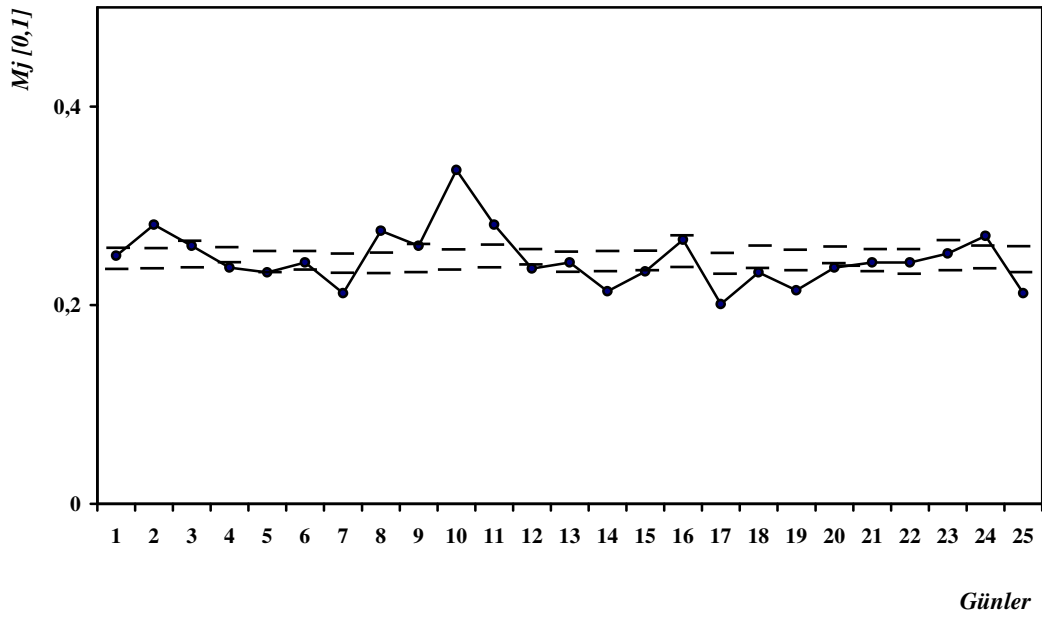
Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,240	0,260	0,342	0,358	0,403	0,417	0,403	0,417	0,394	0,406
2	0,241	0,259	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
3	0,234	0,266	0,338	0,362	0,399	0,421	0,399	0,421	0,390	0,410
4	0,240	0,260	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
5	0,239	0,261	0,341	0,359	0,403	0,417	0,403	0,417	0,393	0,407
6	0,240	0,260	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
7	0,241	0,259	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
8	0,240	0,260	0,342	0,358	0,403	0,417	0,403	0,417	0,393	0,407
9	0,231	0,269	0,335	0,365	0,397	0,423	0,397	0,423	0,388	0,412
10	0,239	0,261	0,342	0,358	0,403	0,417	0,403	0,417	0,393	0,407
11	0,234	0,266	0,338	0,362	0,399	0,421	0,399	0,421	0,390	0,410
12	0,241	0,259	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
13	0,240	0,260	0,342	0,358	0,403	0,417	0,403	0,417	0,394	0,406
14	0,240	0,260	0,342	0,358	0,403	0,417	0,403	0,417	0,394	0,406
15	0,239	0,261	0,342	0,358	0,403	0,417	0,403	0,417	0,393	0,407
16	0,231	0,269	0,335	0,365	0,397	0,423	0,397	0,423	0,388	0,412
17	0,238	0,262	0,341	0,359	0,402	0,418	0,402	0,418	0,392	0,408
18	0,242	0,258	0,344	0,356	0,405	0,415	0,405	0,415	0,395	0,405
19	0,241	0,259	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
20	0,240	0,260	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
21	0,241	0,259	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
22	0,240	0,260	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406
23	0,227	0,273	0,332	0,368	0,394	0,426	0,394	0,426	0,385	0,415
24	0,238	0,262	0,341	0,359	0,402	0,418	0,402	0,418	0,393	0,407
25	0,241	0,259	0,343	0,357	0,404	0,416	0,404	0,416	0,394	0,406

Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7, Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'daki örneklem ortalamaları, alt ve üst kontrol limitlerini kullanarak her kümeye ait bulanık kalite kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 elde edilir. Tablo 4.6 ve Tablo 4.8'de görüldüğü gibi temsilci değer olarak bulanık mod kullanıldığında, üyelik fonksiyonunun şekline bakılmaksızın tüm kümelerdeki örneklem ortalamaları, alt ve üst kontrol limitleri aynı olduğu için, Şekil 4.10'da görüldüğü gibi tüm kümeleri temsil eden bir tane bulanık kalite kontrol şeması çizilmiştir.



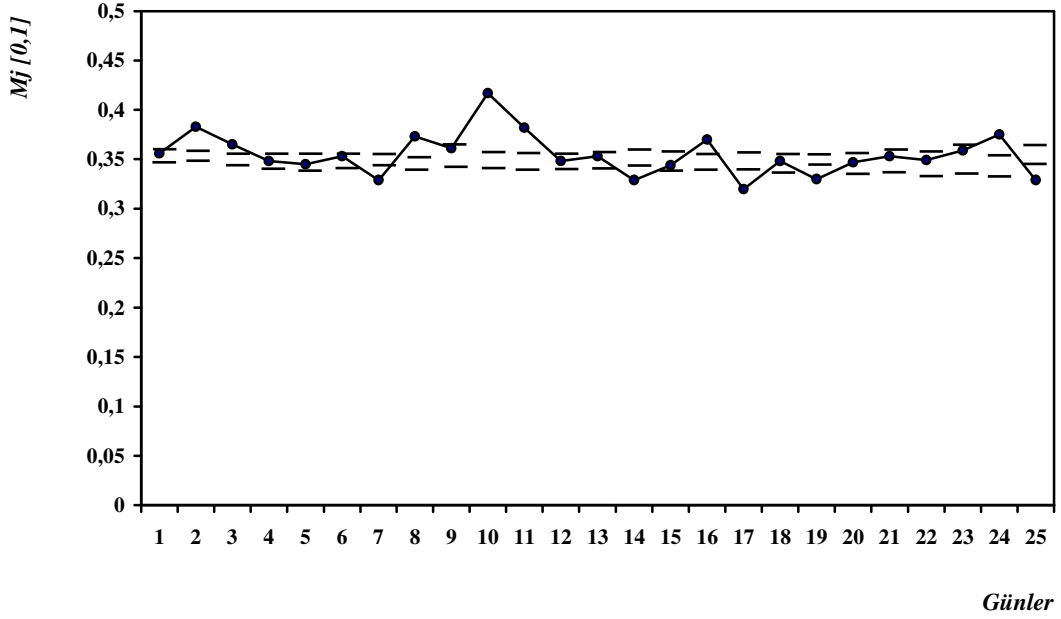
Şekil 4.10: Ocak Ayı için 1.Kümeye, 2. Kümeye, 3.Kümeye, 4.Kümeye ve 5. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.10'a bakıldığında olasılıkçı yaklaşıma göre Ocak ayında sadece 1., 3., 6., 9., 13., 16., 21., 22., 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



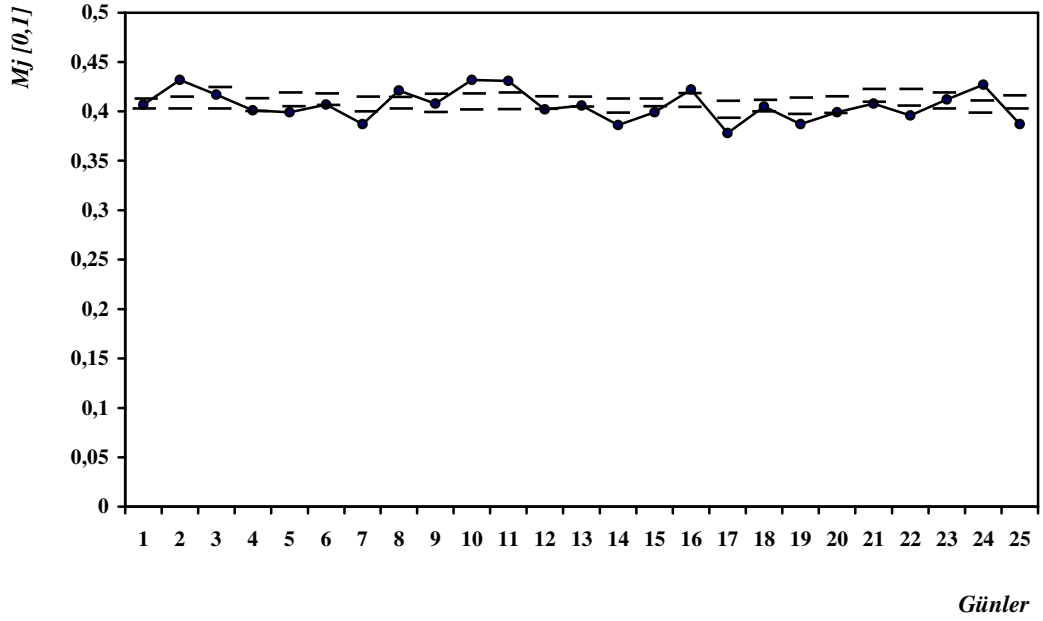
Şekil 4.11. Ocak Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.11'e bakıldığında olasılıkçı yaklaşıma göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 1., 3., 6., 9., 13., 16., 21., 22., 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



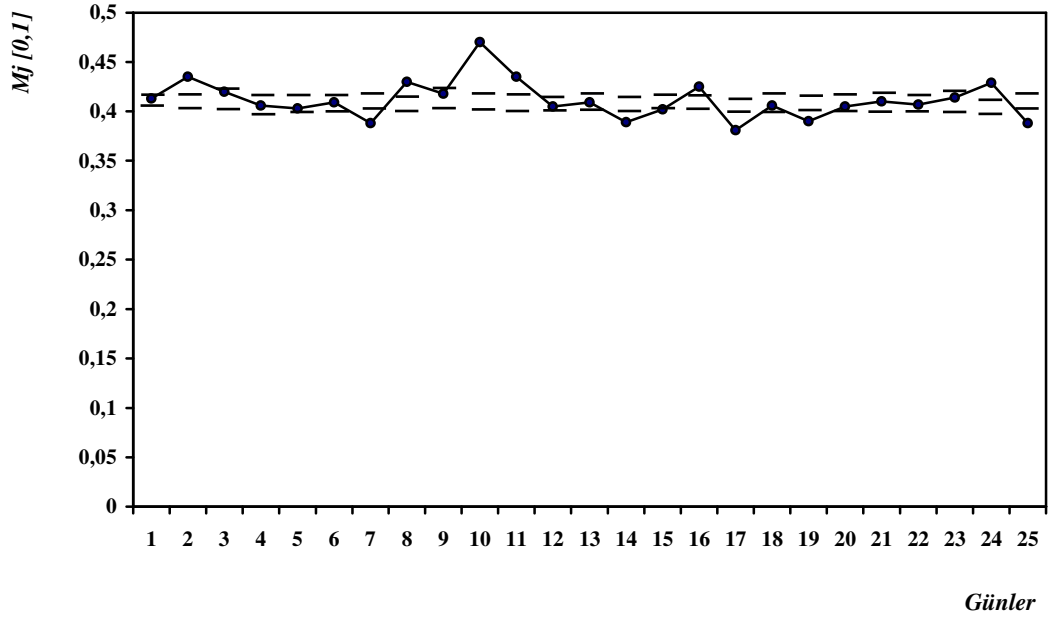
Şekil 4.12: Ocak Ayı için 2. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.12'ye bakıldığında olasılıkçı yaklaşıma göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 1., 4., 5., 6., 9., 12., 13., 15., 18., 20., 21., 22., 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



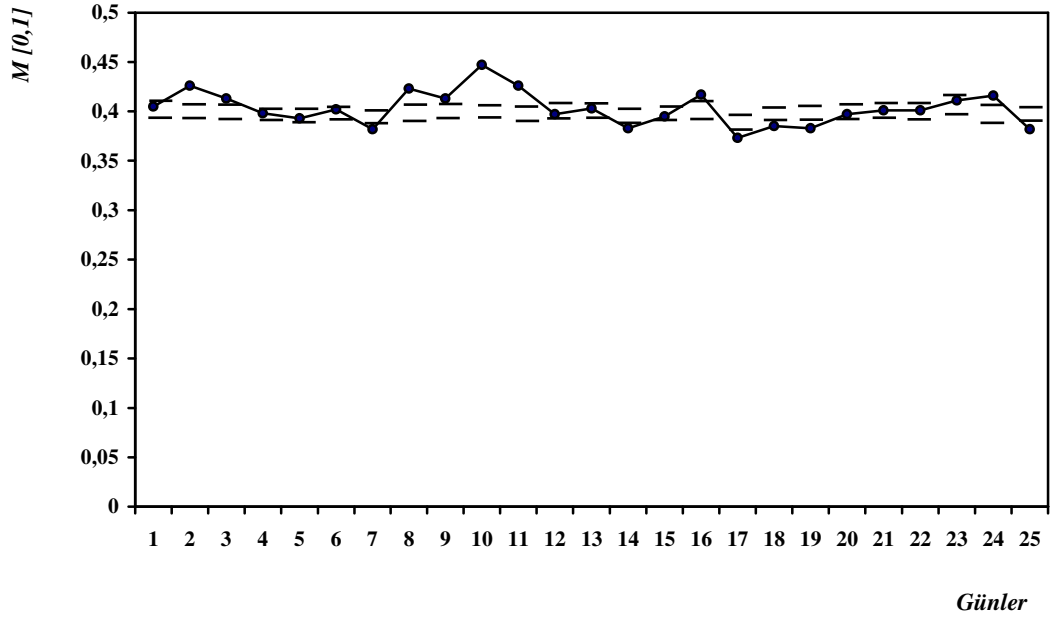
Şekil 4.13: Ocak Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.13'e bakıldığında olasılıkçı yaklaşıma göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 1., 3., 6., 9., 13., 16., 18., 21., 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



Şekil 4.14. Ocak Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.14'e bakıldığında olasılıkçı yaklaşıma göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 1., 3., 4., 5., 6., 9., 12., 13., 18., 20., 21., 22., 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



Şekil 4.15: Ocak Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.15'e bakıldığında olasılıkçı yaklaşıma göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 1., 4., 5., 6., 12., 13., 15., 20., 21., 22., 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.

Üyelik Yaklaşımına Göre Bulanık Kontrol Şemalarının Oluşturulması

Üyelik yaklaşımına göre, öncelikle örneklem içindeki her dilsel değer ile ilgili bulanık alt kümeler toplanmakta ve örneklem büyüklüğüne bölünmektedir. Sonuç, bulanık kümedir ki bu, terim kümesi içindeki belirli bir dilsel değere karşılık gelemeyebilmekte, ama bu; bu örneklemin ortalama kalite seviyesine karşılık gelmektedir. Tablo 4.10'da tanımlanan her üyelik fonksiyonu kümeleri içindeki bulanık alt kümelerin üçgensel bulanık sayı olarak gösterimi verilmiştir. Tablo 4.11'de ise her örnekleme karşılık gelen bulanık kümelerin üçgensel üyelik fonksiyonları görülmektedir. Tablo 4.11'deki hesaplamalara örnek olarak, 1.kümeye göre 1.örnekleme gösteren üçgensel üyelik fonksiyonunun hesaplanması ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.10: Dilsel Terimleri, Üçgensel Bulanık Sayı ile Temsil Eden Parametreler

		a_1	b_1	c_1
1.küme için	1.Tercih Ürün	0,00	0,00	0,25
	2.Tercih Ürün	0,00	0,25	0,5
	3.Tercih Ürün	0,25	0,5	0,75
	4.Tercih Ürün	0,5	0,75	1,00
	5.Tercih Ürün	0,75	1,00	1,00
2.küme için	1.Tercih Ürün	0,00	0,00	0,75
	2.Tercih Ürün	0,00	0,25	0,75
	3.Tercih Ürün	0,25	0,50	0,75
	4.Tercih Ürün	0,50	0,75	1,00
	5.Tercih Ürün	0,75	1,00	1,00
3.küme için	1.Tercih Ürün	0,00	0,00	1,00
	2.Tercih Ürün	0,00	0,25	0,50
	3.Tercih Ürün	0,25	0,50	0,75
	4.Tercih Ürün	0,50	0,75	1,00
	5.Tercih Ürün	0,75	1,00	1,00
4.küme için	1.Tercih Ürün	0,00	0,00	1,00
	2.Tercih Ürün	0,00	0,25	1,00
	3.Tercih Ürün	0,25	0,50	1,00
	4.Tercih Ürün	0,50	0,75	1,00
	5.Tercih Ürün	0,75	1,00	1,00
5.küme için	1.Tercih Ürün	0,00	0,00	1,00
	2.Tercih Ürün	0,00	0,25	1,00
	3.Tercih Ürün	0,25	0,50	1,00
	4.Tercih Ürün	0,50	0,75	1,00
	5.Tercih Ürün	0,00	1,00	1,00

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^t k_i a_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^t k_i b_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^t k_i c_i}{n} \right)$$

$$a_1 = [(0 \times 6019) + (0 \times 141) + (0,25 \times 449) + (0,5 \times 1500) + (0,75 \times 295)] / 8404$$

$$= 0,129 \Rightarrow 1. \text{ parametre}$$

$$b_1 = [(0 \times 6019) + (0,25 \times 141) + (0,5 \times 449) + (0,75 \times 1500) + (1 \times 295)] / 8404$$

$$= 0,2 \Rightarrow 2. \text{ parametre}$$

$$c_1 = [(0,25 \times 6019) + (0,5 \times 141) + (0,75 \times 449) + (1 \times 1500) + (1 \times 295)] / 8404$$

$$= 0,441 \Rightarrow 3. \text{ parametre}$$

Buradan 1. örnekleme temsil eden üçgen bulanık küme parametreleri;
(0,129 , 0,2 , 0,441) olmaktadır.

Böylelikle 1. örnekleme ait bulanık alt kümenin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\mu_{MF_1}(x; 0,129, 0,2, 0,441) = \begin{cases} 14,085x - 1,817 & , \quad 0,129 \leq x \leq 0,2 \\ 1,829x - 4,149 & , \quad 0,2 \leq x \leq 0,441 \\ 0 & , \quad x > 0,441 \text{ veya } x < 0,129 \end{cases}$$

Tablo 4.11: Ocak Ayı için Her Örnekleme Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri

Gün	1. Küme için			2. Küme için			3. Küme için			4. Küme için			5. Küme için		
	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁
1	0,129	0,200	0,441	0,129	0,200	0,803	0,129	0,200	0,978	0,129	0,200	1,000	0,103	0,200	1,000
2	0,155	0,233	0,474	0,155	0,233	0,820	0,155	0,233	0,989	0,155	0,233	1,000	0,126	0,233	1,000
3	0,139	0,210	0,451	0,139	0,210	0,810	0,139	0,210	0,988	0,139	0,210	1,000	0,113	0,210	1,000
4	0,122	0,186	0,427	0,122	0,186	0,801	0,122	0,186	0,983	0,122	0,186	1,000	0,094	0,186	1,000
5	0,120	0,181	0,420	0,120	0,181	0,800	0,120	0,181	0,986	0,120	0,181	1,000	0,086	0,181	1,000
6	0,127	0,191	0,433	0,127	0,191	0,807	0,127	0,191	0,990	0,127	0,191	1,000	0,102	0,191	1,000
7	0,105	0,156	0,399	0,105	0,156	0,796	0,105	0,156	0,995	0,105	0,156	1,000	0,084	0,156	1,000
8	0,145	0,229	0,472	0,145	0,229	0,804	0,145	0,229	0,968	0,145	0,229	1,000	0,122	0,229	1,000
9	0,131	0,212	0,456	0,131	0,212	0,802	0,131	0,212	0,961	0,131	0,212	1,000	0,112	0,212	1,000
10	0,170	0,311	0,536	0,170	0,311	0,816	0,170	0,311	0,865	0,170	0,311	1,000	0,095	0,311	1,000
11	0,155	0,234	0,474	0,155	0,234	0,818	0,155	0,234	0,987	0,155	0,234	1,000	0,124	0,234	1,000
12	0,122	0,184	0,425	0,122	0,184	0,804	0,122	0,184	0,988	0,122	0,184	1,000	0,095	0,184	1,000
13	0,126	0,191	0,434	0,126	0,191	0,807	0,126	0,191	0,989	0,126	0,191	1,000	0,106	0,191	1,000
14	0,104	0,159	0,402	0,104	0,159	0,795	0,104	0,159	0,989	0,104	0,159	1,000	0,085	0,159	1,000
15	0,119	0,181	0,423	0,119	0,181	0,800	0,119	0,181	0,986	0,119	0,181	1,000	0,094	0,181	1,000
16	0,144	0,217	0,458	0,144	0,217	0,812	0,144	0,217	0,989	0,144	0,217	1,000	0,117	0,217	1,000
17	0,096	0,146	0,386	0,096	0,146	0,789	0,096	0,146	0,987	0,096	0,146	1,000	0,067	0,146	1,000
18	0,128	0,183	0,409	0,128	0,183	0,798	0,128	0,183	0,993	0,128	0,183	1,000	0,055	0,183	1,000
19	0,105	0,159	0,402	0,105	0,159	0,794	0,105	0,159	0,990	0,105	0,159	1,000	0,083	0,159	1,000
20	0,120	0,187	0,428	0,120	0,187	0,800	0,120	0,187	0,977	0,120	0,187	1,000	0,092	0,187	1,000
21	0,128	0,191	0,432	0,128	0,191	0,805	0,128	0,191	0,992	0,128	0,191	1,000	0,099	0,191	1,000
22	0,118	0,194	0,437	0,118	0,194	0,800	0,118	0,194	0,960	0,118	0,194	1,000	0,098	0,194	1,000
23	0,132	0,200	0,447	0,132	0,200	0,810	0,132	0,200	0,992	0,132	0,200	1,000	0,122	0,200	1,000
24	0,150	0,222	0,457	0,150	0,222	0,814	0,150	0,222	0,992	0,150	0,222	1,000	0,106	0,222	1,000
25	0,105	0,156	0,399	0,105	0,156	0,796	0,105	0,156	0,995	0,105	0,156	1,000	0,084	0,156	1,000
Toplam	3,195	4,916	10,922	3,195	4,916	20,104	3,195	4,916	24,509	3,195	4,916	25,000	2,463	4,916	25,000
GMF	0,128	0,197	0,437	0,128	0,197	0,804	0,128	0,197	0,980	0,128	0,197	1,000	0,099	0,197	1,000
δ (GMF)	0,155			0,338			0,426			0,436			0,451		

Üyelik yaklaşımında ikinci adım, her örnekleme temsil eden bulanık alt küme için tek sayısal değerin başka bir deyişle örneklemin temsilci değerinin hesaplanmasıdır. Bu temsilci değer, 4 dönüştürme yöntemlerinden biri ile toplam bulanık altkümeden temsilci değerine dönüştürülerek elde edilmektedir. Tablo 4.12’de dönüştürme yöntemi olarak bulanık medyan ve bulanık mod kullanıldığında elde edilen değerler görülmektedir.

Tablo 4.12: Ocak Ayına Ait Tüm Örneklemelerin Temsilci Değerleri

Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan
1	0,200	0,247	0,200	0,352	0,200	0,403	0,200	0,410	0,200	0,401
2	0,233	0,278	0,233	0,378	0,233	0,428	0,233	0,431	0,233	0,421
3	0,210	0,257	0,210	0,361	0,210	0,413	0,210	0,417	0,210	0,408
4	0,186	0,235	0,186	0,344	0,186	0,397	0,186	0,402	0,186	0,393
5	0,181	0,231	0,181	0,341	0,181	0,396	0,181	0,400	0,181	0,388
6	0,191	0,241	0,191	0,350	0,191	0,403	0,191	0,406	0,191	0,397
7	0,156	0,210	0,156	0,326	0,156	0,384	0,156	0,386	0,156	0,378
8	0,229	0,272	0,229	0,369	0,229	0,416	0,229	0,426	0,229	0,418
9	0,212	0,257	0,212	0,357	0,212	0,403	0,212	0,415	0,212	0,409
10	0,311	0,333	0,311	0,412	0,311	0,426	0,311	0,465	0,311	0,442
11	0,234	0,278	0,234	0,378	0,234	0,427	0,234	0,431	0,234	0,421
12	0,184	0,234	0,184	0,345	0,184	0,398	0,184	0,402	0,184	0,393
13	0,191	0,241	0,191	0,349	0,191	0,402	0,191	0,405	0,191	0,399
14	0,159	0,212	0,159	0,326	0,159	0,383	0,159	0,386	0,159	0,379
15	0,181	0,231	0,181	0,341	0,181	0,395	0,181	0,399	0,181	0,391
16	0,217	0,264	0,217	0,366	0,217	0,418	0,217	0,421	0,217	0,412
17	0,146	0,199	0,146	0,317	0,146	0,375	0,146	0,379	0,146	0,369
18	0,183	0,231	0,183	0,344	0,183	0,401	0,183	0,403	0,183	0,379
19	0,159	0,212	0,159	0,326	0,159	0,384	0,159	0,387	0,159	0,379
20	0,187	0,235	0,187	0,344	0,187	0,395	0,187	0,402	0,187	0,393
21	0,191	0,241	0,191	0,349	0,191	0,404	0,191	0,406	0,191	0,396
22	0,194	0,240	0,194	0,346	0,194	0,392	0,194	0,404	0,194	0,397
23	0,200	0,250	0,200	0,355	0,200	0,408	0,200	0,411	0,200	0,407
24	0,222	0,267	0,222	0,371	0,222	0,423	0,222	0,425	0,222	0,410
25	0,156	0,210	0,156	0,326	0,156	0,384	0,156	0,386	0,156	0,378

Üçüncü adımda her örneklem için elde edilen bulanık alt kümelerin ortalaması (GMF) elde edilmektedir. Elde edilen bu GMF, yine bulanık bir küme olacaktır. GMF’nin 1. parametresi, her örnekleme temsil eden bulanık kümelerin 1.parametrelerinin örneklem sayısına bölünmesi ile bulunur. Aynı şekilde 2. ve 3. parametreler de hesaplanır. Her küme için hesaplanan GMF, Tablo 4.11’in son

satırında görülmektedir. Örnek olması açısından 1.kümeye ait GMF'nin hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$\text{GMF'nin 1.parametresi: } \text{GMF} = \frac{\sum_{j=1}^m \text{MF}_j}{m} = \frac{3,195}{25} = 0,128$$

$$\text{GMF'nin 2.parametresi: } \frac{4,916}{25} = 0,197$$

$$\text{GMF'nin 3.parametresi: } \frac{10,922}{25} = 0,437$$

Buradan 1.kümeye ait GMF;

(0,128 , 0,197 , 0,437) olarak bulunmaktadır.

Her kümeye ait GMF'nin dönüştürme yöntemlerinden biri kullanılarak tek sayısal değere çevrilmesiyle her küme için orta çizgi belirlenmektedir. Dönüştürme yöntemi olarak bulanık mod ve bulanık medyan kullanıldığında her küme için elde edilen orta çizgiler Tablo 4.13'de görülmektedir.

Tablo 4.13: Ocak Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler

	Orta Çizgi	
	<i>Bulanık Mod</i>	<i>Bulanık Medyan</i>
<i>1. Küme</i>	0,197	0,244
<i>2. Küme</i>	0,197	0,313
<i>3. Küme</i>	0,197	0,402
<i>4. Küme</i>	0,197	0,408
<i>5. Küme</i>	0,197	0,398

Orta çizginin hesaplanmasından sonra, kontrol şemalarının diğer iki parametresi olan alt ve üst kontrol limitlerinin hesaplanmasına ihtiyaç vardır. Üyelik yaklaşımına göre bu parametrelerin hesaplanabilmesi için GMF'nin ortalama sapması hesaplanmalıdır. Her küme için hesaplanan ortalama sapma değerleri, Tablo 4.11'de görülmektedir. 1. kümeye göre ortalama sapmanın hesaplanması ayrıntılı olarak aşağıda gösterilmiştir.

$$\delta(A) = \int_{\alpha=0}^1 [(-\alpha(c-b) + c) - (\alpha(b-a) + a)] d\alpha = \frac{1}{2}(c-a)$$

$$\delta(\text{GMF}) = \frac{1}{2}(0,437 - 0,128) = 0,155$$

Ortalama sapma elde edildikten sonra alt ve üst kontrol limitlerinin belirlenebilmesi için, alt ve üst kontrol limitlerinin orta çizgiden ne kadar uzağa yerleştirileceğinin başka bir deyişle ortalama sapmanın kaç katı uzaklıkta olacağı belirlenmesi gerekmektedir. Kontrol limitlerinin yerine karar vermek için kullanılan sayı, k değeridir. k değerine tecrübeye dayalı olarak ya da simülasyon yapılarak karar verilebilmektedir. Bu çalışmada k'nın ortalama değeri 0,07 olarak belirlenmiştir. k değerinin belirlenmesinin ardından, alt ve üst kontrol limitlerinin değerine karar verilmektedir. Tablo 4.14'de her kümeye ait üyelik yaklaşımına göre hesaplanmış alt ve üst kontrol limitleri verilmiştir. Örnek olması açısından bulanık mod kullanarak 1.kümeye ait alt ve üst kontrol limitinin hesaplanması aşağıda verilmiştir.

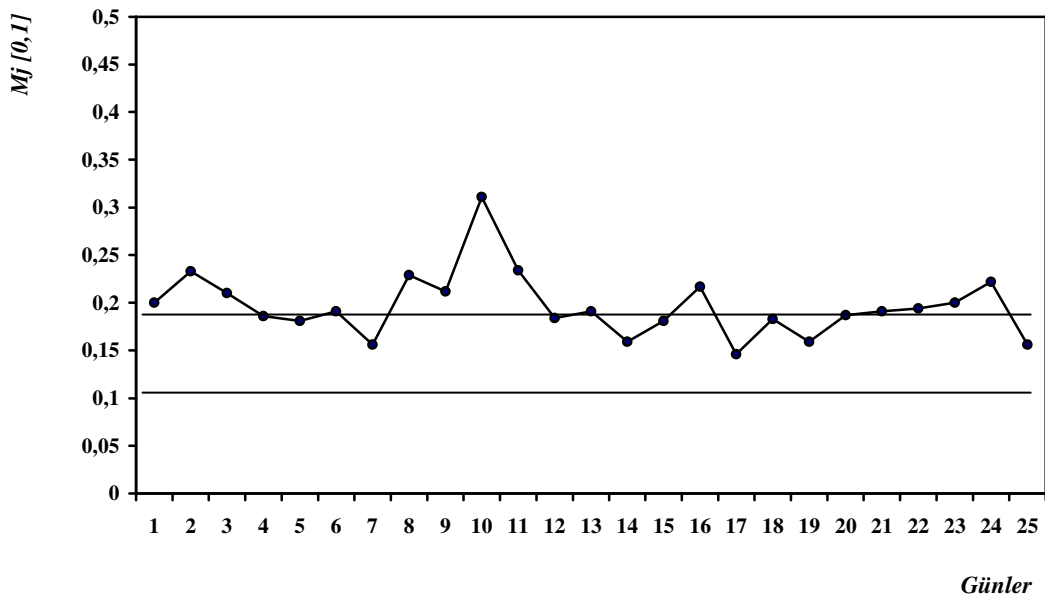
$$\text{AKL} = \text{Max} \{ 0, (\text{OÇ} - k \delta(\text{GMF})) \} = \text{Max} \{ 0, (0,197 - 0,07 \times 0,451) \}$$

$$\text{AKL} = 0,111$$

$$\text{ÜKL} = \text{Min} \{ 0, (\text{OÇ} + k \delta(\text{GMF})) \} = \text{Min} \{ 0, (0,197 + 0,07 \times 0,451) \}$$

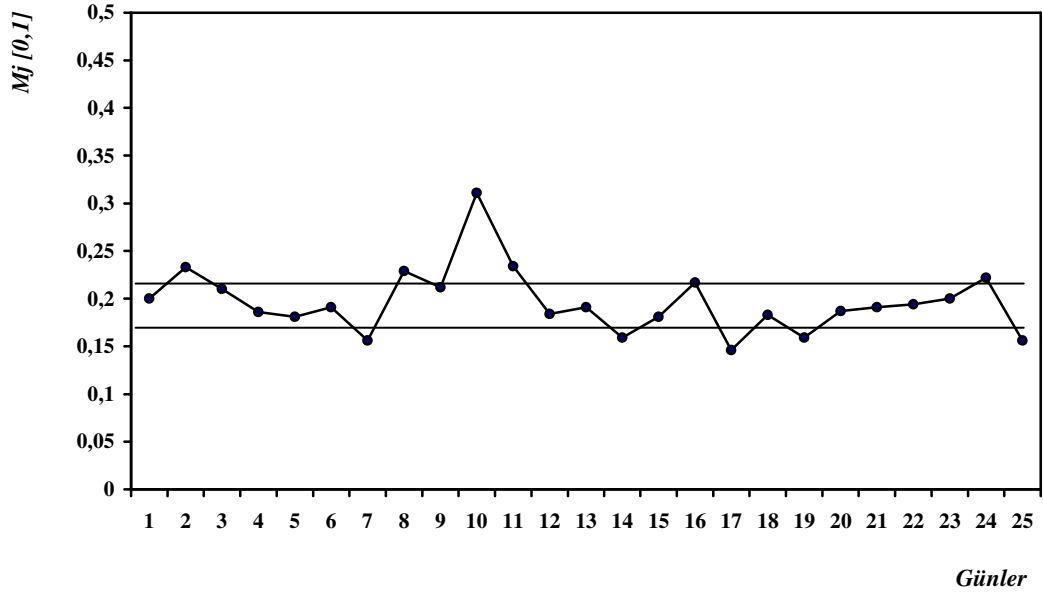
$$\text{ÜKL} = 0,186$$

Tablo 4.12 ve Tablo 4.13'deki örneklemin temsilci değerleri, alt ve üst kontrol limitlerini bulanık mod kullanılarak her kümeye ait bulanık kalite kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 elde edilmektedir. Yine aynı tablolar yardımıyla bulanık medyan kullanılarak her kümeye ait bulanık kalite kontrol şemaları çizildiğinde ise, Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25 elde edilmektedir.



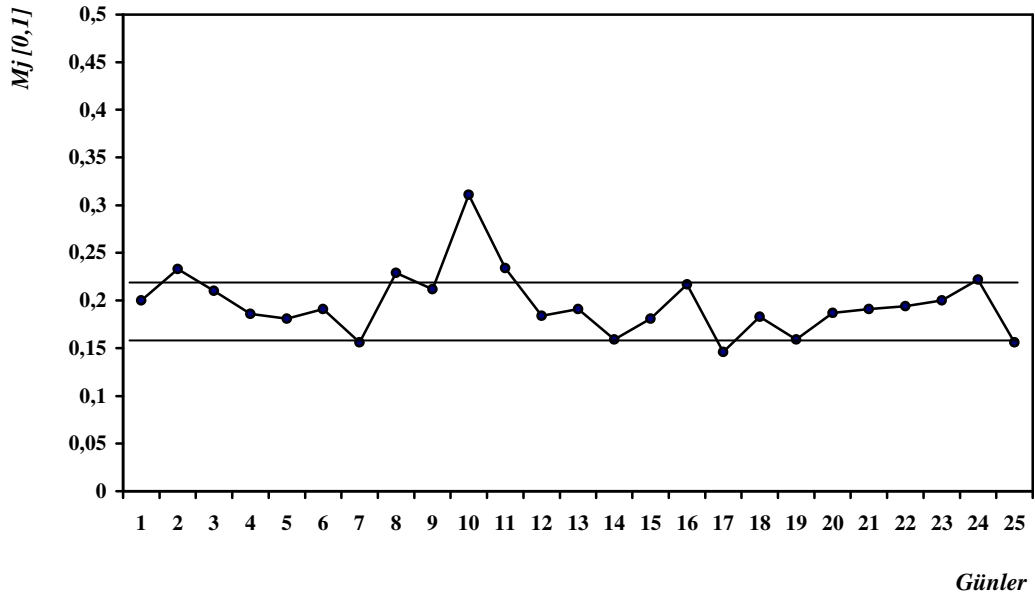
Şekil 4.16: Ocak Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.16'ya bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık mod kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 4., 5., 7., 12., 13., 14., 15., 17., 18., 19., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



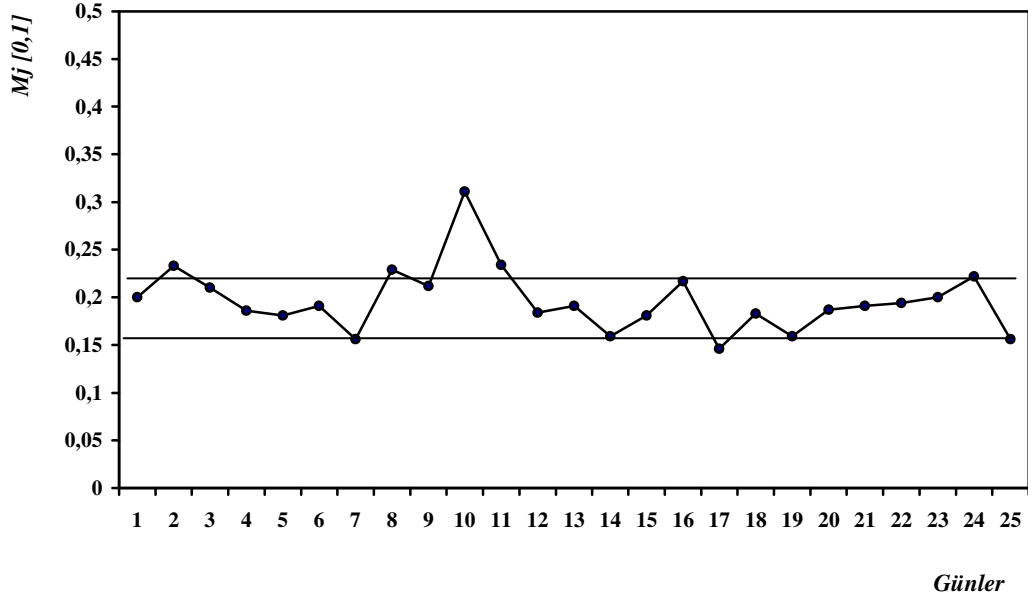
Şekil 4.17: Ocak Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.17'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık mod kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 1., 3., 4., 5., 6., 9., 12., 13., 15., 16., 18., 20., 21., 22., 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



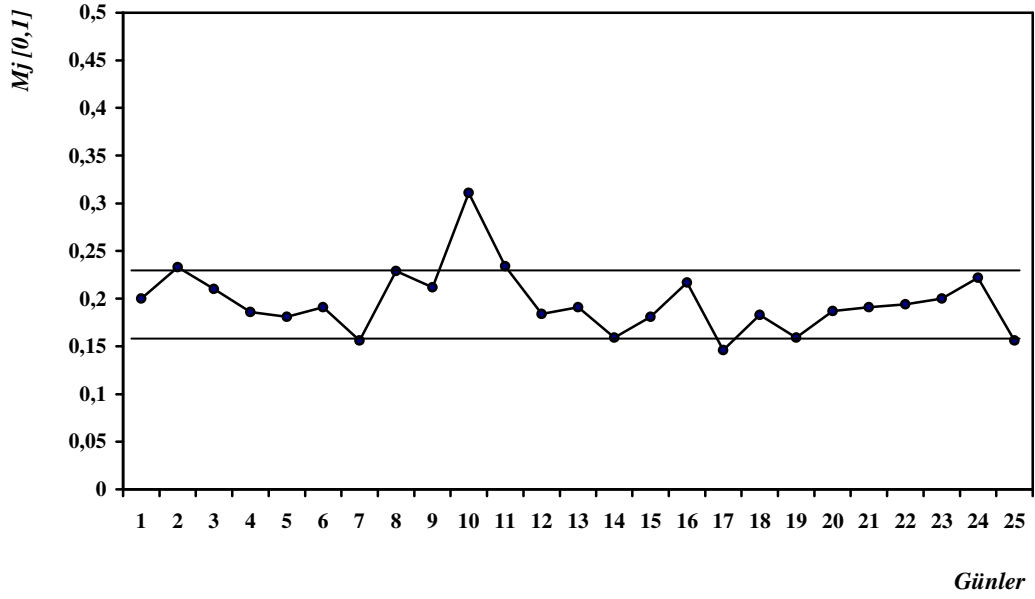
Şekil 4.18: Ocak Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.18'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık mod kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 1., 3., 4., 5., 6., 9., 12., 13., 15., 16., 18., 20., 21., 22., 23. ve 24. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



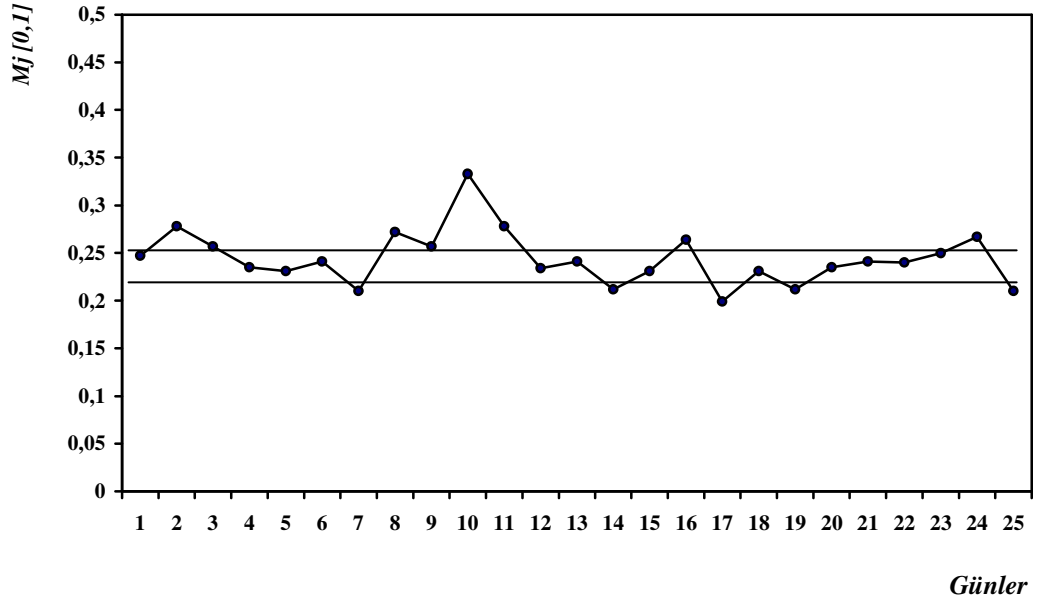
Şekil 4.19: Ocak Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.19'a bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık mod kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 1., 3., 4., 5., 6., 9., 12., 13., 15., 16., 18., 20., 21., 22., 23. ve 24. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



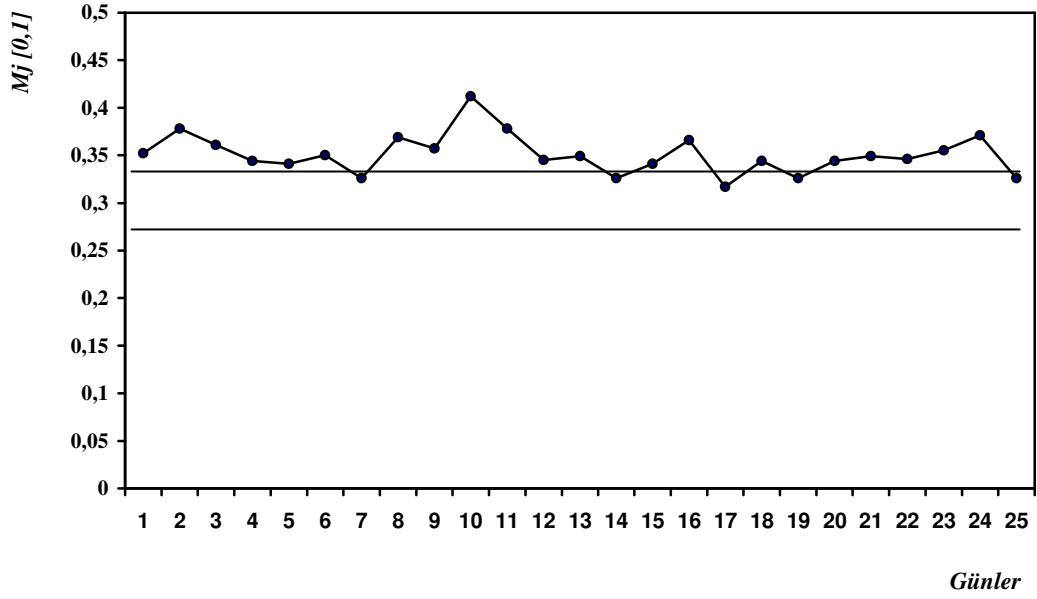
Şekil 4.20: Ocak Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.20'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık mod kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 1., 3., 4., 5., 6., 8., 9., 12., 13., 15., 16., 18., 20., 21., 22., 23. ve 24. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



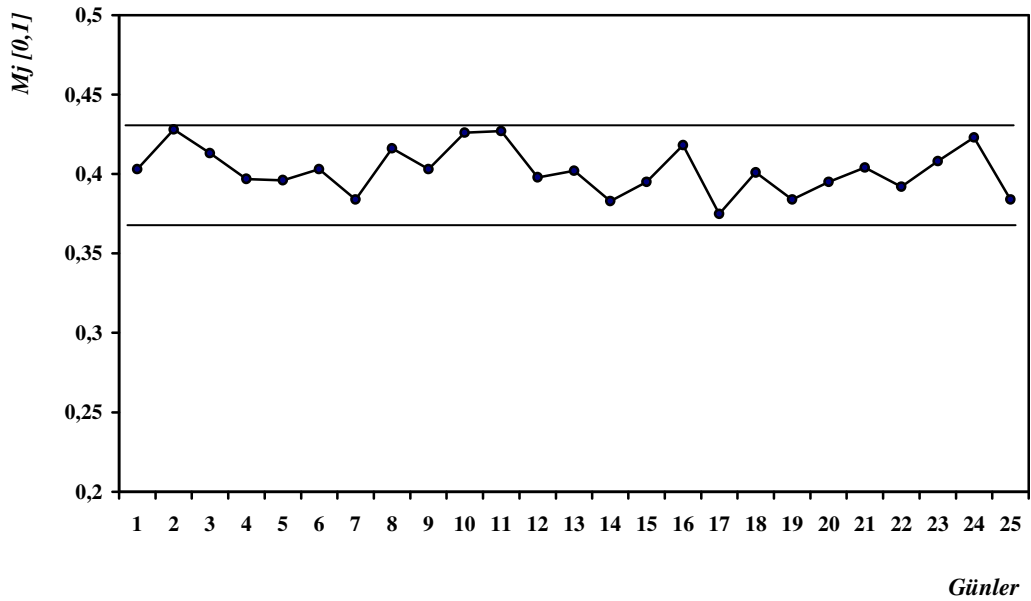
Şekil 4.21: Ocak Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.21'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 1., 4., 5., 6., 12., 13., 15., 18., 20., 21., 22. ve 23. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



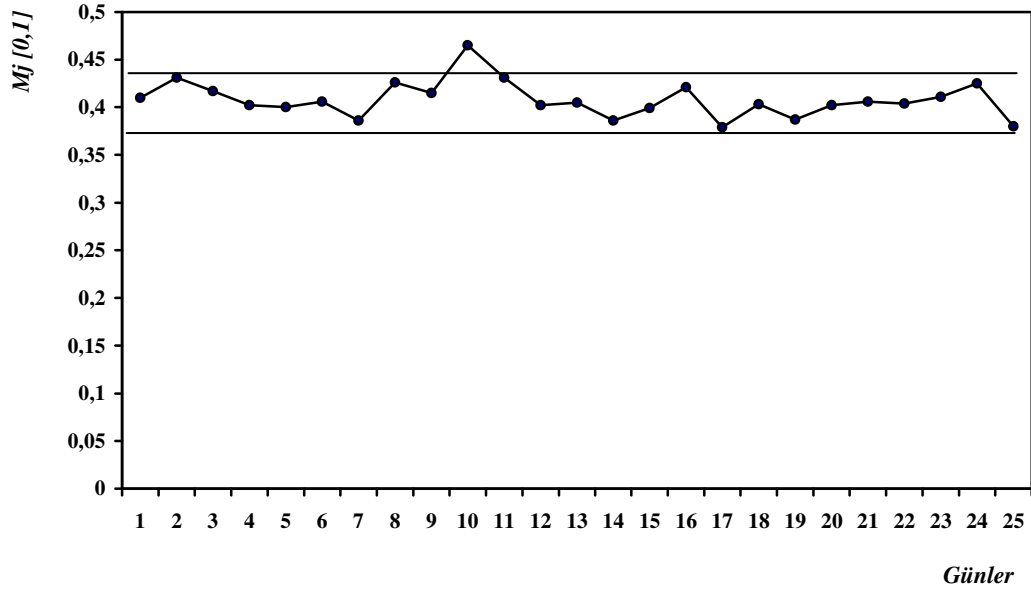
Şekil 4.22: Ocak Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan $(M_j [0,1])$ kullanılarak)

Şekil 4.22'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 7., 14., 17., 19. ve 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



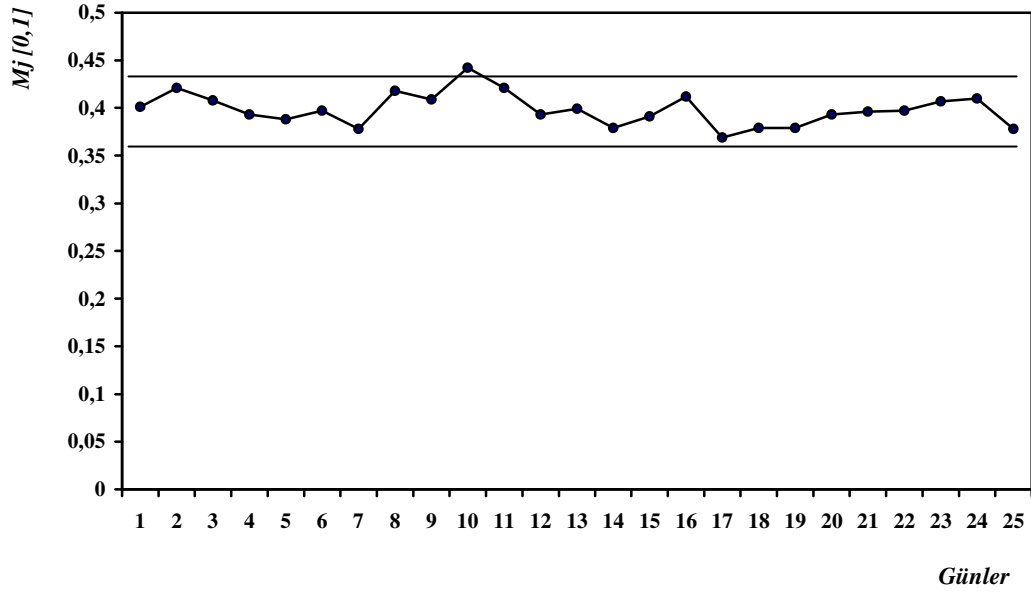
Şekil 4.23: Ocak Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan $(M_j [0,1])$ kullanılarak)

Şekil 4.23'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre tüm günlerde seleksiyon prosesi kontrolindedir.



Şekil 4.24. Ocak Ayı için 4.Kümeğe Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.24'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 10. günde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup diğer günlerde kontrolindedir.

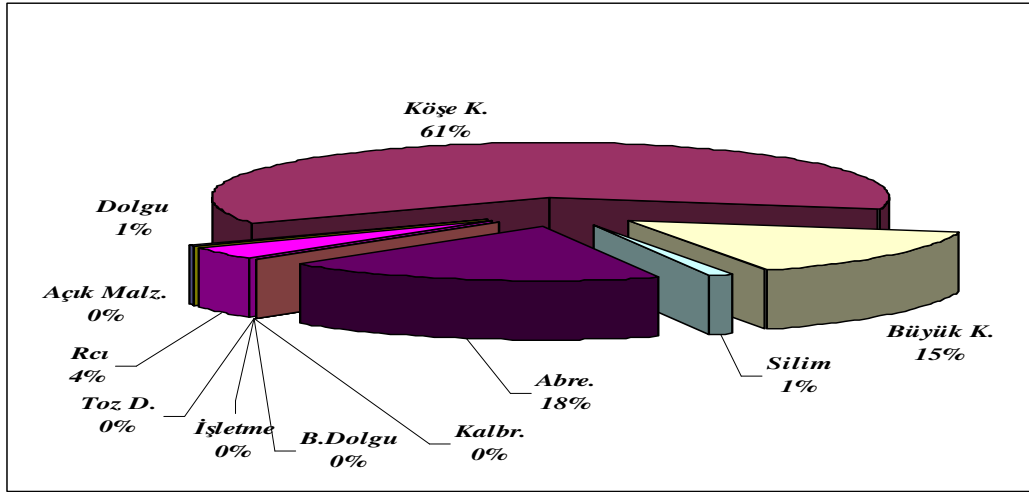


Şekil 4.25. Ocak Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.25'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Ocak ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 10. günde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup diğer günlerde kontrolde.

4.9.1.2 Şubat ayı için seleksiyon prosesinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi

Şubat ayı boyunca 45,7x45,7x1,2 ebatlı honlu dolgulu ürün için seleksiyon aşamasından alınan veriler Tablo 4.15'de adet bazında görülmektedir. Şubat ayında ilgili işletme, bu ürün üzerinde 25 gün çalışmıştır. Şubat ayında seleksiyon aşamasında ilgili ürün için karşılaşılan tüm hata nedenleri Şekil 4.26'da gösterilmektedir.



Şekil 4.26: Şubat Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı

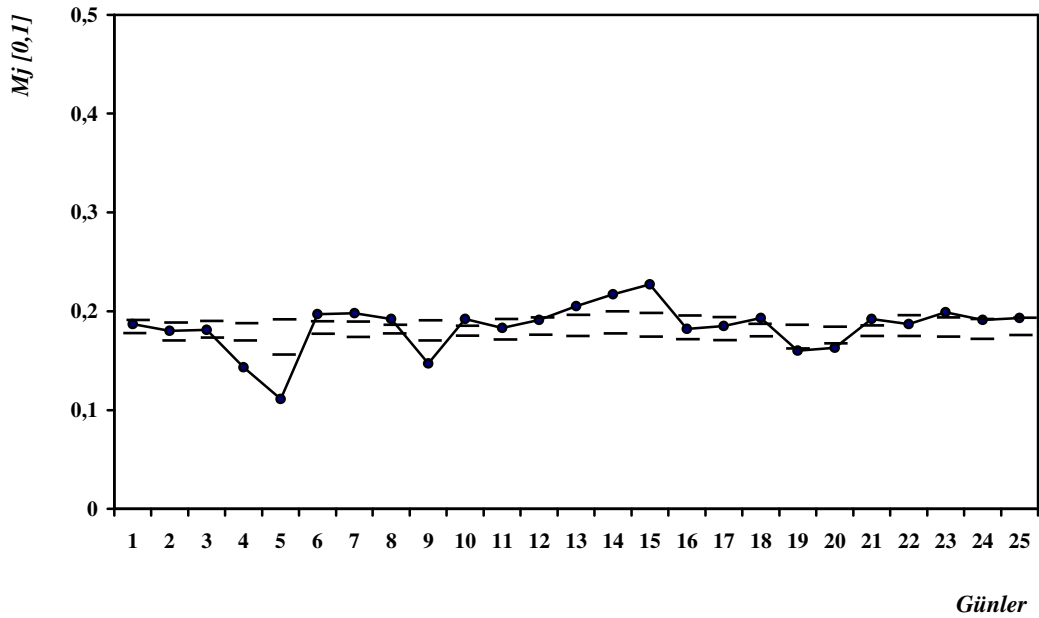
Şekil 4.26'da da görüldüğü gibi bazı hatalar yok denecek kadar azdır. Bu nedenle Tablo 4.15, sadece temiz ürünler, dolgu hatalı, abresiv hatalı, kenar kırıklı ve köşe kırıklı ürünler için hazırlanmıştır.

Tablo 4.15: Şubat Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	Toplam
1	6000	200	256	1303	360	8119
2	7242	0	388	1500	390	9520
3	7498	0	210	1720	375	9803
4	6762	0	180	1190	208	8340
5	658	0	0	73	30	760
6	8326	0	743	1711	590	11369
7	7808	0	376	1990	414	10587
8	6800	0	313	1548	430	9090
9	7401	0	343	1126	343	9212
10	7191	150	240	1800	366	9746
11	7949	0	731	1571	404	10653
12	7183	0	437	1500	490	9610
13	6388	0	350	1495	495	8728
14	5936	0	354	1735	335	8360
15	5592	0	272	1850	300	8013
16	6114	0	239	1445	269	8067
17	5843	0	253	1373	281	7749
18	6847	94	642	1370	439	9391
19	5210	0	343	773	312	6637
20	8000	0	448	1463	356	10267
21	8000	0	568	1923	355	10845
22	7047	0	200	1795	300	9342
23	6861	0	443	1661	392	9357
24	8000	0	561	1623	550	10734
25	7000	0	460	1534	437	9431

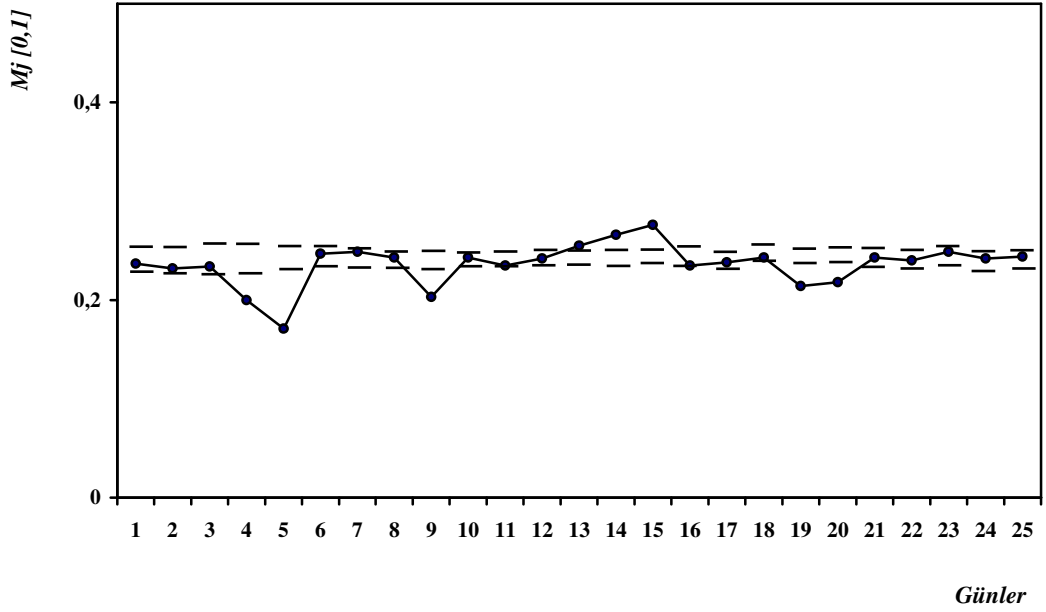
Olasılıkçı Yaklaşım Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemalarının Oluşturulması

Şubat ayı boyunca seleksiyon prosesinden çıkan ürünler için bulanık kontrol şeması çizilebilmesi için her örnekleme ait ortalamalara, alt ve üst kontrol limitlerine ihtiyaç vardır. Bu hesaplamalara ait tablolar, ekler kısmında verilmiştir. Buna göre olasılıkçı yaklaşımda bulanık mod kullanılarak bulanık kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.27 elde edilmektedir. Bulanık medyan kullanıldığında ise Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32 elde edilmektedir.



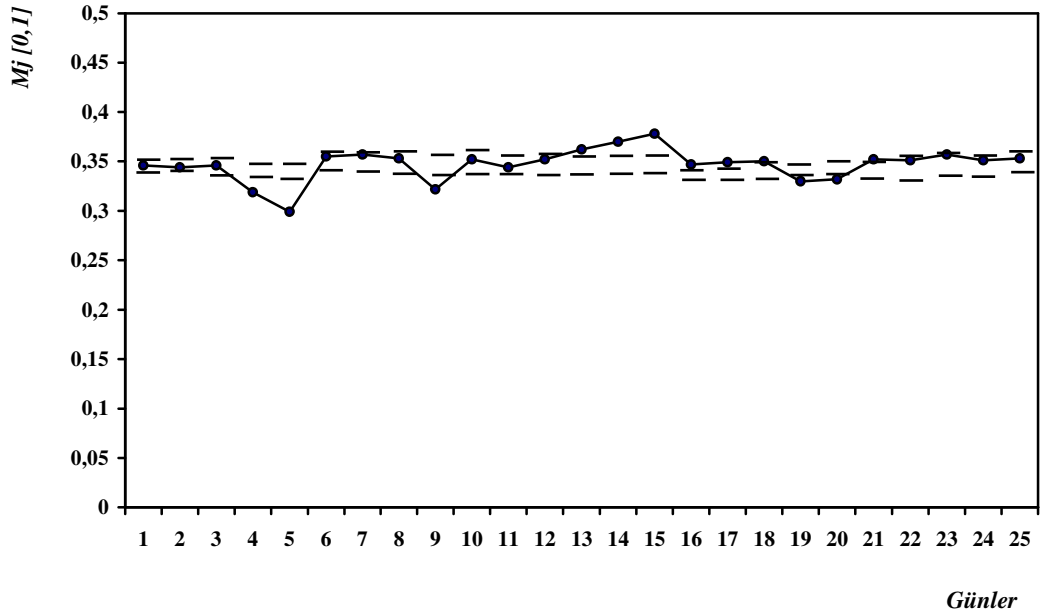
Şekil 4.27: Şubat Ayı için 1.Küme, 2. Küme, 3.Küme, 4.Küme ve 5. Küme Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.27'ye bakıldığında Şubat ayında sadece 1., 2., 3., 11., 16., 17., 19., 22. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



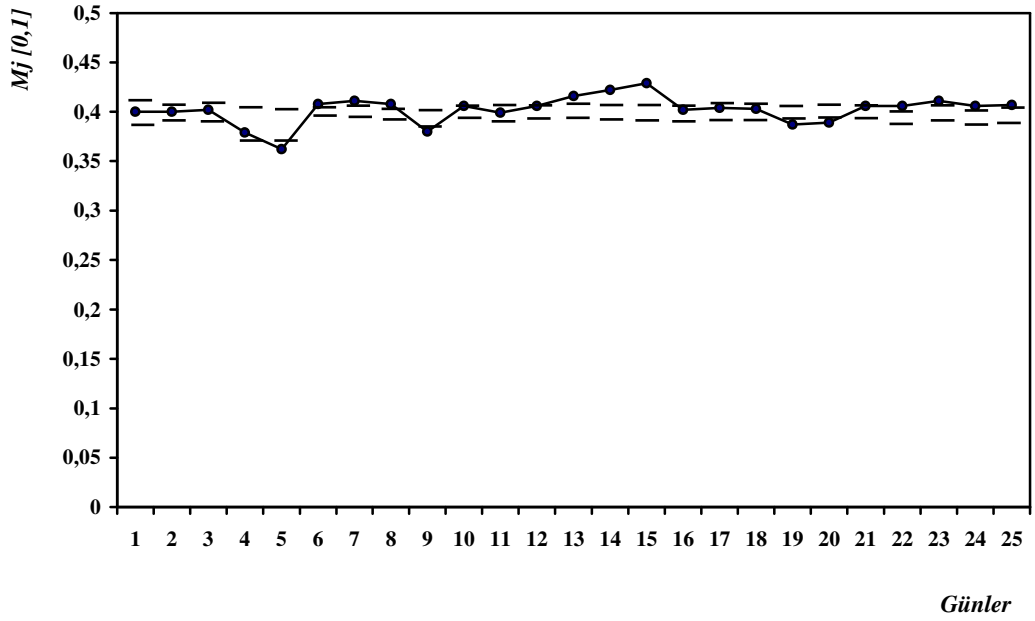
Şekil 4.28: Şubat Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.28'e bakıldığında Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 1., 2., 3., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 16., 17., 18., 21., 22., 23., 24. ve 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



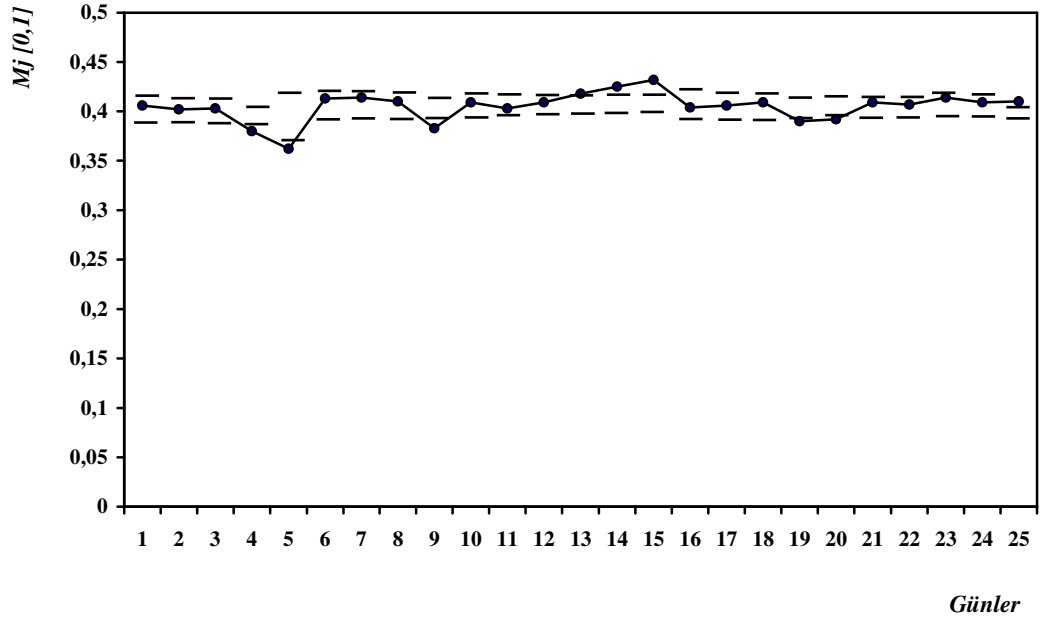
Şekil 4.29: Şubat Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.29'a bakıldığında Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında, 2. kümeye göre sadece 1., 2., 3., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 16., 17., 18., 21., 22., 23., 24. ve 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



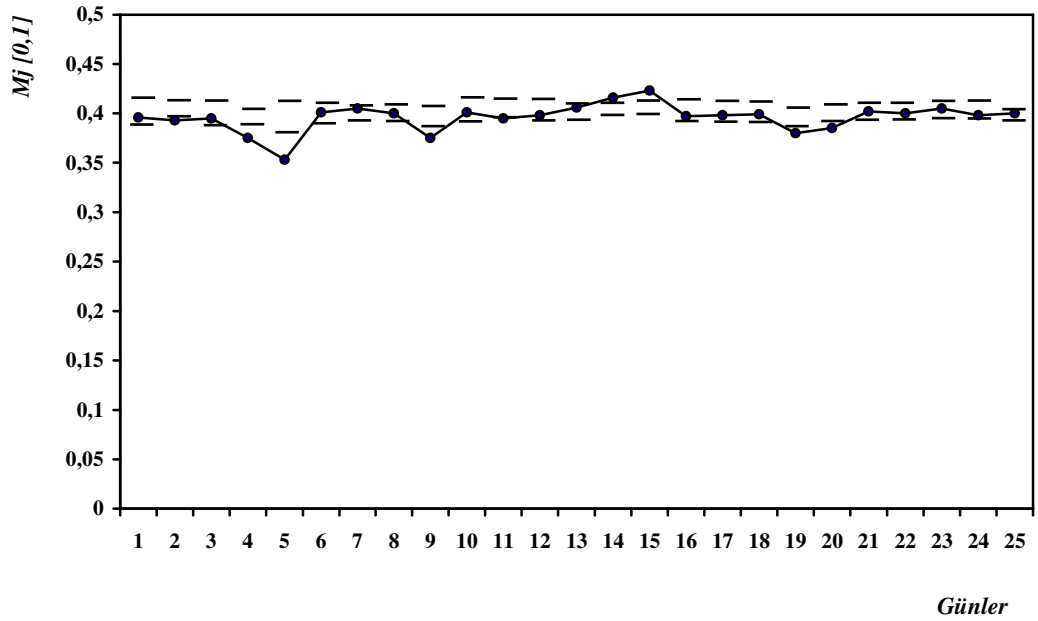
Şekil 4.30: Şubat Ayı için 3.Kümeğe Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.30'a bakıldığında Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 1., 2., 3., 10., 11., 12., 16., 17., 18., 21., 22. ve 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



Şekil 4.31: Şubat Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.31'e bakıldığında Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 4., 5., 9., 13., 14., 15., 20. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.

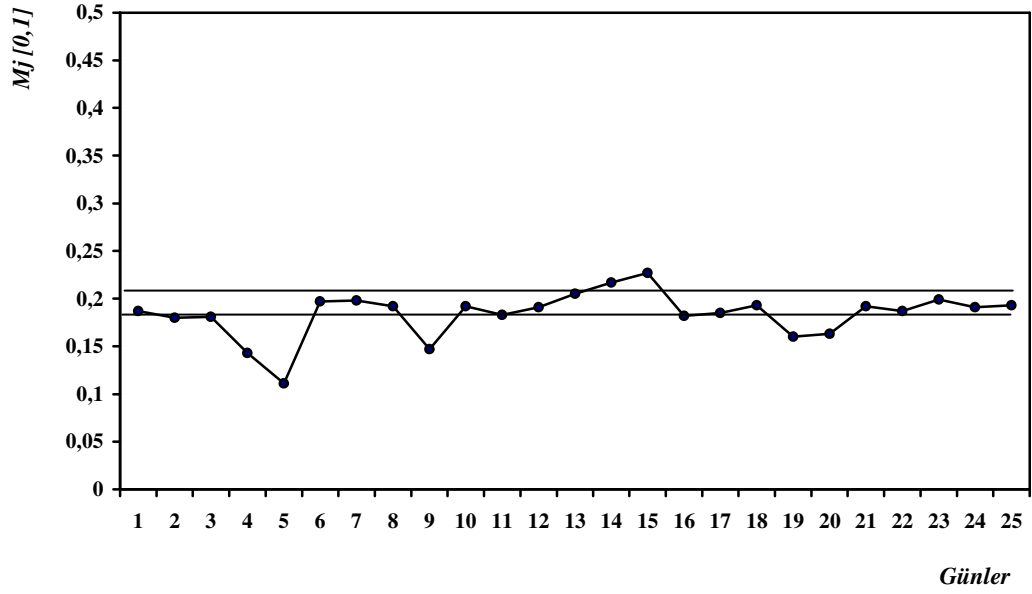


Şekil 4.32: Şubat Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.32'ye bakıldığında Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 2., 4., 5., 9., 15., 19., 20. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışıdır olup, diğer günlerde kontrolde dir.

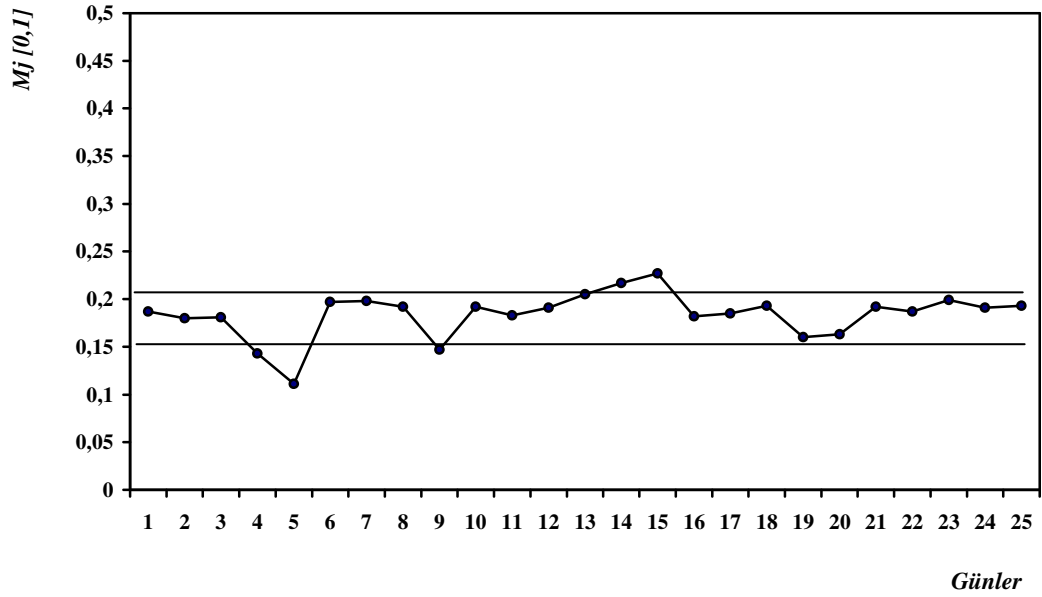
Üyelik Yaklaşımına Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları

Şubat ayı boyunca seleksiyon prosesinden çıkan ürünler için üyelik yaklaşımına göre bulanık kontrol şeması çizilebilmesi için her örnekleme ait ortalamalar, alt ve üst kontrol limitlerine ilişkin bilgileri içeren tablolar, ekler kısmında verilmiştir. Buna göre üyelik yaklaşımında bulanık mod kullanılarak bulanık kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37 elde edilmekte ve bulanık medyan kullanıldığında ise, Şekil 4.38, Şekil 4.39, Şekil 4.40, Şekil 4.41 ve Şekil 4.42 elde edilmektedir.



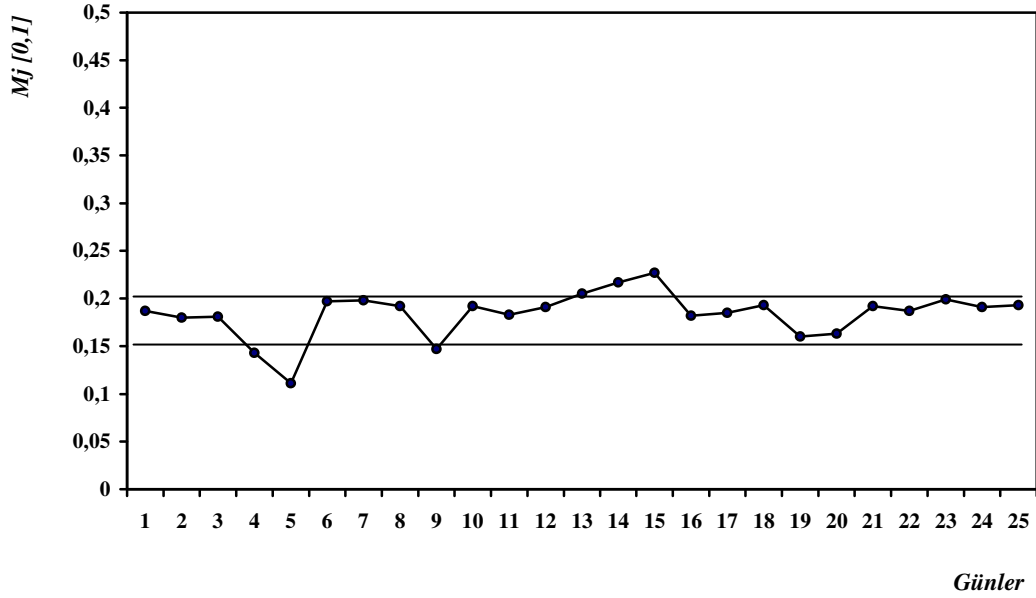
Şekil 4.33: Şubat Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.33'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık mod kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 1., 6., 7., 8., 10., 12., 13., 18., 21., 22., 23., 24., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



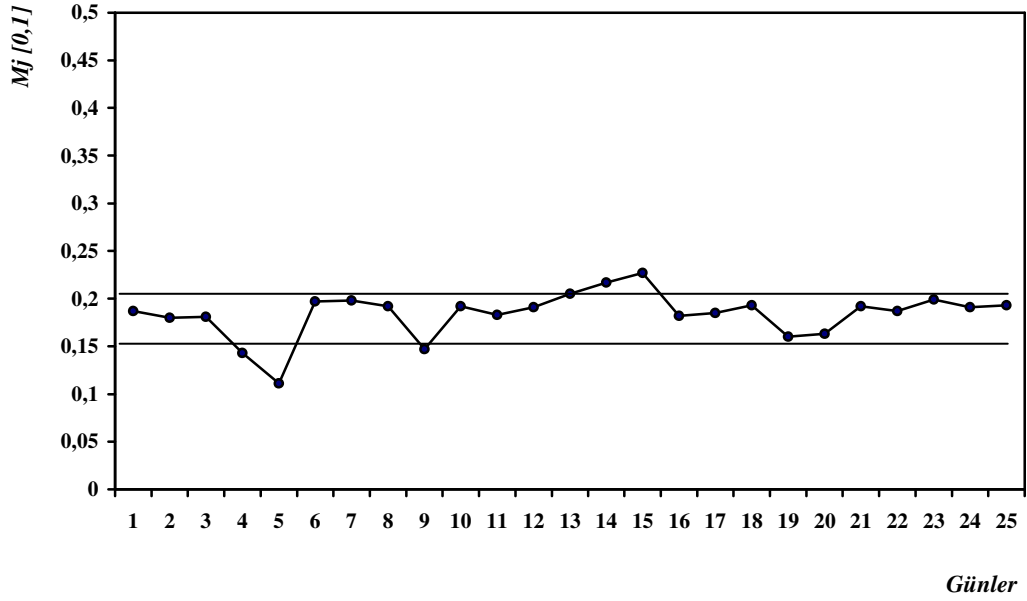
Şekil 4.34: Şubat Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.34'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık mod kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 1., 2., 3., 6., 7., 9., 10.,11., 12., 13., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 23., 24., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



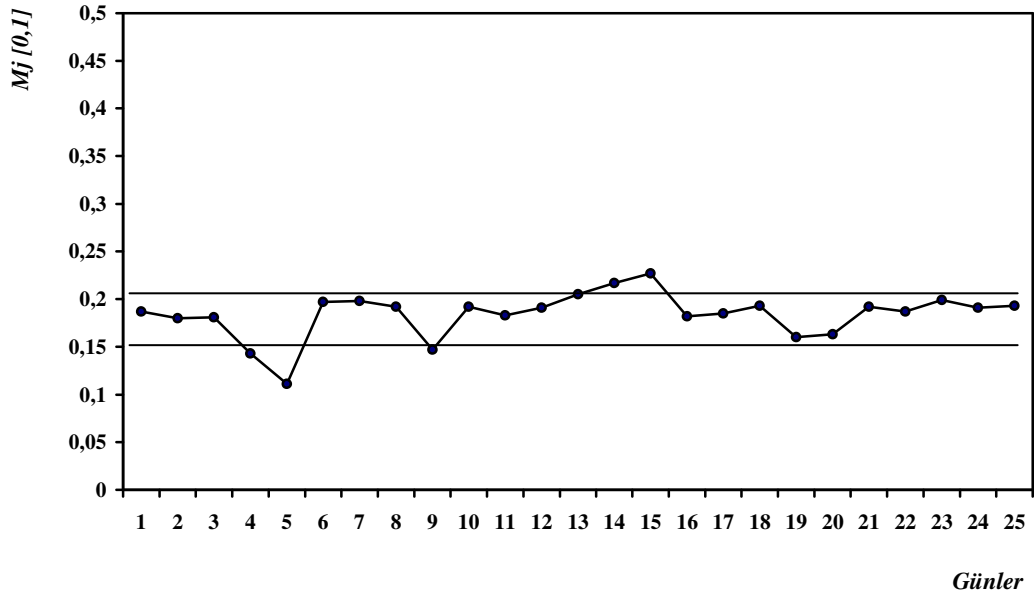
Şekil 4.35: Şubat Ayı için 3.Kümeğe Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod (M_j [0,1]) kullanılarak)

Şekil 4.35'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık mod kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 4., 5., 9., 14., 15. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde.



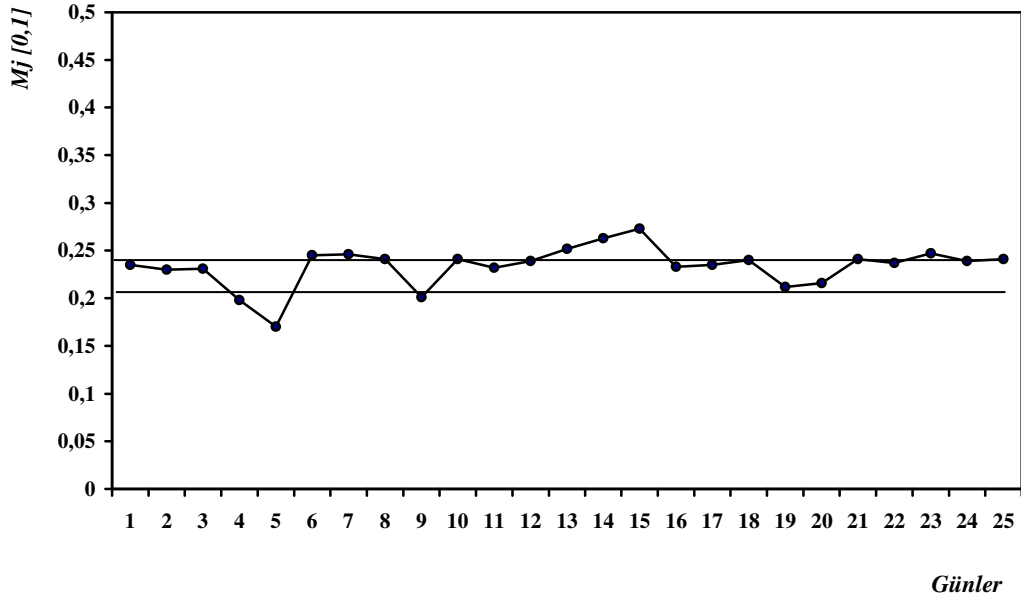
Şekil 4.36: Şubat Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.36'ya bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık mod kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 4., 5., 9., 14., 15. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



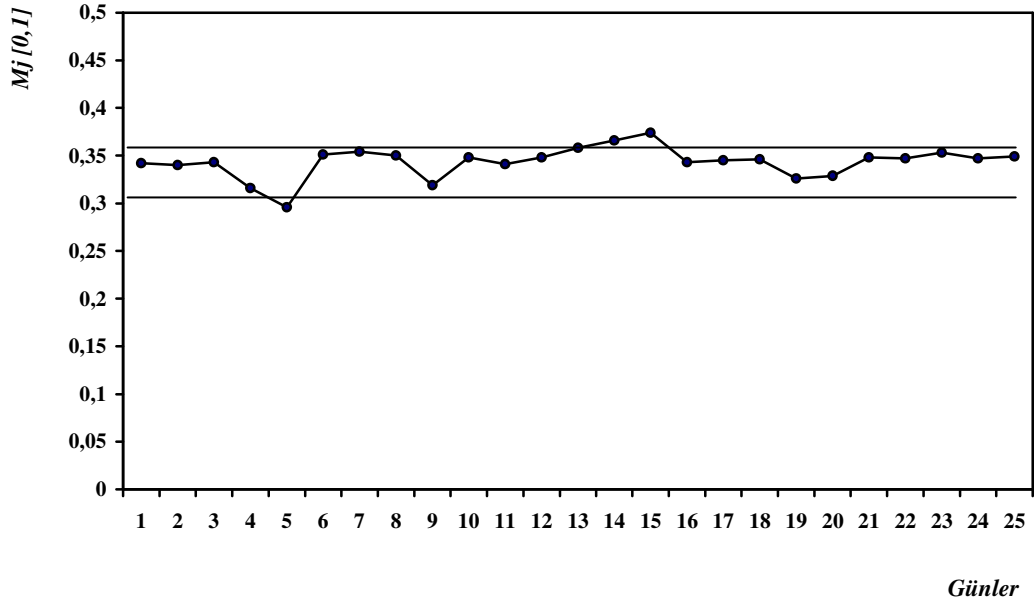
Şekil 4.37: Şubat Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.37'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık mod kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 4., 5., 9., 14., 15. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



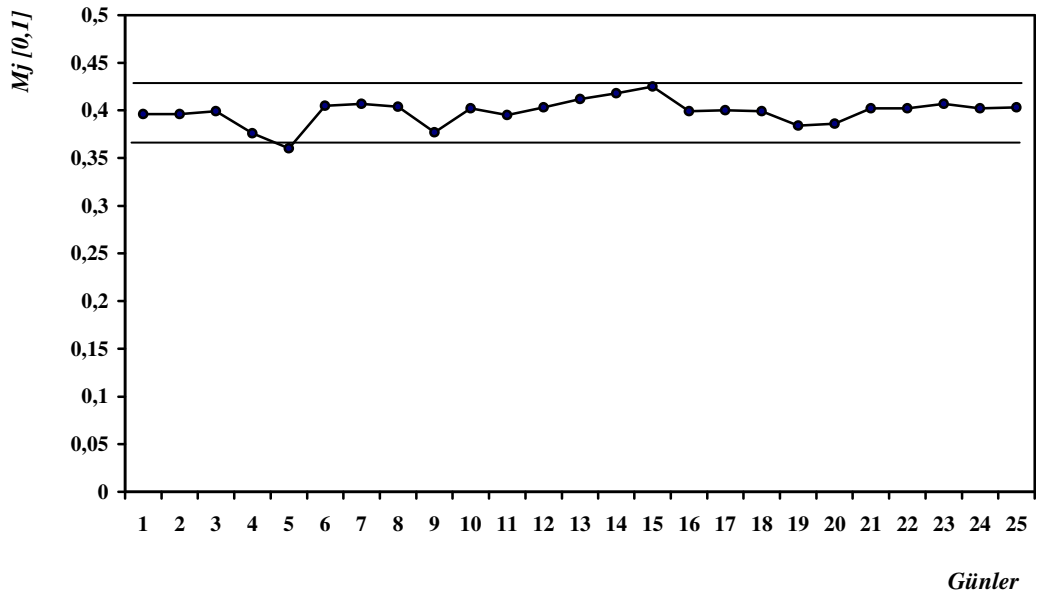
Şekil 4.38: Şubat Ayı için 1.Küme ye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.38'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 1., 2., 3., 8., 10., 11., 12., 16., 17., 18., 21., 22., 24. ve 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrolde olup, diğer günlerde kontrol dışıdır.



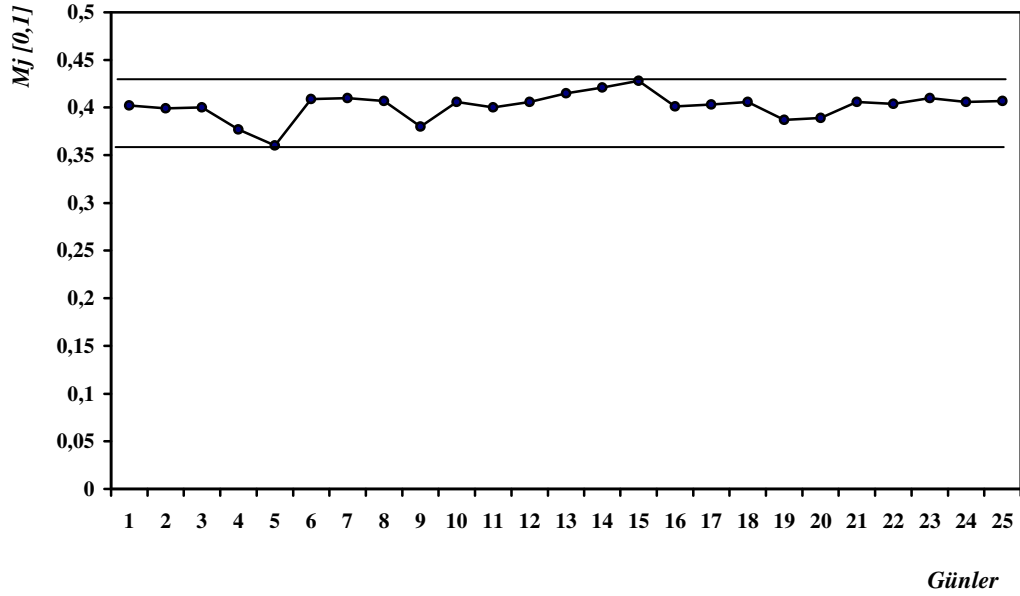
Şekil 4.39: Şubat Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.39'a bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 5. , 14. , ve 15. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



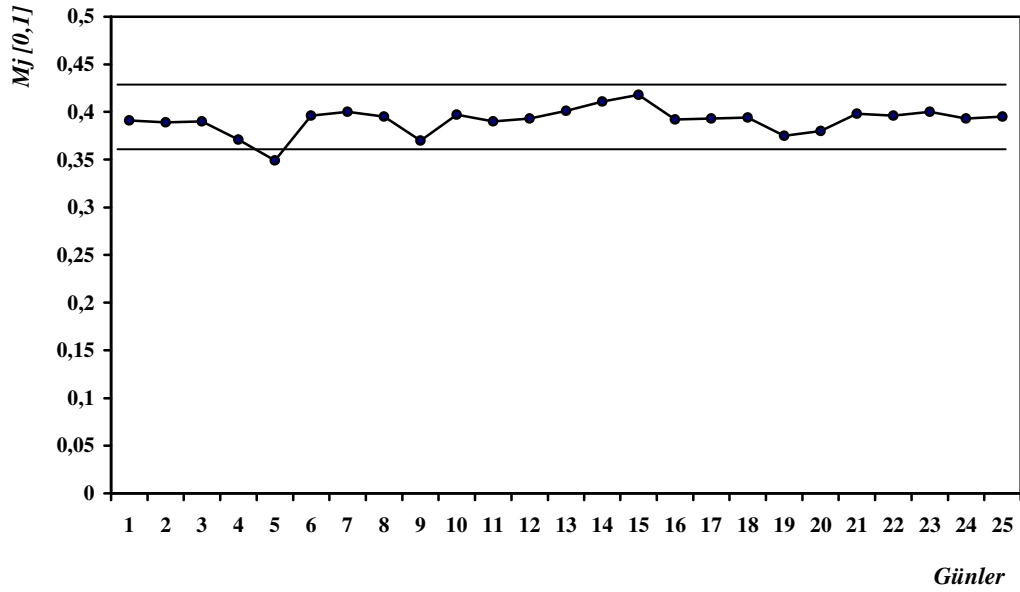
Şekil 4.40: Şubat Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.40'a bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 5. günde proses kontrol dışı olup, diğer tüm günlerde seleksiyon prosesi kontroldedir.



Şekil 4.41: Şubat Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.41'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre tüm günlerde seleksiyon prosesi kontroldedir.

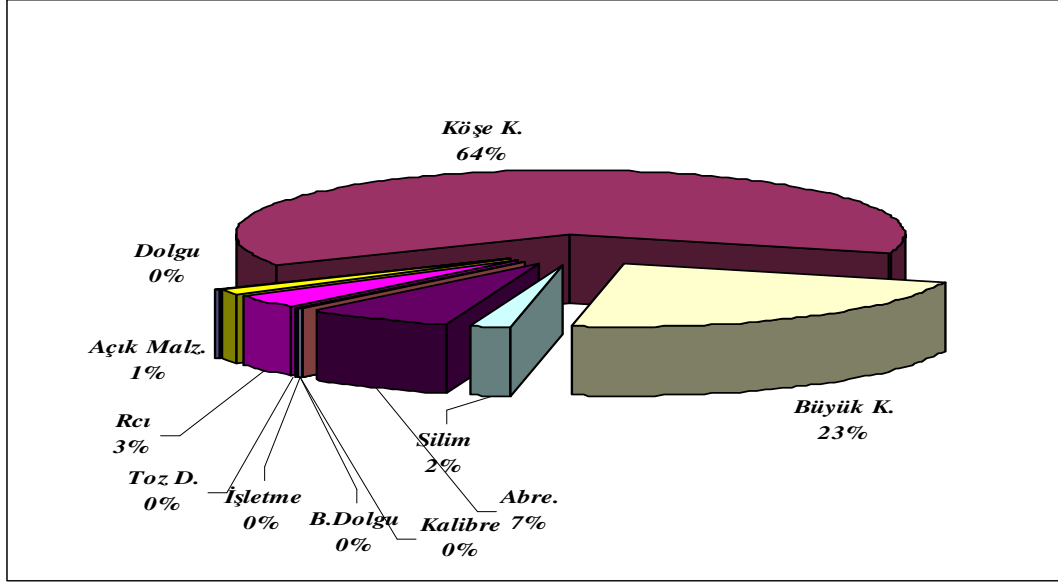


Şekil 4.42: Şubat Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.42'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Şubat ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 5. günde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup diğer günlerde kontrolde.

4.9.1.3 Mart ayı için seleksiyon prosesinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi

Mart ayı boyunca 45,7x45,7x1,2 ebatlı honlu dolgulu ürün için seleksiyon aşamasından alınan veriler Tablo 4.16'da adet bazında görülmektedir. Mart ayında seleksiyon prosesi, bu ürün için 28 gün çalışmıştır. Mart ayında seleksiyon aşamasında ilgili ürün için karşılaşılan tüm hata nedenleri Şekil 4.43'de gösterilmektedir.



Şekil 4.43: Mart Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı

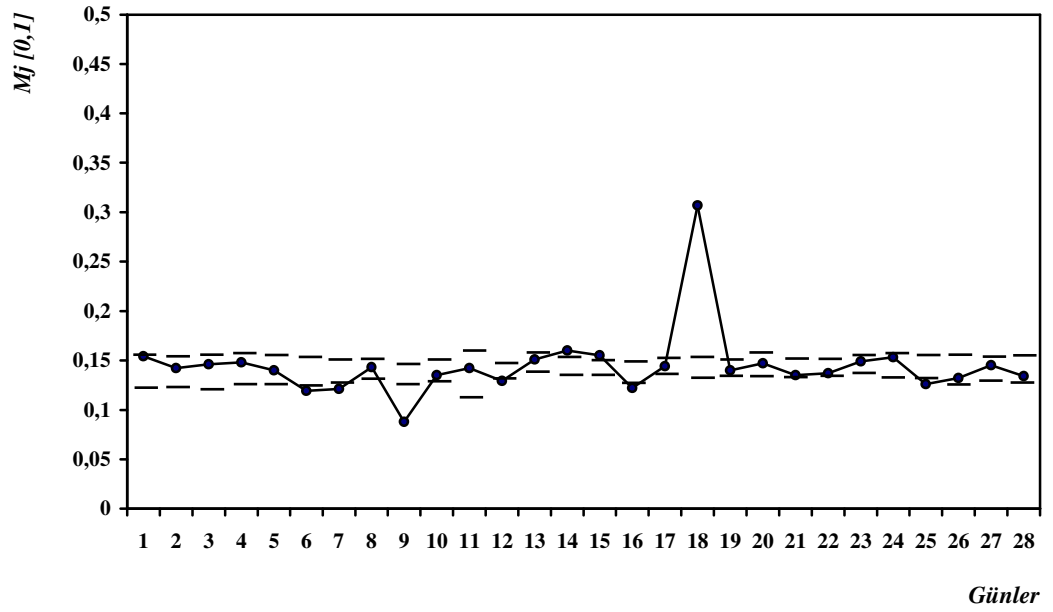
Şekil 4.43'de de görüldüğü gibi seleksiyon prosesinde bazı hatalar yok denecek kadar azdır.

Tablo 4.16: Mart Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	Toplam
1	5976	0	207	1000	300	7483
2	9300	0	518	1312	397	11527
3	7919	0	114	1342	352	9727
4	7374	0	94	1182	402	9052
5	7875	0	110	1196	392	9573
6	8075	0	104	977	347	9503
7	8400	0	82	1033	379	9894
8	7697	0	100	1290	327	9414
9	7935	0	42	782	175	8934
10	5537	0	90	767	283	6677
11	1381	0	62	186	70	1699
12	6996	0	277	879	292	8444
13	5895	0	27	950	363	7235
14	7164	0	237	1194	425	9020
15	6881	0	21	1368	291	8561
16	4625	121	15	451	297	5509
17	5920	0	11	721	483	7135
18	2762	0	140	670	755	4327
19	6000	0	150	722	400	7272
20	1372	0	0	140	137	1649
21	8085	0	172	1047	440	9744
22	5852	0	43	914	260	7069
23	4848	0	0	922	200	5970
24	4585	0	55	500	454	5594
25	5135	0	0	776	183	6094
26	3369	0	50	442	175	4036
27	3430	0	10	575	169	4184
28	4000	0	60	416	300	4776

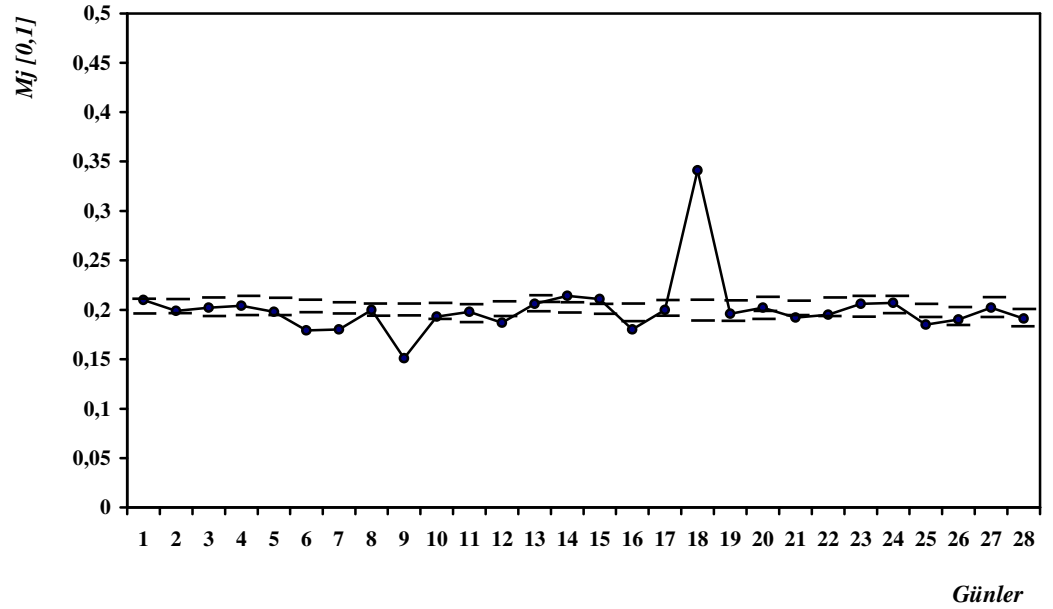
Olasılıkçı Yaklaşımına Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemalarının Oluşturulması

Mart ayı boyunca seleksiyon prosesinden çıkan ürünler için bulanık kontrol şeması çizilebilmesi için her örnekleme ait ortalamalara, alt ve üst kontrol limitlerine ihtiyaç vardır. Bu hesaplamalara ait tablolar, ekler kısmında verilmiştir. Buna göre olasılıkçı yaklaşımda bulanık mod kullanılarak bulanık kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.44 elde edilmektedir. Bulanık medyan kullanıldığında ise Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.47, Şekil 4.48 ve Şekil 4.49 elde edilmektedir.



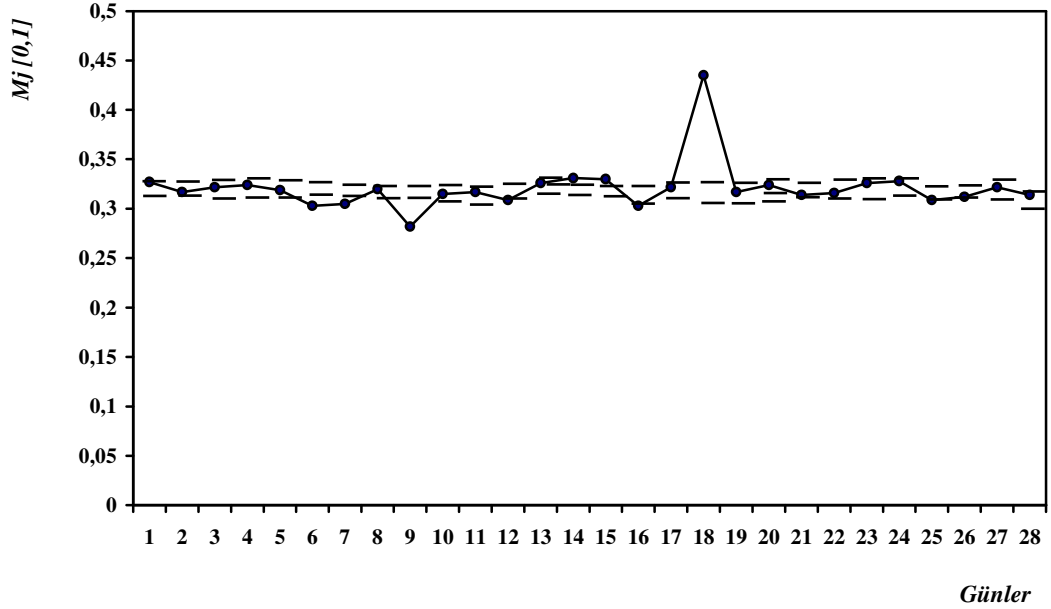
Şekil 4.44: Mart Ayı için 1.Kümeye, 2. Kümeye, 3.Kümeye, 4.Kümeye ve 5. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.44'e bakıldığında Mart ayında sadece 6., 7., 12., 14., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



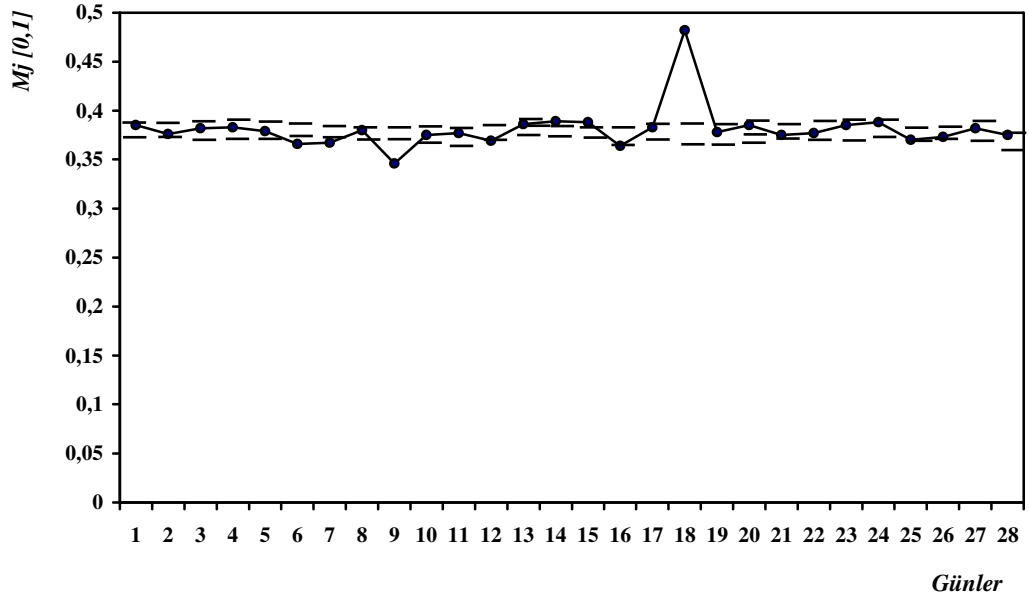
Şekil 4.45: Mart Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.45'e bakıldığında Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 6., 7., 9., 12., 14., 15., 16., 18., 21., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



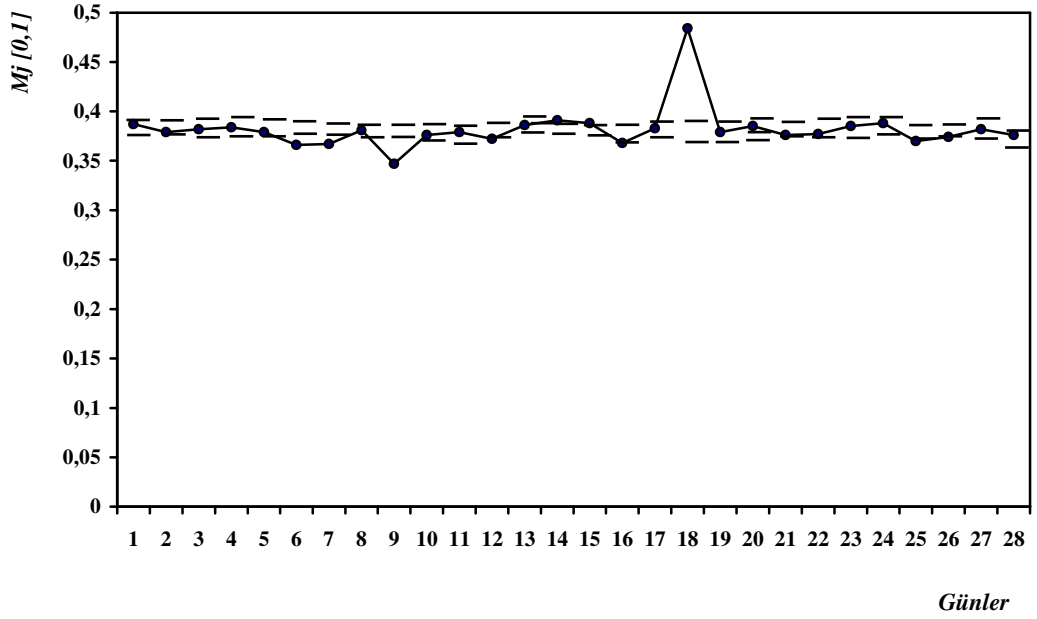
Şekil 4.46: Mart Ayı için 2. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.46'ya bakıldığında Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında, 2. kümeye göre sadece 6., 7., 9., 12., 14., 15., 16., 18., 25., 26. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



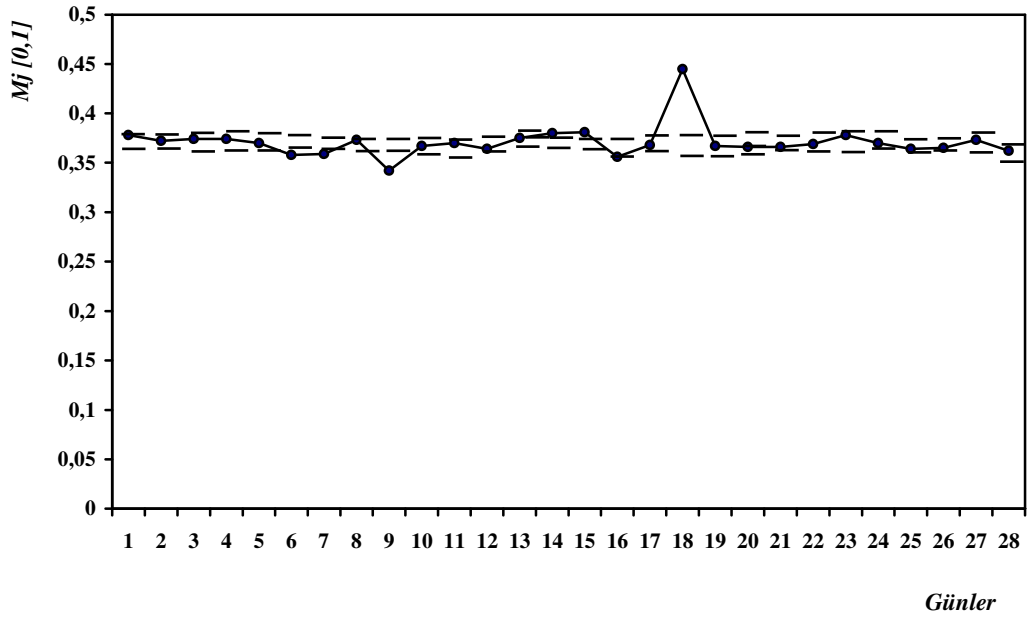
Şekil 4.47: Mart Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.47'ye bakıldığında Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 6., 7., 9., 12., 14., 15., 16., 18., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolindedir.



Şekil 4.48: Mart Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.48'e bakıldığında Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 6., 7., 9., 12., 14., 15., 16., 18., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontroltedir.

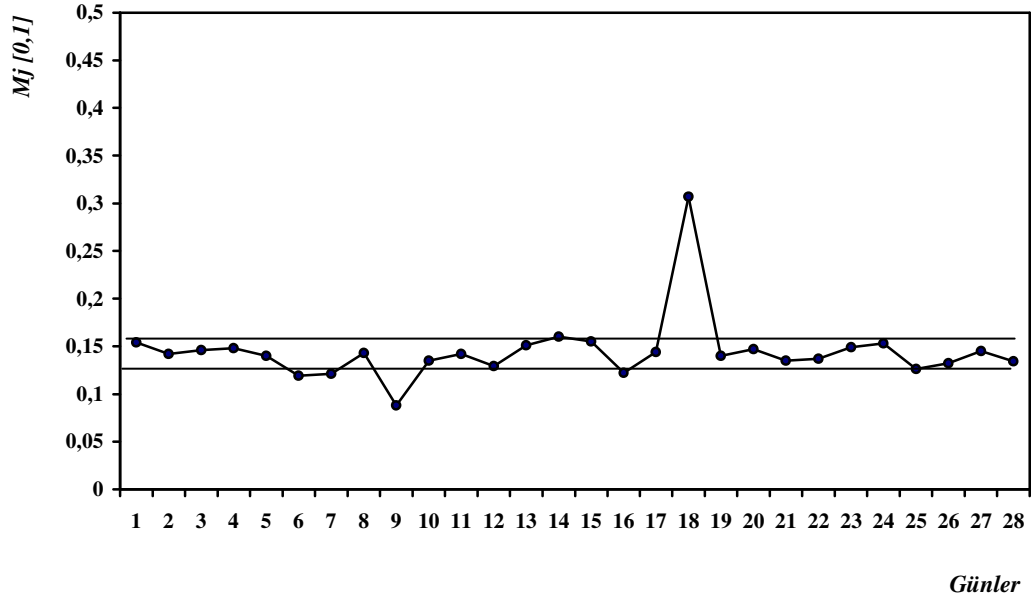


Şekil 4.49: Mart Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan (M_j $[0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.49'a bakıldığında Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 6., 7., 9., 12., 14., 15., 16., 18., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontroltedir.

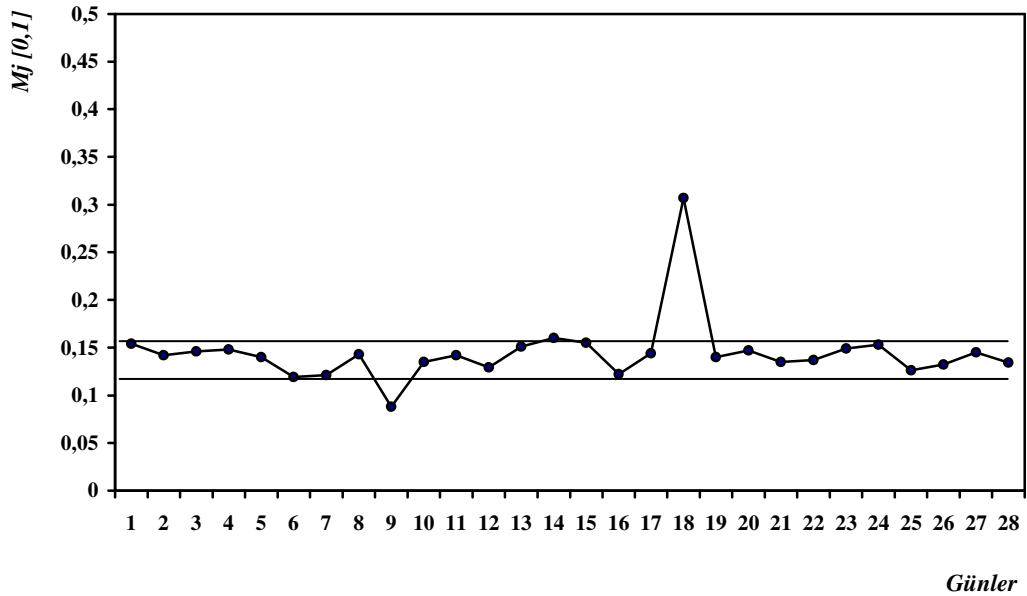
Üyelik Yaklaşımına Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları

Mart ayı boyunca seleksiyon prosesinden çıkan ürünler için üyelik yaklaşımına göre bulanık kontrol şeması çizilebilmesi için her örnekleme ait ortalamalar, alt ve üst kontrol limitlerine ilişkin bilgileri içeren tablolar, ekler kısmında verilmiştir. Buna göre üyelik yaklaşımında bulanık mod kullanılarak bulanık kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.50, Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53 ve Şekil 4.54 elde edilmekte, bulanık medyan kullanıldığında ise Şekil 4.55, Şekil 4.56, Şekil 4.57, Şekil 4.58, ve Şekil 4.59 elde edilmektedir.



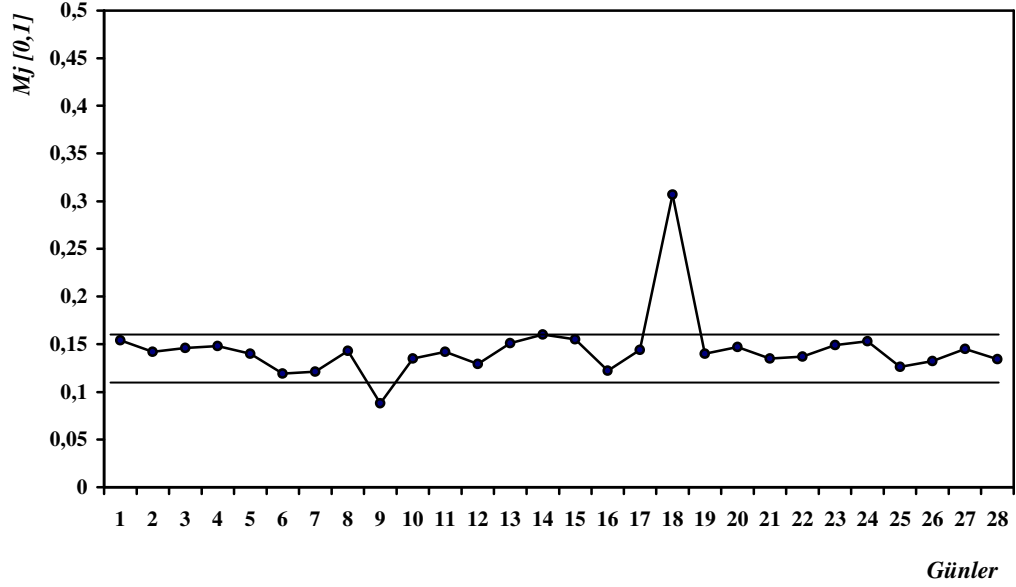
Şekil 4.50: Mart Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.50'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık mod kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 6., 7., 9., 12., 14., 15., 18., 25., 26., 28. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontroltedir.



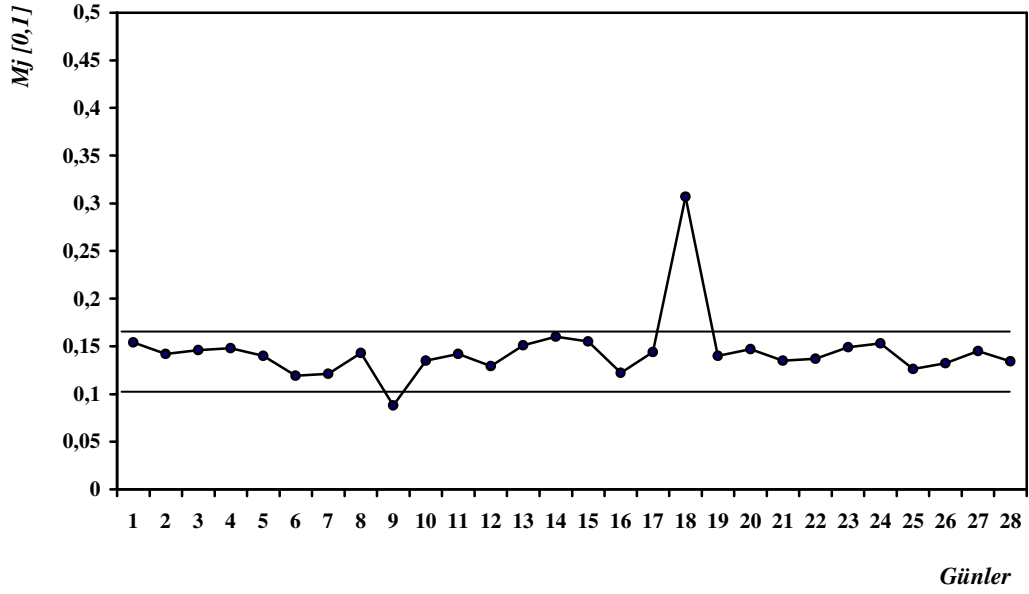
Şekil 4.51: Mart Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.51'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık mod kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 6., 9., 18. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolindedir.



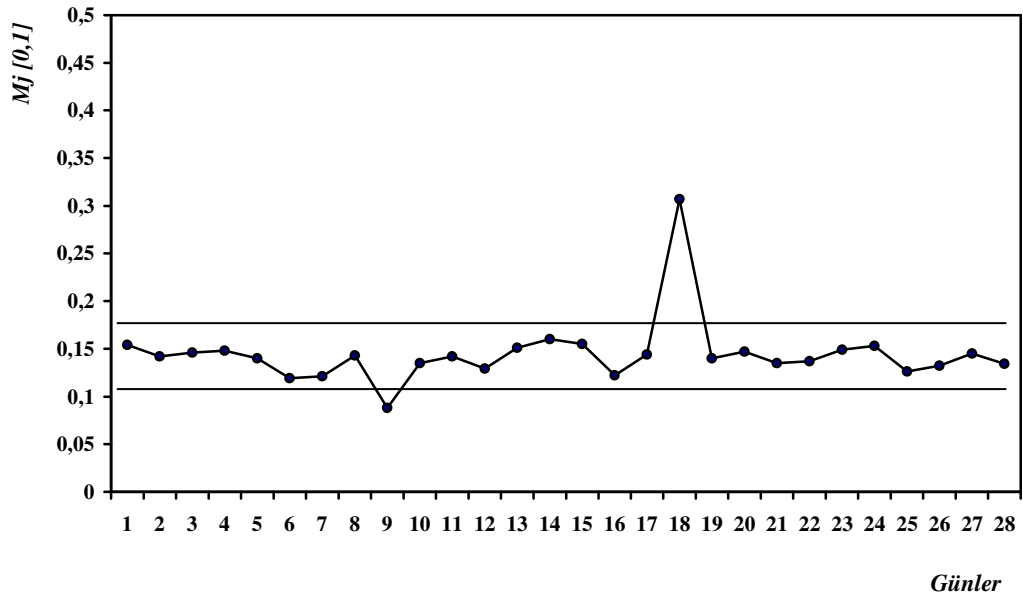
Şekil 4.52: Mart Ayı için 3. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.52'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık mod kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 9., 18. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolindedir.



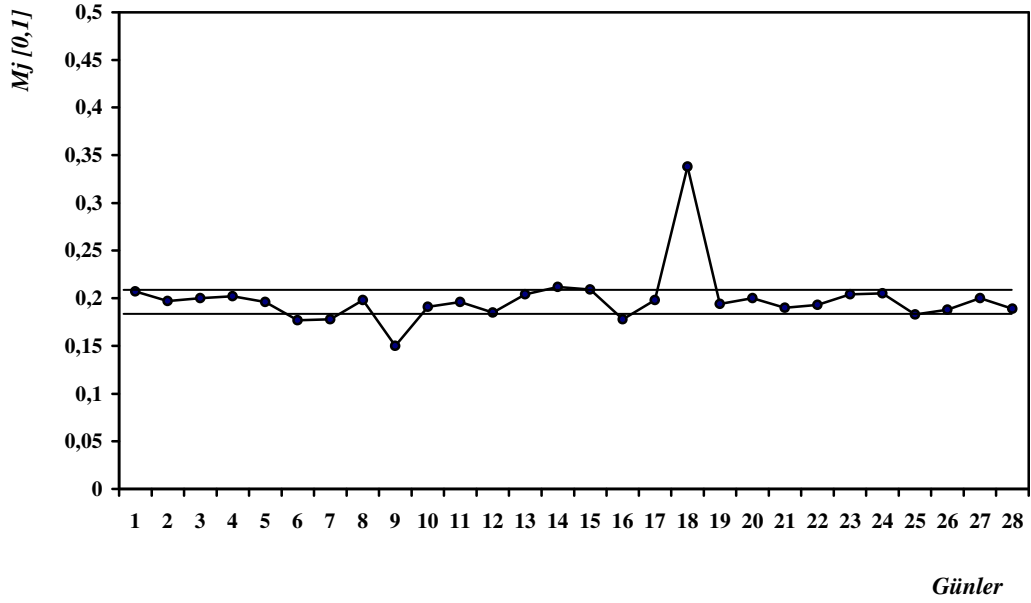
Şekil 4.53: Mart Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.53'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık mod kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 9. , 18. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



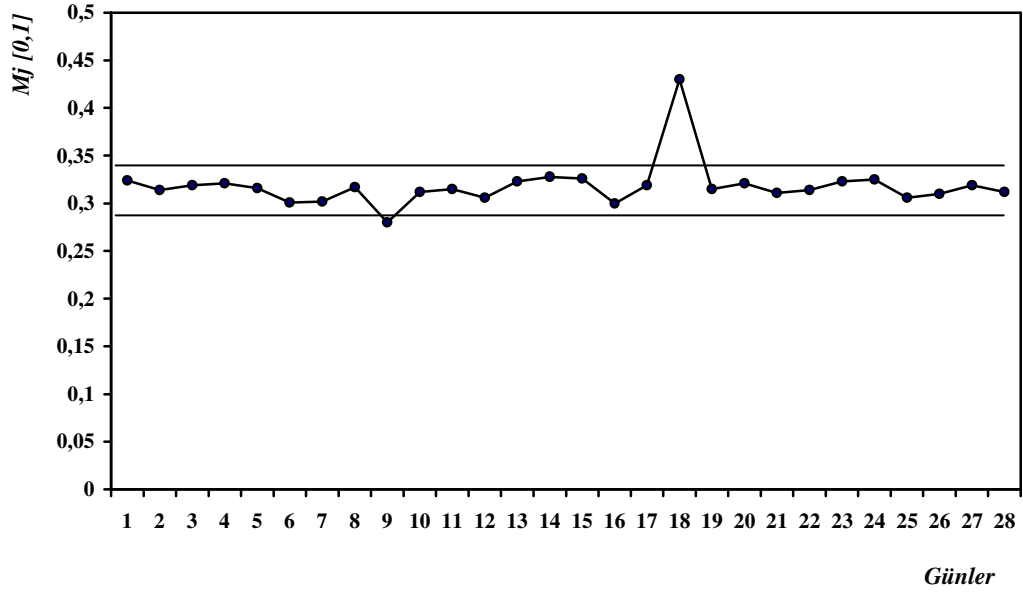
Şekil 4.54: Mart Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.54'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık mod kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 9. , 18. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



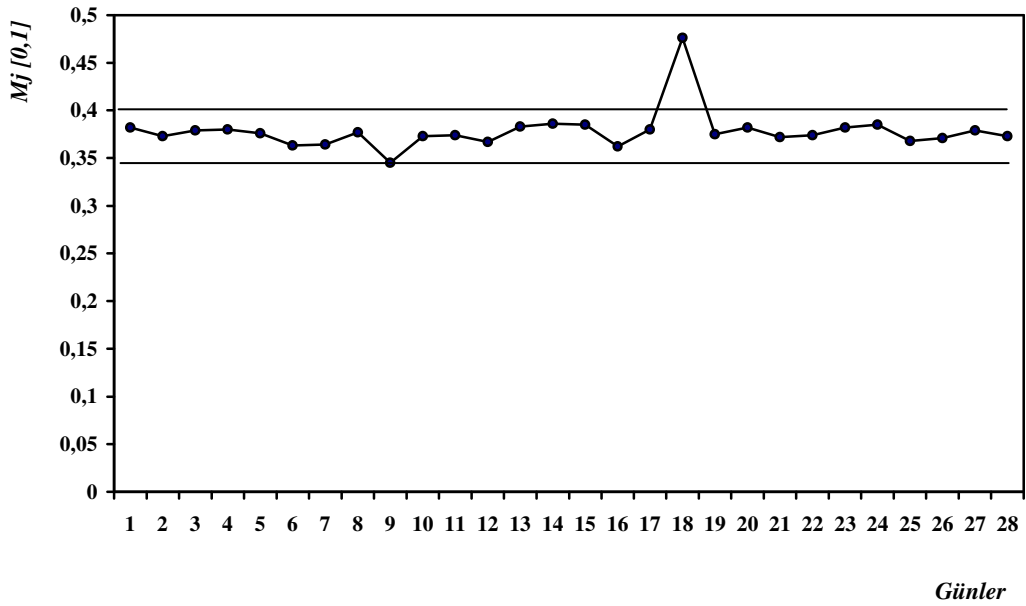
Şekil 4.55: Mart Ayı için 1.Küme ye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.55'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 6., 7., 9., 12., 14., 15., 16., 18., 25. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



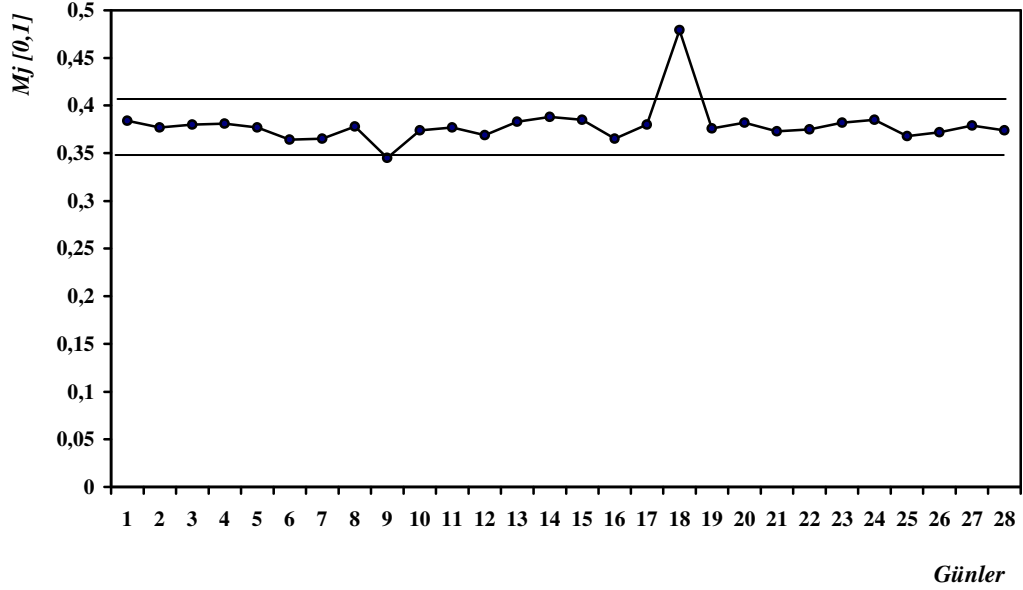
Şekil 4.56: Mart Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.56'ya bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 9., ve 18. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



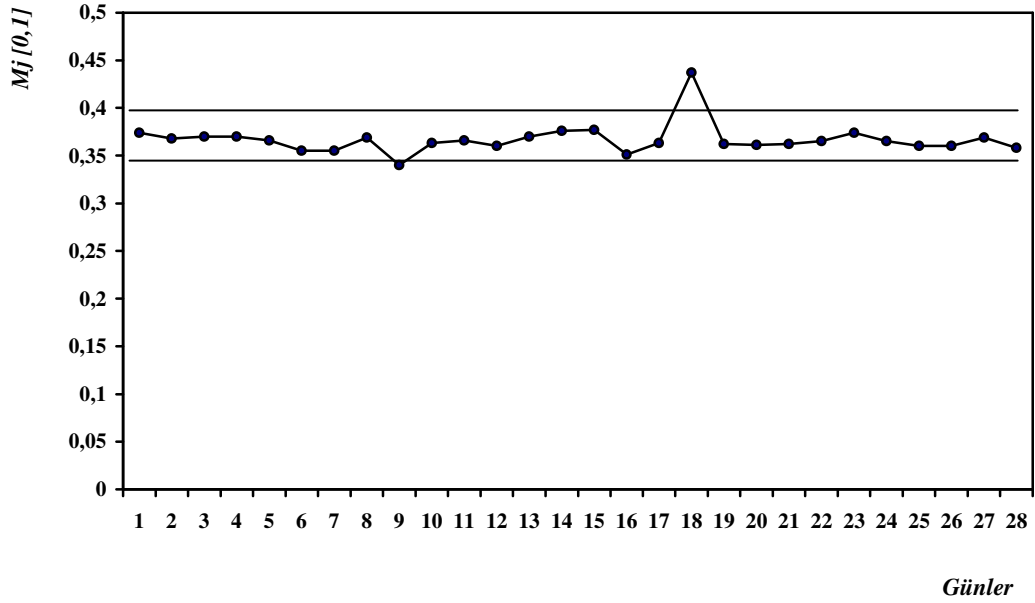
Şekil 4.57: Mart Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.57'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 9. ve 18. günde proses kontrol dışı olup, diğer tüm günlerde seleksiyon prosesi kontroldedir.



Şekil 4.58: Mart Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.58'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 9. ve 18. günde proses kontrol dışı olup, diğer tüm günlerde seleksiyon prosesi kontroldedir.

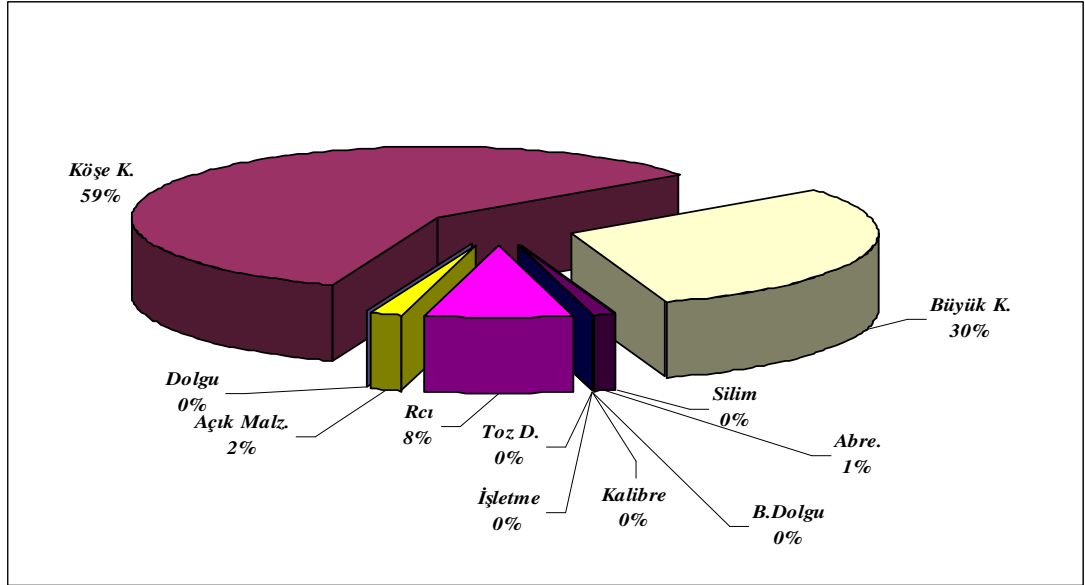


Şekil 4.59: Mart Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.59'a bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Mart ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 9. ve 18. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup diğer günlerde kontrolindedir.

4.9.1.4 Nisan ayı için seleksiyon prosesinin bulanık kalite kontrol şemaları ile değerlendirilmesi

Nisan ayı boyunca 45,7x45,7x1,2 ebatlı honlu dolgulu ürün için seleksiyon aşamasından alınan veriler Tablo 4.17'de adet bazında görülmektedir. Nisan ayında seleksiyondan 25 günlük veri alınmasının sebebi, işletmenin Nisan ayında genellikle farklı ebatlardaki ürünler ve ilgili işletmenin fasonlarından tedarik edilen ürünler üzerinde çalışmasıdır. Nisan ayında seleksiyon aşamasında ilgili ürün için karşılaşılan tüm hata nedenleri Şekil 4.60'da gösterilmektedir.



Şekil 4.60: Nisan Ayında Seleksiyondan Çıkan Ürünler için Hata Dağılımı

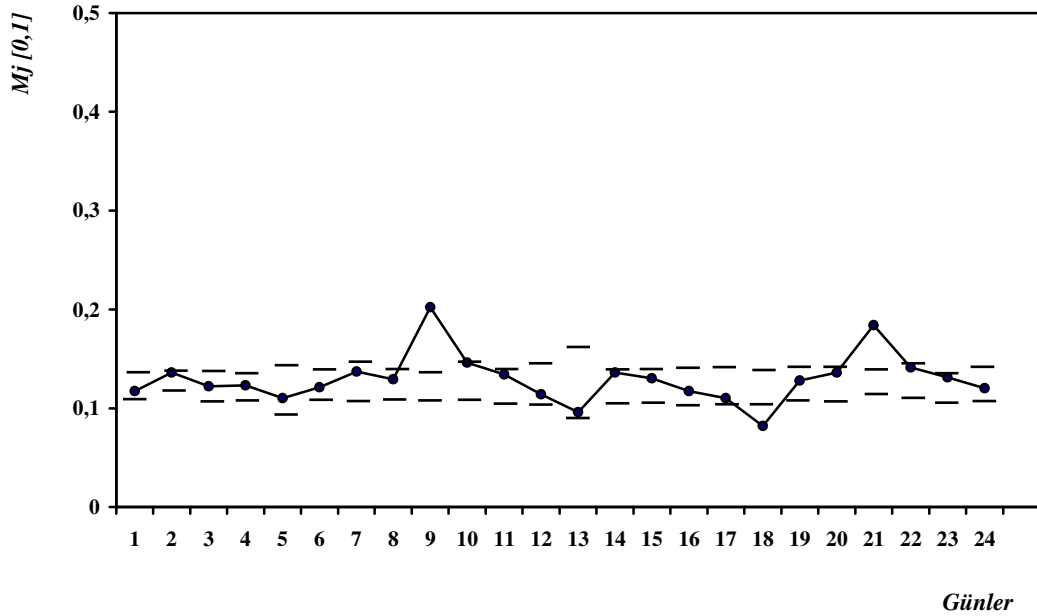
Şekil 4.60'da da görüldüğü gibi bazı hatalar yok denecek kadar azdır.

Tablo 4.17: Nisan Ayı için Seleksiyondan Alınan Veriler (adet olarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	Toplam
1	2600	0	7	313	118	3038
2	3380	0	56	478	171	4085
3	2644	0	73	300	121	3138
4	3623	0	0	478	165	4266
5	2596	0	0	294	110	3000
6	533	0	0	84	13	630
7	3137	0	13	450	171	3771
8	1600	0	0	150	130	1880
9	1484	0	0	390	107	1981
10	1661	0	0	300	72	2033
11	1429	0	0	172	99	1700
12	584	0	0	61	31	676
13	250	0	0	30	5	285
14	1500	0	0	200	93	1793
15	1260	0	12	174	60	1506
16	1500	0	0	200	55	1755
17	1451	0	0	125	90	1666
18	847	76	0	60	18	1001
19	3059	0	0	441	135	3635
20	3201	0	105	250	283	3839
21	2645	0	100	511	203	3459
22	3608	0	92	419	255	4374
23	2631	0	0	443	82	3156
24	3468	0	0	402	185	4055

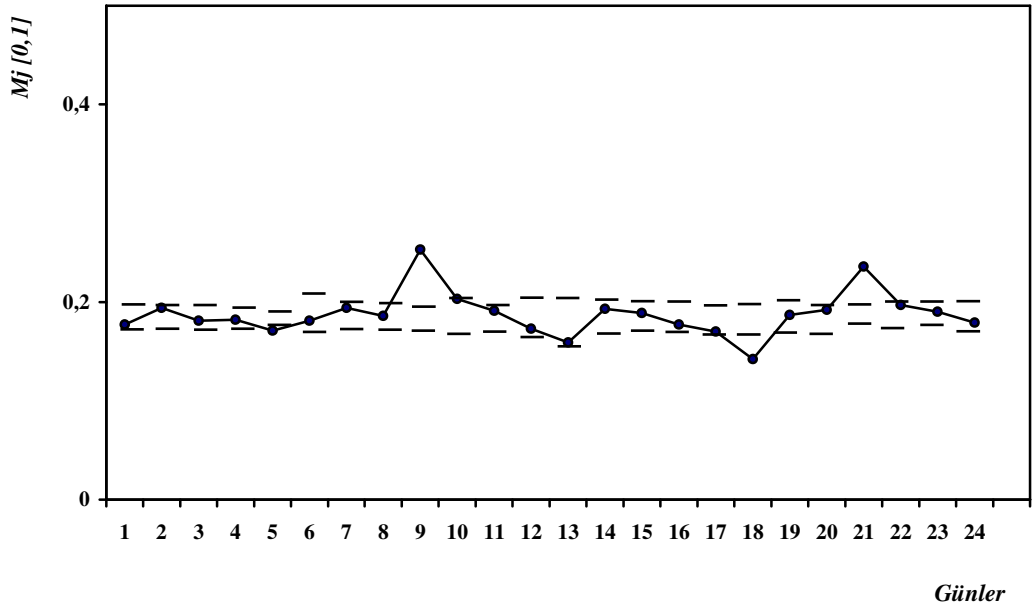
Olasılıkçı Yaklaşımına Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemalarının Oluşturulması

Nisan ayı boyunca seleksiyon prosesinden çıkan ürünler için bulanık kontrol şeması çizilebilmesi için her örnekleme ait ortalamalara, alt ve üst kontrol limitlerine ihtiyaç vardır. Bu hesaplamalara ait tablolar, ekler kısmında verilmiştir. Buna göre olasılıkçı yaklaşımda bulanık mod kullanılarak bulanık kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.61 elde edilmekte, bulanık medyan kullanıldığında ise Şekil 4.62, Şekil 4.63, Şekil 4.64, Şekil 4.65 ve Şekil 4.66 elde edilmektedir.



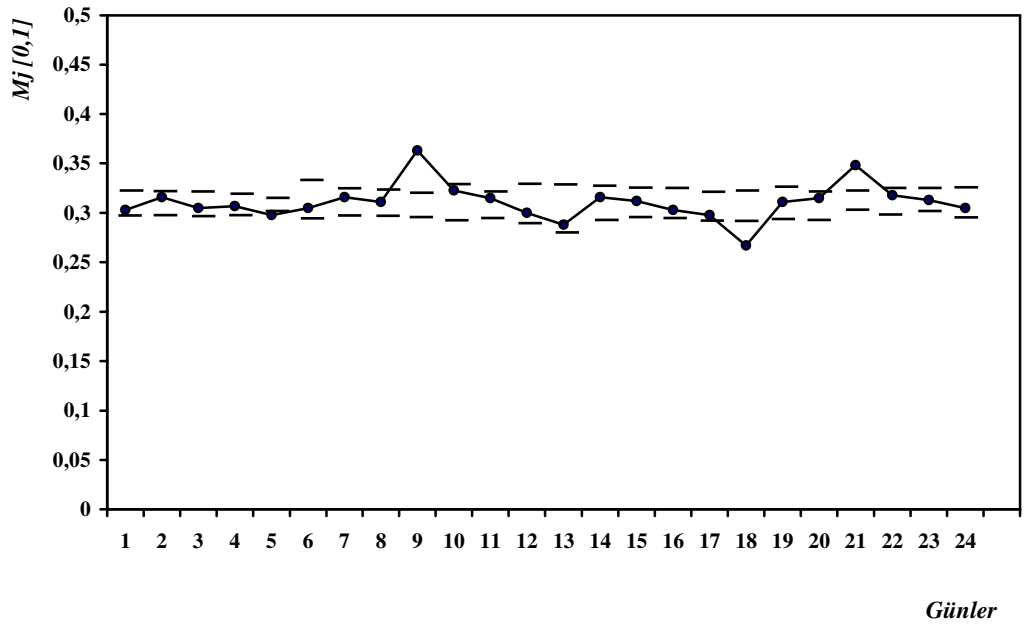
Şekil 4.61: Nisan Ayı için 1.küme, 2. Küme, 3.küme, 4.küme ve 5. Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.61'e bakıldığında Nisan ayında sadece 5., 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde.



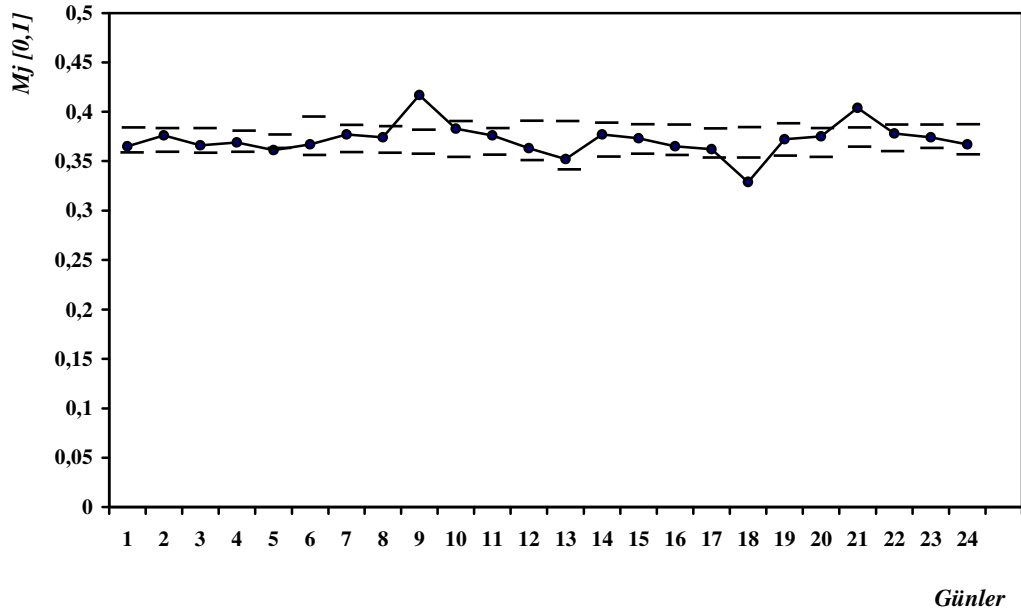
Şekil 4.62: Nisan Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.62'ye bakıldığında Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 5., 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



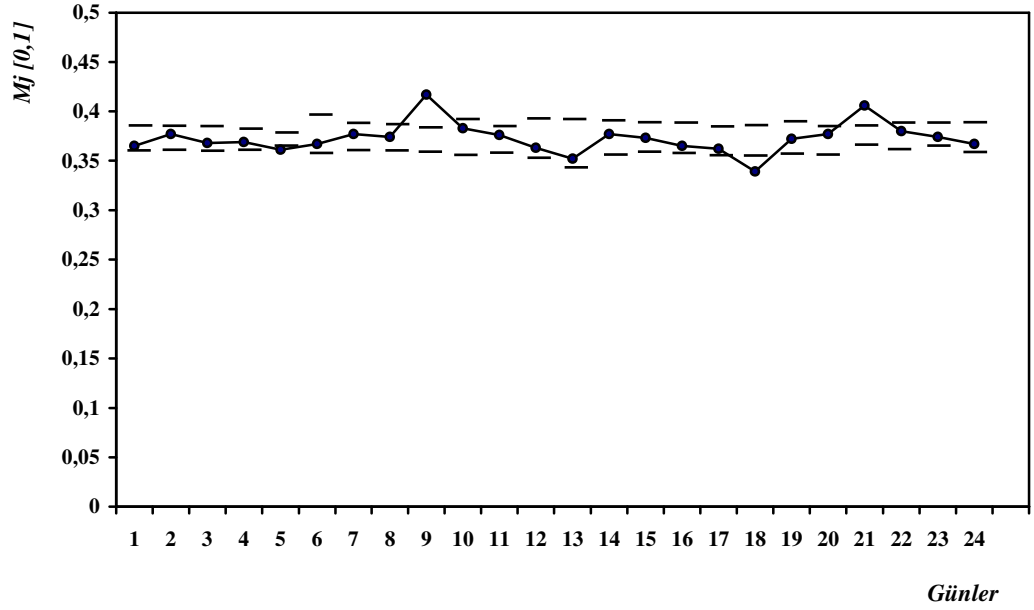
Şekil 4.63: Nisan Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.63'e bakıldığında Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında, 2. kümeye göre sadece 5., 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontroldeedir.



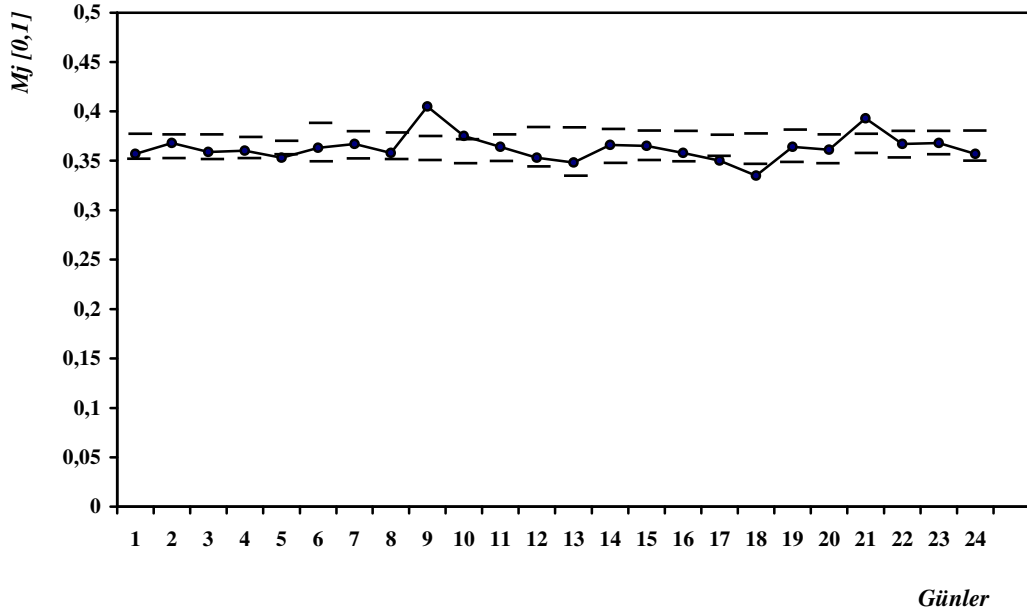
Şekil 4.64: Nisan Ayı için 3.Kümeğe Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.64'e bakıldığında Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 5., 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontroldeedir.



Şekil 4.65: Nisan Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.65'e bakıldığında Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 5., 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde.

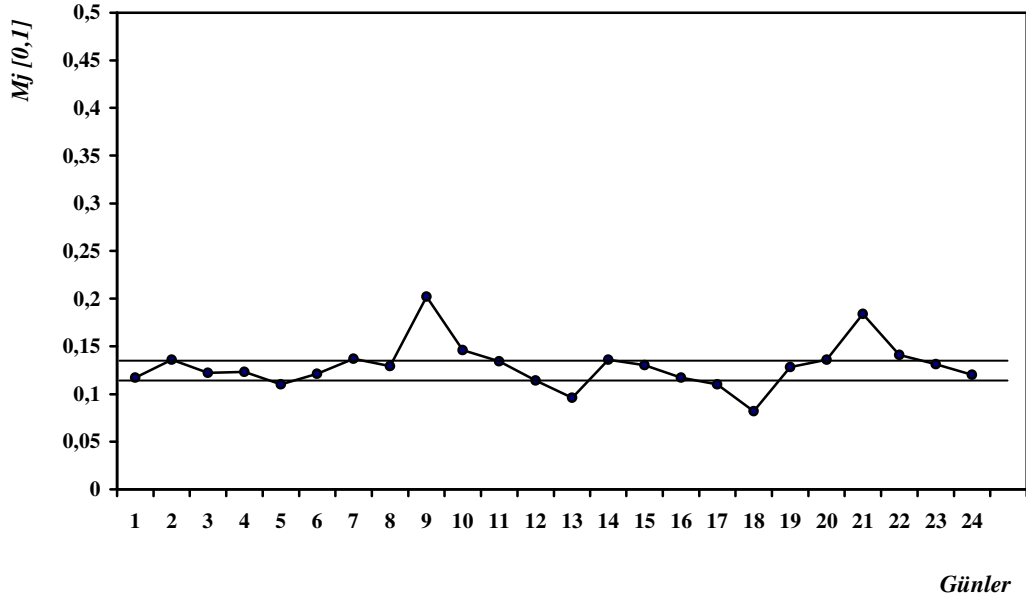


Şekil 4.66: Nisan Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.66'ya bakıldığında Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 5., 9., 10., 17., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.

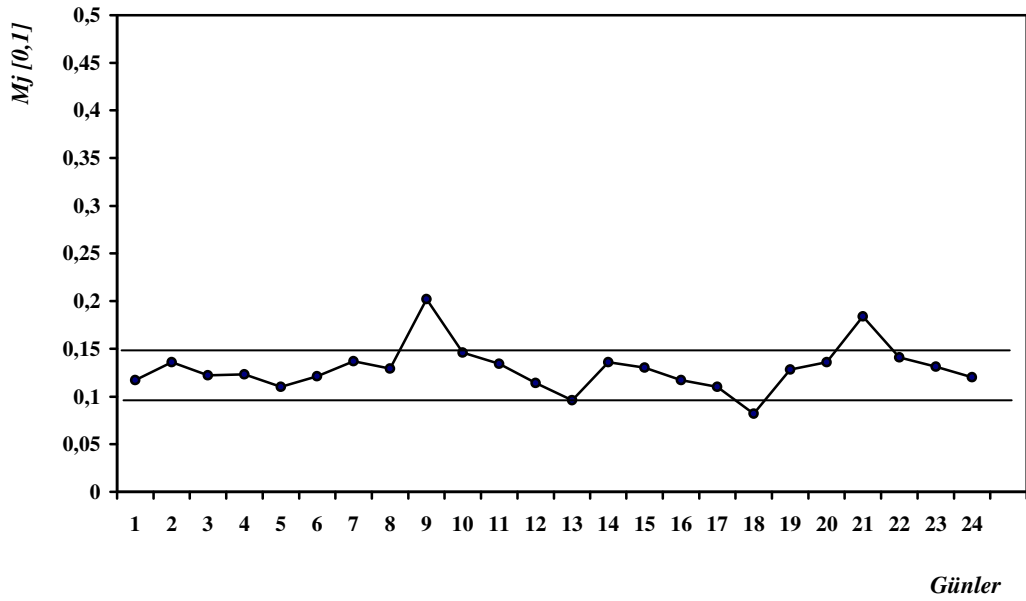
Üyelik Yaklaşımına Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları

Nisan ayı boyunca seleksiyon prosesinden çıkan ürünler için üyelik yaklaşımına göre bulanık kontrol şeması çizilebilmesi için her örnekleme ait ortalamalar, alt ve üst kontrol limitlerine ilişkin bilgileri içeren tablolar, ekler kısmında verilmiştir. Buna göre üyelik yaklaşımında bulanık mod kullanılarak bulanık kontrol şemaları çizildiğinde Şekil 4.67, Şekil 4.68, Şekil 4.69, Şekil 4.70 ve Şekil 4.71 elde edilmekte, bulanık medyan kullanıldığında ise, Şekil 4.72, Şekil 4.73, Şekil 4.74, Şekil 4.75 ve Şekil 4.76 elde edilmektedir.



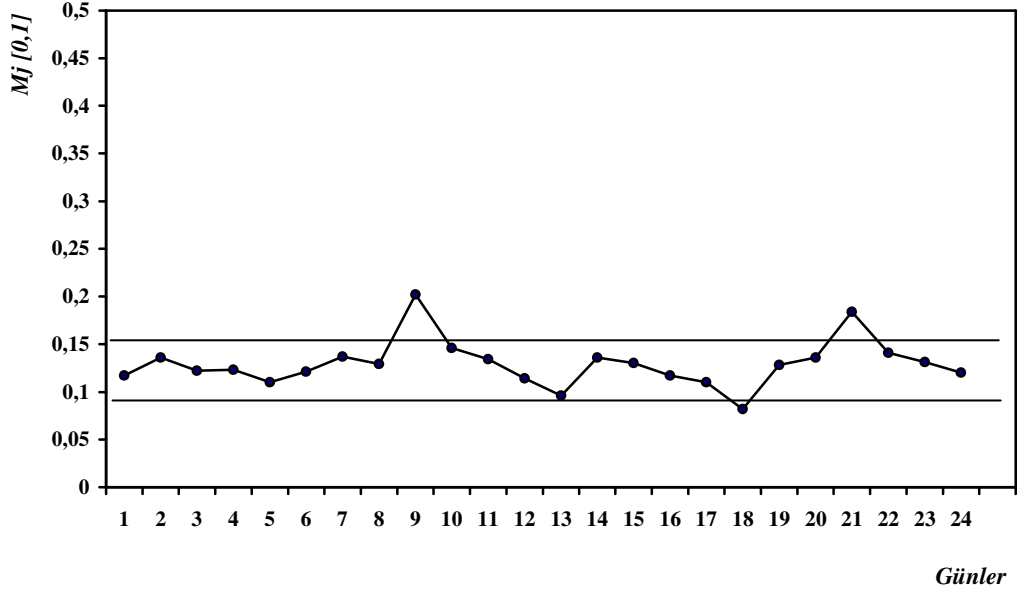
Şekil 4.67: Nisan Ayı için 1.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.67'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık mod kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 1., 5., 9., 10., 12., 13., 16., 17., 18., 21., 22. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



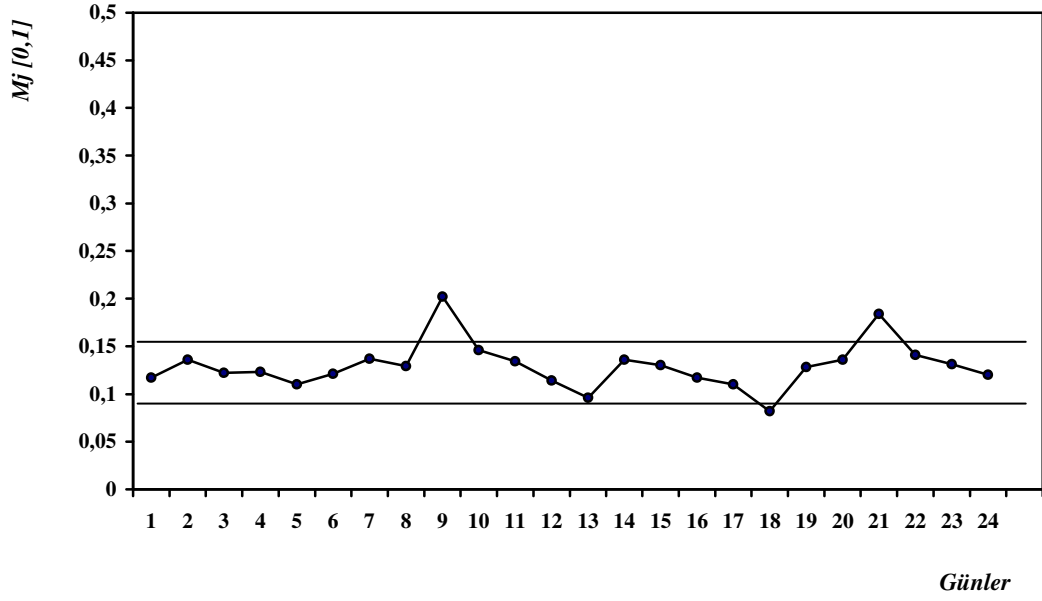
Şekil 4.68: Nisan Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.68'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık mod kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 9., 13., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolindedir.



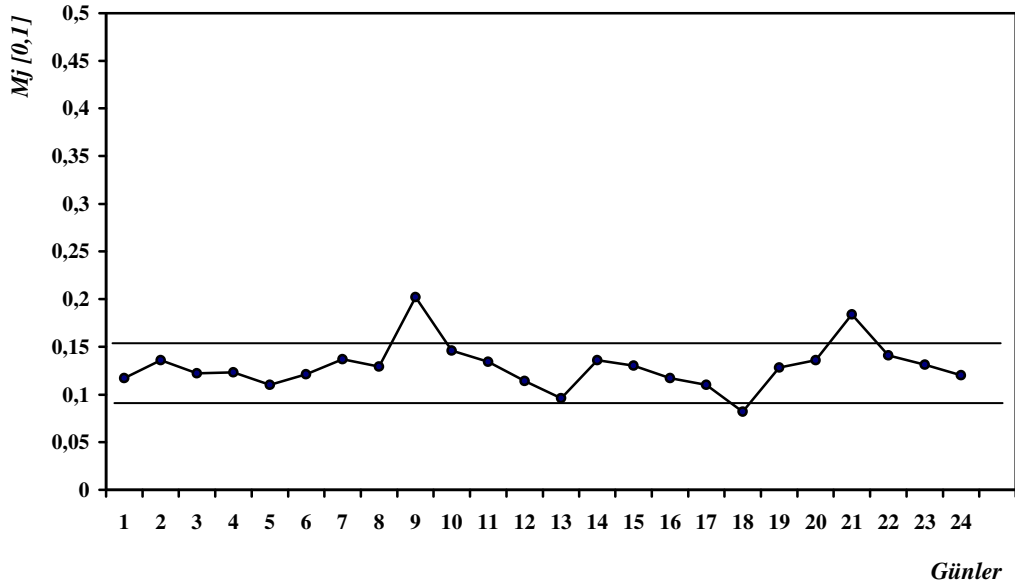
Şekil 4.69: Nisan Ayı için 3.Kümeyle Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.69'a bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık mod kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolindedir.



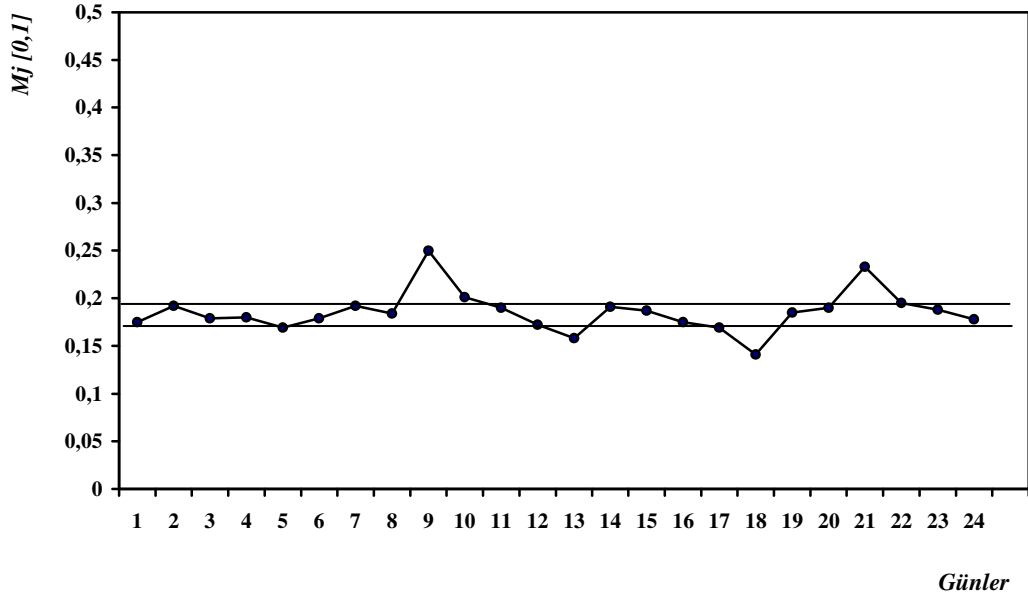
Şekil 4.70: Nisan Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.70'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık mod kullanıldığında 4. kümeye göre sadece 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



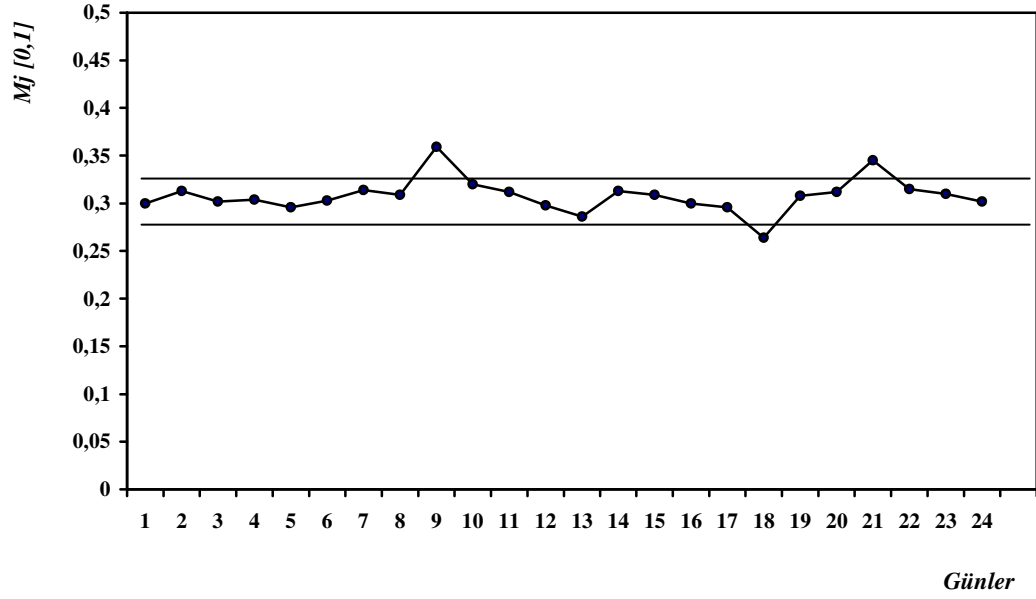
Şekil 4.71: Nisan Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Mod ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.71'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık mod kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 9., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



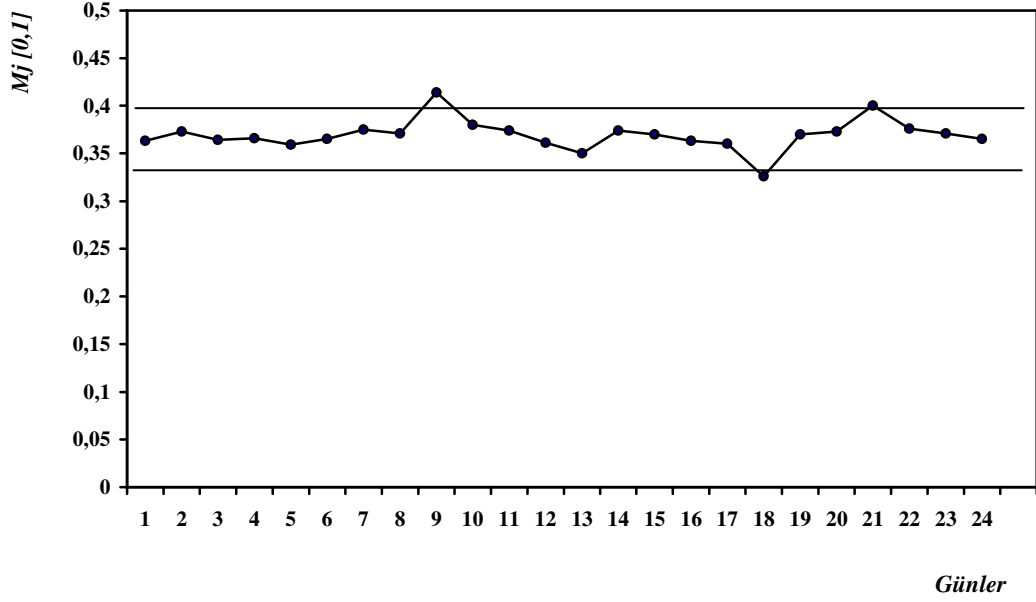
Şekil 4.72: Nisan Ayı için 1.Küme ye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.72'ye bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 1. kümeye göre sadece 5., 9., 10., 13., 17., 18., 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



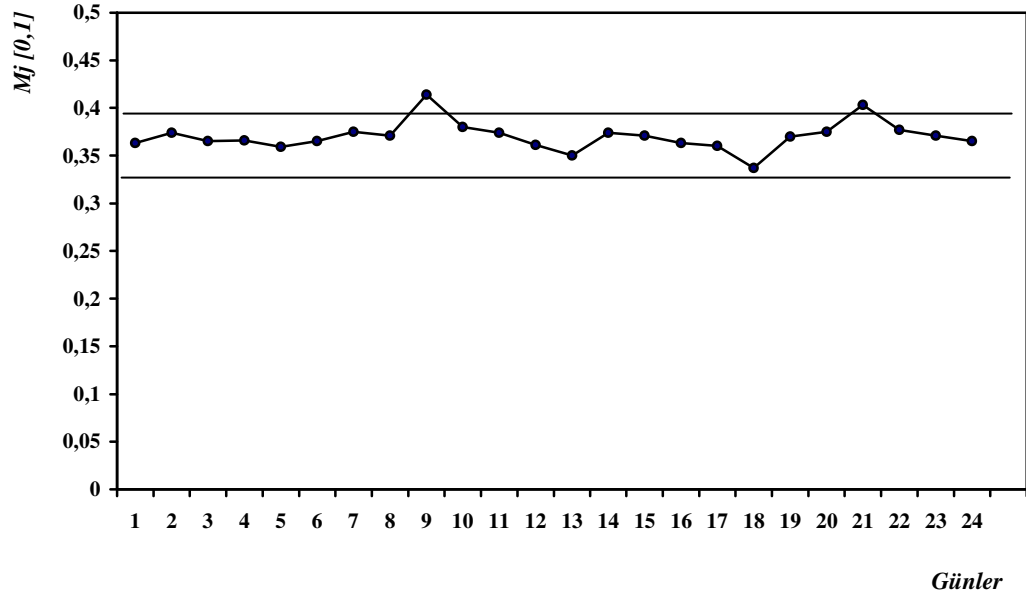
Şekil 4.73: Nisan Ayı için 2.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.73'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 2. kümeye göre sadece 9., 18., ve 21. günlerde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup, diğer günlerde kontrolde dir.



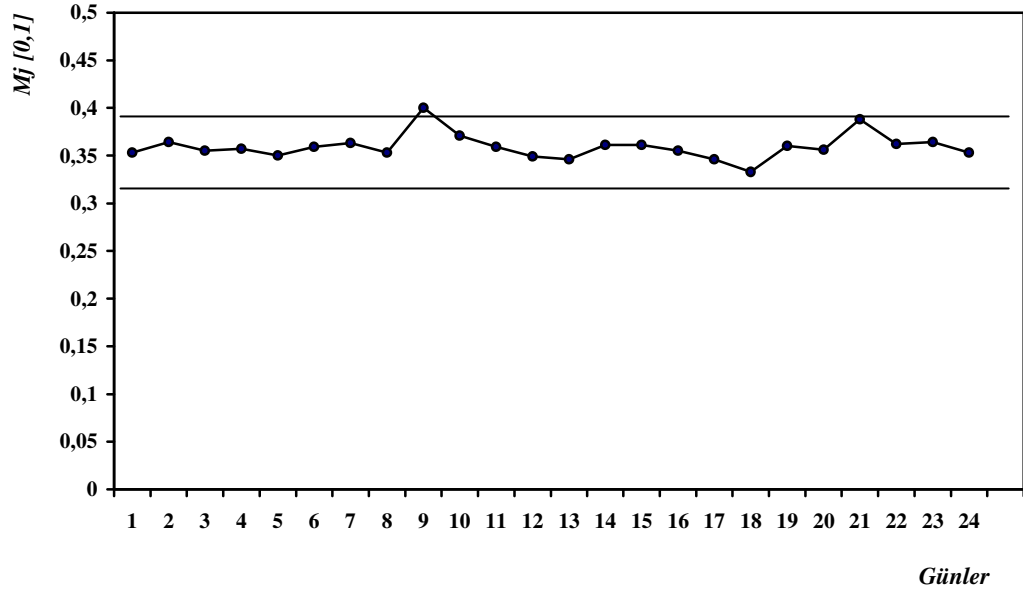
Şekil 4.74: Nisan Ayı için 3.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.74'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 3. kümeye göre sadece 9. ve 18. günlerde proses kontrol dışı olup, diğer tüm günlerde seleksiyon prosesi kontrolde.



Şekil 4.75: Nisan Ayı için 4.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.75'e bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 4. kümeye göre 9. ve 21. günlerde proses kontrol dışı olup, diğer tüm günlerde seleksiyon prosesi kontrolindedir.



Şekil 4.76: Nisan Ayı için 5.Kümeye Göre Bulanık Kalite Kontrol Şemaları (Bulanık Medyan ($M_j [0,1]$) kullanılarak)

Şekil 4.76'ya bakıldığında üyelik yaklaşımına göre Nisan ayında bulanık medyan kullanıldığında 5. kümeye göre sadece 9. günde seleksiyon prosesi kontrol dışı olup diğer günlerde kontrolde.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde işletme faaliyetlerinin karmaşık bir durum göstermesiyle birlikte, işletme yönetiminde isabetli bir karar vermenin önemi artmış olup, kullanılan matematiksel yöntemlerden biri olan istatistiksel kalite kontrolün önemi artmıştır.

İstatistiksel kalite kontrolünde kontrol altındaki kalite özelliğinin (değişkenin) kusurunun boyutu ve ifade ediliş şekli, uygulanacak yöntem açısından önemlidir. Eğer birden fazla kalite özelliğinin aynı zamanda kontrol altında olması isteniyorsa, kontrol edilecek değişken veya hata, çok boyutlu yapıya sahip olmalıdır. Kalitenin bir kalite özelliği tarafından belirlenmesinde, değişken ya da hata tek boyutlu olacaktır. Kontrol şemalarında kullanılan kalite özelliğini gösteren istatistikler, genelde tek boyutludur. İşte kontrol şemalarındaki bu kısıtlayıcı durumu ortadan kaldırmak ve kalitenin doğasında bulunan belirsizliği daha rahat modelleyebilmek için kalite kontrol ile bulanık mantık birleştirilerek bulanık kalite kontrol şemaları oluşturulmuştur. Kalite kavramının tanımında olduğu gibi kaliteye “amaca uygunluk derecesi” olarak yaklaşmış ve bu doğrultuda ilgili prosesten çıkan ürünlerin kalitesi, günlük dilde kullanılan ifadelerle değerlendirilmiştir. Klasik kontrol şemalarındaki ikili sınıflamanın tersine, ürün kalitesini tanımlamada kullanılan birçok ara seviyelerden yararlanılmıştır. Bu ara seviyeler ise, daha önce de belirtildiği gibi bulanık mantık yardımı ile dilsel terimler biçiminde ifade edilmiştir. Bu dilsel terimlerle oluşturulan kontrol şemaları ile sisteme, “uygun” veya “uygunsuz” gibi iki yargıdan daha çok bilgi verilmiştir.

Dilsel değişkenlerin seçiminde deneyimlerin ve mühendislik bilgisinin önemli bir rolü vardır. Özellikle dilsel değişkenlerin seçiminin, bulanık mantık denetiminin dilsel yapısı üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Bu çalışmada işletme yetkilileri ile görüşülüp kontrol şemalarının prosesi iyileştirici etkisi göz önüne alınarak, işletme için problem teşkil eden hata nedenlerine paralel dilsel değişkenler dikkate alınmıştır. Burada kullanılan dilsel değişkenlerin sayısının artırılması veya azaltılması kontrol şemalarının performansını etkileyecektir.

Bulanık mantık uygulamalarında mutlaka üyelik fonksiyonlarının, uzman deneyimlerine dayanılarak tanımlanması gerekmektedir. Üyelik fonksiyonlarını ve

bulanık mantık kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir. Üyelik fonksiyonlarının değişkenlerinin belirlenmesinde, kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme tekniği yoktur. En uygun yöntem deneme yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilmektedir. Uzun testler yapmadan gerçekten ne kadar üyelik fonksiyonu gerektirdiğini önceden kestirmek çok güçtür. Üyelik fonksiyonlarının sayısı, tasarımcının seçimi ve sistem davranışlarına bağlıdır. Bu nedenle, dilsel verilerle kontrol şemasını oluşturmanın temel güçlüğü, dilsel terimlerle ilgili uygun üyelik fonksiyonu seçimidir. Dilsel terimler ile üyelik fonksiyonlarının bulanıklık derecesi, kontrol şemalarının oluşturulmasında belirleyici bir değişkendir. Hesaplama kolaylığı bakımından doğrusal üyelik fonksiyonlarının kullanımı önerilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, üyelik fonksiyonu seçiminin önemini vurgulamak amacıyla daha önce de belirtildiği gibi farklı şekillerde üçgensel 5 üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Bunlar arasında 4. üyelik fonksiyonu kümesi, ilgili işletmenin değerlendirmeye alınan proses yapısına daha uygun olmaktadır. 2006 yılının ilk dört ayında, prosesin kontrolde olup olmadığını incelemek için tanımlanan bu 5 farklı üyelik fonksiyonları kümelerine göre oluşturulan kontrol şemalarından elde edilen sonuçlar, 4. üyelik fonksiyonu kümesi için diğerlerine göre en iyi sonucu vermiştir.

Bulanık kontrol şemalarını oluştururken “olasılıkçı yaklaşım” ve “üyelik yaklaşımı” adı verilen iki yaklaşım kullanılmıştır. Her iki yaklaşım ile ilgili hesaplamalarda bulanık aritmetikten yararlanılmıştır. Bu yaklaşımlarda ilgili bulanık alt kümeyi temsil eden tek sayısal değer başka bir deyişle temsilci değer elde edebilmek için merkezi eğilim ölçülerinden mod ve medyanın bulanık mantığa uyarlanmış biçimleri olan bulanık mod ve bulanık medyan dönüştürücüleri kullanılmıştır. İşte yaklaşımlar arasındaki farklılık ile birlikte, kullanılan bu dönüştürme yöntemleri arasındaki farklılığı da ortaya çıkarmak için farklı şekillere sahip 5 üyelik fonksiyonundan yararlanılmıştır.

Olasılıkçı yaklaşım uygulandığında ve temsilci değer olarak bulanık mod kullanıldığında üyelik fonksiyonunun şeklinin bulanık alt küme üzerindeki değerinin etkisi olmadığı görülmektedir. Başka bir deyişle ilgili proses için incelenen aylarda

olasılıkçı yaklaşıma göre bulanık mod kullanılarak oluşturulan tüm kontrol şemaları, tanımlanan üyelik fonksiyonları arasında fark gözetmeden aynı sonucu vermiştir. Ama bu durum, dönüştürme yöntemi olarak bulanık medyan kullanıldığında farklı olmaktadır. Başka bir deyişle bulanık medyan kullanıldığında, üyelik fonksiyonunun şekli değiştiğinde bulanık alt kümenin temsilci değeri değişmektedir. Olasılıkçı yaklaşıma göre oluşturulan bulanık kontrol şemaları, bulanık mod ve bulanık medyan kullanıldığında farklılık göstermektedir. Bu kontrol şemaları arasında 4. kümeye göre oluşturulan kontrol şeması diğerlerine göre daha iyi performans vermektedir.

Üyelik yaklaşımında üyelik fonksiyonları, olasılıkçı yaklaşıma göre daha etkili rol oynamıştır. Bulanıklık, üyelik yaklaşımında daha yoğun hissedilmektedir. Bu yaklaşımda da diğer yaklaşımda olduğu gibi bulanık medyan dönüşümlerini kullanarak elde edilen sonuçlar, bulanık mod dönüşümlerini kullanarak elde edilen sonuçlardan daha iyidir. Bu yaklaşımda kontrol limitlerinin yerini belirlemede kullanılan k çarpanı, kontrol şemalarının performansını etkileyen bir değişkendir. Standart kontrol şemalarında olduğu gibi bu çarpan için küçük(büyük) değerler örneklem dalgalanmalarındaki duyarlılığı artırır(azaltır).

Genel olarak, bulanık küme teorisinin temelini oluşturan dilsel değişkenler ve üyelik fonksiyonları kavramları kullanılarak kontrol şeması oluşturulmuştur. Burada kontrol şemaları, klasik p şemalarına oranla daha iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü p şemasındaki “uygun-uygunsuz” şeklindeki ikili sınıflamanın ötesine geçilerek ara seviyeler kullanılmıştır. Bu nedenle oluşturulan bu bulanık kontrol şemalarının kalite güvence programlarındaki pratik uygulamalarında, proses kontrolün duyarlılığın arttıracağı ve daha iyi ürün kalitesine neden olacağı açıktır.

Bu bağlamda ilgili işletmede, ürettiği ürünlerin işletme içindeki kontrollerinde ve müşteriler için kalitesini sınıflandırmasında, günlük konuşma dilinde kullanılan dilsel değişkenleri kullanarak denetim sağlanmalıdır. Böylelikle var olan sistem içinde, klasik yöntemlerdeki dar sınıflama mantığından kurtularak istenen esneklik sağlanmaktadır. Bunun yanında bu çalışmada değerlendirmeye alınan ve henüz gelişmekte olan bir endüstri kolu olan Taş ve Toprağa Dayalı Sanayi, günümüzün karmaşık sistemi içinde ayakta kalabilmek için modern üretim

teknolojisine yani üretim, bilgisayar teknolojisi, yönetim, pazarlama ve kontrol sistemleri gibi farklı bilgi dallarının uygulamalarından yararlanmaya izin vermelidir. Bunun için işletmeler, yapay zeka tekniklerini veya yapay zeka kombinasyonlarını işletmelerine uyarlamalıdır. Ayrıca ilgili işletmenin ilgili prosesinde dikkate alınacak büyüklükteki hataların nedenleri araştırılmalıdır. Bu hataların nedenleri ilgili proseste bulunmazsa mutlaka daha önceki proseslere dönülerek hata nedeninin kaynağına inilip ortadan kaldırılmalı veya proses için düzeltici tedbirler alınmalıdır. Böylelikle işletme içindeki ürün kalitesi artırılır ve maliyetlerde azalış sağlanır. Ayrıca kaliteyi oluşturmak için kontrollerin devamlılığı söz konusudur. Bu devamlılığın sağlanması için periyodik olarak işletme içindeki kısımları tek tek veya bir bütün olarak kalite gözden geçirilmelidir. Bu denetimler sayesinde eksiklikler giderilmeli, hatalar veya hataların oluşması önlenmelidir. Dolayısıyla önlenen her problemle birlikte maliyet azaltılmalı veya maliyetin artması önlenmelidir.

Tüm bu çalışmalardan sonucunda Taş ve Toprağa dayalı sanayinin en önemli kolu olan mermercilik faaliyetleri daha verimli hale getirilmelidir. Günümüz dünyasında rekabetin artan baskısı ile başa çıkabilmek ve rakiplere karşı ayakta durabilmek için ürün geliştirmeleri sağlanmalı, bunun için de yeni Araştırma-Geliştirme departmanlarına yer verilmelidir. Gerektiği zaman üniversite ve sanayi işbirliği kolaylıkla sağlanabilmelidir. Bunun yanında mermercilik faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atıklar da çevre kirliliği problemini beraberinde getirmektedir. Gerekli arıtma sistemlerini kurmayan mevcut işletmelerin çoğu, çevreyi kirletici atıklar üretmektedir. İleride yalnız ürünlerin değil, üretimin de çevreye uyumlu olması ağırlık kazanacaktır. Bu bağlamda çevreye ve insana zarar vermeyecek teknolojilerin araştırılarak alt yapının oluşturulması söz konusu olmalıdır. Ayrıca çalışanların motivasyonuna, işgücü eğitimi ve sermaye yatırımlarına önem verilmelidir. Teknolojiye uyum sağlayabilen ve modern yönetim bilimi uygulamalarına yatkın yöneticiler yetiştirilmelidir.

KAYNAKÇA

- “İstatistiki Proses Kontrol”, http://www.yazilimvadisi.com/?pg=urun_qpro, Son Erişim:20.12.2005
- “İstatistiksel Proses Kontrol II”,
<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=30>,
Son Erişim Tarihi:20.12.2005
- Akcayol, M. A. (2004). Bulanık Mantık Denetimli Katodik Koruma Devresi Tasarımı, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(1), s.111-127.
- Anderson vd, (1996). *Statistics for Business and Economics*, West Publishing Company.
- Atacak, İ., Bay, Ö.F. (2004). Bulanık Mantık Denetimli Seri Aktif Güç Filtresi Kullanarak Harmonik Gerilimlerin Bastırılması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt:19, No:2, s.205-215.
- Atin, M. H. (1999). *Bulanık Lineer Programlama* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baskan Ş. (1997). *İstatistiksel Kalite Kontrol*, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Baray, A. (1993). Bulanık Kümeler Kuramı ve İşletme Uygulamaları, *İ.Ü.İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt:22, Sayı:2, s.91-104.
- Baykal N., Beyan T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*, Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Baykal N., Beyan T. (2004). *Bulanık Mantık, Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*, Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Berenson M.L., Levine D.M. (1999). *Basic Business Statistics*, New Jersey: Prentice Hall.
- Bojadziev G., Bojadziev M. (1991). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications*, London: World Scientific.
- Buckley, J. J. (2003). *Fuzzy Probabilities, New Approach and Applications*, New York: Physica-Verlag.
- Caner, M. vd, (2004). Bulanık Mantık Tabanlı Uyarım Kontrolü, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* (1), s.17-22.
- Chih, W.H., Rollier, D. A. (1995). A Methodology of Pattern Recognition Schemes for Two Variable in SPC, *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol: 12, No: 3, pp.86-107.
- Çelik, S. H. (2000). *Bulanık Rasgele Doğrusal Programlama* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demir H., Gümüšoğlu Ş. (2003). *Üretim Yönetimi*, İstanbul: Beta Yayınları.
- Doğan, Ö.İ. (2000). Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 1.

- Elmas Ç. (2003). *Bulanık Mantık Denetleyiciler*, Ankara: Seçkin Kitabevi.
- El-Shal, S.H., Morris, A.S. (1999). A Fuzzy Rule-Based Algorithm to Improve the Performance of SPC in Quality Systems, *IEEE*, pp.284-289.
- Ertuğrul, İ. (1996). *Bulanık Mantık ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Ertuğrul, İ. (2001). *İşletmelerde Kalite Kontrolü ve İstatistiksel Kalite Kontrol Değerlendirmesiyle Bir Tekstil İşletmesine Uygulama Örneği* (Basılmamış Doktora Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Ertuğrul, İ. (2004). *Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri*, Bursa: Ekin Kitabevi.
- Ertuğrul, İ. (2005). *Temel Matematik*, Bursa: Ekin Kitabevi.
- Ertuğrul, İ. vd, (2005). Ürün Kalitesini Değerlendirmede Bulanık Kalite Kontrol Şemalarının Kullanımı ve Bir Uygulama, *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 25. Ulusal Kongre Bildirisi*, İstanbul.
- Gencil, U. (2001). Yükseköğretim Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi ve Akreditasyon, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:3, Sayı:3, s.164-218.
- Grauel, A. vd, (1997). Comparison of Different Intelligent Methods for Process and Quality Monitoring, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol:16, p.89-117.
- Guiffrida, A.L., Nagi R. (1998). Fuzzy Set Theory Application in Production Management Research: a Literature Survey, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 9(1), pp.39-56.
- Gülbay, M. vd, (2004). Alfa Cut Fuzzy Control Charts for Linguistic Data, *International Journal of Intelligent Systems*, Vol:19, p.1173-1195.
- Gümüšoğlu Ş. (2000). *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları*, İstanbul: Beta Basım Yayın.
- Hassan, A. vd, (2000). Issues In Quality Engineering Research, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol:17, No: 8, pp.858-875.
- Halis M.(2004). *Toplam Kalite Yönetimi:Kapsam, İlkeler ve Uygulamalar*, Ankara: Roma Yayınları.
- Halis M. (2004). *Toplam Kalite Yönetimi, ISO-9000:2000, Kalite Yönetim Sistemi*, Ankara: Roma Yayınları.
- Hsuo, H.M., Chen, Y.W. (2001). A Fuzzy Reasoning Based Diagnosis System for \bar{x} Control Charts, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol:12, p.57-64.
- Kahraman, C. vd, (1995). Using Triangular Fuzzy Numbers in the Test of Control Charts for Unnatural Patterns, *IEEE*, pp.291-298.
- Kanagawa, A. vd, (1993). Control Charts for Process Average and Variability Based on Linguistic Data, *International Journal of Production Research*, Vol:31, No:4, p.913-922

- Kandel A. (1986). *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*, Boston,MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Karaboğa D. (2004). *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları*, İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım.
- Kaya, İ., Engin, O. (2004). Genetik Algoritmalar Yardımı ile Kusurlu Oranı Kontrol Diyagramlarında Örnek Hacim Belirlenmesinde Uygun Mutasyon Yönteminin ve Oranın Seçilmesi, *IV. Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Konya.
- Kaya, İ., Engin, O. (2004). Proses Kontrol Diyagramları Kullanımında Örnek Hacmi Belirleme Probleminin Genetik Algoritma ile Çözümünde Uygun Çaprazlama Yöntemi ve Oranın Belirlenmesi, *IV. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Konya.
- Kaya, İ. vd, (2004). Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Zeki Sistem Yaklaşımı, *IV. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Konya.
- Kaufmann A., Gupta M.M. (1988). *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*, New York: Elsevier Science Publishers Company.
- Kobu B. (2003). *Üretim Yönetimi*, İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Korvin, A., Shipley, M. F. (2001). Sample Size: Achieving Quality and Reducing Financial Loss, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol:18, No:7, pp.678-691.
- Krajewski L.J., Ritzman L.P. (1998). *Operations Management/Strategy and Analysis*, USA: Addison-Wesley Publishing Comp.
- Laviolette, M. vd, (1995). A Probabilistic&Statistical View of Fuzzy Methods, *Technometrics*, Vol:37, No:3, p.249-261.
- Lou, H. H. vd, (2003). Hierarchical Decision Making for Proactive Quality Control: System Development for Defect Reduction in Automotive Coating Operations, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol:16, p.237-250.
- Martinich J.S. (1997). *Production and Operations Management: An Applied Modern Approach*, New York: John Wiley&Sons Inc.
- Menipaz E. (1984). *Essentials of Production and Operations Management*, New Jersey: Prentice Hall.
- Metaxiotis, K. vd, (2003). Integrating Fuzzy Logic into Decision Support Systems:Current Research and Future Prospects, *Information Management&Computer Security*, 11/2, pp.53-59.
- Meziane, F. vd. (2000). Intelligent Systems in Manufacturing: Current Developments and Future Prospects, *Integrated Manufacturing Systems*, 11/4, pp.218-238.
- Montgomery D.C. (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*, New York: John Willey&Sons.
- Newbold P. (2001). *İşletme ve İstatistik için İstatistik*, Çev. Ümit Şenesen, İstanbul: Literatür Yayıncılık.

- Nguyen H. T., Walker E. A. (1999). *A First Course in Fuzzy Logic*, Florida: CRC Press.
- Öğütü, A. S. (2002). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Yem Karışım Problemine Uygulanması* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özcan, S. (2001). İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama, *Ç.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 2, s.151-174.
- Özkan, M. (2002). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Örneği* (Basılmamış Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Özkan M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama*, Bursa: Ekin Kitabevi.
- Öztemel E. (2003). *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Öztürk A. (2005). *Yöneylem Araştırması*, Bursa: Ekin Kitabevi.
- Ross W.J. (2001). *Fuzzy and Probabilistic Techniques Applied to Problems of the Chemical Process Industries*, The University of New Mexico, New Mexico.
- Ross T.J. vd, (2002). *Fuzzy Logic and Probability Applications: Bridging The Gap*, Philadelphia: SIAM Publishers.
- Rowlands, H., Wang, L.R. (2000). An Approach of Fuzzy Logic Evaluation and Control in SPC, *Quality&Reliability Engineering International*, Vol:16, pp.91-98.
- Stevenson W. (1993). *Production/Operation Management*, USA: Irwin Inc.
- Şen Z. (2004). *Mühendislikte Bulanık(Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Taleb, H., Limam, M. (2002). On Fuzzy and Probabilistic Control Charts, *International Journal of Production Research*, Vol:40, No:12, p.2849-2863.
- Taleb, H., Limam, M. (2005). Fuzzy Multinomial Control Charts, *AI*IA 2005: 9th Congress of the Italian Association for Artificial Intelligence*, pp.553-563.
- Ting-Du, T., Wolfe P. (1997). Implementation of Fuzzy Logic Systems and Neural Networks in Industry, *Computers in Industry*, Vol:32, p.261-272.
- Top A. (2001). *Üretim Sistemleri, Analizi, Planlama ve Kontrolü*, İstanbul: Alfa Yayınları.
- Toplam Kalite Yönetimi,
http://freehost21.websamba.com/uu_endustri/endustri/b.htm#tkya, Son Erişim Tarihi: 25.12.2005
- Tuncel, Ö. (1997). *Bulanık Doğrusal Programlama* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Türkbey, O. (2003). Makina Sıralama Problemlerinde Çok Amaçlı Bulanık Küme Yaklaşımı, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt:18, No:2, s.63-77.

- Tütek H., Gümüsoğlu Ş. (2000). *Sayısal Yöntemler*, İstanbul: Beta Yayınları.
- Wang, J. H. (1988). Development of Control Charts for Linguistic Data, The University of Iowa, Iowa.
- Wang, C.R., Chen, C.H. (1995). Economic Statistical np Control Chart Designs Based on Fuzzy Optimization, *International Journal of Quality&Reliability Management*, Vol:12, No:1, p.82-92.
- Wang, J.H., Raz, T. (1990). On The Construction of Control Charts Using Linguistic Variables, *International of Production Research*, Vol:28, No:3, p.477-487.
- Wilson, J. (1994). Quality Control Methods in Cycle Counting for Record Accuracy Management, *International Journal of Operation&Production Management*, Vol:15, No:7, pp.27-39.
- Yatkın A. (2003). *Toplam Kalite Yönetimi*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Yapıcı, N. (2000). *Bulanık Doğrusal Programlamaya Sinir Ağları Yaklaşımı* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yen J., Langari, R. (1999). *Fuzzy Logic, Intelligence, Control and Information*, New Jersey: Prentice Hall.
- Yenilmez, K. (2001). *Bulanık Doğrusal Programlama Problemleri için Yeni Çözüm Yaklaşımları ve Duyarlılık Analizi* (Basılmamış Doktora Tezi), Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Yılmaz, Ö. F. (1998). *Bulanık Doğrusal Programlama ile Asgari Ücretin Belirlenmesi* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, M., Arslan, E. (2005). Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması, 2. *Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, İstanbul, s.512-522.
- Zadeh, L.A. (1975). The Concept of a Linguistic variable and its application to Approximate Reasoning-I, *Information Sciences*, Vol:8, pp.199-249.
- Zadeh, L.A. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-III, *Information Sciences*, Vol:9, pp. 43-80.
- Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility, *Fuzzy Sets and Systems* 1, Vol:1, pp.3-28.
- Zadeh L.A., Kacprzyk J. (1992). *Fuzzy Logic for The Management of Uncertainty*, Newyork: John Wiley&Sons Inc.
- Zalila, Z. vd, (1998). Fuzzy Supervision in Statistical Process Control, *IEEE*, pp.638-643.
- Zimmermann H.J. (1991). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

EKLER

- EK 1.** Şubat Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Mod Kullanılarak)
- EK 2.** Şubat Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullanılarak)
- EK 3.** Şubat Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Mod ve Medyan Kullanılarak)
- EK 4.** Şubat Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (mod kullanılarak)
- EK 5.** Şubat Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (mod kullanılarak)
- EK6.** Şubat Ayı için Her Örnekleme Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri
- EK 7.** Şubat Ayına Ait Tüm Örneklemelerin Temsilci Değerleri
- EK 8.** Şubat Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler
- EK 9.** Şubat ayı için Üyelikçi Yaklaşımına Göre Hesaplanan Alt ve Üst Kontrol Limitleri
- EK 10.** Mart Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Mod Kullanılarak)
- EK 11.** Mart Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullanılarak)
- EK 12.** Mart Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Mod ve Medyan Kullanılarak)
- EK 13.** Mart Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (mod kullanılarak)
- EK 14.** Mart Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (medyan kullanılarak)
- EK 15.** Mart Ayı için Her Örnekleme Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri
- EK 16.** Mart Ayına Ait Tüm Örneklemelerin Temsilci Değerleri
- EK 17.** Mart Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler
- EK 18.** Mart ayı için Üyelikçi Yaklaşımına Göre Hesaplanan Alt ve Üst Kontrol Limitleri
- EK 19.** Nisan Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Mod Kullanılarak)
- EK 20.** Nisan Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullanılarak)
- EK 21.** Nisan Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Mod ve Medyan Kullanılarak)
- EK 22.** Nisan Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (mod kullanılarak)
- EK 23.** Nisan Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (medyan kullanılarak)
- EK 24.** Nisan Ayı İçin Her Örnekleme Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri
- EK 25.** Nisan Ayına Ait Tüm Örneklemelerin Temsilci Değerleri
- EK 26.** Nisan Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler
- EK 27.** Üyelikçi Yaklaşımına Göre Hesaplanan Alt Ve Üst Kontrol Limitleri

EK 1. Şubat Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Mod Kullanılarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	n	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
							M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j
1	6000	200	256	1303	360	8119	0,187	0,330	0,187	0,330	0,187	0,330	0,187	0,330	0,187	0,330
2	7242	0	388	1500	390	9520	0,180	0,328	0,180	0,328	0,180	0,328	0,180	0,328	0,180	0,328
3	7498	0	210	1720	375	9803	0,181	0,331	0,181	0,331	0,181	0,331	0,181	0,331	0,181	0,331
4	6762	0	180	1190	208	8340	0,143	0,300	0,143	0,300	0,143	0,300	0,143	0,300	0,143	0,300
5	658	0	0	73	30	760	0,111	0,284	0,111	0,284	0,111	0,284	0,111	0,284	0,111	0,284
6	8326	0	743	1711	590	11369	0,197	0,337	0,197	0,337	0,197	0,337	0,197	0,337	0,197	0,337
7	7808	0	376	1990	414	10587	0,198	0,339	0,198	0,339	0,198	0,339	0,198	0,339	0,198	0,339
8	6800	0	313	1548	430	9090	0,192	0,339	0,192	0,339	0,192	0,339	0,192	0,339	0,192	0,339
9	7401	0	343	1126	343	9212	0,147	0,306	0,147	0,306	0,147	0,306	0,147	0,306	0,147	0,306
10	7191	150	240	1800	366	9746	0,192	0,334	0,192	0,334	0,192	0,334	0,192	0,334	0,192	0,334
11	7949	0	731	1571	404	10653	0,183	0,323	0,183	0,323	0,183	0,323	0,183	0,323	0,183	0,323
12	7183	0	437	1500	490	9610	0,191	0,337	0,191	0,337	0,191	0,337	0,191	0,337	0,191	0,337
13	6388	0	350	1495	495	8728	0,205	0,348	0,205	0,348	0,205	0,348	0,205	0,348	0,205	0,348
14	5936	0	354	1735	335	8360	0,217	0,347	0,217	0,347	0,217	0,347	0,217	0,347	0,217	0,347
15	5592	0	272	1850	300	8013	0,227	0,352	0,227	0,352	0,227	0,352	0,227	0,352	0,227	0,352
16	6114	0	239	1445	269	8067	0,182	0,329	0,182	0,329	0,182	0,329	0,182	0,329	0,182	0,329
17	5843	0	253	1373	281	7749	0,185	0,331	0,185	0,331	0,185	0,331	0,185	0,331	0,185	0,331
18	6847	94	642	1370	439	9391	0,193	0,331	0,193	0,331	0,193	0,331	0,193	0,331	0,193	0,331
19	5210	0	343	773	312	6637	0,160	0,316	0,160	0,316	0,160	0,316	0,160	0,316	0,160	0,316
20	8000	0	448	1463	356	10267	0,163	0,315	0,163	0,315	0,163	0,315	0,163	0,315	0,163	0,315
21	8000	0	568	1923	355	10845	0,192	0,330	0,192	0,330	0,192	0,330	0,192	0,330	0,192	0,330
22	7047	0	200	1795	300	9342	0,187	0,333	0,187	0,333	0,187	0,333	0,187	0,333	0,187	0,333
23	6861	0	443	1661	392	9357	0,199	0,338	0,199	0,338	0,199	0,338	0,199	0,338	0,199	0,338
24	8000	0	561	1623	550	10734	0,191	0,336	0,191	0,336	0,191	0,336	0,191	0,336	0,191	0,336
25	7000	0	460	1534	437	9431	0,193	0,336	0,193	0,336	0,193	0,336	0,193	0,336	0,193	0,336

EK 2. Şubat Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullamılarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	n	1.Küme için		2.Küme için		3.Küme için		4.Küme için		5.Küme için	
							M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i
1	6000	200	256	1303	360	8119	0,237	0,293	0,348	0,232	0,400	0,204	0,406	0,204	0,396	0,182
2	7242	0	388	1500	390	9520	0,232	0,291	0,344	0,230	0,400	0,200	0,402	0,202	0,393	0,182
3	7498	0	210	1720	375	9803	0,234	0,294	0,346	0,233	0,402	0,203	0,403	0,204	0,395	0,186
4	6762	0	180	1190	208	8340	0,200	0,267	0,319	0,211	0,379	0,183	0,380	0,184	0,375	0,171
5	658	0	0	73	30	760	0,171	0,251	0,299	0,201	0,362	0,177	0,362	0,177	0,353	0,152
6	8326	0	743	1711	590	11369	0,247	0,298	0,355	0,235	0,408	0,205	0,413	0,207	0,401	0,183
7	7808	0	376	1990	414	10587	0,249	0,301	0,357	0,238	0,411	0,207	0,414	0,208	0,405	0,190
8	6800	0	313	1548	430	9090	0,243	0,300	0,353	0,238	0,408	0,207	0,410	0,209	0,400	0,187
9	7401	0	343	1126	343	9212	0,203	0,270	0,322	0,214	0,380	0,186	0,383	0,188	0,375	0,168
10	7191	150	240	1800	366	9746	0,243	0,297	0,353	0,235	0,406	0,205	0,409	0,205	0,401	0,188
11	7949	0	731	1571	404	10653	0,235	0,286	0,344	0,225	0,399	0,195	0,403	0,198	0,395	0,179
12	7183	0	437	1500	490	9610	0,242	0,298	0,352	0,236	0,406	0,206	0,409	0,208	0,398	0,184
13	6388	0	350	1495	495	8728	0,255	0,307	0,362	0,244	0,416	0,213	0,418	0,215	0,406	0,189
14	5936	0	354	1735	335	8360	0,266	0,308	0,370	0,243	0,422	0,212	0,425	0,213	0,416	0,196
15	5592	0	272	1850	300	8013	0,276	0,314	0,378	0,248	0,429	0,215	0,432	0,216	0,423	0,201
16	6114	0	239	1445	269	8067	0,235	0,293	0,347	0,231	0,402	0,201	0,404	0,202	0,397	0,186
17	5843	0	253	1373	281	7749	0,238	0,294	0,349	0,232	0,404	0,202	0,406	0,203	0,398	0,186
18	6847	94	642	1370	439	9391	0,243	0,292	0,351	0,230	0,403	0,201	0,409	0,203	0,399	0,181
19	5210	0	343	773	312	6637	0,214	0,278	0,330	0,220	0,387	0,192	0,390	0,194	0,380	0,170
20	8000	0	448	1463	356	10267	0,218	0,279	0,332	0,220	0,389	0,191	0,392	0,193	0,385	0,175
21	8000	0	568	1923	355	10845	0,243	0,293	0,352	0,230	0,406	0,200	0,409	0,202	0,402	0,186
22	7047	0	200	1795	300	9342	0,240	0,296	0,351	0,234	0,406	0,203	0,407	0,204	0,400	0,189
23	6861	0	443	1661	392	9357	0,249	0,299	0,357	0,236	0,411	0,206	0,414	0,207	0,405	0,188
24	8000	0	561	1623	550	10734	0,242	0,297	0,351	0,235	0,406	0,205	0,409	0,207	0,398	0,183
25	7000	0	460	1534	437	9431	0,244	0,297	0,353	0,235	0,407	0,205	0,410	0,207	0,400	0,185

EK 3. Şubat Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Bulanık Mod ve Bulanık Medyan Kullanılarak)

	<i>Bulanık Mod</i>		<i>Bulanık Medyan</i>	
	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)
1. küme	0,184	0,329	0,236	0,292
2. küme	0,184	0,329	0,347	0,231
3. küme	0,184	0,329	0,402	0,201
4. küme	0,184	0,329	0,405	0,202
5. küme	0,184	0,329	0,396	0,183

EK 4. Şubat Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (bulanık mod kullanılarak)

Gün	<i>1. Küme için</i>		<i>2. Küme için</i>		<i>3. Küme için</i>		<i>4. Küme için</i>		<i>5. Küme için</i>	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,169	0,191	0,169	0,211	0,169	0,191	0,169	0,191	0,169	0,191
2	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
3	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
4	0,169	0,191	0,169	0,211	0,169	0,191	0,169	0,191	0,169	0,191
5	0,144	0,216	0,144	0,236	0,144	0,216	0,144	0,216	0,144	0,216
6	0,171	0,189	0,171	0,209	0,171	0,189	0,171	0,189	0,171	0,189
7	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
8	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
9	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
10	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
11	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
12	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
13	0,169	0,191	0,169	0,211	0,169	0,191	0,169	0,191	0,169	0,191
14	0,169	0,191	0,169	0,211	0,169	0,191	0,169	0,191	0,169	0,191
15	0,169	0,191	0,169	0,211	0,169	0,191	0,169	0,191	0,169	0,191
16	0,169	0,191	0,169	0,211	0,169	0,191	0,169	0,191	0,169	0,191
17	0,169	0,191	0,169	0,211	0,169	0,191	0,169	0,191	0,169	0,191
18	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
19	0,168	0,192	0,168	0,212	0,168	0,192	0,168	0,192	0,168	0,192
20	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
21	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
22	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
23	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
24	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190
25	0,170	0,190	0,170	0,210	0,170	0,190	0,170	0,190	0,170	0,190

EK 5. Şubat Ayı için Her Örneklem Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (bulanık medyan kullanılarak)

Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,230	0,250	0,339	0,355	0,393	0,407	0,393	0,417	0,394	0,406
2	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
3	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
4	0,230	0,250	0,339	0,355	0,393	0,407	0,393	0,417	0,394	0,406
5	0,207	0,273	0,322	0,373	0,378	0,422	0,378	0,432	0,380	0,420
6	0,232	0,248	0,341	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
7	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
8	0,231	0,249	0,340	0,355	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
9	0,231	0,249	0,340	0,355	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
10	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
11	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
12	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
13	0,230	0,250	0,340	0,355	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
14	0,230	0,250	0,339	0,355	0,393	0,407	0,393	0,417	0,394	0,406
15	0,230	0,250	0,339	0,355	0,393	0,407	0,393	0,417	0,394	0,406
16	0,230	0,250	0,339	0,355	0,393	0,407	0,393	0,417	0,394	0,406
17	0,230	0,250	0,339	0,355	0,393	0,407	0,393	0,417	0,394	0,406
18	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
19	0,229	0,251	0,339	0,356	0,393	0,407	0,393	0,417	0,393	0,407
20	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
21	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
22	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
23	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406
24	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,395	0,405
25	0,231	0,249	0,340	0,354	0,394	0,406	0,394	0,416	0,394	0,406

EK6. Şubat Ayı için Her Örneklemi Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri

Gün	1. Küme için			2. Küme için			3. Küme için			4. Küme için			5. Küme için		
	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁
1	0,121	0,187	0,426	0,121	0,187	0,432	0,121	0,187	0,980	0,121	0,187	1,000	0,088	0,187	1,000
2	0,120	0,180	0,419	0,120	0,180	0,419	0,120	0,180	0,990	0,120	0,180	1,000	0,089	0,180	1,000
3	0,122	0,181	0,421	0,122	0,181	0,421	0,122	0,181	0,995	0,122	0,181	1,000	0,093	0,181	1,000
4	0,095	0,143	0,387	0,095	0,143	0,387	0,095	0,143	0,995	0,095	0,143	1,000	0,077	0,143	1,000
5	0,077	0,111	0,351	0,077	0,111	0,351	0,077	0,111	1,000	0,077	0,111	1,000	0,048	0,111	1,000
6	0,130	0,197	0,434	0,130	0,197	0,434	0,130	0,197	0,984	0,130	0,197	1,000	0,092	0,197	1,000
7	0,132	0,198	0,438	0,132	0,198	0,438	0,132	0,198	0,991	0,132	0,198	1,000	0,103	0,198	1,000
8	0,129	0,192	0,430	0,129	0,192	0,430	0,129	0,192	0,991	0,129	0,192	1,000	0,094	0,192	1,000
9	0,098	0,147	0,388	0,098	0,147	0,388	0,098	0,147	0,991	0,098	0,147	1,000	0,070	0,147	1,000
10	0,127	0,192	0,433	0,127	0,192	0,437	0,127	0,192	0,986	0,127	0,192	1,000	0,098	0,192	1,000
11	0,119	0,183	0,423	0,119	0,183	0,423	0,119	0,183	0,983	0,119	0,183	1,000	0,091	0,183	1,000
12	0,128	0,191	0,428	0,128	0,191	0,428	0,128	0,191	0,989	0,128	0,191	1,000	0,089	0,191	1,000
13	0,138	0,205	0,441	0,138	0,205	0,441	0,138	0,205	0,990	0,138	0,205	1,000	0,096	0,205	1,000
14	0,144	0,217	0,457	0,144	0,217	0,457	0,144	0,217	0,989	0,144	0,217	1,000	0,114	0,217	1,000
15	0,152	0,227	0,468	0,152	0,227	0,468	0,152	0,227	0,992	0,152	0,227	1,000	0,124	0,227	1,000
16	0,122	0,182	0,424	0,122	0,182	0,424	0,122	0,182	0,993	0,122	0,182	1,000	0,097	0,182	1,000
17	0,124	0,185	0,426	0,124	0,185	0,426	0,124	0,185	0,992	0,124	0,185	1,000	0,097	0,185	1,000
18	0,125	0,193	0,431	0,125	0,193	0,434	0,125	0,193	0,978	0,125	0,193	1,000	0,090	0,193	1,000
19	0,106	0,160	0,398	0,106	0,160	0,398	0,106	0,160	0,987	0,106	0,160	1,000	0,071	0,160	1,000
20	0,108	0,163	0,405	0,108	0,163	0,405	0,108	0,163	0,989	0,108	0,163	1,000	0,082	0,163	1,000
21	0,126	0,192	0,434	0,126	0,192	0,434	0,126	0,192	0,987	0,126	0,192	1,000	0,102	0,192	1,000
22	0,126	0,187	0,429	0,126	0,187	0,429	0,126	0,187	0,995	0,126	0,187	1,000	0,101	0,187	1,000
23	0,132	0,199	0,438	0,132	0,199	0,438	0,132	0,199	0,988	0,132	0,199	1,000	0,101	0,199	1,000
24	0,127	0,191	0,428	0,127	0,191	0,428	0,127	0,191	0,987	0,127	0,191	1,000	0,089	0,191	1,000
25	0,128	0,193	0,431	0,128	0,193	0,431	0,128	0,193	0,988	0,128	0,193	1,000	0,093	0,193	1,000
Toplam	3,058	4,596	10,589	3,058	4,596	10,602	3,058	4,596	24,727	3,058	4,596	25,000	2,289	4,596	25,000
GMF	0,122	0,184	0,424	0,122	0,184	0,424	0,122	0,184	0,989	0,122	0,184	1,000	0,092	0,184	1,000
δ(GMF)	0,151			0,151			0,433			0,439			0,454		

EK 7. Şubat Ayına Ait Tüm Örneklemelerin Temsilci Değerleri

Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan
1	0,187	0,235	0,187	0,237	0,187	0,396	0,187	0,402	0,187	0,391
2	0,180	0,230	0,180	0,230	0,180	0,396	0,180	0,399	0,180	0,389
3	0,181	0,231	0,181	0,231	0,181	0,399	0,181	0,400	0,181	0,390
4	0,143	0,198	0,143	0,198	0,143	0,376	0,143	0,377	0,143	0,371
5	0,111	0,170	0,111	0,170	0,111	0,360	0,111	0,360	0,111	0,349
6	0,197	0,245	0,197	0,245	0,197	0,405	0,197	0,409	0,197	0,396
7	0,198	0,246	0,198	0,246	0,198	0,407	0,198	0,410	0,198	0,400
8	0,192	0,241	0,192	0,241	0,192	0,404	0,192	0,407	0,192	0,395
9	0,147	0,201	0,147	0,201	0,147	0,377	0,147	0,380	0,147	0,370
10	0,192	0,241	0,192	0,242	0,192	0,402	0,192	0,406	0,192	0,397
11	0,183	0,232	0,183	0,232	0,183	0,395	0,183	0,400	0,183	0,390
12	0,191	0,239	0,191	0,239	0,191	0,403	0,191	0,406	0,191	0,393
13	0,205	0,252	0,205	0,252	0,205	0,412	0,205	0,415	0,205	0,401
14	0,217	0,263	0,217	0,263	0,217	0,418	0,217	0,421	0,217	0,411
15	0,227	0,273	0,227	0,273	0,227	0,425	0,227	0,428	0,227	0,418
16	0,182	0,233	0,182	0,233	0,182	0,399	0,182	0,401	0,182	0,392
17	0,185	0,235	0,185	0,235	0,185	0,400	0,185	0,403	0,185	0,393
18	0,193	0,240	0,193	0,241	0,193	0,399	0,193	0,406	0,193	0,394
19	0,160	0,212	0,160	0,212	0,160	0,384	0,160	0,387	0,160	0,375
20	0,163	0,216	0,163	0,216	0,163	0,386	0,163	0,389	0,163	0,380
21	0,192	0,241	0,192	0,241	0,192	0,402	0,192	0,406	0,192	0,398
22	0,187	0,237	0,187	0,237	0,187	0,402	0,187	0,404	0,187	0,396
23	0,199	0,247	0,199	0,247	0,199	0,407	0,199	0,410	0,199	0,400
24	0,191	0,239	0,191	0,239	0,191	0,402	0,191	0,406	0,191	0,393
25	0,193	0,241	0,193	0,241	0,193	0,403	0,193	0,407	0,193	0,395

EK 8. Şubat Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler

	Orta Çizgi	
	Bulanık Mod	Bulanık Medyan
1. Küme	0,184	0,234
2. Küme	0,184	0,234
3. Küme	0,184	0,398
4. Küme	0,184	0,402
5. Küme	0,184	0,391

EK 10. Mart Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Mod Kullanılarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	n	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
							M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j
1	5976	0	207	1000	300	7483	0,154	0,314	0,154	0,314	0,154	0,314	0,154	0,314	0,154	0,314
2	9300	0	518	1312	397	11527	0,142	0,299	0,142	0,299	0,142	0,299	0,142	0,299	0,142	0,299
3	7919	0	114	1342	352	9727	0,146	0,309	0,146	0,309	0,146	0,309	0,146	0,309	0,146	0,309
4	7374	0	94	1182	402	9052	0,148	0,314	0,148	0,314	0,148	0,314	0,148	0,314	0,148	0,314
5	7875	0	110	1196	392	9573	0,140	0,307	0,140	0,307	0,140	0,307	0,140	0,307	0,140	0,307
6	8075	0	104	977	347	9503	0,119	0,288	0,119	0,288	0,119	0,288	0,119	0,288	0,119	0,288
7	8400	0	82	1033	379	9894	0,121	0,291	0,121	0,291	0,121	0,291	0,121	0,291	0,121	0,291
8	7697	0	100	1290	327	9414	0,143	0,307	0,143	0,307	0,143	0,307	0,143	0,307	0,143	0,307
9	7935	0	42	782	175	8934	0,088	0,250	0,088	0,250	0,088	0,250	0,088	0,250	0,088	0,250
10	5537	0	90	767	283	6677	0,135	0,303	0,135	0,303	0,135	0,303	0,135	0,303	0,135	0,303
11	1381	0	62	186	70	1699	0,142	0,303	0,142	0,303	0,142	0,303	0,142	0,303	0,142	0,303
12	6996	0	277	879	292	8444	0,129	0,291	0,129	0,291	0,129	0,291	0,129	0,291	0,129	0,291
13	5895	0	27	950	363	7235	0,151	0,320	0,151	0,320	0,151	0,320	0,151	0,320	0,151	0,320
14	7164	0	237	1194	425	9020	0,160	0,320	0,160	0,320	0,160	0,320	0,160	0,320	0,160	0,320
15	6881	0	21	1368	291	8561	0,155	0,317	0,155	0,317	0,155	0,317	0,155	0,317	0,155	0,317
16	4625	121	15	451	297	5509	0,122	0,295	0,122	0,295	0,122	0,295	0,122	0,295	0,122	0,295
17	5920	0	11	721	483	7135	0,144	0,323	0,144	0,323	0,144	0,323	0,144	0,323	0,144	0,323
18	2762	0	140	670	755	4327	0,307	0,419	0,307	0,419	0,307	0,419	0,307	0,419	0,307	0,419
19	6000	0	150	722	400	7272	0,140	0,311	0,140	0,311	0,140	0,311	0,140	0,311	0,140	0,311
20	1372	0	0	140	137	1649	0,147	0,331	0,147	0,331	0,147	0,331	0,147	0,331	0,147	0,331
21	8085	0	172	1047	440	9744	0,135	0,303	0,135	0,303	0,135	0,303	0,135	0,303	0,135	0,303
22	5852	0	43	914	260	7069	0,137	0,304	0,137	0,304	0,137	0,304	0,137	0,304	0,137	0,304
23	4848	0	0	922	200	5970	0,149	0,313	0,149	0,313	0,149	0,313	0,149	0,313	0,149	0,313
24	4585	0	55	500	454	5594	0,153	0,332	0,153	0,332	0,153	0,332	0,153	0,332	0,153	0,332
25	5135	0	0	776	183	6094	0,126	0,293	0,126	0,293	0,126	0,293	0,126	0,293	0,126	0,293
26	3369	0	50	442	175	4036	0,132	0,301	0,132	0,301	0,132	0,301	0,132	0,301	0,132	0,301
27	3430	0	10	575	169	4184	0,145	0,312	0,145	0,312	0,145	0,312	0,145	0,312	0,145	0,312
28	4000	0	60	416	300	4776	0,134	0,311	0,134	0,311	0,134	0,311	0,134	0,311	0,134	0,311

EK 11. Mart Ayı için Her Örneklemın Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullanılarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	n	1.Küme için		2.Küme için		3.Küme için		4.Küme için		5.Küme için	
							M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i
1	5976	0	207	1000	300	7483	0,210	0,278	0,327	0,220	0,385	0,192	0,387	0,193	0,378	0,172
2	9300	0	518	1312	397	11527	0,199	0,264	0,317	0,208	0,376	0,181	0,379	0,184	0,372	0,164
3	7919	0	114	1342	352	9727	0,202	0,274	0,322	0,218	0,382	0,190	0,382	0,191	0,374	0,171
4	7374	0	94	1182	402	9052	0,204	0,278	0,324	0,222	0,383	0,194	0,384	0,194	0,374	0,171
5	7875	0	110	1196	392	9573	0,198	0,272	0,319	0,217	0,379	0,189	0,379	0,190	0,370	0,168
6	8075	0	104	977	347	9503	0,179	0,255	0,303	0,203	0,366	0,177	0,366	0,178	0,358	0,156
7	8400	0	82	1033	379	9894	0,180	0,257	0,305	0,205	0,367	0,180	0,367	0,180	0,359	0,157
8	7697	0	100	1290	327	9414	0,200	0,272	0,320	0,216	0,380	0,189	0,381	0,189	0,373	0,170
9	7935	0	42	782	175	8934	0,151	0,222	0,282	0,176	0,346	0,154	0,347	0,154	0,342	0,140
10	5537	0	90	767	283	6677	0,193	0,268	0,315	0,214	0,375	0,187	0,376	0,188	0,367	0,164
11	1381	0	62	186	70	1699	0,198	0,267	0,317	0,212	0,377	0,185	0,379	0,187	0,370	0,164
12	6996	0	277	879	292	8444	0,187	0,257	0,309	0,203	0,369	0,177	0,372	0,179	0,364	0,159
13	5895	0	27	950	363	7235	0,206	0,283	0,326	0,226	0,386	0,198	0,386	0,199	0,375	0,172
14	7164	0	237	1194	425	9020	0,214	0,283	0,331	0,225	0,389	0,197	0,391	0,198	0,380	0,174
15	6881	0	21	1368	291	8561	0,211	0,282	0,330	0,224	0,388	0,195	0,388	0,196	0,381	0,178
16	4625	121	15	451	297	5509	0,180	0,259	0,305	0,208	0,364	0,185	0,368	0,184	0,356	0,151
17	5920	0	11	721	483	7135	0,200	0,283	0,322	0,229	0,383	0,202	0,383	0,202	0,368	0,166
18	2762	0	140	670	755	4327	0,341	0,365	0,435	0,296	0,482	0,263	0,484	0,263	0,445	0,205
19	6000	0	150	722	400	7272	0,196	0,273	0,317	0,219	0,378	0,192	0,379	0,193	0,367	0,162
20	1372	0	0	140	137	1649	0,202	0,289	0,324	0,234	0,385	0,207	0,385	0,207	0,366	0,164
21	8085	0	172	1047	440	9744	0,192	0,267	0,314	0,213	0,375	0,187	0,376	0,188	0,366	0,162
22	5852	0	43	914	260	7069	0,195	0,269	0,316	0,215	0,377	0,188	0,377	0,188	0,369	0,168
23	4848	0	0	922	200	5970	0,206	0,279	0,326	0,222	0,385	0,193	0,385	0,193	0,378	0,176
24	4585	0	55	500	454	5594	0,207	0,290	0,328	0,235	0,388	0,208	0,388	0,208	0,370	0,166
25	5135	0	0	776	183	6094	0,185	0,261	0,309	0,207	0,370	0,181	0,370	0,181	0,364	0,164
26	3369	0	50	442	175	4036	0,190	0,266	0,312	0,212	0,373	0,186	0,374	0,187	0,365	0,162
27	3430	0	10	575	169	4184	0,202	0,277	0,322	0,221	0,382	0,193	0,382	0,193	0,373	0,172
28	4000	0	60	416	300	4776	0,191	0,273	0,314	0,220	0,375	0,193	0,376	0,194	0,362	0,159

EK 12. Mart Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Bulanık Mod ve Bulanık Medyan Kullanılarak)

	<i>Bulanık Mod</i>		<i>Bulanık Medyan</i>	
	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)
1.Küme için	0,144	0,310	0,201	0,274
2.Küme için	0,144	0,310	0,321	0,219
3.Küme için	0,144	0,310	0,381	0,192
4.Küme için	0,144	0,310	0,382	0,192
5.Küme için	0,144	0,310	0,371	0,166

EK 13. Mart Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (mod kullanılarak)

Gün	<i>1.Küme için</i>		<i>2. Küme için</i>		<i>3. Küme için</i>		<i>4. Küme için</i>		<i>5. Küme için</i>	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155
2	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153
3	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153
4	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
5	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
6	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
7	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153
8	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
9	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
10	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155
11	0,121	0,167	0,121	0,167	0,121	0,167	0,121	0,167	0,121	0,167
12	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
13	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155
14	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
15	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154	0,134	0,154
16	0,131	0,157	0,131	0,157	0,131	0,157	0,131	0,157	0,131	0,157
17	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155
18	0,130	0,158	0,130	0,158	0,130	0,158	0,130	0,158	0,130	0,158
19	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155
20	0,121	0,167	0,121	0,167	0,121	0,167	0,121	0,167	0,121	0,167
21	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153	0,135	0,153
22	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155	0,133	0,155
23	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156
24	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156
25	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156	0,132	0,156
26	0,129	0,159	0,129	0,159	0,129	0,159	0,129	0,159	0,129	0,159
27	0,130	0,158	0,130	0,158	0,130	0,158	0,130	0,158	0,130	0,158
28	0,131	0,157	0,131	0,157	0,131	0,157	0,131	0,157	0,131	0,157

EK 14. Mart Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (bulanık medyan kullanılarak)

Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,191	0,211	0,313	0,329	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
2	0,193	0,209	0,315	0,327	0,376	0,386	0,377	0,387	0,366	0,376
3	0,193	0,209	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
4	0,192	0,210	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
5	0,193	0,209	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
6	0,193	0,209	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
7	0,193	0,209	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
8	0,193	0,209	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
9	0,192	0,210	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
10	0,191	0,211	0,313	0,329	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
11	0,181	0,221	0,305	0,337	0,367	0,395	0,368	0,396	0,359	0,383
12	0,192	0,210	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
13	0,191	0,211	0,313	0,329	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
14	0,192	0,210	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
15	0,192	0,210	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
16	0,190	0,212	0,312	0,330	0,373	0,389	0,374	0,390	0,364	0,378
17	0,191	0,211	0,313	0,329	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
18	0,189	0,213	0,311	0,331	0,372	0,390	0,373	0,391	0,363	0,379
19	0,191	0,211	0,313	0,329	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
20	0,181	0,221	0,305	0,337	0,367	0,395	0,368	0,396	0,359	0,383
21	0,193	0,209	0,314	0,328	0,375	0,387	0,376	0,388	0,366	0,376
22	0,191	0,211	0,313	0,329	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
23	0,190	0,212	0,312	0,330	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
24	0,190	0,212	0,312	0,330	0,373	0,389	0,374	0,390	0,364	0,378
25	0,190	0,212	0,313	0,329	0,374	0,388	0,375	0,389	0,365	0,377
26	0,188	0,214	0,311	0,331	0,372	0,390	0,373	0,391	0,363	0,379
27	0,188	0,214	0,311	0,331	0,372	0,390	0,373	0,391	0,363	0,379
28	0,189	0,213	0,311	0,331	0,373	0,389	0,374	0,390	0,364	0,378

EK 15. Mart Ayı için Her Örneklemi Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri

Gün	1. Küme için			2. Küme için			3. Küme için			4. Küme için			5. Küme için		
	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁
1	0,104	0,154	0,394	0,104	0,154	0,793	0,104	0,154	0,993	0,104	0,154	1,000	0,074	0,154	1,000
2	0,094	0,142	0,384	0,094	0,142	0,787	0,094	0,142	0,989	0,094	0,142	1,000	0,068	0,142	1,000
3	0,099	0,146	0,386	0,099	0,146	0,794	0,099	0,146	0,997	0,099	0,146	1,000	0,072	0,146	1,000
4	0,101	0,148	0,386	0,101	0,148	0,794	0,101	0,148	0,997	0,101	0,148	1,000	0,068	0,148	1,000
5	0,096	0,140	0,380	0,096	0,140	0,791	0,096	0,140	0,997	0,096	0,140	1,000	0,065	0,140	1,000
6	0,082	0,119	0,360	0,082	0,119	0,785	0,082	0,119	0,997	0,082	0,119	1,000	0,054	0,119	1,000
7	0,083	0,121	0,361	0,083	0,121	0,786	0,083	0,121	0,998	0,083	0,121	1,000	0,054	0,121	1,000
8	0,097	0,143	0,384	0,097	0,143	0,793	0,097	0,143	0,997	0,097	0,143	1,000	0,071	0,143	1,000
9	0,060	0,088	0,333	0,060	0,088	0,777	0,060	0,088	0,999	0,060	0,088	1,000	0,045	0,088	1,000
10	0,093	0,135	0,375	0,093	0,135	0,789	0,093	0,135	0,997	0,093	0,135	1,000	0,061	0,135	1,000
11	0,095	0,142	0,381	0,095	0,142	0,788	0,095	0,142	0,991	0,095	0,142	1,000	0,064	0,142	1,000
12	0,086	0,129	0,370	0,086	0,129	0,785	0,086	0,129	0,992	0,086	0,129	1,000	0,060	0,129	1,000
13	0,104	0,151	0,388	0,104	0,151	0,795	0,104	0,151	0,999	0,104	0,151	1,000	0,067	0,151	1,000
14	0,108	0,160	0,398	0,108	0,160	0,795	0,108	0,160	0,993	0,108	0,160	1,000	0,073	0,160	1,000
15	0,106	0,155	0,397	0,106	0,155	0,798	0,106	0,155	0,999	0,106	0,155	1,000	0,081	0,155	1,000
16	0,082	0,122	0,359	0,082	0,122	0,784	0,082	0,122	0,988	0,082	0,122	1,000	0,042	0,122	1,000
17	0,102	0,144	0,377	0,102	0,144	0,792	0,102	0,144	1,000	0,102	0,144	1,000	0,051	0,144	1,000
18	0,216	0,307	0,513	0,216	0,307	0,832	0,216	0,307	0,992	0,216	0,307	1,000	0,086	0,307	1,000
19	0,096	0,140	0,376	0,096	0,140	0,789	0,096	0,140	0,995	0,096	0,140	1,000	0,055	0,140	1,000
20	0,105	0,147	0,376	0,105	0,147	0,792	0,105	0,147	1,000	0,105	0,147	1,000	0,042	0,147	1,000
21	0,092	0,135	0,373	0,092	0,135	0,788	0,092	0,135	0,996	0,092	0,135	1,000	0,058	0,135	1,000
22	0,094	0,137	0,378	0,094	0,137	0,792	0,094	0,137	0,998	0,094	0,137	1,000	0,066	0,137	1,000
23	0,102	0,149	0,391	0,102	0,149	0,797	0,102	0,149	1,000	0,102	0,149	1,000	0,077	0,149	1,000
24	0,108	0,153	0,383	0,108	0,153	0,793	0,108	0,153	0,998	0,108	0,153	1,000	0,047	0,153	1,000
25	0,086	0,126	0,368	0,086	0,126	0,789	0,086	0,126	1,000	0,086	0,126	1,000	0,064	0,126	1,000
26	0,090	0,132	0,371	0,090	0,132	0,788	0,090	0,132	0,997	0,090	0,132	1,000	0,058	0,132	1,000
27	0,100	0,145	0,385	0,100	0,145	0,794	0,100	0,145	0,999	0,100	0,145	1,000	0,069	0,145	1,000
28	0,094	0,134	0,369	0,094	0,134	0,787	0,094	0,134	0,997	0,094	0,134	1,000	0,047	0,134	1,000
Toplam	2,774	4,041	10,695	2,774	4,041	22,168	2,774	4,041	27,895	2,774	4,041	28,000	1,738	4,041	28,000
GMF	0,099	0,144	0,382	0,099	0,144	0,792	0,099	0,144	0,996	0,099	0,144	1,000	0,062	0,144	1,000
δ(GMF)	0,141			0,346			0,449			0,450			0,469		

EK 16. Mart Ayına Ait Tüm Örneklerin Temsilci Değerleri

Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan
1	0,154	0,207	0,154	0,324	0,154	0,382	0,154	0,384	0,154	0,374
2	0,142	0,197	0,142	0,314	0,142	0,373	0,142	0,377	0,142	0,368
3	0,146	0,200	0,146	0,319	0,146	0,379	0,146	0,380	0,146	0,370
4	0,148	0,202	0,148	0,321	0,148	0,380	0,148	0,381	0,148	0,370
5	0,140	0,196	0,140	0,316	0,140	0,376	0,140	0,377	0,140	0,366
6	0,119	0,177	0,119	0,301	0,119	0,363	0,119	0,364	0,119	0,355
7	0,121	0,178	0,121	0,302	0,121	0,364	0,121	0,365	0,121	0,355
8	0,143	0,198	0,143	0,317	0,143	0,377	0,143	0,378	0,143	0,369
9	0,088	0,150	0,088	0,280	0,088	0,345	0,088	0,345	0,088	0,340
10	0,135	0,191	0,135	0,312	0,135	0,373	0,135	0,374	0,135	0,363
11	0,142	0,196	0,142	0,315	0,142	0,374	0,142	0,377	0,142	0,366
12	0,129	0,185	0,129	0,306	0,129	0,367	0,129	0,369	0,129	0,360
13	0,151	0,204	0,151	0,323	0,151	0,383	0,151	0,383	0,151	0,370
14	0,160	0,212	0,160	0,328	0,160	0,386	0,160	0,388	0,160	0,376
15	0,155	0,209	0,155	0,326	0,155	0,385	0,155	0,385	0,155	0,377
16	0,122	0,178	0,122	0,300	0,122	0,362	0,122	0,365	0,122	0,351
17	0,144	0,198	0,144	0,319	0,144	0,380	0,144	0,380	0,144	0,363
18	0,307	0,338	0,307	0,430	0,307	0,476	0,307	0,479	0,307	0,437
19	0,140	0,194	0,140	0,315	0,140	0,375	0,140	0,376	0,140	0,362
20	0,147	0,200	0,147	0,321	0,147	0,382	0,147	0,382	0,147	0,361
21	0,135	0,190	0,135	0,311	0,135	0,372	0,135	0,373	0,135	0,362
22	0,137	0,193	0,137	0,314	0,137	0,374	0,137	0,375	0,137	0,365
23	0,149	0,204	0,149	0,323	0,149	0,382	0,149	0,382	0,149	0,374
24	0,153	0,205	0,153	0,325	0,153	0,385	0,153	0,385	0,153	0,365
25	0,126	0,183	0,126	0,306	0,126	0,368	0,126	0,368	0,126	0,360
26	0,132	0,188	0,132	0,310	0,132	0,371	0,132	0,372	0,132	0,360
27	0,145	0,200	0,145	0,319	0,145	0,379	0,145	0,379	0,145	0,369
28	0,134	0,189	0,134	0,312	0,134	0,373	0,134	0,374	0,134	0,358

EK 17. Mart Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler

	Orta Çizgi	
	Bulanık Mod	Bulanık Medyan
1. Küme	0,144	0,199
2. Küme	0,144	0,318
3. Küme	0,144	0,378
4. Küme	0,144	0,379
5. Küme	0,144	0,367

EK 19. Nisan Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Mod Kullanılarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	n	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
							M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j	M _j	SD _j
1	2600	0	7	313	118	3038	0,117	0,289	0,117	0,289	0,117	0,289	0,117	0,289	0,117	0,289
2	3380	0	56	478	171	4085	0,136	0,304	0,136	0,304	0,136	0,304	0,136	0,304	0,136	0,304
3	2644	0	73	300	121	3138	0,122	0,289	0,122	0,289	0,122	0,289	0,122	0,289	0,122	0,289
4	3623	0	0	478	165	4266	0,123	0,294	0,123	0,294	0,123	0,294	0,123	0,294	0,123	0,294
5	2596	0	0	294	110	3000	0,110	0,282	0,110	0,282	0,110	0,282	0,110	0,282	0,110	0,282
6	533	0	0	84	13	630	0,121	0,285	0,121	0,285	0,121	0,285	0,121	0,285	0,121	0,285
7	3137	0	13	450	171	3771	0,137	0,308	0,137	0,308	0,137	0,308	0,137	0,308	0,137	0,308
8	1600	0	0	150	130	1880	0,129	0,312	0,129	0,312	0,129	0,312	0,129	0,312	0,129	0,312
9	1484	0	0	390	107	1981	0,202	0,352	0,202	0,352	0,202	0,352	0,202	0,352	0,202	0,352
10	1661	0	0	300	72	2033	0,146	0,312	0,146	0,312	0,146	0,312	0,146	0,312	0,146	0,312
11	1429	0	0	172	99	1700	0,134	0,312	0,134	0,312	0,134	0,312	0,134	0,312	0,134	0,312
12	584	0	0	61	31	676	0,114	0,290	0,114	0,290	0,114	0,290	0,114	0,290	0,114	0,290
13	250	0	0	30	5	285	0,096	0,260	0,096	0,260	0,096	0,260	0,096	0,260	0,096	0,260
14	1500	0	0	200	93	1793	0,136	0,310	0,136	0,310	0,136	0,310	0,136	0,310	0,136	0,310
15	1260	0	12	174	60	1506	0,130	0,300	0,130	0,300	0,130	0,300	0,130	0,300	0,130	0,300
16	1500	0	0	200	55	1755	0,117	0,286	0,117	0,286	0,117	0,286	0,117	0,286	0,117	0,286
17	1451	0	0	125	90	1666	0,110	0,290	0,110	0,290	0,110	0,290	0,110	0,290	0,110	0,290
18	847	76	0	60	18	1001	0,082	0,223	0,082	0,223	0,082	0,223	0,082	0,223	0,082	0,223
19	3059	0	0	441	135	3635	0,128	0,298	0,128	0,298	0,128	0,298	0,128	0,298	0,128	0,298
20	3201	0	105	250	283	3839	0,136	0,314	0,136	0,314	0,136	0,314	0,136	0,314	0,136	0,314
21	2645	0	100	511	203	3459	0,184	0,339	0,184	0,339	0,184	0,339	0,184	0,339	0,184	0,339
22	3608	0	92	419	255	4374	0,141	0,313	0,141	0,313	0,141	0,313	0,141	0,313	0,141	0,313
23	2631	0	0	443	82	3156	0,131	0,296	0,131	0,296	0,131	0,296	0,131	0,296	0,131	0,296
24	3468	0	0	402	185	4055	0,120	0,295	0,120	0,295	0,120	0,295	0,120	0,295	0,120	0,295

EK 20. Nisan Ayı için Her Örneklemin Ortalaması ve Standart Sapması (Bulanık Medyan Kullanılarak)

Gün	1.Tercih Ürün	2.Tercih Ürün	3.Tercih Ürün	4.Tercih Ürün	5.Tercih Ürün	Gün	1.Küme için		2.Küme için		3.Küme için		4.Küme için		5.Küme için	
							M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i	M _i	SD _i
1	2600	0	7	313	118	3038	0,177	0,256	0,303	0,205	0,365	0,179	0,365	0,179	0,357	0,156
2	3380	0	56	478	171	4085	0,194	0,269	0,316	0,214	0,376	0,187	0,377	0,188	0,368	0,165
3	2644	0	73	300	121	3138	0,181	0,255	0,305	0,202	0,366	0,177	0,368	0,178	0,359	0,155
4	3623	0	0	478	165	4266	0,182	0,261	0,307	0,208	0,369	0,183	0,369	0,183	0,360	0,160
5	2596	0	0	294	110	3000	0,171	0,250	0,298	0,200	0,361	0,175	0,361	0,175	0,353	0,152
6	533	0	0	84	13	630	0,181	0,254	0,305	0,202	0,367	0,175	0,367	0,175	0,363	0,163
7	3137	0	13	450	171	3771	0,194	0,272	0,316	0,218	0,377	0,191	0,377	0,191	0,367	0,166
8	1600	0	0	150	130	1880	0,186	0,273	0,311	0,221	0,374	0,196	0,374	0,196	0,358	0,156
9	1484	0	0	390	107	1981	0,253	0,313	0,363	0,249	0,417	0,218	0,417	0,218	0,405	0,195
10	1661	0	0	300	72	2033	0,203	0,277	0,323	0,221	0,383	0,193	0,383	0,193	0,375	0,174
11	1429	0	0	172	99	1700	0,191	0,274	0,315	0,221	0,376	0,195	0,376	0,195	0,364	0,162
12	584	0	0	61	31	676	0,173	0,255	0,300	0,205	0,363	0,180	0,363	0,180	0,353	0,152
13	250	0	0	30	5	285	0,159	0,232	0,288	0,184	0,352	0,160	0,352	0,160	0,348	0,148
14	1500	0	0	200	93	1793	0,193	0,274	0,316	0,220	0,377	0,193	0,377	0,193	0,366	0,164
15	1260	0	12	174	60	1506	0,189	0,265	0,312	0,212	0,373	0,185	0,373	0,186	0,365	0,163
16	1500	0	0	200	55	1755	0,177	0,254	0,303	0,202	0,365	0,177	0,365	0,177	0,358	0,158
17	1451	0	0	125	90	1666	0,170	0,254	0,298	0,206	0,362	0,181	0,362	0,181	0,350	0,148
18	847	76	0	60	18	1001	0,142	0,196	0,272	0,155	0,329	0,137	0,339	0,136	0,335	0,121
19	3059	0	0	441	135	3635	0,187	0,264	0,311	0,211	0,372	0,185	0,372	0,185	0,364	0,164
20	3201	0	105	250	283	3839	0,192	0,274	0,315	0,221	0,375	0,195	0,377	0,196	0,361	0,154
21	2645	0	100	511	203	3459	0,236	0,299	0,348	0,239	0,404	0,209	0,406	0,210	0,393	0,182
22	3608	0	92	419	255	4374	0,197	0,274	0,318	0,220	0,378	0,193	0,380	0,194	0,367	0,162
23	2631	0	0	443	82	3156	0,190	0,264	0,313	0,210	0,374	0,183	0,374	0,183	0,368	0,168
24	3468	0	0	402	185	4055	0,179	0,260	0,305	0,209	0,367	0,184	0,367	0,184	0,357	0,157

EK 21. Nisan Ayı için Her Kümenin Örneklem Ortalamalarının ve Standart Sapmalarının Ortalaması (Mod ve Medyan Kullanılarak)

	<i>Bulanık Mod</i>		<i>Bulanık Medyan</i>	
	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)	Orta Çizgi (CL)	Standart Sapmaların Ortalaması (MSD)
1. küme	0,129	0,298	0,187	0,263
2. küme	0,129	0,298	0,311	0,211
3. küme	0,129	0,298	0,372	0,185
4. küme	0,129	0,298	0,373	0,185
5. küme	0,129	0,298	0,363	0,160

EK 22. Nisan Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (mod kullanılarak)

Gün	<i>1. Küme için</i>		<i>2. Küme için</i>		<i>3. Küme için</i>		<i>4. Küme için</i>		<i>5. Küme için</i>	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145
2	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143
3	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145
4	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143
5	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145
6	0,093	0,165	0,093	0,165	0,093	0,165	0,093	0,165	0,093	0,165
7	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144
8	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150
9	0,109	0,149	0,109	0,149	0,109	0,149	0,109	0,149	0,109	0,149
10	0,109	0,149	0,109	0,149	0,109	0,149	0,109	0,149	0,109	0,149
11	0,107	0,151	0,107	0,151	0,107	0,151	0,107	0,151	0,107	0,151
12	0,095	0,163	0,095	0,163	0,095	0,163	0,095	0,163	0,095	0,163
13	0,076	0,182	0,076	0,182	0,076	0,182	0,076	0,182	0,076	0,182
14	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150
15	0,106	0,152	0,106	0,152	0,106	0,152	0,106	0,152	0,106	0,152
16	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150	0,108	0,150
17	0,107	0,151	0,107	0,151	0,107	0,151	0,107	0,151	0,107	0,151
18	0,101	0,157	0,101	0,157	0,101	0,157	0,101	0,157	0,101	0,157
19	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144
20	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143
21	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144	0,114	0,144
22	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143
23	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145	0,113	0,145
24	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143	0,115	0,143

EK 23. Nisan Ayı için Her Örnekleme Ait Alt ve Üst Kontrol Limitleri (medyan kullanılarak)

Gün	1. Küme için		2. Küme için		3. Küme için		4. Küme için		5. Küme için	
	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL	AKL	ÜKL
1	0,173	0,201	0,300	0,322	0,362	0,382	0,363	0,383	0,354	0,372
2	0,175	0,199	0,301	0,321	0,363	0,381	0,364	0,382	0,355	0,371
3	0,173	0,201	0,300	0,322	0,362	0,382	0,363	0,383	0,354	0,372
4	0,175	0,199	0,301	0,321	0,364	0,380	0,365	0,381	0,356	0,370
5	0,173	0,201	0,299	0,323	0,362	0,382	0,363	0,383	0,354	0,372
6	0,156	0,218	0,286	0,336	0,350	0,394	0,351	0,395	0,344	0,382
7	0,174	0,200	0,301	0,321	0,363	0,381	0,364	0,382	0,355	0,371
8	0,169	0,205	0,296	0,326	0,359	0,385	0,360	0,386	0,352	0,374
9	0,169	0,205	0,297	0,325	0,360	0,384	0,361	0,385	0,352	0,374
10	0,169	0,205	0,297	0,325	0,360	0,384	0,361	0,385	0,352	0,374
11	0,168	0,206	0,296	0,326	0,359	0,385	0,360	0,386	0,351	0,375
12	0,157	0,217	0,287	0,335	0,351	0,393	0,352	0,394	0,345	0,381
13	0,140	0,234	0,273	0,349	0,339	0,405	0,340	0,406	0,335	0,391
14	0,168	0,206	0,296	0,326	0,359	0,385	0,360	0,386	0,352	0,374
15	0,167	0,207	0,295	0,327	0,358	0,386	0,359	0,387	0,351	0,375
16	0,168	0,206	0,296	0,326	0,359	0,385	0,360	0,386	0,352	0,374
17	0,168	0,206	0,295	0,327	0,358	0,386	0,359	0,387	0,351	0,375
18	0,162	0,212	0,291	0,331	0,354	0,390	0,355	0,391	0,348	0,378
19	0,174	0,200	0,301	0,321	0,363	0,381	0,364	0,382	0,355	0,371
20	0,174	0,200	0,301	0,321	0,363	0,381	0,364	0,382	0,355	0,371
21	0,174	0,200	0,300	0,322	0,363	0,381	0,364	0,382	0,355	0,371
22	0,175	0,199	0,301	0,321	0,364	0,380	0,365	0,381	0,356	0,370
23	0,173	0,201	0,300	0,322	0,362	0,382	0,363	0,383	0,354	0,372
24	0,175	0,199	0,301	0,321	0,363	0,381	0,364	0,382	0,355	0,371

EK 24. Nisan Ayı İçin Her Örnekleme Temsil Eden Bulanık Alt Küme Parametreleri

Gün	1. Küme için			2. Küme için			3. Küme için			4. Küme için			5. Küme için		
	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₁	c ₁
1	0,081	0,117	0,358	0,081	0,117	0,785	0,081	0,117	0,999	0,081	0,117	1,000	0,052	0,117	1,000
2	0,093	0,136	0,376	0,093	0,136	0,790	0,093	0,136	0,997	0,093	0,136	1,000	0,062	0,136	1,000
3	0,083	0,122	0,362	0,083	0,122	0,784	0,083	0,122	0,994	0,083	0,122	1,000	0,054	0,122	1,000
4	0,085	0,123	0,363	0,085	0,123	0,788	0,085	0,123	1,000	0,085	0,123	1,000	0,056	0,123	1,000
5	0,077	0,110	0,351	0,077	0,110	0,784	0,077	0,110	1,000	0,077	0,110	1,000	0,049	0,110	1,000
6	0,082	0,121	0,365	0,082	0,121	0,788	0,082	0,121	1,000	0,082	0,121	1,000	0,067	0,121	1,000
7	0,095	0,137	0,375	0,095	0,137	0,791	0,095	0,137	0,999	0,095	0,137	1,000	0,061	0,137	1,000
8	0,092	0,129	0,362	0,092	0,129	0,787	0,092	0,129	1,000	0,092	0,129	1,000	0,040	0,129	1,000
9	0,139	0,202	0,438	0,139	0,202	0,813	0,139	0,202	1,000	0,139	0,202	1,000	0,098	0,202	1,000
10	0,100	0,146	0,387	0,100	0,146	0,796	0,100	0,146	1,000	0,100	0,146	1,000	0,074	0,146	1,000
11	0,094	0,134	0,370	0,094	0,134	0,790	0,094	0,134	1,000	0,094	0,134	1,000	0,051	0,134	1,000
12	0,080	0,114	0,352	0,080	0,114	0,784	0,080	0,114	1,000	0,080	0,114	1,000	0,045	0,114	1,000
13	0,066	0,096	0,342	0,066	0,096	0,781	0,066	0,096	1,000	0,066	0,096	1,000	0,053	0,096	1,000
14	0,095	0,136	0,373	0,095	0,136	0,791	0,095	0,136	1,000	0,095	0,136	1,000	0,056	0,136	1,000
15	0,090	0,130	0,371	0,090	0,130	0,789	0,090	0,130	0,998	0,090	0,130	1,000	0,060	0,130	1,000
16	0,080	0,117	0,359	0,080	0,117	0,786	0,080	0,117	1,000	0,080	0,117	1,000	0,057	0,117	1,000
17	0,078	0,110	0,347	0,078	0,110	0,782	0,078	0,110	1,000	0,078	0,110	1,000	0,038	0,110	1,000
18	0,043	0,082	0,327	0,043	0,082	0,750	0,043	0,082	0,962	0,043	0,082	1,000	0,030	0,082	1,000
19	0,089	0,128	0,369	0,089	0,128	0,790	0,089	0,128	1,000	0,089	0,128	1,000	0,061	0,128	1,000
20	0,095	0,136	0,368	0,095	0,136	0,785	0,095	0,136	0,993	0,095	0,136	1,000	0,039	0,136	1,000
21	0,125	0,184	0,419	0,125	0,184	0,802	0,125	0,184	0,993	0,125	0,184	1,000	0,081	0,184	1,000
22	0,097	0,141	0,376	0,097	0,141	0,789	0,097	0,141	0,995	0,097	0,141	1,000	0,053	0,141	1,000
23	0,090	0,131	0,375	0,090	0,131	0,792	0,090	0,131	1,000	0,090	0,131	1,000	0,070	0,131	1,000
24	0,084	0,120	0,359	0,084	0,120	0,786	0,084	0,120	1,000	0,084	0,120	1,000	0,050	0,120	1,000
Toplam	2,131	3,102	8,843	2,131	3,102	18,920	2,131	3,102	23,930	2,131	3,102	24,000	1,354	3,102	24,000
GMF	0,089	0,129	0,368	0,089	0,129	0,788	0,089	0,129	0,997	0,089	0,129	1,000	0,056	0,129	1,000
δ (GMF)		0,140			0,350			0,454			0,456			0,472	

EK 25. Nisan Ayına Ait Tüm Örneklerin Temsilci Değerleri

Gün	<i>1. Küme için</i>		<i>2. Küme için</i>		<i>3. Küme için</i>		<i>4. Küme için</i>		<i>5. Küme için</i>	
	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan	Mod	Medyan
1	0,117	0,175	0,117	0,300	0,117	0,363	0,117	0,363	0,117	0,353
2	0,136	0,192	0,136	0,313	0,136	0,373	0,136	0,374	0,136	0,364
3	0,122	0,179	0,122	0,302	0,122	0,364	0,122	0,365	0,122	0,355
4	0,123	0,180	0,123	0,304	0,123	0,366	0,123	0,366	0,123	0,357
5	0,110	0,169	0,110	0,296	0,110	0,359	0,110	0,359	0,110	0,350
6	0,121	0,179	0,121	0,303	0,121	0,365	0,121	0,365	0,121	0,359
7	0,137	0,192	0,137	0,314	0,137	0,375	0,137	0,375	0,137	0,363
8	0,129	0,184	0,129	0,309	0,129	0,371	0,129	0,371	0,129	0,353
9	0,202	0,250	0,202	0,359	0,202	0,414	0,202	0,414	0,202	0,400
10	0,146	0,201	0,146	0,320	0,146	0,380	0,146	0,380	0,146	0,371
11	0,134	0,190	0,134	0,312	0,134	0,374	0,134	0,374	0,134	0,359
12	0,114	0,172	0,114	0,298	0,114	0,361	0,114	0,361	0,114	0,349
13	0,096	0,158	0,096	0,286	0,096	0,350	0,096	0,350	0,096	0,346
14	0,136	0,191	0,136	0,313	0,136	0,374	0,136	0,374	0,136	0,361
15	0,130	0,187	0,130	0,309	0,130	0,370	0,130	0,371	0,130	0,361
16	0,117	0,175	0,117	0,300	0,117	0,363	0,117	0,363	0,117	0,355
17	0,110	0,169	0,110	0,296	0,110	0,360	0,110	0,360	0,110	0,346
18	0,082	0,141	0,082	0,264	0,082	0,326	0,082	0,337	0,082	0,333
19	0,128	0,185	0,128	0,308	0,128	0,370	0,128	0,370	0,128	0,360
20	0,136	0,190	0,136	0,312	0,136	0,373	0,136	0,375	0,136	0,356
21	0,184	0,233	0,184	0,345	0,184	0,400	0,184	0,403	0,184	0,388
22	0,141	0,195	0,141	0,315	0,141	0,376	0,141	0,377	0,141	0,362
23	0,131	0,188	0,131	0,310	0,131	0,371	0,131	0,371	0,131	0,364
24	0,120	0,178	0,120	0,302	0,120	0,365	0,120	0,365	0,120	0,353

EK 26. Nisan Ayı için Her Kümeye Ait Orta Çizgiler

	Orta Çizgi	
	<i>Bulanık Mod</i>	<i>Bulanık Medyan</i>
1. Küme	0,129	0,185
2. Küme	0,129	0,308
3. Küme	0,129	0,369
4. Küme	0,129	0,370
5. Küme	0,129	0,359

ÖZGEÇMİŞ

Esra Aytaç, 1980 yılında Çal/Denizli’de doğdu. Denizli Anafartalar Lisesini bitirdikten sonra, 1998’de Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme (İngilizce) Bölümünü kazandı.

2002 yılında Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler A.B.D.’da araştırma görevlisi olarak göreve başladı.

2003 yılında Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsünün İşletme Ana Bilim Dalında yüksek lisansa başladı. Aytaç, halen aynı üniversitede araştırma görevlisi olarak görevine devam etmektedir.