

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TİP-2 BULANIK KÜME YAKLAŞIMI İLE KUSUR SAYISI KONTROL
DİYAGRAMLARININ TASARIMI VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEN BİR
GERÇEK HAYAT UYGULAMASI**

ELİF DEVRİM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. İHSAN KAYA**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİP-2 BULANIK KÜME YAKLAŞIMI İLE KUSUR SAYISI KONTROL
DİYAGRAMLARININ TASARIMI VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEN BİR
GERÇEK HAYAT UYGULAMASI**

Elif DEVRİM tarafından hazırlanan tez çalışması 24.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. İhsan KAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İhsan KAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Fuat GÜNERİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Abit BALİN
İstanbul Üniversitesi



Bu çalışma aynı zamanda TUBITAK tarafından 119K408 numaralı “Yeni Bulanık Mantık Yaklaşımlarının İstatistiksel Kalite Kontrol Üzerine Etkileri” isimli proje kapsamında desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında, otomotiv sektöründe süreç kontrol amacı ile birim başına düşen kusur sayısındaki değişimleri izlemek için belirsizlik koşulları altında daha iyi sonuç veren bulanık mantık Tip-2 u ve c kontrol diyagramları kullanılarak analiz edilmiştir. Tez çalışmalarımda, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. İhsan Kaya'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca öğrenim hayatımda bana hep destek olan değerli aileme çok teşekkür ederim.

Temmuz, 2019

Elif DEVRİM

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
ABSTRACT.....	xvi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	1
1.4 Kalite ve Kalite Kontrolü Kavramı	2
1.5 Kalitenin Tarihsel Gelişimi.....	4
1.6 Kalite Kontrol Sistemi.....	8
1.7 İstatistiksel Kalite Kontrol	10
BÖLÜM 2	
KONTROL DİYAGRAMLARI	13
2.1 Nicel özellikler için kalite kontrol diyagramları.....	18
2.1.1 $\bar{x}$ (ortalama) kontrol diyagramı	19
2.1.2 R (Değişim Aralığı) Kontrol Diyagramı	20
2.1.3 S (Standart Sapma) Kontrol Diyagramı	20
2.1.4 X (Birimler) Kontrol Diyagramı.....	20
2.1.5 I-MR Kalite Kontrol Diyagramı	21
2.1.6 CUSUM Kalite Kontrol Diyagramları	22
2.1.7 EWMA Kontrol Diyagramları	24
2.2 Nitel özellikler için kalite kontrol diyagramları	24
2.2.1 u Kontrol Diyagramı.....	24

2.2.2	c Kontrol Diyagramı	25
2.2.3	p Kontrol Diyagramı	25
2.2.4	np Kontrol Diyagramı	25
2.3	Kontrol Diyagramlarında Performans Ölçüleri	26
BÖLÜM 3		
BULANIK MANTIK		28
3.1	Bulanık Kümeler	29
3.2	Üyelik Fonksiyonları	30
3.2.1	Üçgen Üyelik Fonksiyonu	31
3.2.2	Yamuk Üyelik Fonksiyonu	32
3.2.3	Gauss Üyelik Fonksiyonu	32
3.2.4	Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu	33
3.3	Bulanık Kümelerde Mantıksal İşlemler	33
3.3.1	Bulanık Kümelerin Birleşimi	33
3.3.2	Bulanık Kümenin Kesişimi	34
3.3.3	Diğer Bulanık Küme Özellikleri	34
3.4	Bulanık Aritmetik İşlemler	35
3.5	Bulanık Kümelerle ilgili Kavramlar	36
3.5.1	Normallik	36
3.5.2	α -Kesim Kümesi	37
3.5.3	Dışbükeylik	38
3.5.4	Geçiş Noktası	39
3.5.5	Düzey Kümesi	39
3.6	Durulaştırma	39
3.6.1	En Büyük Üyelik İlkesi	39
3.6.2	Alan Merkezi Yöntemi	40
3.6.3	Ağırlıklı Ortalama Yöntemi	40
3.6.4	Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi	41
3.6.5	Toplamların Merkezi Yöntemi	41
3.6.6	En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi	41
3.6.7	İlk En Büyük ve Son Üyelik Derecesi Yöntemi	42
BÖLÜM 4		
LİTERATÜR ÖZETİ		44
BÖLÜM 5		
TİP-2 BULANIK KONTROL DİYAGRAMI		60
5.1	Tip-2 bulanık kümeler	60
5.2	Tip-2 Üyelik Fonksiyonları	61
5.3	Tip-2 Aralık Bulanık Kümeler	63
5.4	Tip-2 Aralık Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler	64
BÖLÜM 6		
TİP-2 BULANIK KONTROL DİYAGRAMLARI		67

6.1	Tip-2 Bulanık c kontrol diyagramı	67
6.2	Tip-2 Bulanık u kontrol diyagramı.....	70
6.3	Tip 2 Bulanık kusur sayısı kontrol diyagramı durulaştırma yöntemi	72
BÖLÜM 7		
OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA		74
7.1	Tip-2 c bulanık diyagram uygulama	77
7.2	Tip-2 u bulanık diyagram uygulama.....	86
7.2.1	Tip-2 bulanık u diyagramı fren hortumu örneği	86
7.2.2	Tip-2 bulanık u diyagramı soğutma hortumu örneği.....	96
BÖLÜM 8		
SONUÇ VE ÖNERİLER		104
KAYNAKLAR.....		106
EK-A		
TİP-2 U KONTROL DİYAGRAMI FREN HORTUMU UYGULAMA VERİLERİ		113
EK-B		
TİP-2 C KONTROL DİYAGRAMI METAL BORU UYGULAMA VERİLERİ		122
EK-C		
TİP-2 U KONTROL DİYAGRAMI SOĞUTMA HORTUMU UYGULAMA VERİLERİ.....		132
ÖZGEÇMİŞ		138

SİMGE LİSTESİ

σ	Standart sapma
μ	Süreç ortalaması
$\bar{x}$	Ortalama
$\bar{R}$	Değişim aralığı ortalaması
$\bar{s}$	Standart sapmaları ortalaması
R	Değişim aralığı
U	Birime düşen kusur sayısı
$\bar{u}$	Birime düşen kusur sayısı ortalaması
c	Kusur sayısı
$\bar{c}$	Kusur sayısı ortalaması
p	Kusurlu oranı
$\bar{p}$	Kusurlu oranı ortalaması
$\mu_A(x)$	Üyelik fonksiyonu
$\bar{u}_A(x)$	A kümesinin üyelik derecesi
$\tilde{A}$	Tip-1 bulanık küme
$\tilde{\tilde{A}}$	Tip-2 bulanık küme
$\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x)$	Tip-2 bulanık Küme $\tilde{\tilde{A}}$ 'ya Ait Üyelik Fonksiyonu

KISALTMA LİSTESİ

AKL	Alt Kontrol Limiti
ARL	Ortalama Kosum Uzunluğu(Average Run Length)
ATS	İlk Sinyale Kadar Geçen Ortalama Zaman (Average Time to Signal)
ASQC	Amerikan Kalite Kontrol Kurumu
BAİ	Belirsizlik ayak izi
BNP	En iyi bulanık olmayan performans değeri - Best nonfuzzy performans value
CUSUM	Kümülatif Toplam(Cumulative Sum)
EWMA	Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama(Exponenetially weighted moving average)
FMEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi
IATF	Uluslararası Otomotiv İş Gücü
IKK	İstatistiksel kalite kontrol
IPK	İstatistiksel Süreç Kontrol
ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu
JIS	Japon Standartlar Enstitüsü
MÇ	Merkez Çizgi
MR	Hareketli Genişlik (Moving range)
ÜKL	Üst Kontrol Limiti
QFD	Kalite Fonksiyon Göçerimi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kalite Kontrol Limitlerini Gösteren Diyagram.....	14
Şekil 2.2 30 Birimlik bir veri setine ait örnek kalite kontrol diyagramı	15
Şekil 2.3 Noktaların dağılma yüzdeleri	17
Şekil 2.4 Kalite kontrol diyagramları	18
Şekil 2.5 CUSUM karar sınırları için V maskesinin düzenlenişi.....	23
Şekil 3.1 Bulanık küme ile klasik kümenin karşılaştırılması.....	30
Şekil 3.2 Üyelik fonksiyonlarının alabildiği değişik şekiller	31
Şekil 3.3 Üçgen Üyelik Fonksiyonu	31
Şekil 3.4 Yamuk Üyelik Fonksiyonu	32
Şekil 3.5 Standart Gauss Fonksiyonu	32
Şekil 3.6 A ve B bulanık kümelerinin birleşimi	34
Şekil 3.7 A ve B bulanık kümelerinin kesişimi	34
Şekil 3.8 Normal Bulanık Küme	37
Şekil 3.9 Normal Olmayan Bulanık Küme.....	37
Şekil 3.10 Bir $\tilde{n}$ bulanık sayısı	37
Şekil 3.11 α kesimlerini içeren $\tilde{n}$ bulanık sayısı	38
Şekil 3.12 Dışbükey küme örnek	38
Şekil 3.13 Dışbükey olmayan küme örnek	38
Şekil 3.14 En büyük üyelik derecesi ile durulaştırma.....	39
Şekil 3.15 En Büyük Üyelik Derecesi ile Durulaştırma	40
Şekil 3.16 Alan Merkezi Yöntemi ile Durulaştırma	40
Şekil 3.17 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ile Durulaştırma.....	41
Şekil 3.18 Ortalama En Büyük Durulaştırma Yöntemi ile Durulaştırma.....	41
Şekil 3.19 En Büyük Alanın Merkezi Yöntemine Göre Durulaştırma	42
Şekil 3.20 En Büyük İlk ve Son Üyelik Dereceleri Yöntemi ile Durulaştırma	42
Şekil 3.21 En Büyük İlk ve Son Üyelik Dereceleri Yöntemi ile Durulaştırma	43
Şekil 4.1 Kullanılan diyagrama göre Tip 1 bulanık mantık çalışmaları	56
Şekil 4.2 Yayınlanan Dergiye Göre Tip 1 Bulanık Mantık Diyagramları Çalışmaları	57
Şekil 4.3 Sektöre göre Tip 1 Bulanık Mantık Diyagramları Çalışmaları	58
Şekil 5.1 a) Tip-1 bulanık küme, b)Belirsizliklerin etkisi, c) Tip-2 bulanık küme	60
Şekil 5.2 Tip-2 bulanık kümenin belirsizlik taban alanı, alt ve üst üyelik fonksiyonları	61
Şekil 5.3 Tip-2 yamuk aralık bulanık sayı üyelik fonksiyonu.....	64
Şekil 6.1 Tip-2 u kontrol diyagramı gösterimi	72
Şekil 7.1 Su enjeksiyonu teknolojisi ile üretilen parçalar	75
Şekil 7.2 Blowmolding teknoloji ile üretilen parçalar	75

Şekil 7.3	Hızlı bağlantı parçaları	76
Şekil 7.4	Thermoformik parçalar	76
Şekil 7.5	Fren hortumu parçaları.....	76
Şekil 7.6	Metal borular	77
Şekil 7.7	Isıtma-Soğutma hortumları.....	77
Şekil 7.8	Tip-2 Bulanık c kontrol diyagramı	84
Şekil 7.9	c kontrol diyagramı	85
Şekil 7.10	Tip-2 Bulanık u kontrol diyagramı	94
Şekil 7.11	u kontrol diyagramı	95
Şekil 7.12	Tip-2 Bulanık u kontrol diyagramı	101
Şekil 7.13	u kontrol diyagramı	102



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1	Bulanık Çalışmaların Analizi	53
Çizelge 4.2	Yayınlanan Dergiye Göre Tip 1 Bulanık Mantık Diyagramları Çalışmaları ..	58
Çizelge 6.1	Tip-2 bulanık c sayıları	68
Çizelge 6.2	Tip-2 bulanık u sayıları	70
Çizelge 7.1	Metal boru hata türleri	78
Çizelge 7.2	Bulanık Tip-2 c diyagramı kusur olma durumu	78
Çizelge 7.3	Kusur durumu bulanıklılık değerleri	79
Çizelge 7.4	Kusur durumu dilsel değişkenleri	80
Çizelge 7.5	İlk alınan 20 adet örneğin kusur sayısı değerlendirilmesi.....	81
Çizelge 7.6	Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri.....	82
Çizelge 7.7	Bulanık üst ve alt üyelik fonksiyonu referans değerleri	83
Çizelge 7.8	Tip-2 bulanık c diyagramı limit değerleri	83
Çizelge 7.9	Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri.....	84
Çizelge 7.10	Tip-2 bulanık c kontrol diyagramı süreç kontrol durumu.....	85
Çizelge 7.11	c kontrol diyagramı süreç kontrol durumu.....	86
Çizelge 7.12	Fren hortumu hata türleri	87
Çizelge 7.13	Hata türlerinin ağırlıklandırılması	88
Çizelge 7.14	Hata sınıfları ikili karşılaştırma.....	89
Çizelge 7.15	Bulanık Tip-2 u diyagramı kusur olma durumu	89
Çizelge 7.16	Kusur durumu bulanıklılık değerleri	90
Çizelge 7.17	Kusur durumu dilsel değişkenleri	90
Çizelge 7.18	İlk alınan 20 adet örneğin kusur değerlendirilmesi	91
Çizelge 7.19	Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri	92
Çizelge 7.20	Bulanık üst ve alt üyelik fonksiyonu referans değerleri	93
Çizelge 7.21	Tip-2 bulanık u diyagramı limit değerleri	93
Çizelge 7.22	Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri	94
Çizelge 7.23	Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu	95
Çizelge 7.24	u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu	96
Çizelge 7.25	Hata türlerinin ağırlıklandırılması	97
Çizelge 7.26	Kusur durumu dilsel değişkenleri	98
Çizelge 7.27	İlk alınan 20 adet örneğin kusur değerlendirilmesi	98
Çizelge 7.28	Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri	99
Çizelge 7.29	Bulanık üst ve alt üyelik fonksiyonu referans değerleri	100

Çizelge 7.30 Tip-2 bulanık u diyagramı limit değerleri	100
Çizelge 7.31 Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri	101
Çizelge 7.32 Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu	102
Çizelge 7.33 u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu	103
Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi.....	113
Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi.....	122
Çizelge C.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi.....	132



**TİP-2 BULANIK KÜME YAKLAŞIMI İLE KUSUR SAYISI KONTROL
DİYAGRAMLARININ TASARIMI VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEN BİR
GERÇEK HAYAT UYGULAMASI**

Elif Devrim

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İhsan KAYA

İstatistiksel süreç kontrol (İSK) süreçlerin değerlendirilmesi, ürün kalitesinin geliştirilmesi, yeniden işleme ve ıskartaların azaltılması için kullanılan oldukça etkin bir yaklaşımdır. İSK, süreç varyasyonundaki özel nedenleri belirlemek ve süreç için belirli bir düzeltici faaliyetin gerekliliğinin sinyalini vermek için üretim sürecinin kontrol diyagramları ile denetlenmesine dayanmaktadır. İSK aracılığıyla üretimde yüksek adetlerde hatalı ürün üretilmeden hataların sebepleri bulunabilir ve gerekli aksiyonlar önerilebilir. Değişkenliğin belirlenmesi, bir süreçte maliyeti ve kaliteyi etkiler. Yüksek hurda oranını, yeniden işleme maliyetini ortadan kaldırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak için, kontrol diyagramları bir sürecin üretim ortamında kontrol altında mı yoksa kontrol dışı mı olduğunu belirlemek için en önemli araçtır.

Eğer kalite karakteristikleri nümerik değerler ile ifade edilemiyorsa (görünüm, yumuşaklık, renk vb.), bu tür kalite özelliklerinin bağımsız olarak izlenmesi çok aldatıcı olabilir. Bu sebeple nitel özellikler için kontrol diyagramları kullanılır.

Klasik kontrol diyagramları teorisi, tüm verilerin tam olarak bilinmesini gerektirir. Ancak bu sürecin herhangi bir şekilde belirsizlik içermesi durumunda klasik kontrol diyagramları yetersiz kalabilmektedir. Bulanık küme teorisinin ana katkısı, belirsiz verileri temsil etme kabiliyetidir. Bulanık kümeler, belirsiz olan veya iyi tanımlanmayan

durumlarla başa çıkmada sistematik bir temel sunar. Bu amaçla kontrol diyagramları bulanık küme teorisi ile beraber kullanılmaktadır.

Tip-1 bulanık kümelerde o kümelere ait elemanların üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında değerler almaktadır ancak Tip-2 bulanık kümelerde üyelik dereceleri de bir bulanık küme belirttiği üyelik fonksiyonu ile ifade edilmektedir. Bir elemanın bir kümeye üyeliğinin 0 veya 1 olduğunun bilindiği durumda Tip-1 bulanık küme kullanılmakta ve eğer elemanların üyelik dereceleri tam olarak bilinmiyor ise Tip-2 bulanık kümeler kullanılmaktadır. Tip-2 bulanık kümelerde üyelik dereceleri de bir bulanık küme içerdiğinden belirsizliklerin etkisi daha fazla azaltılmaktadır. Bu sebeple endüstri de değerlendirmenin kişiden kişiye değiştiği durumlarda dilsel verilerin yorumlanmasında Tip-2 bulanık kümelerin kullanımı hassasiyet ve esnekliği arttırmaktadır. Bu amaçla kontrol diyagramlarının tasarımı ve kullanımı için Tip 2 bulanık küme yaklaşımı analiz edilmiştir. Bu doğrultuda kusur sayısı kontrol diyagramları incelenmiştir.

Bu tez kapsamında c ve u Tip-2 bulanık kontrol diyagramları formülasyonu oluşturulmuş olup, bulanık c ve u kontrol diyagramları ile bir otomotiv firmasından alınan kalite kontrol değerleri BNP yöntemi ile durulaştırılmış ve sürecin kontrol altında olup olmadığı analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre tip-2 bulanık kontrol diyagramlarının daha hassas ve etkili sonuç verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bulanık kontrol diyagramları, İstatiksel süreç kontrol, Tip-2 bulanık küme, u kontrol diyagram, c kontrol diyagram

ABSTRACT

DESIGN OF CONTROL CHARTS FOR NONCONFORMITIES BASED ON TYPE-2 FUZZY SETS AND A REAL CASE APPLICATION IN AUTOMOTIVE SECTOR

Elif DEVRİM

Department of Industrial Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. İhsan KAYA

Statistical process control (SPC) is an effective tool to evaluate processes, to improve the product quality and reduce rework and scraps. The SPC relies on the use of control charts to monitor a manufacturing process for identifying special causes in the process variation and signaling the necessity of a certain corrective action for the process so that their causes can be found and the necessary corrective action can be taken before a large quantity of nonconforming products are manufactured. The determination of variability affects the cost and the quality in a process. To eliminate high scrap ratio, rework cost and to ensure customer satisfaction, control charts are the most important tool to determine whether a process is in-control or out-of-control in a production environment.

If the quality-related characteristics cannot be represented in numerical form, such as characteristics for appearance, softness, color, etc., monitoring such quality characteristics independently can be very deceptive. Therefore control charts for attributes are used.

The theory of classical control charts requires all the data to be exactly known. The major contribution of the fuzzy set theory (FST) is its capability of representing vague data. The fuzzy sets offers a systematic base in dealing with situations, which are ambiguous or not well defined. Fuzzy control charts are utilised in the case of vague data is used as real valued interpretations of uncertainty. For this purpose, control diagrams are used together with fuzzy set theory.

In Type-1 fuzzy sets named classical fuzzy sets, the membership degrees of the elements belonging to those sets are in the range $[0,1]$. But in the Type-2 fuzzy sets, membership degrees are expressed by a fuzzy set. Type-1 fuzzy cluster is used in case a membership to a cluster is known to be 0 or 1, and Type-2 fuzzy sets are used if the membership's degrees are not fully known. The impact of uncertainties is further reduced as membership degrees in a type-2 fuzzy set also include a fuzzy set. For this reason, the use of Type-2 fuzzy sets in the interpretation of linguistic data increases the sensitivity and flexibility in the industry where the assessment varies from person to person. For this aim, usage of type 2 fuzzy set on control charts has been analysed in this thesis. We analysed control charts for nonconformities.

By the way, the formulation of the $\bar{u}$ and $\bar{c}$ control diagrams based on type-2 fuzzy sets have been created and the control results that are received from automotive company have been defuzzificated with best nonfuzzy performance value (BNP) method and the process has been analysed to understand that process is under control or not. According to result of the analysis, it was determined that Type-2 fuzzy control charts based on type-2 fuzzy sets provide more effective and sensitive values.

Keywords: Fuzzy control diagram, Statistical process control, Type-2 fuzzy cluster, $\bar{u}$ control chart, $\bar{c}$ control chart

1.1 Literatür Özeti

Belirsizlik altındaki durumlarda karar analizleri genellikle olasılık teorisi ve/veya bulanık kümeler teorisi kullanılarak yapılmaktadır. İşletmelerde dilsel veriler ile ifade edilen durumlar için sürecin kontrol altında olup olmadığını anlamak adına bulanık kontrol diyagramları kullanılmaktadır. Bulanık kontrol diyagramları ile ilgili olarak literatürde hem yurtiçi hem de yurtdışında birçok araştırma yapılmıştır. Bu bağlamda Bölüm 4’de Tip-1 ve Tip-2 bulanık kontrol diyagramlarına ilişkin 2010-2019 yılları arasında yapılmış olan toplamda 51 adet çalışma incelenmiş ve detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Belirsiz, kesin olmayan veya dilsel anlatımlar içeren durumlarda işletmelerde bulanık kümeler teorisinin kullanılması kaçınılmazdır. Tez kapsamında incenen literatür araştırmaları analiz edildiğinde Tip-1 bulanık kontrol diyagramların birçok farklı sektörde uygulamasının yapıldığı görülmüştür. Ancak yapılan incelemelerde Tip-2 bulanık kontrol diyagramlarından sadece c kontrol diyagramına dair uygulama yapıldığı görülmüştür. Bu tezin amacı, Tip2 bulanık c ve u kontrol diyagramlarının geliştirilmesi ve otomotiv sektöründe gerçek bir uygulama yapılmasıdır.

1.3 Hipotez

Klasik kontrol diyagramları teorisi, tüm verilerin tam olarak bilinmesini gerektirir. Ancak bu sürecin herhangi bir şekilde belirsizlik içermesi durumunda klasik kontrol diyagramları yetersiz kalabilmektedir. Belirsizlik altındaki durumlarda bulanık kontrol

diyagramlarının kullanımının sürecin kontrol altında olup olmadığı hakkında daha etkili ve doğru sonuç verdiğini göstermek amacı ile tez kapsamında Tip-2 u ve c kontrol diyagramları kullanılarak gerekli analizler yapılmıştır.

1.4 Kalite ve Kalite Kontrolü Kavramı

Günümüzde kalite kavramıyla oldukça sık karşılaşılmaktadır ve bu kavram çeşitli yayınlarda sanayide ve uygulamada farklı şekilde kullanılmaktadır [1].

Kalite, günümüzde işletmeler tarafından stratejik bir kavram haline gelirken, tüketiciler tarafından tercihleri belirleyen ana unsurlardan biri haline gelmiştir.

Geleneksel anlamda yaklaşıldığında kalite kavramı standartlara uyum ya da fonksiyonlara uygunluk olarak ele alınmaktadır. Ancak günümüzde kalite kavramı bu tanımlara sığmayacak derecede yeni boyutlar kazanmıştır. Günümüzde, kalite kavramı, günlük konuşmalardaki dağınıklığından kurtarılmış, dar tanımlama kalıplarından çıkarılmış, esnek ve dinamik bir çerçeve içine yerleştirilmiştir.

Kalite anlayışı tüketicinin karakteristikleri, sosyal konumu ve ekonomik durumuna bağlı olarak değişebilen, farklı gereksinim ve beklentiler doğrultusunda biçimlenebilen öznel bir kavramdır. Gereksinimler, beklentiler, sosyal ve ekonomik çevre, kültürel ve dini yapı, gelenekler, ekonomik düzey, teknoloji, iklim, coğrafya, eğitim, genel toplumsal yargılar, kalitenin müşteri tarafından algılanmasını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir. Bu nedenle kalitenin standart bir tanımı bulunmamakta, kullanıcı gereksinimleri ve beklentileri ve bu gereksinim ve beklentilerin değişkenliğine göre çok farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bu tanımların bir kısmı şu şekildedir: [2]

- Kalite, kullanıma uygunluktur. (Dr. Joseph M. Juran).
- Kalite şartlara uygunluktur. (Philip B. Crosby).
- Kalite, ürün veya hizmeti ekonomik bir yoldan üreten ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemidir. (Japanese Industrial Standards – Japon Standartlar Enstitüsü - JIS)
- Kalite, bir ürün ya da hizmetin, belirli bir ihtiyacı karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür. (American Society of Quality Control - Amerikan Kalite Kontrol Kurumu - ASQC).

- Kalite, bir ürün veya hizmetin belirlenen veya doğabilecek gereksinimleri karşılama yeteneğine dayanan özelliklerin toplamıdır. (International Organization for Standardization 9005 - Uluslararası Standart Organizasyonu - ISO)
- Kalite, bir ürün ya da hizmetin, tüketicinin isteklerine uygunluk derecesidir. (ISO8402)

David A. Garvin, kaliteyi belirgin ve ölçülebilen parametreleri kullanan stratejik bir model ile tanımlamaya çalışmıştır. Garvin kalite tanımı konusunda aşağıdaki sekiz boyutu önermektedir [3]:

1. Performans: Bir ürünün temel işletim özellikleridir. Bir otomobil için bunlar; otomobilin hızı, konforu, yakıt tüketimi, taşıma kapasitesi olabilir. Temel anlamda, tüketicinin beklediği özelliklerdir.

2. Özellikler: Müşteri tarafından ikincil önem derecesine sahip, görünen ürün veya hizmet konularıdır. Ürünün temel özelliklerine ek olarak sunulan özelliklerdir. Bir uçuşta sunulan yemek hizmeti gibi. Bir kol saati için bu, standart bir saat üzerine dört farklı renkli bandın eklenmesidir.

3. Güvenilirlik: Bu boyut, bir ürünün belirli bir zaman aralığı içinde fonksiyonlarını yerine getirememesi ihtimalini gösterir. Ürünün satın alındıktan ne kadar süre sonra bozulduğu veya bozulma süreleri arasındaki süre gibi kriterlerle ölçülebilir.

4. Uygunluk: Bir ürünün tasarım veya işletim özelliklerinin, belirlenen standartları karşılama derecesidir. Bir otomobilin yakıt tüketiminin belirlenen seviyenin çok üzerinde olmaması.

5. Sağlamlık-Dayanıklılık: Bir ürünün, değiştirilmesi veya yenilenmesi gereken zamana kadar kullanım miktarı veya süresidir. Ürünün yaşam süresini ifade eder. Ekonomik ve teknik boyutta incelenebilir.

6. Servis Hizmetleri: Ürünün gerektirebileceği hizmetler için (örneğin tamir) hız, nezaket, dürüstlük ve hizmetin her an bulunabilir olmasıdır.

7. Estetik: Kalitenin subjektif özelliklerinden biridir. Bir ürünün görünüşü, verdiği hisler, sesi, tadı veya kokusu gibi özelliklerdir.

8. Algılanan Kalite: Bir müşterinin bir ürün veya bir marka üzerinde sahip olduğu fikir ve düşüncelerdir. Yine subjektif bir niteliğe sahiptir. Ünlü bir modacının ismini taşıyan bir elbise, müşteriye, benzer fakat daha az tanınmış bir modacının elbisesinden daha az çekecektir.

Kalite bir anlamda kabul edilebilir bir maliyette, değişkenliğin kontrolünü sağlayarak elde edilen mükemmelliğin derecesidir. Belirli özelliklerin tatmin edici düzeyde olması standartlara uygunluğu gerektirdiğinden kalitenin sağlanması kontrol sorununu da beraberinde getirir. Dolayısıyla kaliteyi istenilen düzeyde tutabilmek için firmalar “Kalite Kontrol” kavramından faydalanırlar.

1.5 Kalitenin Tarihsel Gelişimi

Kalitenin tarihsel olarak gelişimine baktığımızda ilk olarak Taylor sisteminin doğuşunun incelenmesi gerekmektedir. 18. yüzyılda başlayan Sanayi Devrimine kadar, üretim ve hizmet sistemleri ustalığa dayalı olarak yürütülüyordu. Ustalar ve onlar gözetimindeki işçiler bir mal veya hizmeti baştan sona üretebiliyordu. 19. yüzyıl sonlarına doğru sanayi devrimi iyice hızlandığından ve işgücü ihtiyacı giderek arttığından yeni ustalar yetiştirmek kolay olmamış ve işlerin işçilere dağıtılmasında bir o kadar zor olmaya başlamıştır. 20 yüzyılın hemen başında Frederic Winslow Taylor isimli A.B.D.’li bir mühendis Bilimsel Yönetim ya da Taylor yönetimi adı ile bilinen yönetimi geliştirmiştir. Bu sistemin esası, mevcut işlerin uzmanlar tarafından etraflı bir şekilde incelenerek basit, kısa, tekrarlanabilir parçalara bölünmesi ve gereksiz hareketlerin ortadan kaldırılması şeklinde oluşturulmuştur. İş ve zaman etüdü olarak bilinen bu yöntem işleri basitleştirdiğinden ve öğrenilmesi kolaylaştırdığından o dönemin az eğitilmiş işçileri için bile uygundu ve yetişmesi güç ustalara olan bağımlıları azaltıyordu. Ayrıca eskiden bir işi bir tek kişi veya küçük bir grup yaptığından o işin kalitesinden onlar sorumlu oluyordu fakat yeni sistemde işlerin kişilere dağıtılması sonucunda çıkan işin kalitesinden sorumlu insanlarda gereksinim çıktı ve böylece üretim ve kalite fonksiyonları birbirinden ayrılmış oldu [4].

Taylor’un dahil olduğu Geleneksel (Klasik) Kuram iki ana fikir etrafında örgülenmiştir. Birincisi, rutin işlerin görülmesinde insan unsurunun makinelere ek olarak etkin bir şekilde nasıl kullanılabileceği; ikincisi ise formel örgüt yapısının nasıl oluşturulacağıdır.

Taylor'un Bilimsel Yönetim Yaklaşımı birinci fikir, Yönetim Süreci Yaklaşımı ve Bürokrasi Yaklaşımı ikinci fikir üzerine yoğunlaşmışlardır [5]. Geleneksel Kuram sürekli olarak, açık ve seçik olarak belirlenmiş bir örgüt yapısı ve otorite ilişkileri ile etkinlik ve verimliliğin nasıl artırılabilceği konusunu işlemiştir. Söz konusu yaklaşımlar, etkinlik ve verimliliğin artırılması için hangi ilkelere uyulması gerektiğini araştırmışlar, en iyi örgüt yapısı ve yönetim tarzı için uyulması gereken ilkeleri belirlemeye çalışmışlar ve bu ilkelere uyulduğu takdirde etkinlik ve verimliliğin artacağını ileri sürmüşler ve bu ilkelerin her örgütte ve her yerde geçerli olduğunu savunmuşlardır [6]. Taylor'un içinde bulunduğu Geleneksel Kuramın verimlilik artışını sağlaması olumsuzlanırken, insana/emeğe bakışının olumsuzluğu eleştirilmiştir [7].

20.yüzyılın başlarına gelindiğinde yaşanan bir başka gelişme Taylor yönteminin uygulanmasını çok daha ileri noktalara götürmüştür. Otomobil sanayiinde Henry Ford belirli toleranslar içinde birbirinin aynı olan parçaları üretmeyi başarmış ve dünyada ilk olarak 1913'de Detroit'de Highland Park Fabrikası'nda yürüyen Montaj bandını gerçekleştirmiştir. Böylece bir Ford montajcısının ortalama görevi 8.5 saat iken bu süre 1.19 dakikaya inmiştir.

Taylor sistemi aynı zamanda işletmelerde bazı sorunlara da yol açmıştır. Sistem insanları belli bir işin bir parçasını yapan makine yerine koyuyordu. İşçiler için kariyer yapma olanağı, dolayısıyla gelecek için bir umut kalmamıştı. Taylor sistemi hareketlerle beraber işleri standart hale getirmişti. Bazı işletmelerde işçilere yaptıkları iş miktarına göre ücret ödeniyordu. Üretim miktarına göre ücret alan işçiler için kalite değil, üretilen miktar önemli olmuştu. Dolayısıyla sistem mümkün olduğunda çok üretmeye çalışan, işin bütününe değil çok küçük bir parçasını tanıyan, yaptığı işten zevk almayan işçiler ve onların yaptığı işi denetleyen iyi ya da kötü olarak ayırmaya çalışan kalite kontrolülerin olduğu bir hale dönüşmüştü. Bu da üretim sistemlerinin verimliliğini ve ürünlerin kalitesini olumsuz önde etkilemiştir [8].

1930'lu yıllara gelindiğinde hatalı ürünler ile hatasızların ayrılması şeklinde yapılan denetim ile kaliteye hakim olunamayacağı bazı A.B.D.'li uzmanlarca fark edilmiştir. Varılan nokta şuydu: üretilen ürünlerde ortaya çıkan hata bir sonuçtur. Hatayı yaratan nedenler, o ürünü üreten üretim sürecinin içindedir ve bu sebeple bitmiş ürünü denetlemek yerine üretim sürecini kontrol altına alarak, hataya neden olabilecek

unsurları teşhis etmek ve bunları hatalara neden olmadan ortadan kaldırmak gerekir. Bu mantıkla Dr.Walter ve A.Shewhart, süreçleri kontrol altına alabilmek için istatistiksel süreç kontrolün temellerini 1924 yılında A.B.D.'de Bell Laboratuvarlarında atmıştır. Aynı yıllarda Dr.Deming ve Dr.Walter, A.Shewhart birlikte çalışmışlardır. Shewhart'ın teorileri Dr.Deming'in teorilerinin esasını oluşturmuştur.

1941 yılı itibari ile Dr.Deming ve ekibi savaşla ilgili mallar üreten ve bunların ticaretini yapan kişilere istatistiksel süreç kontrol eğitimleri vermiştir. Bu teknikler sayesinde savaş ürünlerinin kalite ve verimliliği oldukça artmıştır.

2. dünya savaşı sonrası ise kalite anlamında en büyük gelişmeler Japonya'da olmuştur. Japonya savaş sonrasında yenik ve ekonomisi çökmüş bir ülke idi. Amerikalılar Japonya'yı işgal ettiklerinde karşılaştıkları en büyük sıkıntı Japon telefonları ile iletişim kurmanın güçlüğüydü. Amerikan işgal kuvvetleri haberleşme sorununu ortadan kaldırmak adına Japon telefon endüstrisine modern kalite kontrol yöntemleri kullanma emrini verdiler ve bu emir Japonya'da istatistiksel kalite kontrolün başlangıcı olmuştur. Japon bilim adamları ve mühendisleri birliği (JUSE) Amerikan ve İngiliz standartlarını Japonya'ya çevirerek eğitimler vermeye başlamışlardır. Ancak bu eğitimler yeterli olmayınca 1950'de Dr.Deming Japonya'ya gelerek onlara pek çok yeni istatistiksel kavram ve uygulama tanıtmıştır. JUSE kalite geliştirme çalışmalarını içtenlikle destekledi ve 1951 yılında Deming ödülünü koydu ve kişisel ve kuruluş bazında kalite ödülleri verilmeye başlandı [9].

JUSE ve Keidanren (Japon Ekonomik Organizasyon Federasyonu) yine kalite konusunda A.B.D.'nin önde gelen uzmanlarından Dr.Joseph ve M.Juran'ı 1954 yılında Japonya'ya davet etmişlerdir. Dr.Juran kalite yönetim sanatının ilkeleri konusunda Japon yöneticilere eğitimler verip onları etkilemiştir. Kalite Kontrol'un yalnız işletme düzeyinde uygulanacak bir teknik olmayıp, bir yöntem tekniği ve felsefesi olduğu bu eğitimlere daha iyi anlaşılmıştır.

Dr.Juran 1993 yılında yazdığı bir makalede, o yıllarda karşılaştığı dinleyici düzeyi ile (140 genel müdür ve 300 üst düzey yönetici) hayatı boyunca bir daha karşılaşmadığını belirtmiştir [8]. Bu gelişmeler Japonya'da toplam kalite kontrole giden yolu açmıştır.

1950'li yıllarda genç bir Japon mühendis olan Eiji Toyoda, Ford'un Rouge fabrikalarında uzun incelemeler yaparak kendi üretim hatlarında mevcut olan problemleri anlamaya çalışmıştır. Çünkü o dönemde Rouge fabrikalarında günde 7000 otomobil üretilmesine karşılık Toyota firması 1950'de bütün bir yıl boyunca 2685 otomobil üretebilmişti. Toyota'lı mühendisler bu ziyaret sonrasında öncelikle firmalarında 1 gün süren kalıp değişim süresini kısaltmaya çalışmışlardır. 1950'lerin sonunda 1 günlük süre 3 dakikaya inmişti. Ayrıca yalın üretim, ilk seferde doğru yap, yan sanayilerde parça geliştirilmesi, tam zamanında üretim kavramları doğmuş ve uygulanmaya başlanmıştır.

1960'lı yıllara gelindiğinde Toplam kalite kontrol kavramında Japonlar oldukça yol almıştır. Japonlar çalışanları arasında kalite bilincini geliştirmek için 1962 yılında „Ustabaşı için Kalite Kontrol“ dergisi (GEMBATO-OC) yayınlanmaya başlamıştır ve kalite kontrol çemberleri oluşturulmaya başlanmıştır [10].

1960'lı ve 1970'li yıllara gelindiğinde dünyada iki kalite anlayışı hüküm sürmüştür. Başını batı dünyasının çektiği klasik kalite anlayışı ve Japonya'nın gösterdiği ekonomik mucizenin temel unsurlarından biri olan toplam kalite kontrol. Bu yıllarda İSK'nın yanı sıra kalite fonksiyon yayılımı(QFD), hata türleri ve etkileri analizi(PFMEA), istatistiksel deney tasarımı gibi toplam kalite kontrol tekniklerinin kullanımı Japonya'da gelişmiştir. 1960'lı yıllarda bilinen ürün kontrol yöntemleri ile istenen kalite düzeyine ulaşılamayacağı anlaşılmış ve tedarikçi kalite sistemleri sorgulanmaya başlanmıştır. Tedarikçilerden üretim yöntemlerini yazılı olarak tanımlamaları, çalıştırdıkları kişilerin yeterli ve sorumluluk bilincinde olması, ürünün fabrikada izlediği üretim hattının açıkça belirtilmesi gibi isteklerde bulunulmuş ve bu çalışmalar sonucunda ise İngiltere'de BS 5750 standardı doğmuştur. Bu standard daha sonra ISO 9000 serisinin temelini oluşturmuştur. 1979 yılı itibari ile Kanada'da ilk defa kalite güvence sistemlerinin belgelendirilmesi başlamıştır.

1980'li yıllarda Japonya'nın kalite sistemi Amerika'yı etkiledi ve yine aynı yıl „ Japonlar yapabiliyorsa biz neden yapamayalım?“ isimli program yayınlanmaya başlamıştır. Bu program sayesinde Dr.Deming tarafından Ford ve General Motors gibi ABD'nin en büyük şirketlerine danışmanlık verilmiştir. Bu gelişmeleri 1990'lu yıllarda uygulanmaya başlanan uluslararası standartlar teşkilatı (ISO) 9000 serisi hızlandırmıştır. ISO 9000 ile ilgili yapılan her bir yenilenme de, yeni standardın sürekli iyileştirme ve toplam kalite

yönünden kendinden bir önce gelenden daha güçlü olduğu görülmektedir. Özellikle ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi, her türlü organizasyona, küçükten büyüğe, sanayiden hizmete, kamudan özel sektöre kadar uygulanabilecek müşteri memnuniyeti ve karlılık sağlamak için gerekli bir araçtır. Otomotiv sektörünün yeni kalite yönetim standardı olan ve Uluslararası Otomotiv İş Gücü (IATF) tarafından yayınlan IATF 16949:2016 başlı başına uygulanacak bir kalite yönetim sistemi standardı olmayıp ISO 9001:2015'le birlikte uygulanacak tamamlayıcı bir standart olarak otomotiv sektöründe uygulanmaya başlamıştır.

1.6 Kalite Kontrol Sistemi

Kontrol sözcüğü dilimize Fransızca'dan geçmiş olup Latince counter-roll (karşıt kayıt) sözcüğünün kısaltılmışıdır. Sözcüğün bugünkü anlamını ifade eden kullanımı 14. yüzyıla dayanmaktadır. 1422'de contre-role olarak çift tutulan kayıt anlamında, diğerini kontrol için kullanılmıştır. Fransızca'da işin doğru yapılıp yapılmadığını inceleme anlamına gelen kontrol sözcüğü İngilizce'de daha çok yönetme, yönelme ve zaptetme gücü ve yetkisi anlamına gelmektedir [11].

Kalite Kontrol, kalite ile ilgili olarak belirlenmiş bir hedef, amaç veya standarda ulaşmak için uygulanan teknikler ve yapılan faaliyetlere denmektedir. Bu faaliyetler kontrol, istatistik tutulması, hatanın tespit edilmesi, hatanın kaynağının nedeninin bulunması ve nasıl düzeltilmesi gerektiğini içeren bir sistem içinde yer almaktadır [13].

Kalite kontrolünün maliyetten karlılık politikasına, müşteri memnuniyetinden insan kaynakları alanına kadar birçok önemli amacı bulunmaktadır. Bir işletmede etkili bir kalite kontrol uygulaması sonucunda ulaşılmak istenen amaçlar şu şekilde sıralanabilir [15]:

- Mamul kalite düzeyinin yükseltilmesi
- Mamul dizaynının geliştirilmesi
- İşletme maliyetlerinin azalması
- Üretim hattındaki dar boğazların giderilmesi
- Personel moralinin yükseltilmesi

- Tüketicinin parasının karşılığını aldığını görerek memnun olması
- Ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlaması
- İşletmenin prestijinin artması
- İşçi-işveren ilişkilerinin düzelmesi

Kalite kontrolü çalışmaları üç grup altında toplanabilir.

- Girdilerin kalitesini kontrol etmek
- Üretim sürecini kontrol etmek
- Çıktıları kontrol etmek

Girdilerin kalitesini kontrol etmek yani giriş kalite kontrol esnasında satın alınan ürünün ve hizmetin ilgili teknik şartnamelere uygunluğu, süreç ile ilgili faaliyetlerin kalite yönetim sistemi şartlarına uygunluğu, tedarikçi ile fiili çalışma öncesi satın alma şartları ile ilgili tedarikçinin yeterliliği gözden geçirilip, konu ile ilgili dokümanlar oluşturulmaktadır [17].

Üretim süreci kontrolü yani süreç kontrolde ise ürün gerçekleştirmek için gerekli olan üretim ve tesis süreçleri dokümente edilip bu dokümanlar süreci kontrol altında tutmak amacıyla kalite yönetim sistemini kapsayan, tüm fonksiyonları içeren prosedürlerden ve iş talimatlarından oluşmaktadır. Üretilen ürünler ile ilgili kontrol planları, hata türleri etkileri analizi dokümanı ve iş akışları hazırlanmış ve kullanılmaktadır. Tezgah ve makinelerde seri üretime geçişte, malzeme değişiminde, iş değişiminde ve her duruş sonrasında üretilen ilk parça kontrol edilerek seri üretim onayı verilir ve ilk üretim onay kontrol çizelgesi ile kayıt altına alınır. Süreç kontrolleri esnasında tespit edilen uygunsuzluk durumları, sistematik hatalardan ve hemen çözülmesi mümkün olan hatalardan kaynaklanabilir. Sistematik hataların (sürekli veya periyodik olarak tekrarlayan hatalar) yönetim, insan, malzeme, metot, bakım, çalışma ortamı gibi birçok sebepten ileri gelebileceği için ciddi ve orta/uzun vadeli araştırmaları gerekir. Bu nedenle süreç kontroller esnasında tespit edilen sistematik hatalar için çabuk/anında çözüm bulunması mümkün değildir. Problem çıktığında araştırılması gereken parametreler; aparatlarda bir problem olup olmadığı, ölçme/kontrol aletinden kaynaklanan problemler, iş talimatı ile kontrol planı arasındaki uyumsuzluktur.

Tedarikçi hatası nedeniyle meydana gelen problemlerde tedarikçilere bu uygunsuzluk bildirilir ve kendilerinin hemen aksiyon almaları talep edilir. Bu süreçte şüpheli ürün prosedürü uygulanır. Ayrıca üretimde risk analizleri yapılmaktadır. Yapılan risk derecelendirme çalışmalarının sonucunda risklerin azaltılmasını veya ortadan kaldırılmasını sağlayacak kontrol önerileri belirlenmelidir. Önerilecek kontrollerin amacı riski şirketin kabul edebileceği bir değere düşürmek olmalıdır.

Çıktıları kontrol sürecinde ilgili parça varsa mamulün şartnamesine, varsa ilgili standardına, teknik resmine göre kalite kontrol sorumlusu tarafından kontrol edilir. Son kontrol raporunda; görsel kontroller, ölçüsel kontroller ve ambalajlama kontrolleri yapılmaktadır. Mamul kontrolleri esnasında bir uygunsuzluk çıkması durumunda, ilgili uygunsuzluk konusunda firma içerisindeki ilgili tüm birimlere bilgi verilir ve uygunsuzluk yerinde düzeltilmeye çalışılır eğer uygunsuzluk düzeltilir ise parçaların sevkiyatında hiçbir problem yaşanmayacaktır ancak uygunsuzluğun devam etmesi ancak sevkiyat açısından büyük risk taşımadığı durumlarda sapma prosedürü kullanılarak parçaların sevkine karar verilebilir.İlgili sapma eğer müşteri tarafından geri dönüş olursa hatanın neden kaynaklandığının daha kolay tespit edilmesini sağlayacaktır. Ürünün mamül kontrolleriyle ilgili tüm raporlar IATF 16949 kalite standadına göre 15 yıl saklanmalıdır. Müşteriden herhangi bir şekilde şikâyet gelmesiyle ilk bakılacak olan dokümanlar ürün dosyasında bulunan raporlar ve bunların atıfta bulunduğu raporlardır.

1.7 İstatistiksel Kalite Kontrol

İstatistiksel kalite kontrol (İKK) üretim sürecindeki değişkenlerin en uygun kalite seviyesinin belirlemesi, sistemin değerlendirilmesini ve sürecin izlenmesi için istatistiksel metotların uygulanması anlamına gelir [20]. İKK statik değil dinamik bir kavramdır. Yani bir defa kurulduktan sonra sürekli ve adım adım gelişen ve genişleyen, mükemmeli arayan bir olgudur. Örneğin bir şirkette kontrol diyagramlarına dayanan bir kalite kontrol sistemi kurulduktan sonra, bununla yetinmeyip adım adım diğer kalite kontrol araçlarının uygulanmasına ve yerleştirilmesine çalışılmalıdır. Bunun en önemli nedeni müşterilerin gelişen isteklerine cevap vermek ve piyasada rekabet gücüne sahip olmaktır [21].

İKK özel bir süreç yerine bütün bir örgütsel yaklaşımı tanımlamak için kullanılır. İKK bir süreci sürekli olarak izlemek ve potansiyel problemleri erkenden tespit etmek ve kalite iyileştirme müdahalelerinin etkisini değerlendirmek için bir araç olarak kullanılır [22].

İstatistiksel Süreç Kontrolü, yöntem biliminde istatistik, bir bütünün tamamını kontrol etmek yerine bütünden örnekler alarak sonuçlara göre bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan araçları ifade eder. Süreç, bir ürün veya hizmetin önceden belirlenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan makine, alet, metot, malzeme ve insan gücünün bütünüdür. Kontrol, süreçteki verilerin ölçümünde ve analizinde istatistiksel tekniklerin uygulanması anlamını taşır. Değişkenlik, kısaca gerçek değerden sapmalar olarak tanımlanır. Bütün süreçler, makine, takım, malzeme, operatör, bakım ve çevre koşullarından kaynaklanan değişime uğrarlar [23].

Kaoru Ishikawa, kaliteye ilişkin problemlerin % 95'inin 7 temel istatistiksel teknikle çözümlenebileceğini söylemektedir. Geriye kalan % 5 için ise ileri seviye yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Yedi temel istatistiksel teknikler şunlardır [24]:

- Çetele tablosu
- Histogram
- Pareto analizi
- Sebep-Sonuç diyagramı
- Sınıflandırma yaklaşımı
- Serpilme diyagramı
- Kontrol diyagramları

İSK, ürün kalitesini kontrol etmede, Shewhart'ın üretim sürecinde istatistiksel kavramları uygulayarak kontrol diyagramlarını tanıttığından beri büyük rol oynamaktadır [25].

Üretimde kalite kontrolü denilince, üretici firmanın uyguladığı kontrol teknikleri aklıya gelir. Mamuller, alıcı firmalara sevk edilemeden önce kontrole tabi tutulur. Bu kontrol için uygulamada daha çok kontrol diyagramları kullanılır [26]. Kalite kontrol diyagramları, belirli bir mal grubunun önceden belirlenen kalite sınırlarında gösterdiği

değişim durumunun ölçülmesi amacıyla hazırlanan diyagramlardır. İstatistiksel yöntemlerden yararlanılarak çizilen bu diyagramlar yardımıyla genel, kaçınılmaz ve kontrol edilebilir nedenlerle ortaya çıkan değişikliklerin en yüksek ve en düşük sınırları belirlenir. Kalite değişkenliklerinin her zaman bu sınırlar içinde kalmasına ve diğer nedenler ile ortaya çıkan önemli değişikliklerin hemen giderilmesine çalışılır [27]. Kontrol diyagramları, süreçlerin kontrolde olup olmadığını belirlemede işletmelere yardımcı olur. Kontrolde olmayan bir durum belirlendiğinde düzenlemeler yapılarak ve düzeltici tedbirler alınarak süreç tekrar kontrole getirilmeye çalışılır [28].



KONTROL DİYAGRAMLARI

İlk taslağı 1924 yılında W.H. Shewhart tarafından oluşturulan kontrol diyagramları, belirli bir mal grubunun önceden belirlenen kalite sınırlarında gösterdiği değişim durumunun ölçülmesi amacıyla hazırlanan diyagramlardır. Kalite kontrol diyagramları ile elde edilen bilgiler sonucunda, belirli bir malın kalite özellikleri kalite sınırları dışına çıkıyorsa, bu durumun nedenleri araştırılır ve üretim işleminin kontrol altına alınabilmesi için düzeltici tedbirler alınır [29]. Kontrol diyagramlarının gücü, üretim süreci içindeki normal olmayan durumları tanımlama ve süreç kaymalarını ortaya çıkarma yeteneği altında yatmaktadır. Böylelikle mümkün teşhisler yapılmakta, çoğu üretim problemleri düzeltilmekte, genellikle kayıplar azaltılmakta ve ürün kalitesinde ilerlemeler kaydedilmektedir [30].

Kontrol diyagramları, süreçte bir sorun olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur ve bir sorun olması durumunda bu sorun hakkında ipuçları verir. Ancak sorunun ne olduğunu kesin olarak söylemez. Bunu belirlemek ve düzeltmek, kontrol diyagramlarını yorumlayan kişilere aittir [31].

Kontrol diyagramlarının çiziminde izlenecek adımları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. İncelenecek olan kalite özelliği tespit edilir.
2. Belirli bir numune alma yöntemine göre yeterli sayıda birimden oluşan numuneler alınarak ölçüm değerleri kaydedilir.
3. Kontrol diyagramı tipi belirlenir.
4. Kontrol limitleri saptanır.

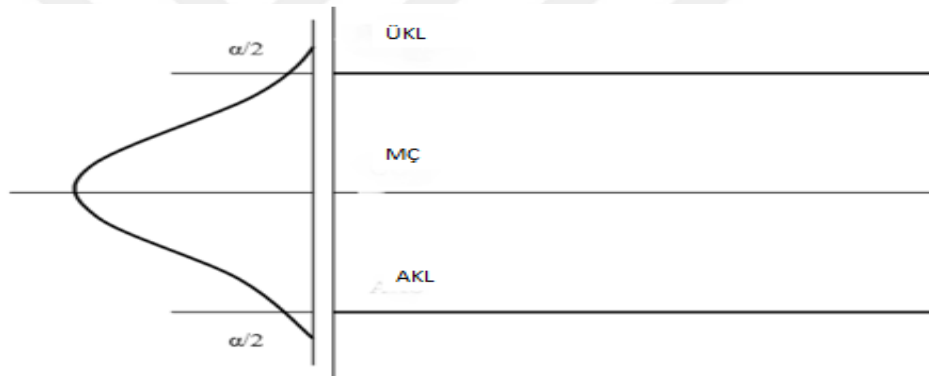
5. Saptanan limitlerin yeterliliği tespit edildikten sonra limitler diyagramlandırılır.

6. Kontrol limitleri dışında yer alan noktalar belirlenir ve bu noktaların sebepleri araştırılır [29].

Kalite kontrol diyagramları, normal dağılıma göre belirlenir. Kalite kontrol limitleri, örnek ortalamasına göre 3 standart sapma pozitif ve 3 standart sapma negatif değişim gösterebilmektedir. Kalite kontrol diyagramlarıyla ilgili olarak üç tür sınır kabul edilmektedir. Bunlar; Üst Kontrol Limiti(ÜKL), Merkez Çizgi(MÇ), Alt Kontrol Limitidir(AKL)[29].

Bu limitler, sürecin kontrol altında olabilmesi için, tesadüfi değişkenliğin kabul edilebilir maksimum ve minimum sınır değerlerini ifade etmektedir [32].

Şekil 2.1’de kalite kontrol limitlerini gösteren diyagram gösterilmektedir.



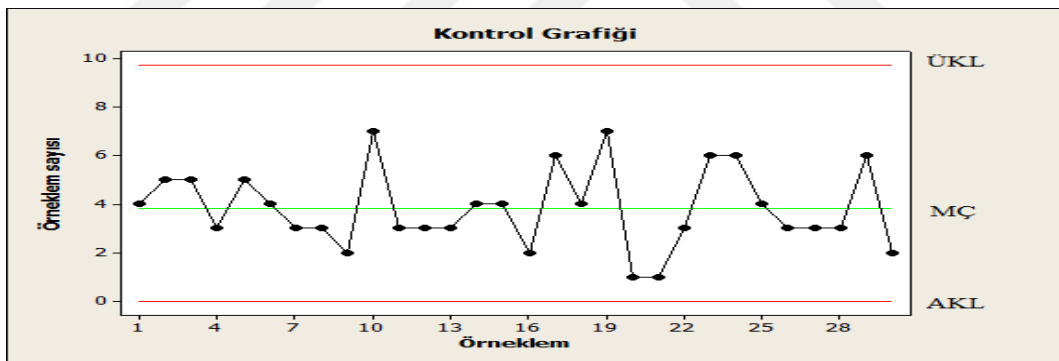
Şekil 2.1 Kalite Kontrol Limitlerini Gösteren Diyagram

Kontrol limitlerinin dışındaki noktalar özel sebep belirticileridir. Süreçte kalite sorunu olduğunu ve önlem alınması gerektiğini, aksi halde hurdaya (ıskartaya) üretim yapılacağını ikaz etmektedir [24].

Özel faktörlerin yol açtığı değişkenlerin miktarı genellikle büyük olduğundan, kontrol limitlerinin dışına taşan bir gözlemin bulunması özel faktörlerin araştırılmasını ve düzeltici önlem alınmasını gerektirmektedir. Tüm değerlerin kontrol limitleri arasında bulunması her zaman sürecin kontrol altında olduğu anlamına gelmeyebilir. Örneğin, değerlerin sürekli veya periyodik olarak yükselmesi veya azalması durumunda değişime uygun yeni limitler saptanabilir. Ayrıca değerlerin limitler dışına çok sık taşması veya ortalamanın çok yakınında bulunması gibi durumlarda da limitlerin yeniden hesaplanması gerekmektedir [32]. Kontrol limitleri dışındaki noktalara ek olarak;

kontrol limitleri arasındaki noktaların belli modelleri, kalite kontrol problemleri için uyarı sinyalleri olabilmektedir. Bu durum, kontrol diyagramlarının en büyük eksikliğidir başka deyişle süreci temsil eden tüm noktalar, süreç kontrol dışında olduğu halde, kontrol limitleri içine düşebilmektedir.

Kalite kontrol diyagramları temel olarak örneklem kullanılarak oluşturulmuş alt sınır (AKL - alt kontrol limiti), üst sınır (ÜKL - üst kontrol limiti) ve merkez çizgiden (MÇ - merkez çizgi) oluşurlar. Belirli bir zaman aralığında toplanmış verilerin ortalaması merkez çizgi ile gösterilir. AKL ve ÜKL alınan örneğe dayanarak hesaplanır ve süreç kontrol altında olduğu zaman diyagramdaki hemen hemen tüm rasgele değişkenlerin aralarında olacağı değerlerdir. Bu üç istatistik kalite karakteristiginin zaman içerisindeki değişimin anlaşılmasını sağlar. Kontrol diyagramlarında, yatay eksenle sırasıyla alt grup ya da veri numaraları, dikey eksenle ise ölçülen kalite karakteristiginin gözlemlenen değerleri yer alır. Söz konusu diyagramlarda sürecin zaman içerisindeki değişimleri gösterilir [33]. Şekil 2.2’de 30 birimlik bir veri setine ait örnek bir kontrol diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.2 30 Birimlik bir veri setine ait örnek kalite kontrol diyagramı

Bir kalite kontrol grafiği süreci “süreç istatistiksel olarak kontrol altındadır” ya da “süreç istatistiksel olarak kontrol dışındadır” olarak tanımlar. Sürecin kontrol altında olması üretim sürecinin durağan ve istenilen standartlarda üretim yapıldığı anlamına gelir. Sürecin kontrol altında olmaması ise sürecin müşteri beklentilerini karşılayabilmesi için geliştirilmeye ihtiyaç duyulduğunun göstergesidir. Sürecin kontrol dışında olması sonucu, özel bir nedenden ya da süreçteki bir müdahaleden kaynaklanabilir [33].

Süreç kontrol altında ise tüm örneklem değerleri kontrol sınırlarının arasında olur. Herhangi bir düzeltmeye gerek duyulmaz. Bir örneklem değerinin kontrol sınırları

dışında olması sürecin kontrol altında olmadığına kanıtı olarak görülür. Ayrıca, kalite kontrol diyagramında gösterilen noktalar rasgele olmayan ya da sistemik bir örüntü gösteriyorsa süreç kontrol altında değildir. Süreci tekrar kontrol altına alabilmek için düzeltici araştırmalar yapılmalıdır. Bu duruma neden olan belirlenebilir sebepler bulunur, elenir ve süreç tekrar kontrol altına alınmış olur. Kontrol diyagramları süreçteki değişimleri göstermelerine rağmen bu değişkenliğin nedenini belirtmezler [34].

Kalite kontrol diyagramları istatistik ve olasılık temellerine dayanır. Eğer X ölçülen kalite karakteristiği değişkenini gösterirse bu kalite karakteristiği için çizilen merkez çizgi (MÇ), üst ve alt kontrol sınırları (ÜKL, AKL)

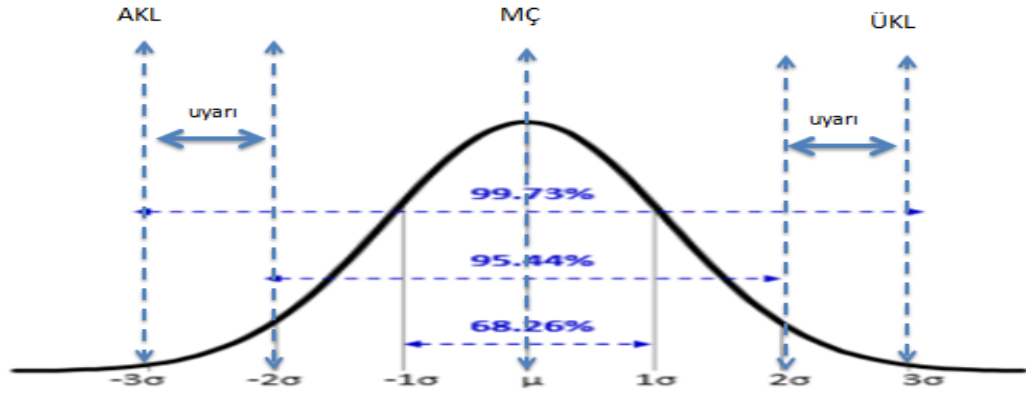
$$MÇ = \mu_x \quad (2.1)$$

$$ÜKL = \mu_x + L\sigma_x \quad (2.2)$$

$$AKL = \mu_x - L\sigma_x \quad (2.3)$$

biçiminde verilen eşitlikler ile hesaplanır. Burada, μ_x ve σ_x sırasıyla kalite karakteristiğinin ortalaması ve standart sapmasıdır. L kontrol sınırlarının merkez çizgiden olan uzaklıklarını gösterir. Bu değer genellikle 3 olarak seçilir. Bu nedenle üst ve alt kontrol sınırları 3σ (3 sigma) kontrol sınırları olarak adlandırılırlar [34]. L= 2 ise kontrol sınırları orta çizgiden 2σ uzakta; L=3 ise 3σ uzakta demektir. Uygulamada kontrol sınırları için L= 3, uyarma sınırları için L= 2 alınır. Buna göre, normal olarak noktaların % 99,73'ünün kontrol sınırları arasında, % 95,45'inin ise uyarma sınırları arasında olması gerekir.

Eğer, 100 örnek alınmış ise, 100 noktanın tamamı kontrol sınırları arasında olmalıdır. Yaklaşık 5 noktanın uyarma ve kontrol sınırları arasına düşmesi beklenir. Bu dağılım yüzdeleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Noktaların dağılım yüzdeleri

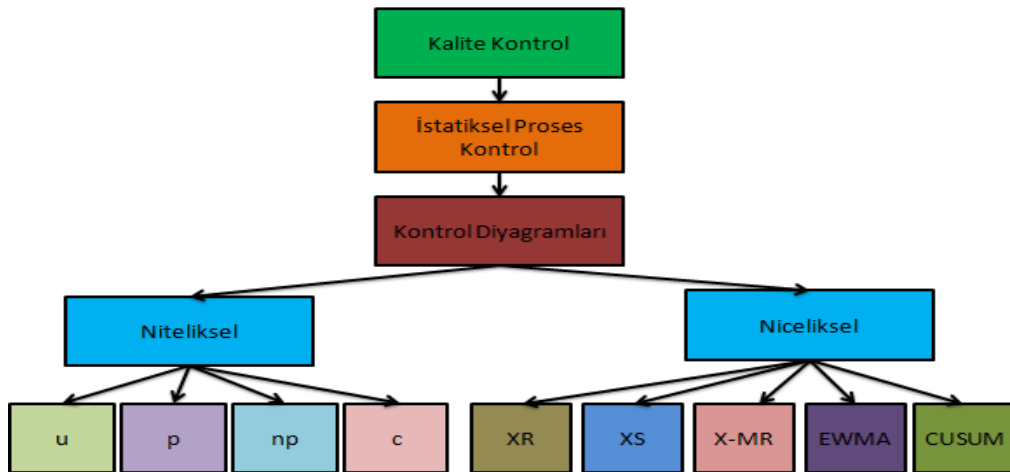
Kontrol diyagramlarının kullanılmasında kontrol diyagramının tasarımı önemli bir faktördür. Kalite kontrol diyagramının tasarımı, örneklem büyüklüğünün, kontrol sınırlarının ve ne sıklıkla örnek seçileceğinin belirlenmesi demektir. Örneğin örneklem sayısının artması, hata olasılıklarının düşmesi, diyagramın kontrol dışı durumları daha kolay yakalaması, fakat maliyetin artması demektir.

Literatürde verinin özelliklerine göre farklı kontrol diyagramları üretilmiştir. Niceliksel veriler/sürekli rasgele değişkenler için kontrol diyagramları ve kesikli rasgele değişkenler için kontrol diyagramları olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Sürekli rasgele değişkenler için kontrol diyagramlarında veriler, sürekli rasgele değişkenlerdir ve bağımsız ve aynı dağılıma sahip rasgele değişkenler olduğu varsayılır. Örneğin ağırlık, en, boy, hacim değerleri ölçülebilir değerlerdir. Bu değişkenler kalite karakteristiği olarak incelendiğinde çizilen kalite kontrol diyagramları niceliksel veriler/sürekli rasgele değişkenler için kontrol diyagramları olarak tanımlanır. Nicel veriler için kullanılan kontrol diyagramları $\bar{x}$ ve R, $\bar{x}$ ve S, MR (Moving range), CUSUM (Cumulative sum) ve EWMA (Exponentially weighted moving average) dir. En çok kullanılan kalite kontrol diyagramları $\bar{x}$, R ve s diyagramlarıdır [33]. Kesikli rasgele değişkenler için kalite ya da niteliksel verilerdir ve kesikli rasgele değişkenlerdir. Ayrıca, diyagramdaki kalite karakteristiğinin sayısına göre tek değişkenli ve çok değişkenli kontrol diyagramları olarak da sınıflandırılırlar [33].

Çok sayıda kalite karakteristikleri ölçülemez ya da sayılarla ifade edilemez. Ürünler uygun olup olmamalarına göre sınıflandırılır. Böyle durumlarda ürünler, belirli şartlara “uygun” veya “uygun değil” olarak nitelendirildiği gibi “kusurlu” ya da “kusursuz”

olarakta ifade edilebilir. Ürünün kalite karakteristiğinin istenilen ölçüleri karşılamaması uygunsuzluktur. Bir ürünün uygunsuz olarak tanımlanması o ürünü kullanmaya engel olmayabilir. Örneğin konsantre meyve suyu üretiminde, üretilen bir şişedeki içeceğin konsantrasyonunun düşük olması bu ürünün tüketilmesine engel değildir. Başka bir kalite karakteristiği ise ürün içindeki içecek miktarının istenilen miktarlar arasında olup olmadığı olabilir. Bir konsantre meyve suyu şişesinin içinde istenilenden az miktarda içecek olması bu ürünü kullanılamaz yapmaz. Fakat, bir ürünün ambalajının doğru yapılmaması, delik, ezik, kırık... v.b. olması bu ürünü kullanmaya manidir. Kalite karakteristikleri bu şekilde tanımlanan kontrol diyagramları nicel özellikler için kalite kontrol diyagramları olarak adlandırılır. Nicel özellikler için kalite kontrol diyagramları p , np , c ve u kontrol diyagramlarıdır [35].

Şekil 2.4'te kalite kontrol diyagramlarının gruplandırılması verilmektedir.



Şekil 2.4 Kalite kontrol diyagramları

2.1 Nicel özellikler için kalite kontrol diyagramları

Bir kalite kontrol diyagramında kalite karakteristiği ölçülebiliyorsa ve sayılarla ifade edilebiliyorsa, nicel özellikler için kontrol diyagramı olarak adlandırılır. Uzunluk, genişlik, çap, sertlik, ağırlık gibi değişkenler için çizilen kalite kontrol diyagramları bu gruba girer. Uygulamalarda çok çeşitli kalite karakteristikleri ölçülebilirdir bu nedenle sürekli rasgele değişkenler için kalite kontrol diyagramları oldukça yaygın olarak kullanılır [36]. Alt bölümde, sürekli rasgele değişkenler için olan $\bar{x}$ ve R , $\bar{x}$ ve S , I -MR, CUSUM ve EWMA kalite kontrol diyagramları kısaca izah edilecektir.

2.1.1 $\bar{x}$ (ortalama) kontrol diyagramı

Ortalama değeri ($\bar{x}$), örnekten elde edilen değerlerin örnek içindeki aritmetik ortalamasıdır. Kontrol diyagramlarının genel formülüne göre düzenlenmektedir. Süreç ortalamasının (μ) ve standart sapmasının (σ) bilindiği durum için kontrol diyagramı örnek büyüklüğüne göre tablolaştırılmış katsayıya ($A = 3/\sqrt{n}$) bağlı olarak şu şekilde oluşturulur.

$$\text{ÜKL}_{\bar{x}} = \mu + A_{\sigma} \quad (2.4)$$

$$\text{MÇ}_{\bar{x}} = \mu \quad (2.5)$$

$$\text{AKL}_{\bar{x}} = \mu - A_{\sigma} \quad (2.6)$$

Süreç ortalamasının (μ) ve standart sapmasının (σ) bilinmediği durumlarda ise kontrol diyagramı farklı şekillerde oluşturulabilir. $\bar{x}$ (ortalama) kontrol diyagramı, değişim aralığı (R) değerleri kullanılarak oluşturulabilir. Bu durumda kontrol diyagramının merkez çizgisini, ilgili kalite karakteristiğinin örneklerden elde edilen ortalama değerlerinin ortalaması ($\bar{\bar{x}}$), yani genel ortalama değeri oluşturur. Kontrol limitleri ise, değişim aralığı ortalaması ($\bar{R}$) ve örnek büyüklüğüne göre tablolaştırılmış katsayıya (A_2) bağlı olarak aşağıdaki gibidir [40]:

$$\text{ÜKL}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (2.7)$$

$$\text{MÇ}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} \quad (2.8)$$

$$\text{AKL}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (2.9)$$

Kontrol diyagramı oluşturulurken değişim aralığı yerine örnek standart sapması (s) değeri de kullanılabilir. Bu durumda kontrol diyagramının merkez çizgisini yine genel ortalama değeri oluşturur. Kontrol limitleri ise, örnek standart sapmaları ortalaması ($\bar{s}$) ve örnek büyüklüğüne göre tablolaştırılmış katsayıya (A_3) bağlı olarak aşağıdaki gibidir [40]:

$$\text{ÜKL}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s} \quad (2.10)$$

$$\text{MÇ}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} \quad (2.11)$$

$$\text{AKL}_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s} \quad (2.12)$$

2.1.2 R (Değişim Aralığı) Kontrol Diyagramı

Değişim aralığı (R), alınan örnekteki değerlerin en büyüğü ile en küçüğü farkına eşittir. Örnek büyüklüğü $n < 10$ olduğu durumlarda süreçteki değişkenliği belirlemede kullanılabilen değişim aralığı kontrol diyagramının merkez çizgisi R değerlerinin ortalamasıdır. R değerlerinin standart sapması çoğu durumda bilinmemektedir. Bu nedenle alt ve üst kontrol limitleri; örnek büyüklüğüne göre tablolaştırılmış katsayılara (D_3, D_4) bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirlenir [40]:

$$\bar{ÜKL}_R = D_4 \bar{R} \quad (2.13)$$

$$MÇ_R = \bar{R} \quad (2.14)$$

$$AKL_R = D_3 \bar{R} \quad (2.15)$$

2.1.3 S (Standart Sapma) Kontrol Diyagramı

Standart sapma (s), alınan örnekteki değerlerin kendi içinde hesaplanır. Kontrol diyagramı oluşturulurken orta çizgi değeri, her örnekten elde edilen standart sapmaların ortalamasına eşittir. Kontrol limitleri; örnek büyüklüğüne göre çizelge değerleri (B_3, B_4) ile s değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi belirlenir [40]:

$$\bar{ÜKL}_S = B_3 \bar{S} \quad (2.16)$$

$$MÇ_S = \bar{S} \quad (2.17)$$

$$AKL_S = B_4 \bar{S} \quad (2.18)$$

Örnek büyüklüğü $n=2$ iken R ve S kontrol diyagramları aynı sonucu verir. Örnek büyüklüğü $n=10$ ya da daha fazlaysa R etkinliğini kaybeder.

2.1.4 X (Birimler) Kontrol Diyagramı

Süreçten alınan örnekler her zaman 4-5 birimden oluşturulamaz. Zaman, maliyet vb. nedenlerle veya operatörün $\bar{x}$ kontrol diyagramını yanlış anlayıp yorumlamasından şüphe edildiği durumlarda örnek ortalamaları yerine örnek değerlerinin (X) kullanılması istenebilir ve $n=1$ birimlik örnekler alınır. Bu duruma örnek olarak aşağıdaki durumlar verilebilir [40]:

- Üretim hızı oldukça düşük ve üretim sayısının az olduğu yerlerde,

- Otomatik ölçüm cihazlarıyla her bir birimin ölçümünün yapılabilirdiği durumlarda,
- Test metodunun tahribatlı olduğu durumlarda (kimyasal üretim süreçlerinde tekrar yapılan ölçümlerde labaratuvar ya da analiz hatalarından kaynaklı farklılıkların bulunması),

Bu gibi durumda, birimler kontrol diyagramı kullanılması uygun olacaktır.

2.1.5 I-MR Kalite Kontrol Diyagramı

Hareketli genişlik, MR (moving range), diyagramı alt gruptaki örneklem büyüklüğü, $n = 1$ olduğunda kullanılır. Üretim süreci yavaş olduğunda, süreç birden çok örnek almaya müsait olmadığında ya da bir ürünün birden çok kalite karakteristiği incelendiğinde alt grup örneklem büyüklüğü bir olarak alınır. Bu durumda $\bar{x}$, R ve s kontrol diyagramları yerine sürekli rasgele değişkenler için çizilen MR diyagramı kullanılır[41].

Arka arkaya gelen iki gözlemin genişliği alınarak yeni bir veri kümesi oluşturulur ve bu yeni kümenin diyagramı çizilerek süreç tanımlanır. Hareketli genişlik değerleri

$MR_i = |X_i - X_{i-1}|$ biçiminde hesaplanır [41].

MR diyagramlarında diğer Shewhart kontrol diyagramlarında $\bar{x}$, R ve s , olduğu gibi ortalama ve yayılım diyagramları ayrı ayrı çizilir ve kontrol sınırları merkez çizgiden 3σ (3sigma) uzaklıkta olacak şekilde düzenlenerek hesaplanır. Hareketli genişlik kullanıldığında tek gözlemlerin merkez çizgisi ve kontrol sınırları:

$$MR = |X_i - X_{i-1}| \quad (2.19)$$

Bireysel kontrol diyagramı için alt ve üst limitler aşağıdaki gibidir [41].

$$\bar{ÜKL} = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (2.20)$$

$$MÇ = \bar{X} \quad (2.21)$$

$$AKL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (2.22)$$

Burada d_2 ; hareketli değişim aralığı hesabında kullanılan birim sayısına bağlı tablo değeridir. Hareketli değişim aralığı kontrol diyagramı alt ve üst kontrol limitleri aşağıdaki gibidir [33]:

$$\dot{U}KL = d_4 \overline{MR} \quad (2.23)$$

$$M\dot{C} = \overline{MR} \quad (2.24)$$

$$AKL = d_3 \overline{MR} \quad (2.25)$$

Burada d_3, d_4 ; hareketli değişim aralığı hesabında kullanılan birim sayısına bağlı tablo değeridir.

2.1.6 CUSUM Kalite Kontrol Diyagramları

Kümülatif toplam (Cumulative Sum) kontrol diyagramı (CUSUM veya CSCC), Shewhart kontrol diyagramlarının örneklem ortalamalarındaki küçük ancak sürekli kaymalara karşı duyarsızlığı nedeniyle, bu diyagramlara alternatif olarak geliştirilen dört diyagram türünden birisidir. CUSUM diyagramı ilk kez Page (1954) tarafından önerilmiş ve daha sonra Ewan (1963), Page (1961), Johnson (1961), Johnson ve Leone (1962) ve Lucas (1976) gibi pek çok yazar tarafından geliştirilmiştir [38]. CUSUM kontrol diyagramlarında Barnhard (1959) tarafından önerilen bir V maskesi kullanılmaktadır [39]. Bu sayede V maskesi ile üretim sürecinin kontrol sınırları belirlenmektedir.

S_i ' nci birikimli değer, $\bar{x}_j$ j'inci örneğin aritmetik ortalaması ve k = hedeflenen değer olarak alınırsa,

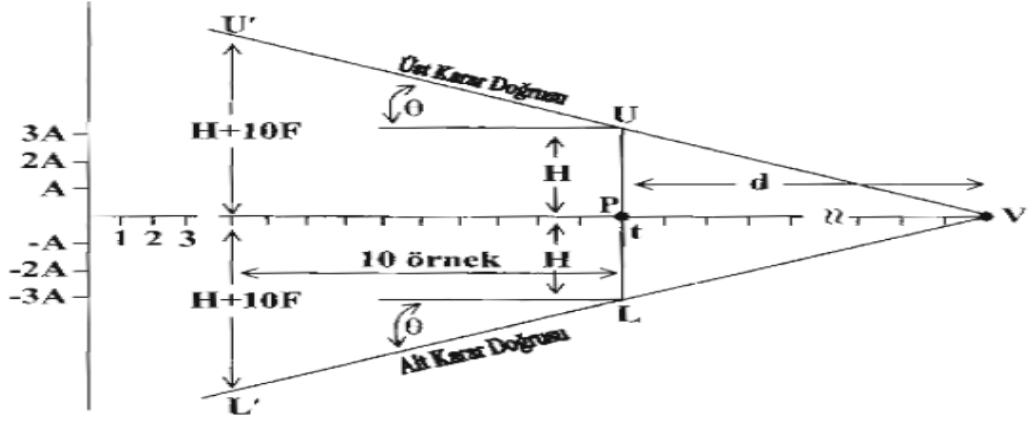
$$S_i = \sum_{j=0}^i (\bar{x}_j - k) \quad (2.26)$$

olarak hesaplanır [52]. Bu değeri, CUSUM diyagramlarında kullanmak için CUSUM eşitliği,

$$S_i = (\bar{X}_j - k) + S_i - 1 \quad (2.27)$$

şekline dönüştürülmektedir[52].

CUSUM kontrol diyagramlarında kullanılan V maskesi, Shewhart kontrol diyagramlarındaki kontrol limitlerine karşılık gelmektedir. Bu yöntemin V maskesi olarak adlandırılmasının nedeni, kontrol limitlerinin yatay $V(>)$ şeklinde olmasıdır. V maskesinin kolları sürecin kontrol altında olmasıdır. V maskesinin kolları sürecin kontrol altında kabul edileceği alt ve üst kontrol sınırlarını oluşturmaktadır. Şekil 2.5' de V maskesinin düzenlenişi verilmiştir.



Şekil 2.5 CUSUM karar sınırları için V maskesinin düzenlenişi

V maskesi gösterimi üzerinde kullanılan parametrelerinin açıklamaları aşağıdaki gibidir:

P: V maskesinin yerleştirileceği nokta,

t: örnek alma zamanı,

d: tedarik uzunluğu,

V: V maskesinin köşe noktası,

H: karar aralığı,

θ : V maskesinin yarı açısı,

F: her bir örnek aralığının oluşturduğu hattın eğimi,

A: dik eksenin yatay eksene oranını gösteren bir ölçek faktörü,

U'U: üst karar hattı,

L'L: alt karar hattını ifade etmektedir.

V-Maskesi ve işlemleri 1959 yılında G.Barnard tarafından uygulama ve teoriye kazandırılmıştır. V-Maskesi (d: uzunluk(yön mesafesi) ve θ : açı) bilinirse oluşturulabilir. Şekil 2.5' den de görüleceği gibi yatay eksene çizilen paralel doğrunun üzerinde ve d kadar uzaktaki nokta V-Maskesinin köşesidir. V 'nin kolları arasındaki açı 2θ 'dır. Dolayısıyla CUSUM diyagramındaki bu açının kolları arasında ise süreç istatistiksel olarak "kontrol altındadır" denir. V-Maskesinin oluşturulması yani elle çizimi mümkün ise de ve yeni noktaların ilavesiyle oluşan karmaşıklık artık günümüzde var olan hazır paket programların kullanımı yardımıyla kolaylaşmıştır.

2.1.7 EWMA Kontrol Diyagramları

EWMA yöntemi ekonomide, stok kontrolünde ve tahmin yöntemlerinde sıkça kullanılmasına rağmen kalite kontrolde çok sık olarak kullanılmamaktadır. Bunun sebebi de CUSUM ve Shewhart kontrol diyagramlarının arasında bir performansa sahip olmasıdır. Küçük değişimlerle ilgilendiğimiz zaman Shewhart kontrol diyagramlarına alternatif bir diğer yol EWMA kontrol diyagramlarıdır.

Alt grup sayısı 1 olan veriler için EWMA şöyle tanımlanır [42]:

$$X_n = (1 - \lambda)X_{n-1} + \lambda Y_n + (Y_n - Y_{n-1}), \quad 0 < \lambda \leq 1$$

EWMA diyagramı değerlerinin zamana ya da gözlemlerin sırasına göre çizilmesiyle elde edilir. EWMA diyagramı için limitler aşağıda verilmiştir.

$$\text{ÜKL} = \mu + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (2.28)$$

$$M\check{C} = \mu \quad (2.29)$$

$$\text{LKL} = \mu - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (2.30)$$

2.2 Nitel özellikler için kalite kontrol diyagramları

Uzunluk, ısı, nem gibi ölçülebilen değişkenler için X- R ve X- s kontrol diyagramları, iyi-kötü, hatalı gibi ölçülemeyen özellikler için ise hatalı ürün oranı (p), hatalı ürün sayısı (np), hata sayısı (c) ve birim başına hata sayısı (u) diyagramları çizilebilmektedir. “Hata” ve “hatalı” terimleri arasında her zaman bir karışıklık olmaktadır. “Hata” bir kalite karakteristiğini gösterir ve pek çok kalite karakteristiği bulunduğu için bir birimde pek çok hata meydana gelebilir. “Hatalı” ise tam bir birimi işaret eder. Nitel özellikler için kullanılan diyagramlar, hatalı parçalar için p ve np; hatalar için c ve u diyagramları olarak kategorize edilebilir [37].

2.2.1 u Kontrol Diyagramı

Birime düşen kusur sayısı (u), alınan örnekteki kusur sayısının örnekteki birim sayısına oranı, birime düşen kusur sayısı ortalaması ($\bar{u}$), örneklerin birime düşen kusur sayısı

ortalaması olarak tanımlandığında, kontrol diyagramı limitleri, n , örnekteki birim sayısı olmak üzere aşağıdaki gibidir [40]:

$$\bar{U}KL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.31)$$

$$M\bar{C}_u = \bar{u} \quad (2.32)$$

$$AKL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.33)$$

2.2.2 c Kontrol Diyagramı

Kusur sayısı (c), ana yığında bir ya da daha fazla kalite karakteristiği için örnekteki uygun olmayan karakteristik sayısı, kusur sayısı ortalaması ($\bar{c}$), örneklerin kusur sayısı ortalaması olmak üzere kontrol limitleri aşağıdaki gibidir [40]:

$$\bar{U}KL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.34)$$

$$M\bar{C}_c = \bar{c} \quad (2.35)$$

$$AKL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.36)$$

2.2.3 p Kontrol Diyagramı

Kusurlu oranı (p), bir ana yığında istenilen özellikleri sağlamayan birimlerin sayısının ana yığındaki birim sayısına oranı olarak tanımlanır. Kontrol limitleri ise, $\bar{p}$ örneklerin kusurlu sayısı ortalaması, n , örnekteki birim sayısı olmak üzere şu şekilde hesaplanır[40]:

$$\bar{U}KL_p = \bar{p} + \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.37)$$

$$M\bar{C}_p = \bar{p} \quad (2.38)$$

$$AKL_p = \bar{p} - \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.39)$$

2.2.4 np Kontrol Diyagramı

Özellikle örnek büyüklüğü sabit olduğunda, kusurlu oranı kontrol diyagramına göre daha kullanışlı olabilen bir kontrol diyagramıdır. Kontrol limitleri; n , örnekteki birim sayısı, $\bar{p}$ örneklerin kusurlu sayısı ortalaması olmak üzere aşağıdaki gibi hesaplanır [40]:

$$\bar{U}KL_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.40)$$

$$\bar{U}KL_{np} = n\bar{p} \quad (2.41)$$

$$AKL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.42)$$

2.3 Kontrol Diyagramlarında Performans Ölçüleri

Bir kalite kontrol diyagramı oluşturulduğunda, diyagramın ne kadar etkili olduğu incelenmelidir. Çalışmanın bu kesiminde kalite kontrol diyagramlarının etkinliğinin nasıl ölçüldüğü ve kontrol diyagramlarının performans ölçüleri izah edilecektir.

Kontrol diyagramlarının performanslarını karşılaştırmanın en çok kullanılan metodu ortalama koşum uzunluğunu (average run length, ARL) hesaplamaktır. Koşum uzunluğu sürecin belirli bir kalite seviyesinde kontrol diyagramında ilk kontrol dışı durum görülene kadar gözlenen nokta sayısıdır. Başka bir deyişle, bir kalite kontrol diyagramındaki arka arkaya gelen noktalar koşum olarak adlandırılır ve diyagramda ilk kontrol dışı sinyal gözlenene kadar elde edilen örneklerin sayısı koşum uzunluğudur. ARL, ortalama koşum uzunluğu ise verilen kalite seviyesinde kontrol dışı sinyale kadar elde edilen ortalama örneklem sayısıdır.

Eğer süreç gözlemleri birbirleri ile ilişkisiz ise ortalama koşum uzunluğu

$$ARL = 1/p \quad (2.43)$$

formülü ile bulunur[33].

Burada p bir noktanın kontrol sınırları dışında olma olasılığıdır.

Ortalama koşum uzunluğu iki kalite seviyesi için hesaplanır. Sürecin kontrol altında olduğu durumda ARL_0 , sürecin kontrol altında olmadığı durumda ise ARL_1 olarak gösterilir. İki kalite seviyesinde, kabul edilebilir ve reddedilebilir, ideal olan, süreç kontrol altında iken ARL_0 'ın yüksek olması, süreçteki ortalamanın kaymasında ise ARL_1 'in düşük olmasıdır.

ARL_1 , süreç kontrol altında ise

$$ARL_0 = 1/\alpha \quad (2.44)$$

süreç kontrol altında değil ise

$$ARL_1 = 1/(1 - \beta) \quad (2.45)$$

biçiminde tanımlanır [33].

Burada α ve β sırasıyla tip-1 ve tip-2 hata olasılıklarıdır. Bu olasılıklar süreç kontrol altında iken, kontrol dışı sinyalinin gözlenmesi ve süreç kontrol dışında iken sürecin kontrol altında tanımlanması olasılıklarıdır [45].



BÖLÜM 3

BULANIK MANTIK

Mantık sistemlerinin genel amacı, mevcut önermeden yeni bir önerme ortaya koymak ve ortaya konulan bu yeni önermenin doğruluk değerini oluşturmaktır. Doğru ve yanlış şeklinde bir sonuç içeren ve kesinlik bildiren ifadeye önerme, önermenin bu doğruluk ve yanlışlık doğrultusunda aldığı sayısal ölçüye de doğruluk değeri denir. Bir hükmün doğru veya yanlış olarak kabul edilmesini sağlayan sözel ifade, söz konusu hükümle bire bir bağlantılı olan kümenin sınır koşulu olarak yorumlanabilir. Bir kümeye üye olup olmadığı araştırılan nesne, oluşturulan sınır koşulunu karşılıyorsa, bu nesnenin kümenin elemanı olduğu kabul edilir. Oluşturulan sınır koşulunun ilgili nesne için doyurulmadığı bir durumda ise, söz konusu nesnenin kümenin elemanı olmadığı söylenir. Ayrıca, oluşturulan sınır koşulu ile örtüşen bir yapıda ifade edilen bir önermenin doğru olduğu kabul edilirse, bu önermenin doğruluk değeri 1 sayısı ile eşlenir. Eğer bir önermenin yanlış olduğu veya oluşturulan sınır koşulunun doyurulmadığı kabul edilirse, bu durumda ilgili önermenin doğruluk değeri 0 sayısı ile eşlenir [44].

Bulanık mantık teorisi, ilk defa 1960 yılında, University of California, Berkeley'den Dr. Lotfi Zadeh tarafından, doğal dildeki belirsizliği modellemek için ortaya konmuştur. Zadeh bulanık mantık teorisinin bağımsız ve tam bir teori olmaktan çok, bulanıklaştırma yönteminin (fuzzification) herhangi bir teorisin ayrık (crisp, discrete) formdan sürekli (continuous, fuzzy) forma dönüştürmek koşulu ile genelleştirilmesi için kullanılan bir metottur. Diğer bir şekilde tanımlanırsa, ikili mantık sistemine karşı

geliştirilen ve günlük hayatta kullandığımız değişkenlere üyelik dereceleri atayarak olayların hangi oranlarda gerçekleştiğini belirleyen çoklu mantık sistemidir [43].

Bulanık mantık ilk kez 1973 yılında, Londra'daki Queen Mary College'de profesör olan H. Mamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulandı. Ticari olarak ise ilk defa, 1980 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanılmıştır.

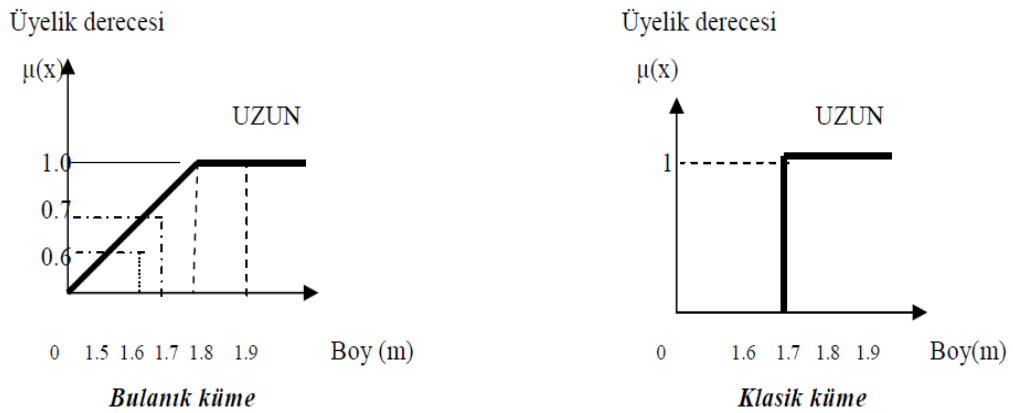
Bulanık mantığın gücü basit şeyleri basit tutmaktır. Klasik mantık bizleri çok katı sınırlar çizmeye zorlar. Mesela batı edebiyatında "novel" denilen roman, 90 veya daha fazla sayfadan , "novella" ise 90'dan daha az sayfadan oluşur. Bu standarda göre 91 sayfalık bir eser, roman olurken, 89 sayfalık bir çalışma "novella" (uzun hikaye) olur. Eğer bir bilgisayarda kelimelerin puntosu büyütülürse uzun hikaye, roman haline gelebilir. Bulanık mantık bu tür durumları önler[92].

3.1 Bulanık Kümeler

Karar verme sürecinde karar vericiler, klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın yöntemlerini kullandıklarında siyah-beyaz, iyi-kötü, evet-hayır veya 0-1 gibi iki yönlü kararlar verirler. Ancak gerçek yaşam karar problemlerinde bu tür mutlak ayırımların yapılamayacağı durumların da var olduğu unutulmamalıdır [91]. Bu tür ortamlarda kullanılabilecek yaklaşımlardan biri bulanık mantıktır. Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir disiplindir. Bulanık bir küme, farklı üyelik yani ait olma derecelerine sahip elemanları olan bir kümedir. Diğer bir ifadeyle, bulanık bir kümede, nesne kümenin elemanıdır veya değildir şeklinde katı bir tanımlama yapılmamaktadır. Buradaki temel düşünce herhangi bir nesnenin bir dereceye kadar kümenin üyesi olabileceğidir. Böyle bir kümede, "0" kümenin elemanı olmayanların, "1" kümeye tam üye olanların, diğer tüm ara değerler ise kısmi üyeliklerin derecesini göstermektedir [49].

Örneğin "Uzun boylu kime denir?" sorusuna cevap verecek olan bir UZUN alt kümesini her iki mantığa göre tanımlayalım. Şekil 3.1' de de görüldüğü gibi klasik küme mantığına göre 160 cm. boyundaki bir kişi uzun boylu insanlar kümesi içinde değildir. Hatta 169 cm. boyundaki bir kişi uzun boylu insanlar kümesi içinde değildir. Oysa bulanık mantığa göre 160 cm. boyundaki kişiye kısa denilmez. Çünkü kısmen de olsa uzun boylu insanlar kümesi içindedir. Bulanık mantıkta 160 cm boyundaki biri 0.6

üyelik derecesiyle, 170 cm. boyundaki biri 0.7 üyelik derecesiyle, 180 cm. boyundaki biri de 1.0 üyelik derecesiyle uzun boylu olabilir[92].



Şekil 3.1 Bulanık küme ile klasik kümenin karşılaştırılması

3.2 Üyelik Fonksiyonları

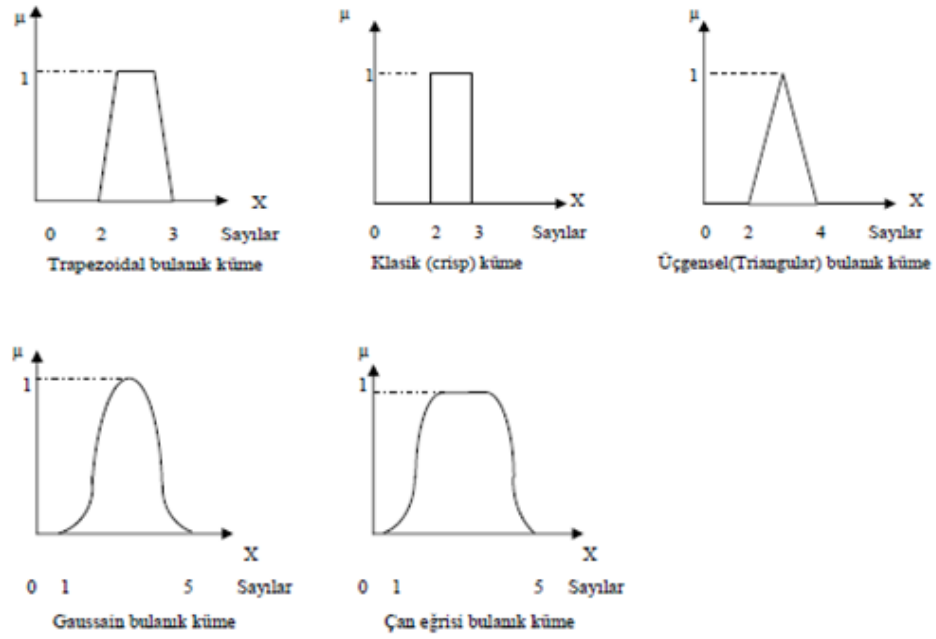
Üyelik derecelerinin 0'dan 1'e ne şekilde değişeceğini üyelik fonksiyonunun belirlediği açıktır. Üyelik fonksiyonunun şekli, kümenin ifade etmek istediği uygulama alanına göre değişiklik gösterir. Üyelik fonksiyonlarının alabileceği muhtemel temel şekiller Şekil 3.2' de gösterilmiştir.

X evrensel tanım kümesi üzerinde A bulanık kümesi, X uzayından birim aralığa bir dönüşüm olan $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonları ile tanımlanır:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (3.1)$$

Bulanık küme literatüründe, genellikle kesin terimi bulanık olmayan büyüklükleri belirtmek için kullanılır. Örneğin; kesin sayı, kesin küme, vb. Üyelik fonksiyon üyelik fonksiyonları arasında en yaygın kullanılanlar aşağıda verilmektedir.

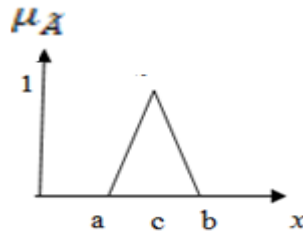
- Üçgen Üyelik Fonksiyonu(Triangular)
- Yamuk Üyelik Fonksiyonu (Trapezoidal)
- Gausssain Üyelik Fonksiyonu
- Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu



Şekil 3.2 Üyelik fonksiyonlarının alabildiği değişik şekiller

3.2.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu, $\mu_{\bar{A}}$: (a,0) başlangıç, (c, 0) tepe ve (b,0) bitiş noktalarıyla tanımlanmaktadır. Normal bir üyelik fonksiyonunda $a=1$ 'dir. Üçgen üyelik fonksiyonu diyagramı Şekil 3.3' de gösterilmektedir.



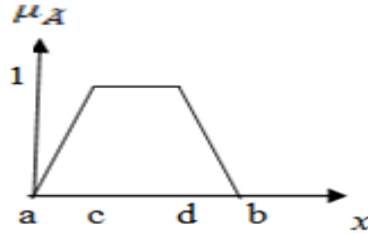
Şekil 3.3 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} \frac{x-a}{c-a}, & a \leq x \leq c \\ \frac{x-b}{c-b}, & c \leq x \leq b \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.2)$$

3.2.2 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu ise: (a,0) başlangıç, (c,α) ve (d,α) tepe ve (b,0) bitiş noktalarıyla tanımlanmaktadır. Yamuk üyelik fonksiyonu diyagramı Şekil 3.4’de gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{c-a}, & a \leq x \leq c \\ 1, & c \leq x \leq d \\ \frac{x-b}{c-b}, & d \leq x \leq b \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.3)$$

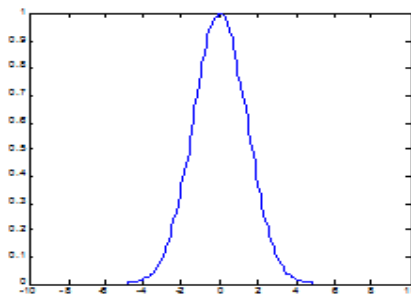
3.2.3 Gauss Üyelik Fonksiyonu

Gauss üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.4)$$

Burada c, Gauss eğrisinin merkezini, σ ise genişliğini ayarlayan parametrelerdir. c=0 ve

$\sigma=1$ değerleri bize Standart Gauss Üyelik Fonksiyonu $e^{-\frac{x^2}{2}}$ verir.



Şekil 3.5 Standart Gauss Fonksiyonu

3.2.4 Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu

Çan eğrisi üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\mu_A(x) = \frac{1}{\left(1 + \left|\frac{x-c}{\sigma}\right|^{2n}\right)} \quad (3.5)$$

formülüyle tanımlanır. c: eğrinin merkezini, σ taban genişliğini, n ise tavan genişliğini belirler.

3.3 Bulanık Kümelerde Mantıksal İşlemler

A ve B, U evreninde üyelik fonksiyonları sırasıyla ve iki bulanık küme farz edelim. Tümleyen, birleşim ve kesişim gibi küme işlemleri, bulanık kümeler için üyelik fonksiyonları ile ifade edilmektedir [93].

Küme teorisi için en önemli özellikler:

Değişme özelliği

$$A \cup B = B \cup A, \quad A \cap B = B \cap A \quad (3.6)$$

Dağılma özelliği

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C), \quad A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad (3.7)$$

De Morgan kuralı

$$\overline{(A \cap B)} = \bar{A} \cup \bar{B} \text{ ve } \overline{(A \cup B)} = \bar{A} \cap \bar{B} \quad (3.8)$$

Yutma özelliği

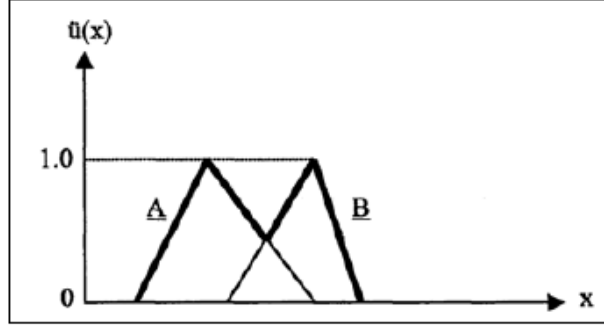
$$A \cup (A \cap B) = A, \quad A \cap (A \cup B) = A \quad (3.9)$$

Tek kuvvetli özelliği

$$A \cup A = A, \quad A \cap A = A \quad [93] \quad (3.10)$$

3.3.1 Bulanık Kümelerin Birleşimi

A ve B gibi iki bulanık kümenin birleşimi $A \vee B$ şeklinde gösterilir. Birleşme durumunda her iki kümeye ait öğelerin üyelik derecelerinin en büyüğü alınarak Şekil 3.6'daki gibi bir sonuç alınır.



Şekil 3.6 A ve B bulanık kümelerinin birleşimi

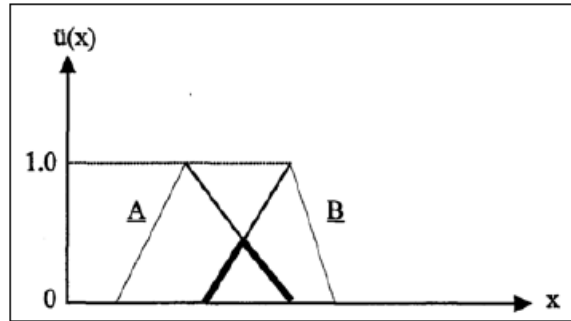
Birleşim kümesinin üyelik derecesi ise;

$$\bar{u}_{A \cup B}(x) = \max [\bar{u}_A(x), \bar{u}_B(x)] \quad (3.11)$$

olarak belirlenir [94].

3.3.2 Bulanık Kümenin Kesişimi

A ve B gibi iki bulanık kümenin kesişimi $A \cap B$ şeklinde gösterilir. Her iki kümeye de ait olan öğelerin üyelik derecelerinin en küçüğünün alınması ile o öğenin kesişim kümesindeki üyelik derecesi bulunur. Kesişim kümesinin grafiksel gösterimi Şekil 3.7' deki gibidir [94].



Şekil 3.7 A ve B bulanık kümelerinin kesişimi

Kesişim kümesinin üyelik derecesi ise;

$$\bar{u}_{A \cap B}(x) = \min [\bar{u}_A(x), \bar{u}_B(x)] \quad (3.12)$$

olarak belirlenir[94].

3.3.3 Diğer Bulanık Küme Özellikleri

Ayrık küme kavramı aynen klasik kümelerde olduğu gibidir. Eğer kümelerin ortak elemanları yoksa (yani kesişim kümeleri boşsa) o zaman grafiksel gösterimde kümelere

ait şekiller birbirinden ayrık olarak çizilir ve üyelik derecelerinde bir değişme olmaz. Bir kümenin başka bir kümeyi kapsaması veya diğer kümenin o kümenin alt kümesi olması durumu da aynı klasik kümelerde olduğu gibidir, bu durumda öğelerin üyelik derecelerinin en büyüğü alınır. Bir A kümesinin değili $\bar{A}$ olarak gösterilir. Bu durumda A kümesinin üyelik derecesi $\mu_A(x)$ ise değilinin üyelik derecesi $1 - \mu_A(x)$ olur. Klasik kümelerdeki değişme, birleşme ve dağılma özellikleri bulanık kümelerde de aynen yer alır [94].

3.4 Bulanık Aritmetik İşlemler

Bulanık sayılarda da bulanık kümelerde olduğu gibi işlemler yapmak mümkündür. Bulanık kümelerde birleşim, kesişim gibi kümelerde gerçekleştirilebilen matematiksel işlemler yapılabilirken bulanık sayılarda aritmetik işlemler yapılabilmektedir. Uygulamalarda genellikle yamuk ve üçgensel bulanık sayılar kullanılmaktadır.

$\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{B}=(b_1, b_2, b_3)$ iki üçgensel bulanık sayılardır ve k sabit bir gerçek sayıdır. Buna göre bu iki üçgensel bulanık sayılar üzerinde temel işlemler aşağıdaki gibi gösterilebilir:

a) Çıkarma işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}-\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3) - (b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad (3.13)$$

$$k - (a_1, a_2, a_3) = (k - a_1, k - a_2, k - a_3) \quad (3.14)$$

b) Toplama işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}+\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3) + (b_1, b_2, b_3) = (a_1+b_1, a_2 +b_2, a_3+b_3) \quad (3.15)$$

$$k + (a_1, a_2, a_3) = (k+a_1, k+a_2, k+a_3) \quad (3.16)$$

c) Çarpma işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}\times\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3) \times (b_1, b_2, b_3) = (a_1\times b_1, a_2\times b_2, a_3\times b_3) \quad (3.17)$$

$$k \times (a_1, a_2, a_3) = (ka_1, ka_2, ka_3) \quad (3.18)$$

d) Bölme işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}/\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3) / (b_1, b_2, b_3) = (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1) \quad (3.19)$$

$$k / (a_1, a_2, a_3) = (k/a_1, k/a_2, k/a_3) \quad (3.20)$$

$\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3, a_4)$ ve $\tilde{B}=(b_1, b_2, b_3, b_4)$ iki yamuk bulanık sayılardır ve k sabit bir gerçek sayıdır. Buna göre bu iki yamuk bulanık sayılar üzerinde temel işlemler aşağıdaki gibi gösterilebilir:

a) Çıkarma işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}-\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3, a_4) - (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3, a_4 - b_4) \quad (3.21)$$

$$k - (a_1, a_2, a_3, a_4) = (k - a_1, k - a_2, k - a_3, k - a_4) \quad (3.22)$$

b) Toplama işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}+\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3, a_4) + (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3, a_4+b_4) \quad (3.23)$$

$$k + (a_1, a_2, a_3, a_4) = (k+a_1, k+a_2, k+a_3, k+a_4) \quad (3.24)$$

c) Çarpma işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3, a_4) \times (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3, a_4 \times b_4) \quad (3.25)$$

$$k \times (a_1, a_2, a_3, a_4) = (ka_1, ka_2, ka_3, ka_4) \quad (3.26)$$

d) Bölme işlemi aşağıda gösterilmiştir:

$$\tilde{A}/\tilde{B}=(a_1, a_2, a_3, a_4) / (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1/b_1, a_2/b_2, a_3/b_3, a_4/b_4) \quad (3.27)$$

$$k / (a_1, a_2, a_3, a_4) = (k/a_1, k/a_2, k/a_3, k/a_4) \quad (3.28)$$

3.5 Bulanık Kümelerle ilgili Kavramlar

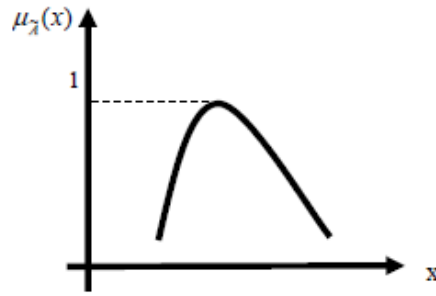
Bu alt başlık altında bulanık kümelerle ilgili normallik, dışbükeylik, geçiş noktası, α -kesim kümesi, düzey kümesi gibi kavramlar tanımsal olarak açıklanacak ve matematiksel olarak gösterilecektir.

3.5.1 Normallik

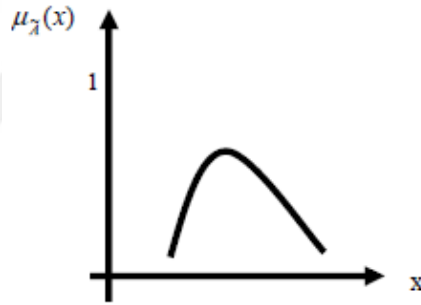
En azından bir tane üyelik derecesi 1'e eşit olan kümeye normal bulanık küme adı verilir. Aksi takdirde küme 'normalaltı' olarak tanımlanır. Bulanık kümenin 'yüksekliği' üyelik derecesinin en büyük olduğu öğeye karşılık gelir. O halde normal bulanık

kümenin yüksekliği 1'e eşittir. Normal olmayan bulanık kümeleri normal hale dönüştürmek için, kümenin üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesine bölünmesi gerekir.

Normal bulanık küme Şekil 3.8'de, normal olmayan bulanık küme ise şekil 3.9'da gösterilmiştir.



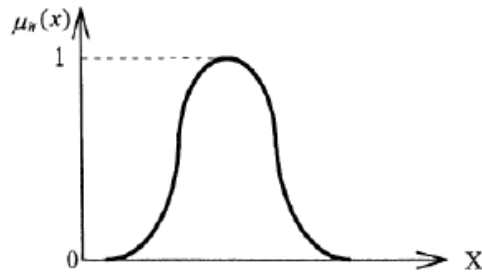
Şekil 3.8 Normal Bulanık Küme



Şekil 3.9 Normal Olmayan Bulanık Küme

3.5.2 α -Kesim Kümesi

Bir bulanık sayı, hem dış bükey hem de X evrensel kümesinde bir bulanık alt küme olup, bir $\tilde{n}$ bulanık sayısı aşağıdaki gibi Şekil 3.10'da gösterilmiştir:

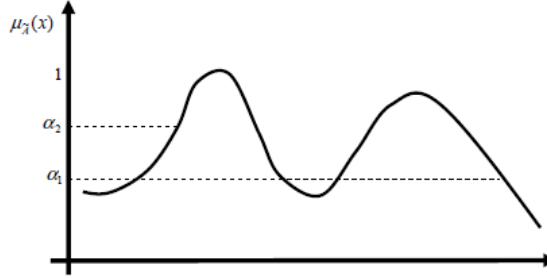


Şekil 3.10 Bir $\tilde{n}$ bulanık sayısı

$\tilde{n}$ bulanık sayısının α kesimi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\tilde{n}^\alpha = \{x_i : \mu_{\tilde{n}}(x_i) \geq \alpha, x_i \in X\}$$

Burada $\alpha \in [0,1]$.



Şekil 3.11 α kesimlerini içeren $\tilde{n}$ bulanık sayısı

3.5.3 Dışbükeylik

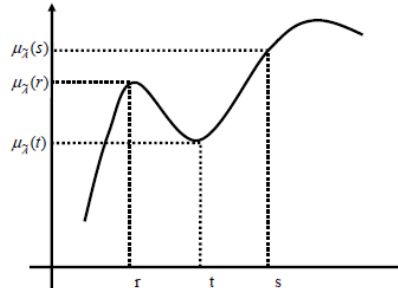
Bir kümedeki herhangi iki noktayı birleştiren çizgideki her nokta bu kümenin elemanı ise küme dışbükeydir. Aksi durumda ise içbükeylik söz konusudur.

Eğer α -kesim kümelerinin her biri dışbükey kümeler ise bulanık küme $\tilde{A}$ da dışbükey bir kümedir ve matematiksel olarak gösterimi aşağıdaki gibidir [96].

$$(\mu_\lambda(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_\lambda(x_1), \mu_\lambda(x_2)), x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0,1]) \quad (3.24)$$



Şekil 3.12 Dışbükey küme örnek



Şekil 3.13 Dışbükey olmayan küme örnek

3.5.4 Geçiş Noktası

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarında üyelik derecelerinin 0,5'e eşit olması durumundaki noktaya geçiş noktası adı verilir. Matematiksel olarak gösterimi ise aşağıdaki gibidir [96].

$$\text{Geçiş Noktası} \rightarrow \mu_{\lambda}(x)=0,5 \quad (3.25)$$

3.5.5 Düzey Kümesi

Üyelik fonksiyon değerini açıkça gösteren α değeri $[0,1]$ aralığındadır. Düzey kümesi α ile elde edilebilir. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir[96].

$$\tilde{A}_{\alpha} = \{ x \mid \mu_{\lambda}(x) = \alpha, \alpha \geq 0, x \in E \} \quad (3.26)$$

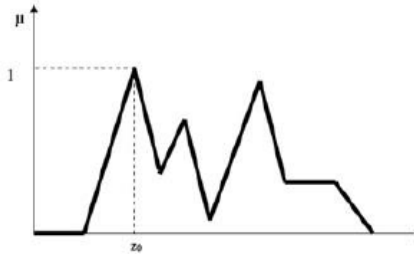
3.6 Durulaştırma

Bulanık mantıkta durulaştırma (defuzzification) işlemi, bulanık bilgilerden yola çıkarak kesin değerler elde etme işlemidir. Literatürde pek çok durulaştırma yönteminden bahsedilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılan yöntemler aşağıda verildiği gibidir.

3.6.1 En Büyük Üyelik İlkesi

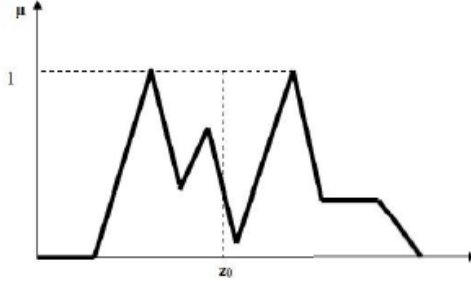
Bu yöntem çıkarım kümesindeki en yüksek üyelik derecesine sahip öge ile işlem yapılması temeline dayanır. Tepeli üyelik fonksiyonları için durulaştırma işlemi bu yöntem ile oldukça hızlı gerçekleştirilebilir[95].

$$\mu(z_0) \geq \max \{ \mu(z), z \in Z \} \quad (3.27)$$



Şekil 3.14 En büyük üyelik derecesi ile durulaştırma

İki ya da daha fazla büyük üyelik derecesi olması durumunda en yüksek iki değerin ortalaması sistemin üyelik derecesinin ifade eder. Şekil 3.15’de grafiksel gösterimi verilmiştir.



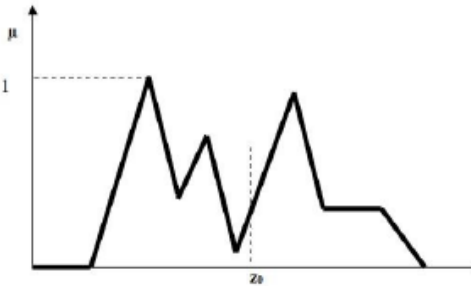
Şekil 3.15 En Büyük Üyelik Derecesi ile Durulaştırma

3.6.2 Alan Merkezi Yöntemi

Sugeno tarafından 1985 yılında geliştirilen yöntem durulaştırmada kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Ağırlık merkezine dayalı yöntem matematiksel olarak

$$Z_0 = \frac{(\int \mu(z).zd)}{z \int (\mu(z).dz)} \quad (3.28)$$

şeklinde ifade edilir [95].

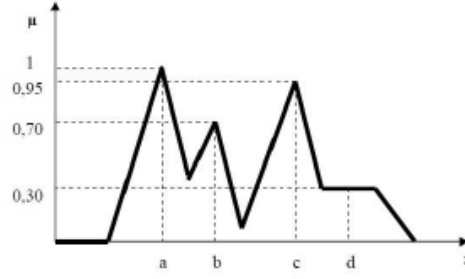


Şekil 3.16 Alan Merkezi Yöntemi ile Durulaştırma

3.6.3 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Durulaştırma işleminde bu yöntemin kullanılabilmesi için üyelik fonksiyonlarının simetrik yapıda olmaları gerekmektedir. Durulaştırılmış değer, çıkarım kümesindeki her bir çıktı bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu ile ilgili öge değerinin çarpımının toplam üyelik fonksiyonu değerine oranlanması ile elde edilir. Matematiksel ifade ile;

$$z_0 = (\sum_i \mu_i z_i) / (\sum_i \mu_i) \quad (3.29)$$



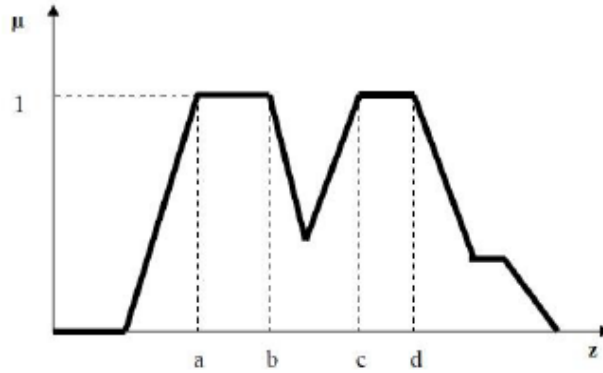
Şekil 3.17 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ile Durulaştırma

3.6.4 Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi

Ortalama en büyük üyelik yöntemi, durulaştırma yapılacak olan bulanık çıkarım kümesinde birden fazla tepe noktasının var olması halinde kullanılacak olan yöntemdir. Elde edilecek kesin değer Şekil 3.9'da göre matematiksel olarak;

$$z_0 = (a+b+c+d)/4 \quad (3.30)$$

şeklinde ifade edilir[95].



Şekil 3.18 Ortalama En Büyük Durulaştırma Yöntemi ile Durulaştırma

3.6.5 Toplamların Merkezi Yöntemi

Toplamların merkezi yöntemi ile durulaştırmada bulanık kümelerde birleşim yerine cebirsel toplamaları dikkate alınır.

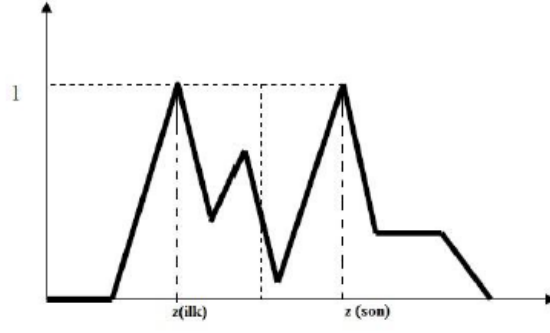
3.6.6 En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi

Yöntem, çıkarım kümelerinin dışbükey olması durumunda ağırlık merkezi yöntemi ile aynı sonuçları verir. Tüm çıkarım kümelerinin dışbükey olmadığı ve en az iki bulanık alt



Bu yöntemde, çıkarım kümelerinin birleşimi olan bulanık kümede ilk en büyük veya son bulanık küme değeri durulaştırılmış değer olarak kabul edilir. Yöntemin uygulamasında ilk olarak bulanık çıkarım kümesinde en büyük üyelik fonksiyonu değeri tespit edilir. Eğer bu kümedeki en büyük üyelik fonksiyon değeri bir tane ise, durulaştırılmış değer, bu en büyük değer olacaktır. Ancak birden fazla en büyük üyelik fonksiyonu değeri var ise; ilk en büyük yöntemine göre bu değerlerin ilki, son üyelik derecesi yöntemine göre ise son değer durulaştırılmış kesin değer olarak kabul edilir. Bu yöntemle ilişkin grafiksel ifade Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de verilmiştir [95].





Şekil 3.21 En Büyük İlk ve Son Üyelik Dereceleri Yöntemi ile Durulaştırma

BÖLÜM 4

LİTERATÜR ÖZETİ

Bulanık kontrol diyagramları kullanımı ile ilgili olarak literatürde hem yurtiçi hem de yurtdışında birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında 2010-2019 yılları arasında Tip 1 bulanık kontrol diyagramları konusunda yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve kısaca özetlenmiştir.

Sakthivel ve diğerleri [46], otomotiv sektöründe lastik üretim kalitesini değerlendirerek kısa dönem α -kesimli bulanık p kontrol diyagramlarını kullanmışlardır.

Elitok ve Öncel [47], rüzgar yön sensörü devre kartı lehim hataları verileri için 4 farklı yöntem kullanılarak kontrol diyagramları oluşturulmuşlardır. Çizilen klasik c kontrol diyagramı ve bulanık c kontrol diyagramı sonuçları karşılaştırılarak üretim yapan işletmelere dilsel değişkenlerin kullanılabildiği durumlara uygun kontrol diyagramı önerilmiştir.

Ghobadi ve diğerleri [48], gıda sektöründen alınan parametreleri F-MCUSUM kontrol diyagramı bulanık T^2 ve MEWMA diyagramları ile ortalama koşum uzunluğu kriteri kullanılarak karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, F-MCUSUM, süreçlerdeki küçük ve orta düzey değişiklikleri keşfetmek için F-MEWMA ve F- T^2 diyagramlarından çok daha yeteneklidir. Ayrıca kontrol dışı sinyalleri yorumlamak için ortalama koşum uzunluğu kriteri ve istatistiksel metodun birlikte değerlendirilmesi etkili bir yaklaşım olarak gösterilmiştir.

Aslangiray ve Akyüz [49], süreç kontrol diyagramlarının oluşturulmasında bulanık mantığın kullanımı ve bulanık kalite kontrol diyagramlarının bir tekstil işletmesi örneği

üzerinde gösterimini yaparak klasik u-kontrol diyagramında bulanık kontrol diyagramlarına oranla daha fazla kontrol dışı nokta olduğunu tespit etmişlerdir. Bulanık kontrol diyagramlarının kullanılması ile işletmede atık malzeme maliyeti, işçilik maliyeti, siparişin karşılanamamasından/gecikmesinden kaynaklanan maliyetler gibi doğrudan veya dolaylı maliyetlerin önüne geçilmiş olacaktır.

Shihabudheen ve diğerleri [50], ölçüm hatasının X-R bulanık kontrol diyagramına etkisini araştırmışlardır. Kullanılan model lineer bir kovaryant modeldir. Ortalama değerdeki değişikliklerin tespitinde kontrol tablosunun etkinliği, ortalama çalışma süresi (ARL) kullanılarak hesaplanır. Ölçümlerin ortalama değerleri farklı olduğunda, ölçümlerin varyansının daha küçük bir değeri, X-R bulanık kontrol çizelgesinin daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, ARL değişiklikleri, benzer koşullarda doğrusal kovaryant modelin eğimi arttıkça kontrol diyagramının etkinliğinin arttığını göstermektedir.

Şentürk [51], klasik ve bulanık c kontrol diyagramlarını kullanarak bir armatür üreticisi firmanın verilerini incelemiş ve klasik yöntem ile verilerde dalgalanmalar mevcut olduğunu bu sebeple bulanık u kontrol diyagramının daha kaçınılmaz bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Tekşen ve Anagün [52], Tip-2 aralıklı X-R kontrol diyagramlarının kontrol limitlerinin nasıl oluşturulduğuna çalışma yapmışlardır.

Moraditadi ve Avakhdarestani [53], bulanık X-MR kontrol diyagramlarının otomotiv sektöründe uygulamasını içeren çalışmasında bulanık kontrol diyagramlarının tolerans dışı noktaları göstermesinde klasik diyagramlardan daha hassas olduğunu belirtmiştir.

Kaya ve diğ. [54], bulanık EWMA kontrol diyagramlarının giyim sektöründe uygulanması çalışmasında bulanık EWMA kontrol diyagramlarının sadece küçük vardiyalarda hataları tespit etmek için kullanılamayacağı aynı zamanda yanlış alarmları engellemek için kontrol limitleri üzerindeki esnekliğide arttırdığını ifade etmişlerdir.

Zabihinpour ve diğ. [55], gıda sektöründe bulanık X-R kontrol diyagramları üzerine yapılan çalışmada bulanık kontrol diyagramlarının klasik kontrol diyagramlarına nazaran şirketlere kalitelerini geliştirmek için daha çok yardım ettiği ayrıca verimliliklerini arttırdığı belirtilmiştir.

Kharola ve Singh [56], proje yönetimin başarısı için bulanık mantık modellerinin geliştirilmesi çalışmalarında zaman, maliyet ve kapsam parametrelerinin bulanıklaştırılması ile proje kalitesi üzerindeki etkileri net olarak gözlenmiştir.

Darestani ve diğ. [57], otomotiv sektöründe bulanık u-kontrol diyagramı konusunda yapılan çalışma sonucunda klasik u kontrol diyagramı ile sonuçların sadece kontrol içi veya kontrol dışı olarak yorumlandığı fakat bulanık u diyagramı kullanıldığında sonuçları dört grupta toplamanın mümkün olduğu belirtilmiştir. (Kontrol dışı, Kısmen kontrol dışı, kontrol içi, kısmen kontrol içi) Bu sebeple bulanık kontrol diyagramlarının daha hassas olduğu vurgulanmıştır.

Haldar ve diğ. [58], sağlık sektöründe ana Mahalanobis mesafe bazlı bulanık C (FCM-M) kümeleme algoritmasının ve Euclidian mesafe bazlı Fuzzy C-Means (FCM) kümeleme tekniğinin verimlilik karşılaştırılması yapmış ve FCM-M algoritmasının önemli ölçüde FCM algoritmasından daha iyi çalıştığı ortaya konulmuştur.

Erginel ve Şentürk [59], bulanık CUSUM ve EWMA diyagramlarına dair yapmış oldukları çalışmada bu diyagramların klasik kontrol diyagramlarından daha hassas olduklarını düğme üreticisi bir firmada yapılan çalışma sonuçları ile göstermişlerdir. Çalışma sonucunda çok değişkenli bulanık CUSUM ve EWMA çalışmalarının da geliştirilebileceğini belirtmişlerdir.

Gildeh ve Shafiee [60], istatiksel kontrol ve kalitede özellikle ortalama kontrol ve hareketli kontrol diyagramları üzerinde bulanık gözlemlerin otokorelasyon katsayısının etkisi araştırılmıştır. Hesaplama için ayrıca bir model belirtilmiş olup D_p , q methodunun kullanılması ile sürecin yanlış uyarıların bildirilmesini engellediği belirtilmiştir.

Kahraman ve diğ. [61], bulanık Shewhart kontrol diyagramlarına dair yapılan çalışmada bulanık kontrol diyagramlarının daha esnek ve bilgi verici olduğu belirtilmiş ve gelecek çalışmalarda Tip 2 bulanık diyagramları üzerine çalışılabileceğini belirtilmiştir.

Hryniewicz [62], bulanık istatiksel testler için P değerinin hesaplanması konusunda farklı yaklaşımlar düşünmüştür. Çalışma sonucunda her bir bulanıklaştırılmış P değerinin uygun olasılık dağılımları bulunmuştur. Diğer popüler istatiksel testler için de aynı çalışmanın yapılabileceği vurgulanmıştır.

Podrşaj ve Simoncic [63], bulanık mantık kullanarak punta kaynak mukavemetinin kontrolü konusunda yapılan çalışmada bulanık mantık sistemlerinin kullanımının kolay ve hızlı ayrıca gerçek hayatta uygulanabilir olduğu için tercih edilmesi gerektiği ayrıca sonuçlarının rahatlıkla anlaşılabildiğini paylaşmıştır.

Darestani ve Nasiri [64], süreç yeterlilik ve bulanık X-S kontrol diyagramı kullanılarak süreç kalitesinin ölçülmesinin gerçek dünyada yeterli bir kesinliğe sahip olmadığı için belirsiz ve kesin olmayan verileri açıklamak için bulanık mantığın bizlere yardımcı olduğunu vurgulamışlardır. Öncelikle X-S kontrol diyagramını oluşturmuşlar ve eğer süreç kontrol altında ise bu değerlere göre süreç yeterlilik indeksi hesaplamışlardır. Eğer PCI değeri 1 den büyük ise süreç yeterli, değil ise süreç yeterli değil olarak çalışmayı sonuçlandırmışlardır.

Shu ve Wu [65], bulanık X-R kontrol diyagramlarına dair bulanık dominant algoritma kullanmıştır. Bulanık algoritma kullanılmasıyla bulanık ortalamalar ve her bir bulanık kontrol limitlerinin değişkenlikleri karşılaştırılarak, karar verici üretim süreci durumunu oldukça kontrol altında veya oldukça kontrol dışı şeklinde yapabilir ve bir sonraki adım aksiyonlarını belirleyebilir. Süreç oldukça kontrol dışı veya oldukça kontrol altında şekilde sınıflandırıldığında maliyetlerde azalma görülecektir sonucuna ulaşılmıştır.

Sarıççek ve imen [66], bir süreçte ortalama ve/veya varyans kaymalarının saptanması için bir bulanık çıkarım kontrol sistemi önermişlerdir. Bulanık X-R kontrol diyagramı kullanılmıştır. Önerilen yöntemin performansı, yanlış karar yüzdeleri ve Tip II hata ile geleneksel kontrol diyagramlarıyla karşılaştırılmıştır. Her iki yöntem için önerilen yöntemin geleneksel kontrol diyagramlarından daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Önerilen yöntem akıllıdır, bir eğitim sürecine ihtiyaç duymaz ve geçmiş bilgileri yakalar. Bulanık ıkarım sisteminin bir süreçte ortalama ve/veya varyans kaymalarının saptanmasında uygulanabileceğini gösterilmiştir. Çalışma sonucunda bir süreçte ortalama ve/veya varyansa bağlı olarak ortaya çıkan değişkenliği saptamak ve bu değişkenliğin nedenlerini araştırmak ürün kalitesini iyileştirmek ve maliyetleri azaltmanın yardımcı olabileceği ifade edilmiştir.

Erginel ve diğ. [67], bulanık EWMA kontrol diyagramlarının istatistiksel temeli olarak geliştirmiş ve bulanık EWMA kontrol diyagramları ile gerçek bir dünya uygulaması yapmışlardır. Bulanık EWMA kontrol diyagramlarının, bulanık ortamda işlemlerdeki

küçük kaymaları tespit etmekle kalmadığı aynı zamanda yanlış alarmları önlemek için kontrol limitleri üzerindeki esnekliği de arttırdığı belirtilmiştir.

Alipour ve Noorossana [68], çok değişkenli bulanık EWMA kontrol diyagramları ile gıda sektöründe yapılan uygulamaya yer vermişlerdir. Çalışma sonucunda çok değişkenli bulanık kontrol diyagramlarının dilsel gözlemlerin yorumlanmasında alternatif metot olduğu, bu diyagramların geçmiş ve şimdiki verilen bilgilerini kümülatif olarak içerdiği bu sebeple sadece şimdiki verileri içeren kontrol diyagramlarından daha iyi sonuç vermesinin beklenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada önerilen kontrol diyagramı bulanık T^2 kontrol diyagramı karşılaştırılmış ve sonuç olarak F-MEWMA kontrol diyagramının daha iyi bir performansı olduğu belirtilmiştir.

Alakoç [45], bulanık kalite kontrol diyagramları çizmek için önerilen oran yaklaşımı geliştirmiştir. Oran yaklaşımı ile kalite kontrol diyagramlarının bulanık alternatiflerinin çizilmesi amaçlanmıştır. Oran yaklaşımında ilk olarak, bulanık aritmetik işlemler ile bulanık kalite kontrol diyagramlarının bulanık kontrol sınırları hesaplanmış ve geliştirilen üyelik fonksiyonu ile bulanık sayıların kontrol içinde olma üyelik dereceleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu üyelik dereceleri karar fonksiyonuna göre sınıflandırılıp süreç kontrol altında veya kontrol dışı olarak yorumlanmıştır. Ayrıca geliştirilen bu oran yaklaşımı ile bulanık c kontrol diyagramının performansı hesaplanmıştır.

Faraz ve Shapiro [69], üyelik fonksiyonu altındaki alan, bulanıklığın ölçümü için uygun bir yol olarak görmüş ve bulanık süreç kontrol için yeni bir yöntem sunmuşlardır. Amaçlanan yaklaşım kontrol altında bir bulanık bölge belirlemek ve sürecin kontrol dışına ait olma derecelerini belirlemektedir. Çalışmada uygulama kısmında bulanık XS diyagramları kullanılmıştır.

Shu ve diğ. [70], F-MaxGWMA kontrol diyagramı oluşturmak için bulanık veri analizi metodu kullanmışlardır. Ardından, anormal varyasyonların tesadüfi olmayan nedenlerini belirlemek ve süreçte bulunan düzeltici eylemlere duyulan ihtiyaca dikkat etmek için kullanılmıştır.

Shu ve Wu [71], bulanık p kontrol diyagramlarını ve imalat sürecini kategorize etmek için önerilen fonksiyon kullanarak, karar vericinin dilsel kararlar almasını sağlamışlardır.

Alizadeh ve diğ. [72], T^2 bulanık kontrol diyagramı kullanarak her numune için gözlemin, üçgen üyelik fonksiyonuna sahip kanonik bulanık bir sayı olduğu belirtmişlerdir.

Ghobadi ve diğ. [73], bulanık bir yanıt değişkeni ve bir öngörücü değişkeni arasındaki profil fonksiyon ilişkisinin, profil olarak adlandırılan bir bulanık regresyon modeli kullanılarak nasıl izlenebildiğini göstermişlerdir. Çalışmanın amacı çok değişkenli EWMA ve CUSUM diyagramları üzerinden kalite karakteristiklerinin belirli, belirsiz, yetersiz ve dilsel olduğu uygulamalar için süreç/ürün bulanık kalite profillerini izlemek için çok değişkenli bir yaklaşım geliştirmektir.

Şentürk [74], α -kesimli bulanık X-regresyon kontrol diyagramı için α -seviyeli bulanık orta değişim teorik yapısını analiz etmiştir. Önerilen bulanık X-regresyon kontrol diyagramı, bir doğal gaz valfinin iç çaplarının sayısal bir örneği ile gösterilmiştir. Buna ek olarak, bulanık R kontrol diyagramı, doğal gaz vanasının iç çaplarının değişimini incelemek için kullanılmıştır.

Pandurangan ve Varadharajan [75], α -kesim bulanık orta değişim dönüşüm tekniği kullanılarak öncelikle bulanık $\bar{X}$ -R ve $\bar{X}$ -S kontrol diyagramlarını oluşturmuşlardır. Bu çalışmada, bulanık küme teorisinin, kontrol limitlerine biraz esneklik getirdiği için değişken kontrol diyagramlarındaki sinyalleri ayırt etmek için uygun olduğu gösterilmiştir.

Taylan Ve Darrab [76], bulanık mantık ve sinir ağları gibi yapay zeka yöntemlerinin kalite kontrolünde ve iyileştirilmesinde kullanılması üzerine bir halı üreticisinde lateks ağırlığının uygunluğunu incelemek için bulanık $\bar{X}$ -R kontrol diyagramı kullanmıştır. Eğer sayısal veriler mevcut ise, bulanık kontrol diyagramlarının bulanık kurallar ve kontrol sistemini içeren üyelik fonksiyonları kadar iyi olacağı belirtilmiştir.

Faraz ve diğ. [77], X bulanık diyagramını tanıtarak, klasik Shewhart diyagramlarındaki kontrol sınırlarının, süreç ortalamasında belirsizlik olduğunda ayarlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu diyagramların diğer bulanık kontrol diyagramlarına göre basitlik avantajı olduğu çünkü kontrol limitlerinin ayarlanabildiği ve Shewhart kontrol diyagramlarıyla doğrudan benzer olduğu belirtilmiştir.

Khan ve diğ.[78], bulanık EWMA kontrol diyagramı ile gıda sektöründe süreç ortalamasını hesaplamışlardır.

Fadaei ve Pooya[79], bulanık u kontrol diyagramı performansını araştırmak için bulanık çalışma karakteristiği (FOC) eğrisi uygulamışlardır.

Kaya ve diğ. [80], bulanık $\bar{X}$ -S kontrol diyagramları elde etmek için bulanık standart sapma tanıtmışlardır ve bu bulanık kontrol diyagramları, gıda endüstrisinde, süreçlerin kontrol altında olup olmadığını izlemek için kullanılmıştır. Buna ek olarak, bulanık X ve S kontrol diyagramları, popülasyon parametrelerinin bilindiği durumlar için geliştirilmiştir. Bu çalışmada iki uzantı vardır: 1. Bulanık standart sapmayı hesaplamanın yeni bir yolu önerilmiştir. Ayrıca, bulanık X ve S kontrol diyagramlarının uygulanması, bisküvi paketleme sürecini değerlendirmek üzere bir gıda endüstrisinde gösterilmiştir. 2. Bulanık X ve S kontrol diyagramlarının teorik yapısı popülasyon parametreleri (ortalama ve standart sapma) için önerilmiştir.

Kaya ve Kahraman [81], süreç yeterliliği analizlerinin esnekliğini artırmak için ölçümler ve spesifikasyon limitlerini üçgen bulanık sayı veya yamuk bulanık sayı olarak tanımlamışlardır. Bu işlem fazla bilgi ve daha fazla esneklik sağlamıştır. Bulanık süreç yeterliliği göstergeleri üyelik değeri 1.00 olan kesin değerleri içermekte ve süreç yeterliliği göstergelerinin olası tüm değerlerini göstermektedir. Çalışmada bulanık $\bar{X}$ -R bulanık diyagramına yer verilmiştir.

Kaya ve diğ. [82], Türkiye’de hisse senedi fiyat değişkenliği arasındaki uzun dönemli ilişki için, 1995-2014 dönemi IMKB-30 endeksi verileri kullanarak analiz yapmışlardır. Analizlerde belirsizlik koşulları altında daha iyi sonuç veren bulanık mantık ile istatistiksel süreç kontrolünde kullanılabilecek bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ocak 2015 için ilk stok fiyatları, BIST-30 Endeksi için zaman serisi analizinin üssel düzleştirme yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Daha sonra, BIST-30 endeksinin tahmini değerleri için hisse senedi fiyatının değişkenliğini kontrol etmek için, bireysel kontrol diyagramı (FICC) ve hareketli kontrol diyagramı (FMRCC) adlı iki bulanık kontrol tablosu oluşturulmuş ve bu çizelgeler için bir kesikli bulanık orta değerler tespit edilmiştir.

Şentürk [83], bulanık sayılar kullanarak, bulanık mod ve bulanık medyan transformasyon teknikleri için bulanık regresyon kontrol diyagramının ve bulanık değişim aralığı kontrol diyagramının teorik yapısını ilk defa oluşturmuştur. Bulanık regresyon kontrol diyagramı ve bulanık değişim aralığı kontrol diyagramı için bulanık medyan tekniğine dayalı bir uygulama yonga levha yoğunluk değerleri ve bulanık X-R kontrol diyagramları kullanılarak yapılmış ve uygulama sonuçları yorumlanmıştır.

Hou ve diğ. [84], bulanık belirsiz ve ölçülemeyen ürün özelliklerine odaklanarak uzmanların kalite skorlarından elde edilen bulanık skor sayısına dayalı bir kontrol diyagramı oluşturmak için bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşım, bulanık bir sayının istatistiksel parametrelerini hesaplamak için gerçek skor değerlerini kullanır ve önceden tanımlanmış bir üyelik fonksiyonunun önceden bozulmasının etkisini etkili bir şekilde önleyebilmektedir.

Panich [85], buhar kazanı valfinin açılma yüzdesi hesabı için sıcaklık ve basınç değerlerinin üçgensel üyelik fonksiyonu ile bulanık sayılara dönüştürüldüğü bu çalışmada 25 adet bulanık kural ile tank içerisindeki su seviyesi kontrolü için bulanık denetleyici geliştirmiştir.

Puthiyamayagam ve Pandian [86], α -seviyeli bulanık orta aralık kullanarak değişken örneklem büyüklüğüne sahip Üçgen Bulanık Çoklu kontrol diyagramı önermişlerdir. Değişken örneklem büyüklüğüne sahip üçgen bulanık çoklu çizim diyagramını oluşturmak için α - seviyeli bulanık orta frekans teknikleri de uygulanmıştır. Önerilen yöntem, değişken örneklem büyüklüğüne sahip düzenli p-diyagram ve değişken örneklem büyüklüğündeki Bulanık Çoklu çizelge ile karşılaştırılmıştır. α -seviyeli bulanık orta aralığı kullanarak değişken örneklem büyüklüğüne sahip üçgen bulanık çoklu kontrol tablosu, çok-nitelikli kalite verisi için dilsel anlamda işlemdeki kaymanın tanımlanmasında daha ekonomik ve daha duyarlı olarak belirlenmiştir.

Zabihinpour ve diğerleri [87], bulanık rasgele değişken ve bulanık istatistik ilkesine dayalı üçgen bulanık rastgele bir değişken için standart sapmasının tarafsız öngörüsü geliştirmişlerdir. Önerilen bulanık $\bar{X}$ -S kontrol diyagramları, gıda endüstrisinde (erişte üretimi) yapılan bir vaka çalışmasıyla doğrulanmış ve daha önce fabrikada uygulanan geleneksel Shewhart kontrol diyagramlarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda

önerilen bulanık kontrol diyagramlarının anormal kaymaları geleneksel Shewhart kontrol diyagramlarından daha doğru tespit edebildiği gösterilmiştir.

Fekraty ve Feili [88], ikili sınıflandırmayı tamamlamak için, ürün kalitesini tanımlayan birkaç orta seviye kullanmıştır. Bu ara seviyeler, bulanık mantık yardımıyla dilsel terimlerin formunda ifade edilir. Wang ve Raz tarafından önerilen bulanık olasılık ve üyelik kontrol diyagramları oluşturulmuştur. Aynı zamanda olasılık teorisine dayanan genelleştirilmiş p diyagramı da oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda bulanık kontrol diyagramlarının daha doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Ghobadi ve Noghondarian [89], Faz I'de bulanıklık kalitesi profili veren bir sürecin izlenmesi için geliştirilmiş bulanık kontrol diyagramlarından oluşan bir çerçeve sunmuştur. Regresyon katsayılarının genişliğini azaltan bulanık regresyon modeli oluşturmak için çok objektifli doğrusal programlamaya dayanan bir yöntem önerilmiştir. Bulanık regresyon parametrelerinin stabilitesini kontrol etmek ve evre II'de çevrimiçi izlemede kullanılan kontrol-öncesi süreç profil parametrelerini tahmin etmek için bulanık bireysel ve hareketli ortalamalar (IMR) kontrol diyagramları geliştirilmiştir.

Rabbi ve diğ. [102], p bulanık kontrol diyagramında istatistiksel proses kontrolünün performansını geliştirmek için bulanık kural bazlı algoritmaları uygulamışlardır.

Alakoç ve Apaydın [103], niteliksel ve niceliksel değişkenler için bulanık kontrol diyagramı yaklaşımı konusunda çalışma yapmışlardır. Bulanık c kontrol diyagramı üzerinde uygulama yapılmıştır. Çalışmada simulasyon tekniği ile veriler üretilmiş ve klasik/bulanık c kontrol diyagramları oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda bulanık c kontrol diyagramının daha etkili ve hassas olduğu görülmüştür.

Wibawat ve diğ. [104], multinominal p bulanık kontrol diyagramının performansının kontrol edilmesi konusunda çalışma yapmışlardır.

Yıldırım ve diğ. [105], bulanık p kontrol diyagramı ile klasik kontrol diyagramı karşılaştırılması üzerine çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda bulanık kontrol diyagramının daha hassas olduğu görülmüştür.

Çizelge 2.1’de 2010-2019 yılları arasında bulanık kontrol diyagramları kullanılan tüm çalışmalar yazar, yıl, uygulama, kullanılan diyagram ve yayın bilgileri de eklenerek gösterilmektedir.

Toplamda çizelgede 37 çalışmaya yer verilmiştir ve kullanılan diyagram çeşiti, yayın yeri ve kullanılan sektöre göre analizler de ayrıca verilmiştir.

Çizelge 4.1 Bulanık Çalışmaların Analizi

Yazar	Yıl	Uygulama	Kullanılan Diyagram	Yayın Yeri
Sakthivel ve diğerleri	2017	Otomotiv Sektörü	P	Global and Stochastic Analysis
Elitok ve Öncel	2017	İmalat sektörü	C	Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı
Ghobadi ve diğerleri	2015	Gıda Sektörü	CUSUM	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology
Aslangiray ve Akyüz	2014	Tekstil Sektörü	U	Istanbul University Journal of the School of Business
Shihabudheen ve diğerleri	2012	-	X-R	Engineering, Technology & Applied Science Research
Şentürk	2017	İmalat sektörü	C	Applied Sciences and Engineering
Mirtagioğlu ve Demir	2016	İmalat sektörü	CUSUM EWMA	Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi
Moraditadi ve Avakhdarestani	2016	Otomotiv Sektörü	XMR	Int. J. Productivity and Quality Management
Kaya ve Diğerleri	2014	Tekstil Sektörü	EWMA	Applied Soft Computing
Zabihinpour ve Diğerleri	2015	Gıda Sektörü	X-R	Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)
Darestani ve Diğerleri	2013	Otomotiv Sektörü	U	International Journal of Quality & Reliability Management

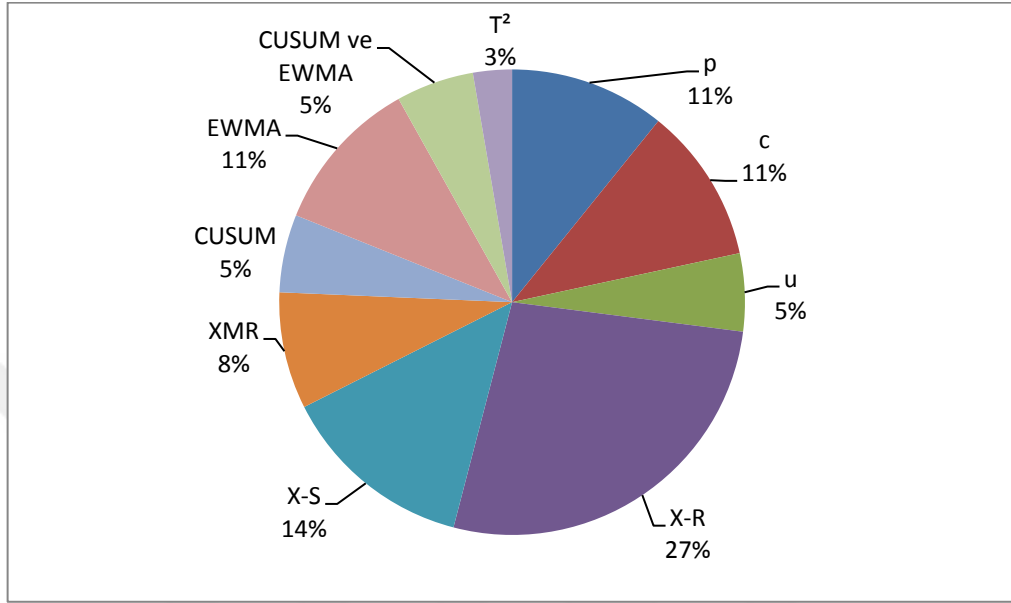
Çizelge 4.1 Bulanık Çalışmaların Analizi (devamı)

Yazar	Yıl	Uygulama	Kullanılan Diyagram	Yayın Yeri
Haldar ve Diğerleri	2017	Sağlık Sektörü	C	Neurocomputing
Erginel ve Şentürk	2016	İmalat sektörü	CUSUM EWMA	Studies in Fuzziness and Soft Computing
Hryniewicz	2017	-	P	International Journal of Approximate Reasoning
Darestani ve Nasiri	2016	İmalat sektörü	X-S	International Journal of Quality & Reliability Management
Shu ve Wu	2011	-	X-R	Computers & Industrial Engineering
Sarıççek ve Çimen	2011	-	X-R	International Journal of Innovative Computing
Erginel ve Diğerleri	2014	-	EWMA	Applied Soft Computing
Alipour ve Noorossana	2010	-	EWMA	International Advanced Manufacturing Technology
Alakoç	2012	-	C	Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı
Faraz ve Shapiro	2010	-	X-S	Fuzzy Sets and Systems
Shu ve Diğerleri	2013	-	EWMA	Expert Systems with Applications
Shu ve Wu	2010	-	P	Journal of Applied Statistics
Alizadeh ve Diğerleri	2010	-	T ²	Scientia Iranica

Çizelge 4.1 Bulanık Çalışmaların Analizi (devamı)

Yazar	Yıl	Uygulama	Kullanılan Diyagram	Yayın Yeri
Ghobadi ve Diğerleri	2012	-	CUSUM EWMA	Springer science Business Media Dordrecht
Şentürk	2010	İmalat sektörü	X-R	International Journal of Computational Intelligence Systems
Pandurangan ve Varadharajan	2011	-	X-S	International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences
Taylan Ve Darrab	2012	İmalat sektörü	X-R	Journal of Manufacturing Technology Management
Faraz ve diğerleri	2010	-	X-R	Quality & Quantity
Vijayakumar ve Demirli	2010	-	X-R	Information Sciences
Kaya ve diğerleri	2011	Gıda Sektörü	X-S	International Journal of Computational Intelligence Systems
Kaya ve Kahraman	2011	-	X-R	Expert Systems with Applications
Kaya ve diğerleri	2017	Borsa	XMR	Applied Soft Computing
Şentürk	2015	İmalat sektörü	X-R	Applied Sciences and Engineering
Zabihinpour ve diğerleri	2015	Gıda Sektörü	X-S	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems
Fekraty ve Feili	2010	-	P	The Journal of Mathematics and Computer Science
Ghobadi ve Noghondarian	2012	-	XMR	Archives Des Sciences Journal

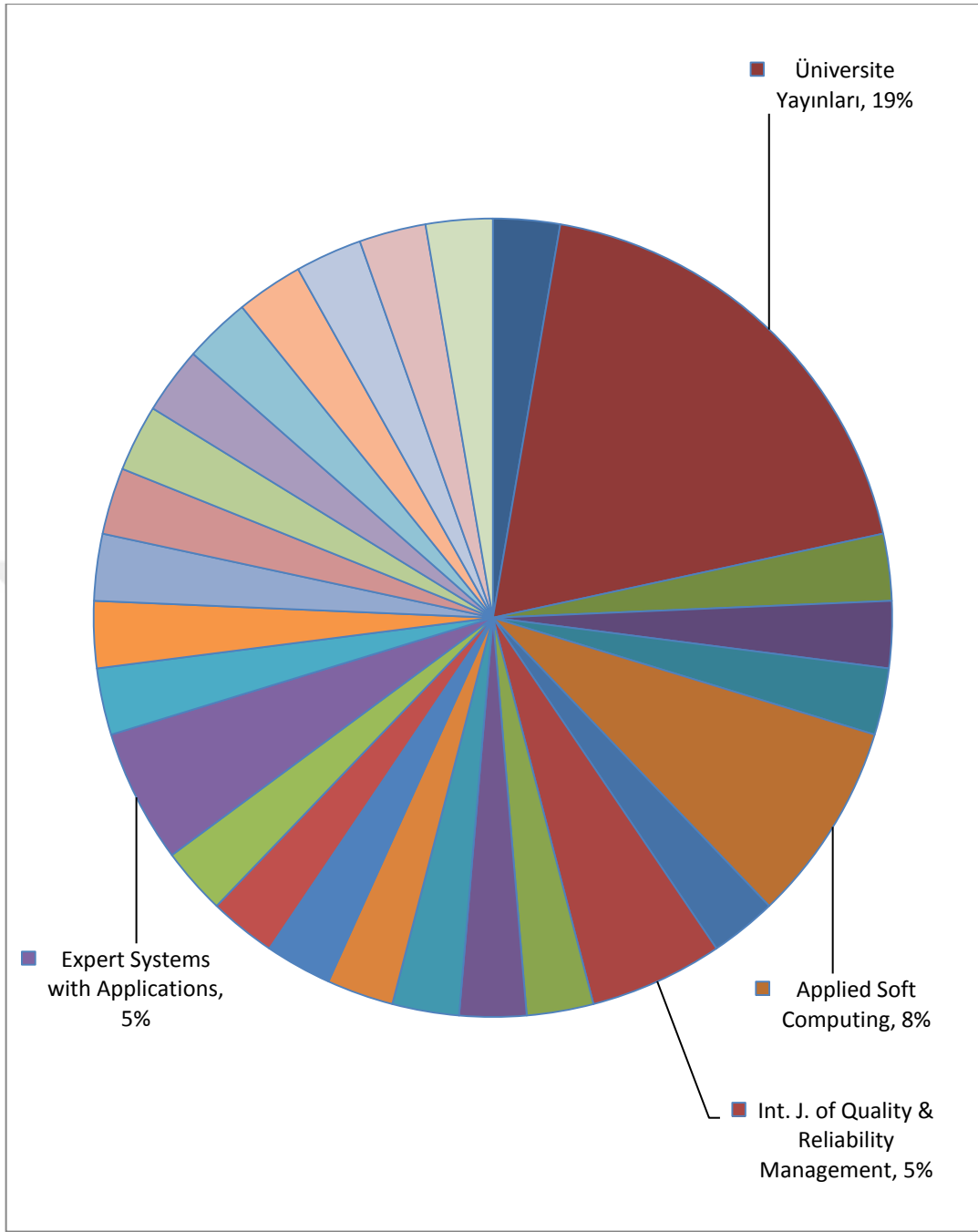
Tip 1 bulanık kontrol diagramları konusunda yapılan çalışmalar grafikler halinde özetlenerek gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan diyagrama ve yayınlandığı dergiye göre sınıflandırmalar yapılmış, bu alanda en çok/ en az başvurulan diyagram ve yapılan çalışmalara en çok/en az yer veren dergiler belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Kullanılan diyagrama göre Tip 1 bulanık mantık çalışmaları

Şekil 4.1 incelendiğinde, Tip 1 bulanık kontrol diyagramlarında 2010-2019 yılları arasında en çok X-R diyagramının kullanıldığı gözlenmiştir. Bu yöntemi X-S diyagramı %14 lük bir oran ile takip etmektedir. p, c ve EWMA diyagramlarının kullanım oranının eşit olduğu gözlenmiştir. T² diyagramı ise en az kullanılan kontrol diyagramı olmuştur.

Şekil 4.2 incelendiğinde Tip 1 bulanık kontrol diyagramları çalışmalarına en çok yer veren yayınların üniversite dergileri olduğu, bu sıralamayı “Applied Soft Computing” , “Int. J. of Quality & Reliability Management” ve “Expert Systems with Applications” dergilerinin takip ettiği görülmektedir.



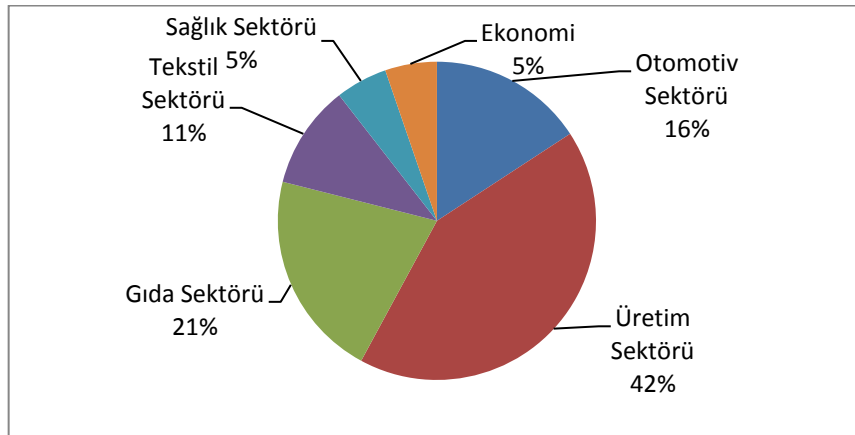
Şekil 4.2 Yayınlanan Dergiye Göre Tip 1 Bulanık Mantık Diyagramları Çalışmaları

Şekil 4.2 de sadece ilk 4 yayın yerinin detayı gösterilmektedir. Diğer yayınlara dair incelenen çalışmalar içerisindeki kullanım sayıları Çizelge 4.2 de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 Yayınlanan Dergiye Göre Tip 1 Bulanık Mantık Diyagramları Çalışmaları

Yayın Yeri	Kullanım Sayısı
Global and Stochastic Analysis	1
Int.J. of Advanced Manufacturing Technology	1
Engineering, Technology & Applied Science Research	1
Int. J. Productivity and Quality Management	1
IEEM	1
Neurocomputing	1
Studies in Fuzziness and Soft Computing	1
Int.J. of Approximate Reasoning	1
Computers & Industrial Engineering	1
Int.J. of Innovative Computing	1
Int. Advanced Manufacturing Technology	1
Fuzzy Sets and Systems	1
Journal of Applied Statistics	1
Springer Science Business Media Dordrecht	1
Int.J. of Computational Intelligence Systems	1
Int.J. of Research and Reviews in Applied Sciences	1
Journal of Manufacturing Technology Management	1
Quality & Quantity	1
Information Sciences	1
Int.J. of Computational Intelligence Systems	1
Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	1
The Journal of Mathematics and Computer Science	1
Archives Des Sciences Journal	1

Şekil 4.3 incelendiğinde Tip 1 bulanık kontrol diyagramlarının 8 farklı çalışma ile en çok üretim sektöründe kullanıldığı, ikinci sırada gıda sektörünün geldiği görülmektedir.



Şekil 4.3 Sektöre göre Tip 1 Bulanık Mantık Diyagramları Çalışmaları

Tez kapsamında ayrıca Tip-2 bulanık kontrol diyagramları için 2010-2019 yılları arasında yapılan çalışmalar da incelenmiştir.

Antucheviciene ve Şentürk [90], gıda sektöründe paketleme sürecinde yapılan bu çalışmada Tip-2 bulanık c kontrol diyagramı kullanmıştır. Kontrol limitlerine durulaştırma metodu uygulanarak karar verilmesi sağlanmıştır. Bir sonraki çalışmalarda diğer kontrol diyagramlarının de Tip-2 bulanık mantık ile modellenebileceği belirtilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak bu tez kapsamında Tip-2 bulanık u kontrol diyagramının geliştirilmesi ve otomotiv sektöründe uygulaması yapılmıştır.

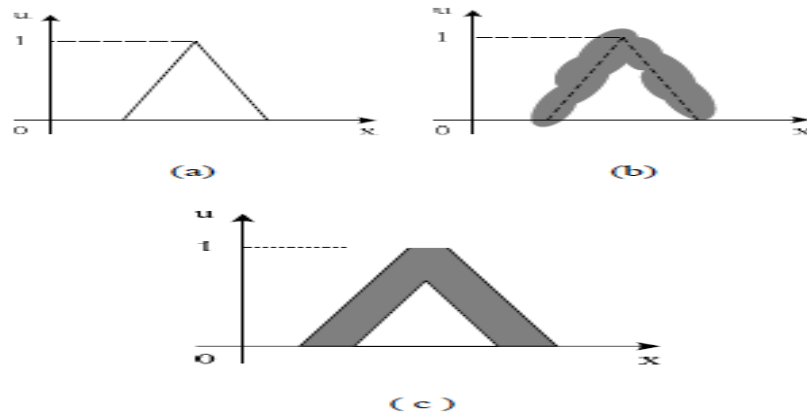


TİP-2 BULANIK KONTROL DİYAGRAMI

5.1 Tip-2 bulanık kümeler

Tip-2 bulanık küme kavramı, ilk olarak klasik (tip-1) bulanık kümelerin bir uzantısı olarak sunulmuştur. Tip-2 bulanık kümeler, bir bulanık küme için tam bir üyelik fonksiyonunun belirlenemediği durumlarda oldukça kullanışlıdır; dolayısıyla, bu kümeler, belirsizliklerin üstesinden gelmekte çok etkindir. Ancak üçüncü boyutundan dolayı çizimin zorlaşması, hesaplamaların daha karmaşık olması gibi nedenlerden tip-2 bulanık kümeleri anlamak tip-1 bulanık kümeleri anlamaktan daha zordur.

Tip-2 bulanık küme kavramı tip-1 bulanık kümeler olarak bilinen geleneksel bulanık küme kavramının bir genişlemesi olarak Zadeh tarafından verilmiştir [7],[8]. Şekil 5.1’de tip-1 üyelik fonksiyonundan tip-2 üyelik fonksiyonuna geçiş grafiksel olarak gösterilmiştir.



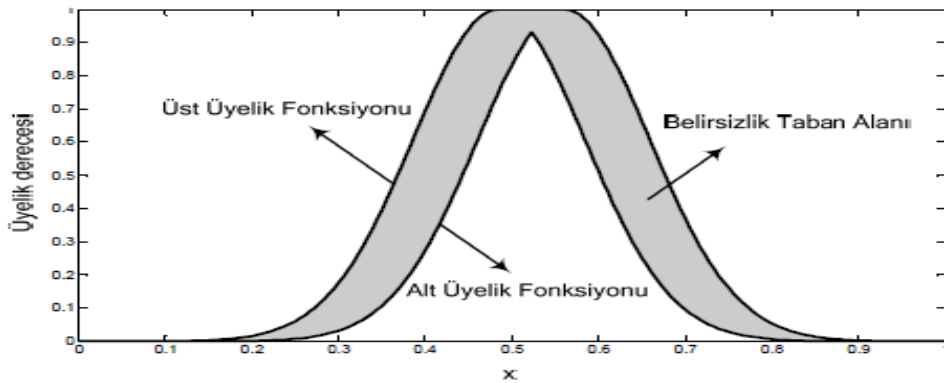
Şekil 5.1 a) Tip-1 bulanık küme, b) Belirsizliklerin etkisi, c) Tip-2 bulanık küme

5.2 Tip-2 Üyelik Fonksiyonları

Tip-1 üyelik fonksiyonları küme değişkeni ve değişkene karşılık gelen üyelik derecesi olmak üzere iki boyutlu düzlemde ifade edilmektedir. Tip-2 üyelik fonksiyonlarında ise bir küme değişkenine aralıklı üyelik derecesi karşılık gelmesinden dolayı o aralığı ifade eden ikincil üyelik fonksiyonları oluşmaktadır. İkincil üyelik fonksiyonu ile birlikte tip-2 üyelik fonksiyonları üç boyutlu olarak ifade edilmektedir [97].

Bir kümeye ait değişkenin üyelik derecesi tam olarak belirlenemiyorsa diğer bir ifadeyle bir belirsizlik varsa tip-2 üyelik fonksiyonu kullanmak daha uygun olmaktadır.

Şekil 5.2’de gösterildiği gibi $\tilde{A}$ bulanık kümesinin belirsizlik taban alanı iki adet tip-1 üyelik fonksiyonu ile sınırlandırılmış durumdadır. Belirsizlik taban alanı tip-2 bulanık kümenin üç boyutlu görüntüsünün iki boyuta izdüşürülmüş halidir. X evrensel kümesine ait bir $\tilde{A}$ tip-2 bulanık küme, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ tip-2 bulanık üyelik fonksiyonu ile aşağıdaki gibi ifade edilir.



Şekil 5.2 Tip-2 bulanık kümenin belirsizlik taban alanı, alt ve üst üyelik fonksiyonları

Tanım 1. ile gösterilen bir tip-2 bulanık kümesi $x \in X$ ve $u \in J_x \subseteq [0,1]$ olan bir tip-2 üyelik $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$ fonksiyonu ile karakterize edilir.

$$\tilde{A} = \{((x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u)) \mid \forall x \in X, \forall u \in J_x, J_x \subseteq [0,1], 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1\} \quad (5.1)$$

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1$$

$\tilde{A}$ tip-2 bulanık kümesi aşağıdaki gibi de gösterilebilir:

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x, u) / (x, u) \quad (5.2)$$

burada $J_x \subseteq [0,1]$ olmak üzere, $\int$ tüm makul (kabul edilebilir) x ve u değerlerinin birleşimini ifade etmektedir. Kesikli evrensel kümelerde $\int$ gösterimi yerini $\sum$ gösterimine

bırakmaktadır.

Tanım 1’de $\forall u \in J_x, J_x \subseteq [0,1]$ olan ilk kısıt, $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x = x', u) \leq 1$ olan tip-1 kısıtı ile tutarlıdır yani belirsizlik ortadan kalktığında, u değişkeninin $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ’e eşit olduğu ve $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$ olduğu durumda, bir tip-2 üyelik fonksiyonu bir tip-1 üyelik fonksiyonuna indirgenmelidir. İkinci kısıt $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$, üyelik fonksiyonu genişlikleri 0 veya 1’e eşit ve bu değerler arasında olma durumu ile tutarlı olmalıdır.

Tanım 2. Her x değeri için, $x=x'$, eksenleri u ve $\mu_{\tilde{A}}(x', u)$ olan iki boyutlu düzlem $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$ ’nun düşey dilimi olarak adlandırılır. İkincil üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$ ’nun düşey dilimidir. Bu $x \in X$ ve $\forall u \in J_x, J_x \subseteq [0,1]$ için $\mu_{\tilde{A}}(x = x', u)$ ’dur, yani;

$$\mu_{\tilde{A}}(x', u) \equiv \mu_{\tilde{A}}(x') = \int_{u \in J_{x'}} f_{x'}(u)/u \quad (5.3)$$

$$J_{x'} \subseteq [0,1]$$

$$0 \leq f_{x'}(u) \leq 1$$

$\forall x' \in X$ olduğundan $\mu_{\tilde{A}}(x')$ ’e başlıca bir gösterim atanır, $\mu_{\tilde{A}}(x')$ ikincil üyelik fonksiyonu olarak adlandırılır, bu bir tip-1 bulanık kümedir ve ayrıca ikincil küme olarak da adlandırılır.

İkincil kümeler kavramına dayanarak tip-2 bulanık kümesini tüm ikincil kümelerin birleşimi olarak yorumlayabiliriz, yani eşitlik (5.3) kullanılarak, bir dikey kesit biçimde yeniden ifade edilebilir:

$$\tilde{\tilde{A}} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid \forall x \in X\} \quad (5.4)$$

ya da;

$$\tilde{\tilde{A}} = \int_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x)/x = \int_{x \in X} [\int_{u \in J_x} f_x(u)/u]/x \quad (5.5)$$

$$J_x \subseteq [0,1]$$

Tanım 3. İkincil üyelik fonksiyonunun tanım kümesi x ’in birincil üyeliği olarak adlandırılır. Eşitlik (5.5) ’te $\forall x \in X$ için $J_x \subseteq [0,1]$ olduğunda J_x , x ’in birincil üyeliğidir.

Tanım 4. İkincil bir üyelik fonksiyonu genişliği ikincil derece olarak adlandırılır. Eşitlik

(5.5)'te $f_x(u)$ bir ikincil derecedir; eşitlik (5.1)'de $\mu_{\tilde{A}}(x', u')(x' \in X, u' \in J_x)$ bir ikincil derecedir.

X ve J_x her ikisi de kesikli küme ise eşitlik (5.5)'in sağ tarafı aşağıdaki gibi açıklanabilir:

$$\begin{aligned}\tilde{A} &= \sum_{x \in X} [\sum_{u \in J_x} f_x(u)/u] / x \\ &= \sum_{i=1}^N \left[\sum_{u \in J_{x_i}} \frac{f_{x_i}(u)/u}{x_i} \right] / x_i \\ &= \frac{\left[\sum_{i=1}^{M_1} \frac{f_{x_1}(u_{1k})}{u_{1k}} \right]}{x_1} + \dots + \frac{\left[\sum_{i=1}^{M_N} \frac{f_{x_N}(u_{Nk})}{u_{Nk}} \right]}{x_N}\end{aligned}\quad (5.6)$$

Bu eşitlikte de “+” işareti de birleşimi ifade etmektedir. x , N değerlerine ve her bir u değeri de M_i değerlerine ayrıştırılmıştır. Her bir u_{ik} boyunca ayrıştırma aynı olmak zorunda değildir, parantezli terimlerin her biri için ayrı üst toplamalar gösterilmesi bu yüzdendir. Ayrıştırma eğer her bir u_{ik} boyunca aynı ise, $M_1=M_2=\dots M_N \equiv M$ olur.

Tanım 5. Bir tip-2 bulanık kümenin birincil üyeliklerindeki belirsizlik, $\tilde{A}$, belirsizlik ayak izi (BAİ) olarak adlandırılan sınırlandırılmış bir bölgeden oluşur[106].

$$BAi(\tilde{A}) = \bigcup_{u \in X} J_x \quad (5.7)$$

5.3 Tip-2 Aralık Bulanık Kümeler

2001 yılına kadar, Aralık tip-2 bulanık kümeler ve bulanık mantık sistemlerinin kullanımları, sayısal olarak çözülebilirlik avantajı nedeniyle oldukça popülerdi. Bu yoğunluk bir süre devam etmiştir, ancak ilgi daha sonra tip-2 bulanık kümeler ve sistemlerin genel tiplerinde yoğunlaşmıştır [100].

Aralık tip-2 bulanık kümelerle ilgili genel tanımlar aşağıdaki gibidir [100]:

Bir tip-2 Aralık bulanık küme $\tilde{A}$, alt $(\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x))$ ve üst $(\overline{\mu}_{\tilde{A}}(x))$ üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. Bir tip-2 Aralık bulanık kümenin belirsizlik ayak izi (BAİ) bu üyelik fonksiyonları ile tanımlanır:

$$BAi(\tilde{A}) = \bigcup_{u \in X} [\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x), \overline{\mu}_{\tilde{A}}(x)] \quad (5.8)$$

Eğer X kesikli ise, Eşitlik (5.8) şu hale gelir:

$$BAi(\tilde{\tilde{A}}) = \bigcup_{u \in X} [\underline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x), \dots, \overline{\mu}_{\tilde{\tilde{A}}}(x)] \quad (5.9)$$

Tanım 6. X söylem evreninde bir tip-2 üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x, u)$ tarafından temsil edilen bir tip-2 bulanık küme olsun. Eğer tüm $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x, u) = 1$ ise, $\tilde{\tilde{A}}$ tip-2 Aralık bulanık küme olarak adlandırılır. Tip-2 Aralık bulanık küme $\tilde{\tilde{A}}$, tip-2 bulanık kümelerin özel bir halidir, aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\int_{x \in X} \left(\int_{u \in J_x} \frac{1}{x, u} \right) = \int_{x \in X} \left[\int_{u \in J_x} 1/(u) \right] / x \quad (5.10)$$

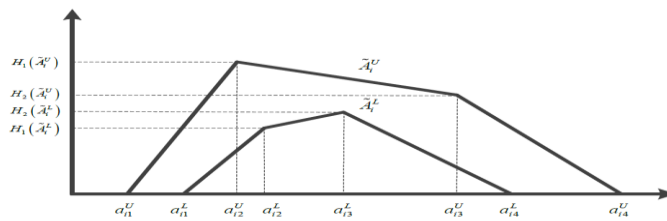
x, birincil değişken; $J_x' \subseteq [0, 1]$ x'in birincil üyeliği, u ikincil değişken ve $\int_{u \in J_x} 1/u$ x'teki ikincil üyelik fonksiyonudur.

Tanım 7. Bir tip-2 Aralık bulanık bulanık kümenin alt ve üst üyelik fonksiyonları tip-1 bulanık kümelerdir.

Bir X evrensel kümesinde $\tilde{\tilde{A}}$ tip-2 yamuk Aralık bulanık küme şu şekilde gösterilebilir:

$$\tilde{\tilde{A}}_i = (\tilde{A}_i^U, \tilde{A}_i^L) = ((a_{i1}^u; a_{i2}^u; a_{i3}^u; a_{i4}^u; H_1(\tilde{A}_1^u); H_2(\tilde{A}_1^u)), (a_{i1}^L; a_{i2}^L; a_{i3}^L; a_{i4}^L; H_1(\tilde{A}_1^L); H_2(\tilde{A}_1^L))) \quad (5.11)$$

Aşağıdaki grafik, tip-2 Aralık yamuk bulanık sayılara ait üyelik fonksiyonunu göstermektedir [100].



Şekil 5.3 Tip-2 yamuk aralık bulanık sayı üyelik fonksiyonu

5.4 Tip-2 Aralık Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler

$\tilde{A}_i^U$ ve $\tilde{A}_i^L$ tip-1 bulanık kümelerdir, $a_{i1}^u, a_{i2}^u, a_{i3}^u, a_{i4}^u, a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L$ ve a_{i4}^L ; $\tilde{\tilde{A}}$ tip-2 Aralık bulanık küme için referans noktalarıdır [100].

$\tilde{A}_i^U$ ve $\tilde{A}_i^L$ Tip-2 bulanık kümeleri olmak üzere, $(a_{i1}^u, a_{i2}^u, a_{i3}^u, a_{i4}^u, a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L)$ değerleri ise referans noktalarıdır.

$H_i(A_i^U)$, $a_{i(j+1)}^U$ 'in üst yamuk üyelik fonksiyonu, $\tilde{A}_i^U$ 'daki üyelik değerini gösterir, $1 \leq j \leq 2$, $H_j(A_i^L)$, $a_{i(j+1)}^L$ 'in alt yamuk üyelik fonksiyonu, A_i^L 'deki üyelik fonksiyonunu gösterir, $1 \leq j \leq 2$, $H_1(\tilde{A}_i^U) \in [0,1]$, $H_2(\tilde{A}_i^U) \in [0,1]$, $H_1(\tilde{A}_i^L) \in [0,1]$, $H_2(\tilde{A}_i^L) \in [0,1]$ ve $1 \leq i \leq n$.

$$\begin{aligned} \tilde{\tilde{A}}_1 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \\ &= \left((a_{11}^u; a_{12}^u; a_{13}^u; a_{14}^u; H_1(\tilde{A}_1^U); H_2(\tilde{A}_1^U)), (a_{11}^L; a_{12}^L; a_{13}^L; a_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L); H_2(\tilde{A}_1^L)) \right) \end{aligned}$$

ve

$$\begin{aligned} \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) \\ &= \left((a_{21}^u; a_{22}^u; a_{23}^u; a_{24}^u; H_1(\tilde{A}_2^U); H_2(\tilde{A}_2^U)), (a_{21}^L; a_{22}^L; a_{23}^L; a_{24}^L; H_1(\tilde{A}_2^L); H_2(\tilde{A}_2^L)) \right) \end{aligned}$$

yamuk aralık bulanık kümelerde aritmetik işlemler şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned} \tilde{\tilde{A}}_1 \oplus \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \oplus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = (a_{11}^L + a_{21}^L, a_{12}^L + a_{22}^L, a_{13}^L + a_{23}^L, a_{14}^L + a_{24}^L; \min(H_1(\tilde{A}_1^L), \min H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), \min H_2(\tilde{A}_2^L))) \end{aligned} \quad (5.12)$$

$$\begin{aligned} \tilde{\tilde{A}}_1 \ominus \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \ominus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = (a_{11}^U - a_{24}^U, a_{12}^U - a_{23}^U, a_{13}^U - a_{22}^U, a_{14}^U - a_{21}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), \min H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), \min H_2(\tilde{A}_2^U))) \end{aligned} \quad (5.13)$$

$$\begin{aligned} \tilde{\tilde{A}}_1 \otimes \tilde{\tilde{A}}_2 &= (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \otimes (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = (a_{11}^U \times a_{21}^U, a_{12}^U \times a_{22}^U, a_{13}^U \times a_{23}^U, a_{14}^U \times a_{24}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), \min H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), \min H_2(\tilde{A}_2^U)), a_{11}^L \times a_{21}^L, a_{12}^L \times a_{22}^L, a_{13}^L \times a_{23}^L, a_{14}^L \times a_{24}^L; \min(H_1(\tilde{A}_1^L), \min H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), \min H_2(\tilde{A}_2^L))) \end{aligned} \quad (5.14)$$

$$\begin{aligned} k\tilde{\tilde{A}}_1 &= (k * a_{11}^U, k * a_{12}^U, k * a_{13}^U, k * a_{14}^U; H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U), k * a_{11}^L, k * a_{12}^L, k * a_{13}^L, k * a_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)) \end{aligned} \quad (5.15)$$

$$\begin{aligned} \triangleright \quad \frac{\tilde{\tilde{A}}_1}{k} = & \left(\frac{1}{k} \times a_{11}^U, \frac{1}{k} \times a_{12}^U, \frac{1}{k} \times a_{13}^U, \frac{1}{k} \times a_{14}^U; H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)(\tilde{A}_2^L), \left(\frac{1}{k} \times a_{11}^L, \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{1}{k} \times a_{12}^L, \frac{1}{k} \times a_{13}^L, \frac{1}{k} \times a_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L) \right) \right) \end{aligned} \quad (5.16)$$

$k > 0$.

BÖLÜM 6

TİP-2 BULANIK KONTROL DİYAGRAMLARI

Belirsizlik altındaki durumlarda karar analizleri genellikle olasılık teorisi ve/veya bulanık kümeler teorisi kullanılarak yapılmaktadır. Belirsiz, kesin olmayan veya dilsel anlatımlar içeren durumlarda işletmelerde bulanık kümeler teorisinin kullanılması kaçınılmazdır. İşletmelerde dilsel veriler ile ifade edilen durumlar için sürecin kontrol altında olup olmadığını anlamak adına bulanık kontrol diyagramları kullanılmaktadır. Bir önceki bölümde de ifade edildiği gibi değişkenlerin üyelik derecesi tam olarak belirlenemiyorsa, bir belirsizlik mevcut ise tip-2 üyelik fonksiyonu kullanmak daha uygun olmaktadır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında Tip-2 bulanık kontrol diyagramı kullanılmıştır.

6.1 Tip-2 Bulanık c kontrol diyagramı

Örnek büyüklüğünün sabit olduğu durumlarda, c diyagramı, ürün üzerinde rastlanan bir veya birden çok kusurun sayısını kontrol etmek için kullanılmaktadır. Tip-2 bulanık kontrol diyagramında kusur sayısı (c), alınan örnekteki kusur sayısının örnekteki birim sayısına oranı, birime düşen kusur sayısı ortalamasını ($\bar{c}$) ifade etmektedir.

Bu tez kapsamında öncelikle c kontrol diyagramı üzerinde çalışmaya başlanmış ve uygulama yapılmıştır.

Bir elemanın bir kümeye üyeliğinin 0 veya 1 olduğunun bilindiği durumda Tip-1 bulanık küme kullanılmakta ve eğer elemanların üyelik dereceleri tam olarak bilinmiyor ise Tip-2 bulanık kümeler kullanılmaktadır. Tip-2 bulanık kümelerde üyelik dereceleri de bir bulanık küme içerdiğinden belirsizliklerin etkisi daha fazla azaltılmaktadır. Bu sebeple

endüstri de değerlendirmenin kişiden kişiye değiştiği durumlarda ve dilsel verilerin yorumlanmasında Tip-2 bulanık kümelerin kullanımı hassasiyet ve esnekliği arttırmaktadır.

Tip-2 bulanık c sayıları ifade edilme şekli Çizelge 6.1 de gösterilmektedir. Her bir bulanık değer üst ve alt yamuk üyelik fonksiyonları ile ifade edilmiştir. Üst üyelik fonksiyonunda (U ile ifade edilen) 4 farklı değer ve aynı zamanda 2 farklı üst üyelik fonksiyonu derecesi, alt üyelik fonksiyonu da (L şeklinde ifade edilen) aynı şekilde 4 farklı üyelik değeri ve 2 adet alt üyelik fonksiyonu değerleri ile ifade edilmiştir.

Çizelge 6.1 Tip-2 bulanık c sayıları

Tip-2 Bulanık c sayıları
$\tilde{c}_1 = [(a_{11}^U \ a_{12}^U \ a_{13}^U \ a_{14}^U \ H_1(A_1^U) \ H_2(A_{n1}^U))$ $a_{11}^L \ a_{12}^L \ a_{13}^L \ a_{14}^L \ H_1(A_1^L) \ H_2(A_{n1}^L)]$ $\tilde{c}_2 = [(a_{21}^U \ a_{22}^U \ a_{23}^U \ a_{24}^U \ H_1(A_2^U) \ H_2(A_2^U))$ $a_{21}^L \ a_{22}^L \ a_{23}^L \ a_{24}^L \ H_1(A_2^L) \ H_2(A_2^L)]$ $\vdots$ $\tilde{c}_n = [(a_{n1}^U \ a_{n2}^U \ a_{n3}^U \ a_{n4}^U \ H_1(A_n^U) \ H_2(A_n^U))$ $(a_{n1}^L \ a_{n2}^L \ a_{n3}^L \ a_{n4}^L \ H_1(A_n^L) \ H_2(A_n^L)]$

Eğer $\tilde{c}$ bulanık değerleri tam olarak bilinmiyorsa, ortalama ile de aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$E[\tilde{c}] = \tilde{\bar{c}} \quad (6.1)$$

ve

$$\tilde{\bar{c}} = \frac{\sum_{i=1}^m \tilde{c}_i}{m} \quad (6.2)$$

$\tilde{c}_i$, i'ninci numunenin aralıklı Tip-2 yamuk bulanık sayısını ifade etmektedir ve aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$\tilde{c}_1 = [(a_{11}^U, a_{12}^U, a_{13}^U, a_{14}^U, H_1(A_1^U), H_2(A_1^U));$$

$$(a_{11}^L, a_{12}^L, a_{13}^L, a_{14}^L, H_1(A_1^L), H_2(A_1^L))]$$

$\tilde{\bar{c}}$ Tip-2 bulanık sayılarının ortalamasını, n ise ortalama büyüklüğünü ifade etmektedir.

$$\tilde{\tilde{c}} = (\bar{c}_{a.1}^u, \bar{c}_{a.2}^u, \bar{c}_{a.3}^u, \bar{c}_{a.4}^u; \bar{c}_{a.1}^L, \bar{c}_{a.2}^L, \bar{c}_{a.3}^L, \bar{c}_{a.4}^L) \quad (6.3)$$

$$\bar{c}_{a.1}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i1}^u}{m}, \bar{c}_{a.2}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i2}^u}{m}, \bar{c}_{a.3}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i3}^u}{m}, \bar{c}_{a.4}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i4}^u}{m} \quad (6.4)$$

$$\bar{c}_{a.1}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i1}^L}{m}, \bar{c}_{a.2}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i2}^L}{m}, \bar{c}_{a.3}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i3}^L}{m}, \bar{c}_{a.4}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i4}^L}{m} \quad (6.5)$$

Tip-2 bulanık kümelerle dayanan c kontrol diyagramı için kontrol limitleri ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\widetilde{\widetilde{ÜKL}}_{\tilde{\tilde{c}}} = \tilde{\tilde{c}} + 3\sqrt{\tilde{\tilde{c}}} \quad (6.6)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{\widetilde{ÜKL}}_{\tilde{\tilde{c}}} = & \left[\bar{c}_{a.1}^u + 3\sqrt{\bar{c}_{a.1}^u}, \right. \\ & \bar{c}_{a.2}^u + 3\sqrt{\bar{c}_{a.2}^u}, \bar{c}_{a.3}^u + 3\sqrt{\bar{c}_{a.3}^u}, \bar{c}_{a.4}^u + 3\sqrt{\bar{c}_{a.4}^u}; \min(H_1(A_i^u), H_2(A_i^u)); \bar{c}_{a.1}^L + \\ & \left. 3\sqrt{\bar{c}_{a.1}^L}, \bar{c}_{a.2}^L + 3\sqrt{\bar{c}_{a.2}^L}, \bar{c}_{a.3}^L + 3\sqrt{\bar{c}_{a.3}^L}, \bar{c}_{a.4}^L + 3\sqrt{\bar{c}_{a.4}^L}; \min(H_1(A_i^L), H_2(A_i^L)) \right] \\ \widetilde{\widetilde{MÇ}}_{\tilde{\tilde{c}}} = & \tilde{\tilde{c}} \end{aligned} \quad (6.7)$$

$$\widetilde{\widetilde{MÇ}}_{\tilde{\tilde{c}}} = \left[\bar{c}_{a.1}^u + \bar{c}_{a.2}^u + \bar{c}_{a.3}^u + \bar{c}_{a.4}^u; \min(H_1(A_1^u), H_2(A_1^u)), \bar{c}_{a.1}^L + \bar{c}_{a.2}^L + \bar{c}_{a.3}^L + \bar{c}_{a.4}^L; \min(H_1(A_1^L), H_2(A_1^L)) \right]$$

$$\widetilde{\widetilde{AKL}}_{\tilde{\tilde{c}}} = \tilde{\tilde{c}} - 3\sqrt{\tilde{\tilde{c}}} \quad (6.8)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{\widetilde{AKL}}_{\tilde{\tilde{c}}} = & \left[\bar{c}_{a.1}^u - 3\sqrt{\bar{c}_{a.1}^u}, \right. \\ & \bar{c}_{a.2}^u - 3\sqrt{\bar{c}_{a.2}^u}, \bar{c}_{a.3}^u - 3\sqrt{\bar{c}_{a.3}^u}, \bar{c}_{a.4}^u - 3\sqrt{\bar{c}_{a.4}^u}; \min(H_1(A_i^u), H_2(A_i^u)); \bar{c}_{a.1}^L - \\ & \left. 3\sqrt{\bar{c}_{a.1}^L}, \bar{c}_{a.2}^L - 3\sqrt{\bar{c}_{a.2}^L}, \bar{c}_{a.3}^L - 3\sqrt{\bar{c}_{a.3}^L}, \bar{c}_{a.4}^L - 3\sqrt{\bar{c}_{a.4}^L}; \min(H_1(A_i^L), H_2(A_i^L)) \right] \end{aligned}$$

6.2 Tip-2 Bulanık u kontrol diyagramı

Örnek büyüklüğünün sabit olmadığı durumlarda süreç kontrol amacı ile birim başına düşen kusur sayısındaki değişimleri izlemek için u kontrol diyagramı geliştirilmiştir. Tip-2 bulanık kontrol diyagramında birime düşen kusur sayısı (u), alınan örnekteki kusur sayısının örnekteki birim sayısına oranı, birime düşen kusur sayısı ortalaması ($\bar{u}$), örneklerin birime düşen kusur sayısı ortalaması olarak tanımlandığında, kontrol diyagramı limitleri, n, örnekteki birim sayısı olmak üzere aşağıdaki gibidir:

Çizelge 6.2 Tip-2 bulanık u sayıları

Tip-2 Bulanık u sayıları					
$\tilde{u}_1 = [(a_{11}^U \ a_{12}^U \ a_{13}^U \ a_{14}^U \ H_1(A_1^U) \ H_2(A_{n1}^U) \ a_{11}^L \ a_{12}^L \ a_{13}^L \ a_{14}^L \ H_1(A_1^L) \ H_2(A_{n1}^L))]$					
$\tilde{u}_2 = [(a_{21}^U \ a_{22}^U \ a_{23}^U \ a_{24}^U \ H_1(A_2^U) \ H_2(A_2^U) \ a_{21}^L \ a_{22}^L \ a_{23}^L \ a_{24}^L \ H_1(A_2^L) \ H_2(A_2^L))]$					
.					
.					
.					
$\tilde{u}_n = [(a_{n1}^U \ a_{n2}^U \ a_{n3}^U \ a_{n4}^U \ H_1(A_n^U) \ H_2(A_n^U) \ a_{n1}^L \ a_{n2}^L \ a_{n3}^L \ a_{n4}^L \ H_1(A_n^L) \ H_2(A_n^L))]$					

Eğer u bulanık değerleri tam olarak bilinmiyorsa, ortalama ile de aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$E[\tilde{u}] = \tilde{\bar{u}} \quad (6.9)$$

ve

$$\tilde{\bar{u}} = \frac{\sum_{i=1}^m \tilde{u}_i}{m} \quad (6.10)$$

$\tilde{u}_i$, i'ninci numunenin aralıklı Tip-2 yamuk bulanık sayısını ifade etmektedir ve aşağıdaki şekilde gösterilir:

$(\tilde{a}_{i1}^U, \tilde{a}_{i2}^U, \tilde{a}_{i3}^U, \tilde{a}_{i4}^U)$ değerleri i'ninci numunenin üst üyelik fonksiyonunun aralıklı Tip-2 bulanık 4 farklı sayısını göstermektedir. $(\tilde{a}_{i1}^L, \tilde{a}_{i2}^L, \tilde{a}_{i3}^L, \tilde{a}_{i4}^L)$ değerleri ise i'ninci

numunenin alt üyelik fonksiyonunun bulanık sayılarını ifade etmektedir. $H_1(A_i^U)$ ve $H_2(A_i^U)$ değerleri ise i'ninci numunenin üst üyelik fonksiyon değerini, $H_1(A_i^L)$, $H_2(A_i^L)$ ise alt üyelik fonksiyon değerini göstermektedir.

$$\tilde{u}_1 = [(a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U, H_1(A_i^U), H_2(A_i^U));$$

$$(a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L, H_1(A_i^L), H_2(A_i^L))]$$

$\tilde{u}$ Tip-2 bulanık sayılarının ortalamasını, n ise ortalama büyüklüğünü ifade etmektedir.

$$\tilde{u} = (\bar{u}_{a.1}^u, \bar{u}_{a.2}^u, \bar{u}_{a.3}^u, \bar{u}_{a.4}^u; \bar{u}_{a.1}^L, \bar{u}_{a.2}^L, \bar{u}_{a.3}^L, \bar{u}_{a.4}^L) \quad (6.11)$$

$$\bar{u}_{a.1}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i1}^u}{n}, \bar{u}_{a.2}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i2}^u}{n}, \bar{u}_{a.3}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i3}^u}{n}, \bar{u}_{a.4}^u = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i4}^u}{n} \quad (6.12)$$

$$\bar{u}_{a.1}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i1}^L}{n}, \bar{u}_{a.2}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i2}^L}{n}, \bar{u}_{a.3}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i3}^L}{n}, \bar{u}_{a.4}^L = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i4}^L}{n} \quad (6.13)$$

Tip-2 bulanık kümelere dayanan u kontrol diyagramı için kontrol limitleri ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\widetilde{\overline{ÜKL}}_{\tilde{u}} = \tilde{u} + 3\sqrt{\frac{\tilde{u}}{n}} \quad (6.14)$$

$$\widetilde{\overline{ÜKL}}_{\tilde{u}} =$$

$$\left[\bar{u}_{a.1}^u + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.1}^u}{n}}, \bar{u}_{a.2}^u + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.2}^u}{n}}, \bar{u}_{a.3}^u + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.3}^u}{n}}, \bar{u}_{a.4}^u + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.4}^u}{n}}; \min(H_1(A_i^U), H_2(A_i^U)); \bar{u}_{a.1}^L + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.1}^L}{n}}, \bar{u}_{a.2}^L + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.2}^L}{n}}, \bar{u}_{a.3}^L + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.3}^L}{n}}, \bar{u}_{a.4}^L + 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a.4}^L}{n}}; \min(H_1(A_i^L), H_2(A_i^L)) \right]$$

$$\widetilde{\overline{MÇ}}_{\tilde{u}} = \tilde{u} \quad (6.15)$$

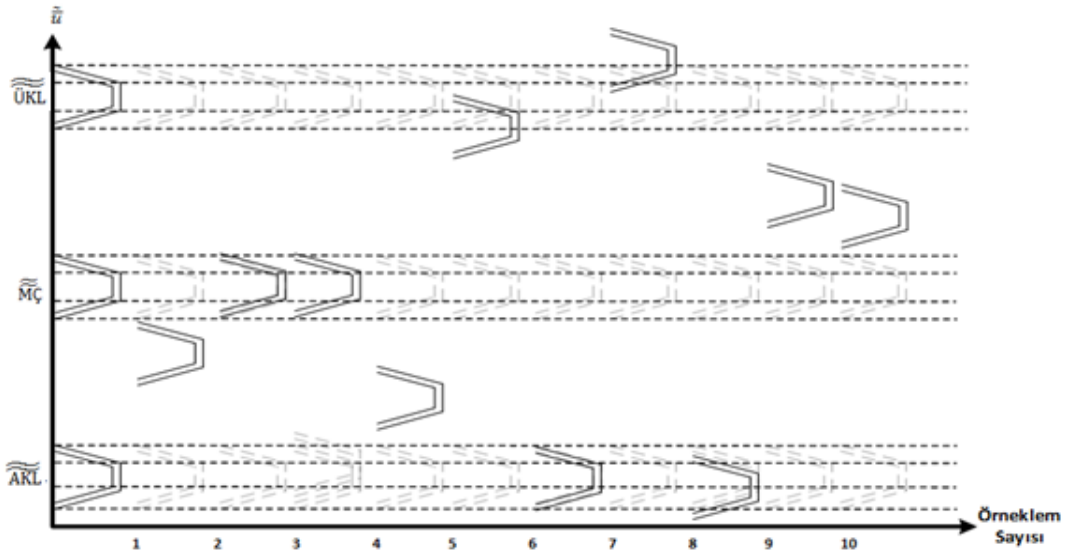
$$\widetilde{\overline{MÇ}}_{\tilde{u}} = [\bar{u}_{a.1}^u + \bar{u}_{a.2}^u + \bar{u}_{a.3}^u + \bar{u}_{a.4}^u; \min(H_1(A_i^U), H_2(A_i^U)), \bar{u}_{a.1}^L + \bar{u}_{a.2}^L + \bar{u}_{a.3}^L + \bar{u}_{a.4}^L; \min(H_1(A_i^L), H_2(A_i^L))]$$

$$\widetilde{\overline{AKL}}_{\tilde{u}} = \tilde{u} - 3\sqrt{\frac{\tilde{u}}{n}} \quad (6.16)$$

$$\widetilde{AKL}_{\widetilde{u}} =$$

$$\left[\begin{aligned} & \widetilde{u}_{a_1^U} - 3\sqrt{\frac{\widetilde{u}_{a_4^U}}{n}}, \\ & \bar{u}_{a_2^U} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a_3^U}}{n}}, \bar{u}_{a_3^U} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a_2^U}}{n}}, \bar{u}_{a_4^U} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a_1^U}}{n}}; \min(H_1(A_i^U), H_2(A_i^U)); \bar{u}_{a_1^L} - \\ & 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a_4^L}}{n}}, \bar{u}_{a_2^L} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a_3^L}}{n}}, \bar{u}_{a_3^L} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a_2^L}}{n}}, \bar{u}_{a_4^L} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}_{a_1^L}}{n}}; \min(H_1(A_i^L), H_2(A_i^L)) \end{aligned} \right]$$

Şekil 6.1’de ÜKL, MÇ ve AKL değerlerinin diyagram üzerinde gösterimi görülebilmektedir. Diyagram üzerinde öncelikle bu kontrol limitleri belirlenip sonrasında Tip-2 durulaştırılmış yamuk bulanık sayıları yerleştirilerek sürecin kontrol altında olup olmadığı görülebilmektedir.



Şekil 6.1 Tip-2 u kontrol diyagramı gösterimi

6.3 Tip 2 Bulanık kusur sayısı kontrol diyagramı durulaştırma yöntemi

Bulanık mantıkta durulaştırma (defuzzification) işleminin, bulanık bilgilerden yola çıkarak kesin değerler elde etme işlemi olduğu bir önceki başlıklarda belirtilmişti. Literatürde farklı durulaştırma yöntemleri bulunmaktadır. Bu tezde durulaştırma aşamasında 2004 yılında Hsieh vd [101] tarafından önerilen BNP (Best Nonfuzzy Performance Value) yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda söz konusu durulaştırma metoduna dair formülasyon verilmektedir[101].

$$DIT2_{Trap(i)}^U = ((a_{i4}^u - a_{i1}^u) + (H_2(A_1^u)a_{i2}^u - a_{i1}^u + H_1(A_1^u)a_{i3}^u - a_{i1}^u))/4 + a_{i1}^u, \quad (6.17)$$

$$DIT2_{Trap(i)}^L = ((a_{i4}^L - a_{i1}^L) + (H_2(A_1^L)a_{i2}^L - a_{i1}^L + H_1(A_1^L)a_{i3}^L - a_{i1}^L))/4 + a_{i1}^L, \quad (6.18)$$

$$DIT2_{Trap(i)} = (DIT2_{Trap(i)}^U + DIT2_{Trap(i)}^L)/2 ; \quad i=1,2,\dots,n, \quad (6.19)$$

Denklemdaki H_1 ve H_2 değerleri yamuk Aralık bulanık sayı üyelik fonksiyonunda maksimum üyelik derecesini ifade etmektedir. a_1^u değerleri üst üyelik fonksiyonlarının değerlerini ifade etmektedir. a_1^u üst üyelik fonksiyonun en küçük değerini ifade etmektedir. a_2^u ve a_3^u değerleri fonksiyonun ara değerleri ve a_4^u değeri ise üst üyelik fonksiyonun en küçük değeridir. a_1^L değerleri ise aynı şekilde alt üyelik fonksiyonları değerlerini ifade etmektedir[101].

Üst üyelik fonksiyonu $DIT2_{Trap(i)}^U$ olarak durulaştırılmakta, sonrasında alt fonksiyon değeri $DIT2_{Trap(i)}^L$ olarak durulaştırılıp, bu iki değer aritmetik ortalaması alınarak u_i değerleri elde edilmektedir.

Diyagramın dörder farklı ÜKL, MÇ ve AKL değerleri ise öncelikle 6.bölümde verilen (6.5), (6.6) ve (6.7) formülasyonları ile hesaplanmaktadır. Sonrasında bu değerlerde BNP metodu ile durulaştırılmakta ve her bir limit için tek değer elde edilmektedir.

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Uygulama otomotiv sektöründe 1971 yılından beri faaliyet gösteren Türkiye'nin en büyük otomotiv yan sanayilerinden birinde gerçekleştirilmiştir. Firma büyük araç üreticileri için 1971'den bugüne akışkan sistemler geliştirip üretmektedir. Yeni otomotiv teknolojileri ve değişen şartnamelere uyum sağlayabilmek için sürekli yenilikçi hortum konstrüksiyonları geliştirmeye, kauçuk ve metal çözümlerinin yanında, araçları hafifletmek ve kauçuk-metal ürünlerin yerini alarak geri dönüşüm oranını artırmak için Su Enjeksiyon Yöntemi tasarımlar ile müşterilerine hizmet vermektedir. Bunlara ilave olarak, Avrupa'daki en büyük kapasiteye sahip kuplung üreticilerinden biridir. Firma uluslararası otomotiv iş gücü (IATF) 16949, ISO 14001 sertifikasyonlarına sahip olup 5 farklı ülkede üretim lokasyonlarına sahiptir. Ayrıca Avrupa genelinde birçok ülkede satış ofislerine sahiptir. İki farklı ülkede Arge merkezleri olan firma, müşterileri tarafından talep edilen performans ve malzeme testlerinin büyük bir çoğunluğunu kendi bünyesinde yapabilmektedir. VW, Daimler, BMW gibi neredeyse tüm orijinal ekipman üretici firmalar ile çalışmakta olan şirket "0 hata" prensibi ile çalışmaktadır. Amacı firmada her çalışanın ve bölümün kendi ürettiği ürün ve hizmetleri bir kerede hatasız ürettiğinden emin olarak bir sonraki çalışana veya bölüme (iç müşterisine) iletmekten sorumlu olduğu yaklaşımını oluşturarak şirketin rekabet gücünü ve karlılığını sürekli arttırmaktır.

Bu kapsamda, kalitenin kontrol edilerek değil, süreçleri güvence altına alarak uygulanması gerektiği bilincinin organizasyonun her kademesinde anlaşılması için çalışacaklarını taahhüt etmektedirler.

Firmanın ürün gruplarına dair farklılığı göstermek adına aşağıda detaylı fotoğraflar paylaşılmıştır.

Şekil 7.1’de firmanın ürün gruplarından biri olan su enjeksiyonu tekniğine (water injection technology-WIT) dair örnek bir ürün gösterilmektedir. 100% robotik sistemle üretilen parçalar için firma tarafından 100% sızdırma testi yapılarak kalite kontrolü yapılmaktadır. Ürünün alüminyum boru grubuna göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bunların en önemli daha hafif olması nedeni ile daha az yakıt tüketimi sağlamasıdır.



Şekil 7.1 Su enjeksiyonu teknolojisi ile üretilen parçalar

Şekil 7.2’de ise firmasının blowmolding diğer bir ifade ile 3D şişirme yaparak yaptığı ürün gruplarına dair bir örnek gösterilmektedir. İlgili ürün grubunda tüm üretim süreçleri 100% robotik sistem ile yapılmakta ve 100% sızdırmazlık testi yapılmaktadır.



Şekil 7.2 Blowmolding teknolojisi ile üretilen parçalar

Şekil 7.3’de hızlı bağlantı parçalarına dair örnek ürünler gösterilmektedir. Firma bu ürün grubunda sadece tedarik edilen komponentlerin montajı yapıp 100% sızdırmazlık testi ile kontrolü yapılmaktadır. Firma kendi bünyesinde üretilen bitmiş ürünler için bu ürünleri üretmesinin yanı sıra farklı firmalara da tedarik etmektedir.



Şekil 7.3 Hızlı bağlantı parçaları

Şekil 7.4’de ise firmanın plastik enjeksiyon teknolojisi ile ürettiği thermoformik parçalar için bir örnek gösterilmektedir.



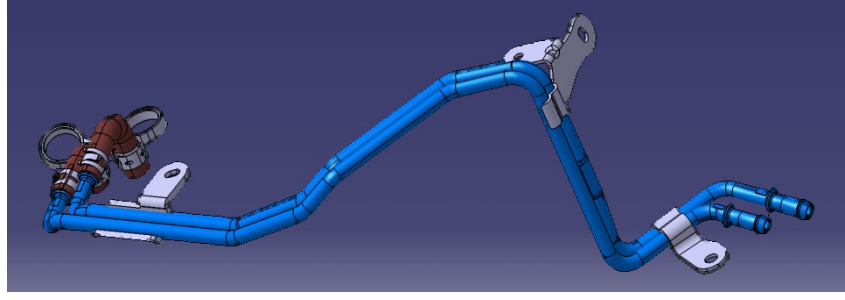
Şekil 7.4 Thermoformik parçalar

Şekil 7.5’de ise firmanın ürettiği yüksek emniyet parçası olan fren hortumu ürün grubuna dair bir örnek gösterilmektedir. Yüksek emniyet parçası olmasının da getirdiği bir gereklilik dolayısıyla firmada tüm kontrol süreci 100% kontrol altındadır. Seri üretim boyunca ürünler için süreç yeterlilik çalışmaları yapılmaktadır.



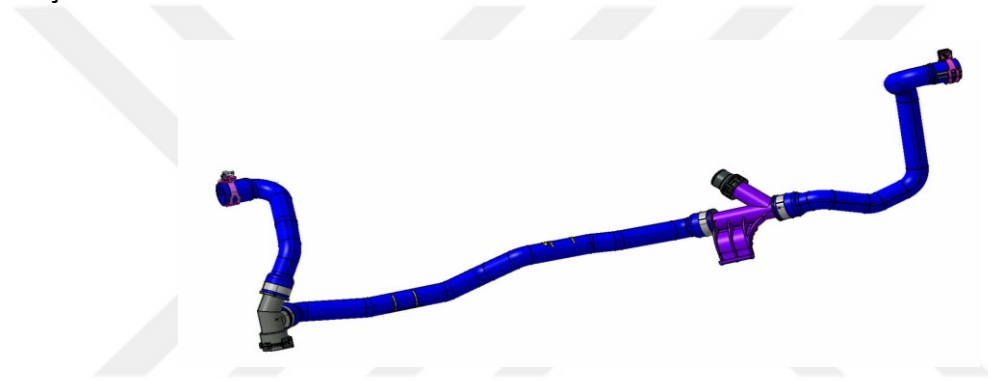
Şekil 7.5 Fren hortumu parçaları

Şekil 7.6’da firmanın üretim gruplarından bir diğeri olan metal boru örneği gösterilmektedir. Tedarikçilerden temin edilen metal borular için kesme, büküm, kaynak, kalite kontrol süreçleri yapıp sevk edilmektedir.



Şekil 7.6 Metal borular

Şekil 7.7’de firmanın en yüksek üretim hacmine sahip olduğu ürün grubu olan ısıtma, soğutma, turbo hortumlarına dair bir örnek gösterilmektedir. Karışım üretilmesi ve ekstrüzyon sürecinden başlayan proses montaj ve kalite kontrol işlemleri sonrasında müşterilere sevk edilmektedir.



Şekil 7.7 Isıtma-Soğutma hortumları

7.1 Tip-2 c bulanık diyagram uygulama

Firmanın üretim hacminin büyük bir kısmını oluşturan metal boruların kalite kontrol prosesinde tespit edilen hatalar baz alınarak bulanık tip-2 c kontrol diyagramı kullanılmıştır. Bu kapsamda metal boru hata türleri kelepçe, marka ve pozisyon hataları olarak belirlenmiştir. 10 ar adet üründen oluşmak üzere üretimden 20 farklı numune alınmıştır. Alınan numunelerde bulunan kusur sayıları belirtilen 3 hata türüne göre Çizelge 7.1’de verilmektedir. Örneğin alınan ilk 10 adetlik örnekte 2 adet kelepçe hatası, 3 adet marka hatası ve 1 adet pozisyon hatası tespit edilmiştir. Bu şekilde toplam kusur sayısı birinci örnek için 6’dır. Aynı şekilde kalan 19 numune için de toplam kusur sayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 7.1 Metal boru hata türleri

Örnek No	Kontrol edilen adet (ni)	Kelepçe Hatası	Marka Hatası	Pozisyon hatası	Toplam kusur sayısı
1	10	1	3	1	5
2	10	1	2		3
3	10	1	1	2	4
4	10	1	1		2
5	10	1	3	4	8
6	10	2	1	1	4
7	10		1	1	2
8	10	1	3	1	5
9	10	3	1		4
10	10				0
11	10	1		1	2
12	10	2	2		4
13	10	1	1	1	3
14	10		1	1	2
15	10	1	3		4
16	10		2	2	4
17	10				0
18	10		1	1	2
19	10	1			1
20	10	2		1	3

Belirsizlik durumunda kusur sayısının analiz edilmesi amacıyla niteliksel veriler için en iyi sonucu veren Tip-2 c bulanık kontrol diyagramı kullanılmıştır. Tespit edilen kusur sayısına göre “kusur olma durumu” değerlendirilmiş ve çizelge 7.2’de oluşturulan sınıflandırma verilmiştir.

Çizelge 7.2 Bulanık Tip-2 c diyagramı kusur olma durumu

Kusur Sınıfı	Kusur Sayısı	Kusur Olma Durumu
1	kusur sayısı = 0	Tamamen kusur yok
2	$0 < \text{kusur sayısı} < 2$	Yüksek oranda kusur yok
3	$2 \leq \text{kusur sayısı} < 4$	Orta derece kusur
4	$4 \leq \text{kusur sayısı} \leq 6$	Yüksek oranda kusur
5	kusur sayısı > 6	Tamamen kusur mevcut

Kusur sınıfları için Çizelge 7.3’de verilen bulanıklılık değerleri elde edilmiştir. Bu değere göre üst üyelik fonksiyonu ilk referans noktası (a^u) tamamen kusur durumu için 1, yüksek oranda kusur için 0,8, orta kusur için 0,6, yüksek oranda kusur yok için 0,4 ve tamamen kusur yok için 0,2 olarak belirlenmiştir. a^u , b^u , c^u ve d^u değerleri arasında üç aralık olduğu düşünülerek; ikinci, üçüncü ve dördüncü referans noktaları için ilk

referans noktası değerinden 0,07 düşülerek değerler belirlenmiştir. Alt üyelik fonksiyonunun, üst üyelik fonksiyonundan 0,04 daha az olduğu varsayılarak, alt üyelik fonksiyonu referans noktaları da belirlenmiştir. $H_1(A_U)$ ve $H_2(A_U)$ tüm durumlar için 1, $H_1(A_L)$ ve $H_2(A_L)$ değerleri ise tüm durumlar için 0,8 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 7.3 Kusur durumu bulanıklılık değerleri

Kusur Olma Durumu	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(A_U)$	$H_2(A_U)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(A_L)$	$H_2(A_L)$
Tamamen kusur yok	0,80	0,87	0,93	1,00	1	1	0,84	0,88	0,92	0,96	0,8	0,8
Yüksek oranda kusur yok	0,60	0,67	0,73	0,80	1	1	0,64	0,68	0,72	0,76	0,8	0,8
Orta derece kusur	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,44	0,48	0,52	0,56	0,8	0,8
Yüksek oranda kusur	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,24	0,28	0,32	0,36	0,8	0,8
Tamamen Kusur mevcut	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8

Alınan ilk 20 numunelerin kusur durumunun dilsel değişken olarak ifadeleri Çizelge 7.4’de verilmiştir. Çizelge 7.4 incelendiğinde numunelerde tespit edilen kusur türleri, kusur sayısına göre kusur olma durumlarına göre ifade edilmiştir. Çizelge 7.4’e göre alınan ilk 10’ar adetlik numuneden ilk örnekte kelepçe hatası tespit edilmiştir. Kusur sayısı 1 olduğundan Çizelge 7.2’ye göre kusur durumu yüksek oranda kusur yok olarak belirlenmiştir. Altıncı örnekte ise marka hatası ve pozisyon hatası olmak üzere iki farklı kusur tespit edilmiştir. Toplam kusur sayısı 2 olduğundan Çizelge 7.2’ye göre kusur durumu orta derece kusur olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.4 Kusur durumu dilsel değişkenleri

Örnek Sırası	Kusur Sayısı(Ks)	Kusur Türü	Kusur Olma Durumu
1	1	Kelepçe hatası	Yüksek oranda kusur yok
2	0		Tamamen kusur yok
3	1	Marka hatası	Yüksek oranda kusur yok
4	0		Tamamen kusur yok
5	0		Tamamen kusur yok
6	2	Marka hatası, pozisyon hatası	Orta derece kusur
7	0		Tamamen kusur yok
8	0		Tamamen kusur yok
9	1	Marka hatası	Yüksek oranda kusur yok
10	0		Tamamen kusur yok
11	0		Tamamen kusur yok
12	2	Marka hatası, kelepçe hatası	Tamamen kusur yok
13	0		Tamamen kusur yok
14	0		Tamamen kusur yok
15	0		Tamamen kusur yok
16	0		Tamamen kusur yok
17	0		Tamamen kusur yok
18	1	Kelepçe hatası	Yüksek oranda kusur yok
19	0		Tamamen kusur yok
20	0		Tamamen kusur yok

Ayrıca ilk 20 adet alınan parça değerlendirmesi Çizelge 7.5’de verilmiştir. Çizelge 7.4’de belirtilen kusur durumuna göre bulanık değerler Çizelge 7.3’den direkt alınmaktadır. Aşağıdaki örnek gibi 18 adet daha 10 ar adetten örnek alınmış ve tek tek incelenerek kusur sayılarına göre referans değerleri hesaplanmıştır. Veriler Ek-B de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 7.5 İlk alınan 20 adet örneğin kusur sayısı değerlendirilmesi

i	Ks	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A_u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
1	1,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
3	1,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
4	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	2,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
7	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	1,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
12	2,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	1,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80

Tüm referansların değerlendirilmesinin ardından toplam referans değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 7.6'da tüm örnekler için hesaplanan toplam referans değerleri verilmiştir. Örneğin, birinci örnek için tüm a_{i4}^u değerleri toplanarak 9 değeri bulunmuştur. Çizelge 7.5'de a_{i4}^u sütununda bulunan değerlerin toplanması ile bu değere nasıl ulaşıldığı görülebilmektedir.

Çizelge 7.6 Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri

i	Σa_{i1}^u	Σa_{i2}^u	Σa_{i3}^u	Σa_{i4}^u	$H_1(A^U)$	$H_2(A^U)$	Σa_{i1}^L	Σa_{i2}^L	Σa_{i3}^L	Σa_{i4}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
1	7,0	7,7	8,3	9,0	1	1	7,4	7,8	8,2	8,6	0,8	0,8
2	7,8	8,5	9,1	9,8	1	1	8,2	8,6	9,0	9,4	0,8	0,8
3	7,4	8,1	8,7	9,4	1	1	7,8	8,2	8,6	9,0	0,8	0,8
4	7,6	8,3	8,9	9,6	1	1	8,0	8,4	8,8	9,2	0,8	0,8
5	6,6	7,3	7,9	8,6	1	1	7,0	7,4	7,8	8,2	0,8	0,8
6	7,2	7,9	8,5	9,2	1	1	7,6	8,0	8,4	8,8	0,8	0,8
7	7,6	8,3	8,9	9,6	1	1	8,0	8,4	8,8	9,2	0,8	0,8
8	7,0	7,7	8,3	9,0	1	1	7,4	7,8	8,2	8,6	0,8	0,8
9	7,2	7,9	8,5	9,2	1	1	7,6	8,0	8,4	8,8	0,8	0,8
10	8,0	8,7	9,3	10,0	1	1	8,4	8,8	9,2	9,6	0,8	0,8
11	7,6	8,3	8,9	9,6	1	1	8,0	8,4	8,8	9,2	0,8	0,8
12	7,2	7,9	8,5	9,2	1	1	7,6	8,0	8,4	8,8	0,8	0,8
13	7,4	8,1	8,7	9,4	1	1	7,8	8,2	8,6	9,0	0,8	0,8
14	8,0	8,7	9,3	10,0	1	1	8,4	8,8	9,2	9,6	0,8	0,8
15	8,0	8,7	9,3	10,0	1	1	8,4	8,8	9,2	9,6	0,8	0,8
16	7,2	7,9	8,5	9,2	1	1	7,6	8,0	8,4	8,8	0,8	0,8
17	8,0	8,7	9,3	10,0	1	1	8,4	8,8	9,2	9,6	0,8	0,8
18	7,6	8,3	8,9	9,6	1	1	8,0	8,4	8,8	9,2	0,8	0,8
19	7,8	8,5	9,1	9,8	1	1	8,2	8,6	9,0	9,4	0,8	0,8
20	7,6	8,3	8,9	9,6	1	1	8,0	8,4	8,8	9,2	0,8	0,8

Çizelge 7.7’de bulanık üst üyelik fonksiyonu değerleri 20 örneklem için verilmiştir.

Çizelge 7.6’de verilen referans değerleri öncelikle örneklem sayısına bölünerek tek tek değerler hesaplanmış sonrasında ise ortalama değerler bulunmuştur.

Çizelge 7.7 Bulanık üst ve alt üyelik fonksiyonu referans değerleri

i	$\bar{a}_{i1}^u$	$\bar{a}_{i2}^u$	$\bar{a}_{i3}^u$	$\bar{a}_{i4}^u$	H1(AU)	H2(AU)	$\bar{a}_{i1}^L$	$\bar{a}_{i2}^L$	$\bar{a}_{i3}^L$	$\bar{a}_{i4}^L$	H1(AL)	H2(AL)
1	0,70	0,77	0,83	0,90	1,00	1,00	0,86	0,82	0,78	0,74	0,80	0,80
2	0,78	0,85	0,91	0,98	1,00	1,00	0,94	0,90	0,86	0,82	0,80	0,80
3	0,74	0,81	0,87	0,94	1,00	1,00	0,90	0,86	0,82	0,78	0,80	0,80
4	0,76	0,83	0,89	0,96	1,00	1,00	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80	0,80
5	0,66	0,73	0,79	0,86	1,00	1,00	0,82	0,78	0,74	0,70	0,80	0,80
6	0,72	0,79	0,85	0,92	1,00	1,00	0,88	0,84	0,80	0,76	0,80	0,80
7	0,76	0,83	0,89	0,96	1,00	1,00	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80	0,80
8	0,70	0,77	0,83	0,90	1,00	1,00	0,86	0,82	0,78	0,74	0,80	0,80
9	0,72	0,79	0,85	0,92	1,00	1,00	0,88	0,84	0,80	0,76	0,80	0,80
10	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80
11	0,76	0,83	0,89	0,96	1,00	1,00	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80	0,80
12	0,72	0,79	0,85	0,92	1,00	1,00	0,88	0,84	0,80	0,76	0,80	0,80
13	0,74	0,81	0,87	0,94	1,00	1,00	0,90	0,86	0,82	0,78	0,80	0,80
14	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80
15	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80
16	0,72	0,79	0,85	0,92	1,00	1,00	0,88	0,84	0,80	0,76	0,80	0,80
17	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80
18	0,76	0,83	0,89	0,96	1,00	1,00	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80	0,80
19	0,78	0,85	0,91	0,98	1,00	1,00	0,94	0,90	0,86	0,82	0,80	0,80
20	0,76	0,83	0,89	0,96	1,00	1,00	0,92	0,88	0,84	0,80	0,80	0,80
Ort.	0,75	0,82	0,88	0,95	1,00	1,00	0,91	0,87	0,83	0,79	0,80	0,80

Bulanık Tip-2 c bulanık diyagramı ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Çizelge 7.8’de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 7.8 Tip-2 bulanık c diyagramı limit değerleri

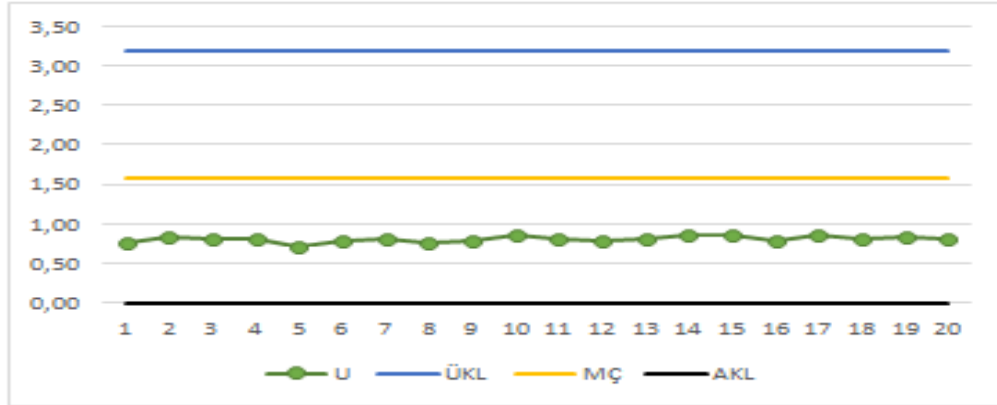
	a_{i1}^u	a_{i2}^u	a_{i3}^u	a_{i4}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$
ÜKL	1,329	3,533	3,691	3,871	1	1
MÇ	0,749	0,819	0,879	0,949	1	1
AKL	0,000	0,000	0,000	0,000	1	1
	a_{i4}^L	a_{i3}^L	a_{i2}^L	a_{i1}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
ÜKL	3,453	3,560	3,665	3,769	0,8	0,8
MÇ	0,789	0,829	0,869	0,909	0,8	0,8
AKL	0,000	0,000	0,000	0,000	0,8	0,8

Bölüm 7’de hesaplanan bulanık Tip-2 u kontrol diyagramı referans değerleri ve kontrol limitleri (6.17), (6.18) ve (6.19) formülasyonları ve BNP metodu kullanılarak durulaştırılmıştır. Çizelge 7.9’da durulaştırılmış değerler verilmektedir.

Çizelge 7.9 Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri

i	DIT2U	DIT2L	DIT2 TRAP	i	DIT2U	DIT2L	DIT2 TRAP
1	0,80	0,72	0,76	14	0,90	0,81	0,86
2	0,88	0,79	0,84	15	0,90	0,81	0,86
3	0,84	0,76	0,80	16	0,82	0,74	0,78
4	0,86	0,77	0,82	17	0,90	0,81	0,86
5	0,76	0,68	0,72	18	0,86	0,77	0,82
6	0,82	0,74	0,78	19	0,88	0,79	0,84
7	0,86	0,77	0,82	20	0,86	0,77	0,82
8	0,80	0,72	0,76	ÜKL	3,106	3,250	3,178
9	0,82	0,74	0,78	MÇ	1,553	1,625	1,589
10	0,90	0,81	0,86	AKL	0,000	0,000	0,000
11	0,86	0,77	0,82				
12	0,82	0,74	0,78				
13	0,84	0,76	0,80				

Çizelge 7.9’da verilen DIT2 TRAP sütununda bulunan bulanık değerler ve kontrol limitlerine göre elde edilen bulanık Tip-2 c bulanık kontrol diyagramı gösterimi aşağıdaki gibidir. Tip-2 bulanık c diyagramı kullanılması ile yapılan çalışma sonuçlarına göre sürecin Şekil 7.8’ de verildiği gibi kontrol altında olduğu görülmektedir.



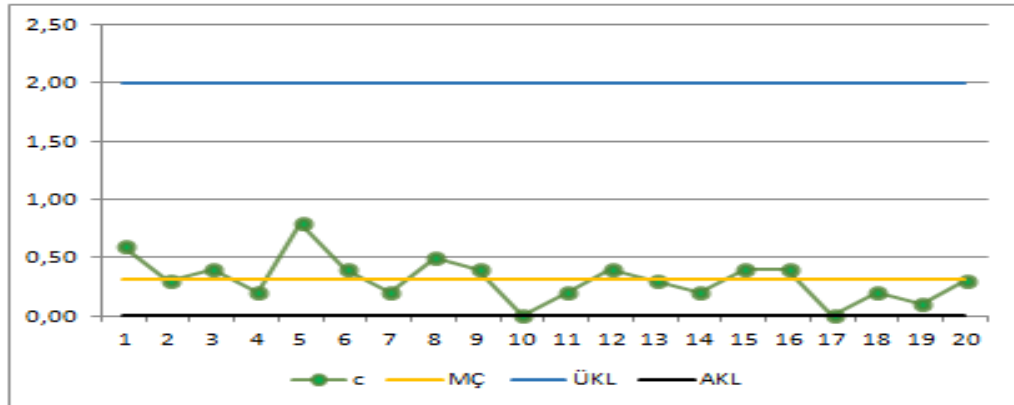
Şekil 7.8 Tip-2 Bulanık c kontrol diyagramı

Şekil 7.8’de gösterilen c, ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Çizelge 7.10’da verilmektedir. Bu tablo üzerinde tüm bulanık c değerlerinin kontrol altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.10 Tip-2 bulanık c kontrol diyagramı süreç kontrol durumu

$\tilde{c}$	ÜKL	MÇ	AKL	durum
0,76	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,84	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,80	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,82	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,72	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,78	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,82	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,76	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,78	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,86	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,82	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,78	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,80	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,86	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,86	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,78	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,86	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,82	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,84	3,18	1,59	0	kontrol altında
0,82	3,18	1,59	0	kontrol altında

Tip-2 bulanık c kontrol diyagramı ve klasik c diyagramı karşılaştırmasını yapmak amacı ile firma kontrol verileri ile Şekil 7.9 de verilen c kontrol diyagramı elde edilmiştir. Şekil 7.8 ve 7.9 incelendiğinde her iki durumda da sonuçların kontrol limitleri içerisinde olduğu ancak bulanık Tip-2 c diyagramında sonuçların daha tutarlı olduğu görülmektedir.



Şekil 7.9 c kontrol diyagramı

Şekil 7.9’da gösterilen u, ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Çizelge 7.11’de verilmektedir. Bu tablo üzerinde tüm c değerlerinin kontrol altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.11 c kontrol diyagramı süreç kontrol durumu

c	ÜKL	MÇ	AKL	durum
0,60	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,30	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,40	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,20	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,80	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,40	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,20	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,50	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,40	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,00	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,20	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,40	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,30	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,20	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,40	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,40	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,00	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,20	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,10	0,32	2,00	0	kontrol altında
0,30	0,32	2,00	0	kontrol altında

7.2 Tip-2 u bulanık diyagram uygulama

Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı için bu tez kapsamında otomotiv sektöründe iki farklı uygulama yapılmıştır.

7.2.1 Tip-2 bulanık u diyagramı fren hortumu örneği

Tip-2 u bulanık kontrol diyagramı birinci uygulama kısmında firmanın fren hortumu üretiminde en çok hata kırılımına sahip bir ürün seçilmiş olup tespit edilen hata türleri: markalama hatası, paketleme hatası, manşon deformasyon, hortum yüzey hatası, rakor etek boyu hatalı, tapa eksik, manşon boy hatası, rakor tırnak yönü ters, rakor diş hatalı, hatalı rakor takılması, eksik komponent, rakor deformasyon, hortum boy hatası, hortumda yarık/yırtık, sızdırma ve örgü hatası olarak belirlenmiştir.

Firma hataları önem derecelerine göre kalite kontrol prosedüründe tanımlamıştır. Bu derecelendirmeye göre, parça performansını yerine getiremediği durumlarda: sızdırmaya neden olan çatlak, delik gibi her türlü yüzey hataları ve malzeme eksiklikleri, kaynak hataları, sızdırmazlık elemanları altındaki kalıntılar, yabancı maddeler, sızdırma potansiyeli oluşturan kat ayrışması ve hava boşluğu vb. hatalar A sınıfı hatalardır. Ayrıca ürün montajını etkileyen, müşteride bant duruşuna neden olan ve araç geri çağırma gereken durumlar da A sınıfına girmektedir. Görsel/işitsel rahatsızlık veren hatalar B sınıfına girmekte olup, markalama, etiket/doküman ve paketleme hataları ise C sınıfı olarak değerlendirilmektedir.

Kritiklik derecelerine göre 16 farklı hata türü 4 farklı grupta sınıflandırılmıştır. Hata türleri firmanın son 1 yıllık kalite kontrol verilerinde tespit edilmiş hatalardır. Ayrıca söz konusu hatalar firmanın kalite yönetim prosedüründe tariflenen önem derecelerine göre gruplandırılmıştır. Bu gruplamaya göre birinci grupta iki farklı hata türü, ikinci grupta 5 farklı hata türü, üçüncü grupta 6 farklı hata türü ve dördüncü grupta ise 3 farklı hata türü bulunmaktadır. Hata türleri Çizelge 7.12’de verilmektedir.

Çizelge 7.12 Fren hortumu hata türleri

Hata Sırası	Hata Sınıfı	Hata Türü
1	1	Markalama hatası
2	1	Paketleme hatası
3	2	Manşon deformasyon
4	2	Hortum yüzey hatası
5	2	Rakor etek boyu hatalı
6	2	Tapa eksik
7	2	Manşon boy hatası
8	3	Rakor tırnak yönü ters
9	3	Rakor dış hatalı
10	3	Hatalı rakor takılmış
11	3	Eksik komponent
12	3	Rakor deformasyon
13	3	Hortum boy hatası
14	4	Hortumda yarık/yırtık
15	4	Sızdırma
16	4	Örgü Hatası

Belirsizlik durumunda birim başına düşen kusur sayısının analiz edilmesi amacıyla niteliksel veriler için en iyi sonucu veren Tip-2 u bulanık kontrol diyagramı

kullanılmıştır. Veriler firmanın 100% kalite kontrolleri esnasında kullandıkları tablet sisteminden alınmıştır. Yapılan kontrollerin görsel olması ve operatör kararına bağlı olması nedeniyle verilerin toplanmasında bazı belirsizlikler olabilmektedir. Operatör kararları sonuçların belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Söz konusu hatalar kritiklik seviyelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Bu ağırlıklandırmaya göre birinci grupta bulunan hata türleri 0,1 ağırlık puanı ile, ikinci grupta bulunan hata türleri 0,2 ağırlık puanı ile, üçüncü grupta bulunan hata türleri 0,5 hata puanı ile ve dördüncü grupta bulunan hata türleri 0,9 ağırlık puanı ile ağırlıklandırılmışlardır. Çizelge 7.13’de hata türleri, hata ağırlıkları ile birlikte gösterilmektedir.

Çizelge 7.13 Hata türlerinin ağırlıklandırılması

Hata Sırası	Hata Sınıfı	Hata Türü	Hata ağırlığı (A _i)
1	1	Markalama hatası	0,1
2	1	Paketleme hatası	0,1
3	2	Manşon deformasyon	0,2
4	2	Hortum yüzey hatası	0,2
5	2	Rakor etek boyu hatalı	0,2
6	2	Tapa eksik	0,2
7	2	Manşon boy hatası	0,2
8	3	Rakor tırnak yönü ters	0,5
9	3	Rakor dış hatalı	0,5
10	3	Hatalı rakor takılmış	0,5
11	3	Eksik komponent	0,5
12	3	Rakor deformasyon	0,5
13	3	Hortum boy hatası	0,5
14	4	Hortumda yarık/yırtık	0,9
15	4	Sızdırma	0,9
16	4	Örgü Hatası	0,9

Çizelge 7.14’ de dört farklı hata grubunun ikili karşılaştırması verilmektedir. Çizelgeye göre dördüncü grupta bulunan hataların, birinci grup hataların 9 katı kadar öneme sahip olduğu, ikinci gruba göre 4,5 kat ve üçüncü gruba göre 1,8 kat daha önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.14 Hata sınıfları ikili karşılaştırma

	1	2	3	4
1	1	0,5	0,2	0,11
2	2	1	0,4	0,22
3	5	2,5	1	0,56
4	9	4,5	1,8	1

Bir ürünün gerçekten kusurlu olup olmadığını anlamak ve bunu operatör kararına bırakmayı engellemek adına dilsel değişkenlerin sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Birim başına düşen hata sayısındaki değişimleri izlerken, tüm hata türlerinin kritiklik derecesi aynı olmadığından dolayı değerlendirme yaparken ağırlıklandırma faktörünü kullanılmıştır. Buna göre toplam ağırlık puanları hesaplanmakta ve parçanın kusursuz olma durumu incelenmektedir.

$$\text{Toplam ağırlık puanı} = \sum_{i=1}^{16} (H_i \times A_i) \quad H_i = \text{Hata sayısı ve } A_i = \text{Ağırlık puan} \quad (7.1)$$

Çizelge 7.15 Bulanık Tip-2 u diyagramı kusur olma durumu

Kusur Olma Durumu	Açıklama
Tamamen Kusur	$0,9 \leq \text{Kusur puanı}$
Yüksek Oranda Kusur	$0,7 \leq \text{Kusur puanı} < 0,9$
Orta Kusur	$0,3 \leq \text{Kusur puanı} < 0,7$
Yüksek Oranda Kusur Yok	$0 < \text{Kusur puanı} < 0,3$
Tamamen Kusur Yok	Kusur puanı=0

Çizelge 7.16’da verilen gösterime göre yapılan uygulamada her bir kusurlu olma durumu aşağıdaki 12 değer ile gösterilmiştir. Üst üyelik fonksiyonları $H_1(A^u)$ ve $H_2(A^u)$ değerleri 1 olarak alınmış, alt üyelik fonksiyonları $H_1(A^l)$ ve $H_2(A^l)$ ise 0,8 olarak belirlenmiştir. Çizelge 6.4’de baz alınan üst bulanıklılık değeri Tip-2 c bulanık kontrol diyagramında olduğu gibi 0,07 ve alt bulanıklılık değeri ise 0,04 dür. Bu değere göre üst ve üyelik fonksiyonları için Tip-2 c bulanık kontrol diyagramında alınan aynı değerler baz alınmıştır.

Çizelge 7.16 Kusur durumu bulanıklılık değerleri

Kusur Olma Durumu	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A_u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
Tamamen Kusur	0,80	0,87	0,93	1,00	1	1	0,84	0,88	0,92	0,96	0,8	0,8
Yüksek Oranda Kusur	0,60	0,67	0,73	0,80	1	1	0,64	0,68	0,72	0,76	0,8	0,8
Orta Kusur	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,44	0,48	0,52	0,56	0,8	0,8
Yüksek Oranda Kusur Yok	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,24	0,28	0,32	0,36	0,8	0,8
Tamamen Kusur Yok	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8

Firmada toplamda 20 kez 10 ar adet parça alınıp kalite kontrol işlemi yapılmıştır. Her bir ürüne ait kusurlu olma durumu Çizelge 7.16'ya göre incelenmiştir.

Alınan ilk 20 numunelerin kusur durumunun dilsel değişken olarak ifadeleri Çizelge 7.17'da verilmiştir. Çizelge 7.17 incelendiğinde numunelerde tespit edilen kusur türleri ve bu kusurların ağırlık puanlarına göre kusur olma durumları görülebilmektedir.

Çizelge 7.17 Kusur durumu dilsel değişkenleri

Örnek Sırası	Toplam ağırlık puanı	Kusur Türü	Kusur Olma Durumu
1	0,00		Tamamen Kusur Yok
2	0,00		Tamamen Kusur Yok
3	0,90	Örgü Hatası	Tamamen Kusur
4	0,00		Tamamen Kusur Yok
5	0,00		Tamamen Kusur Yok
6	0,00		Tamamen Kusur Yok
7	0,20	Manşon deformasyon	Yüksek Oranda Kusur Yok
8	0,00		Tamamen Kusur Yok
9	0,00		Tamamen Kusur Yok
10	0,00		Tamamen Kusur Yok
11	0,00		Tamamen Kusur Yok
12	0,70	Rakor deformasyon, Manşon boy hatası	Yüksek Oranda Kusur
13	0,00		Orta Kusur
14	0,00		Tamamen Kusur Yok
15	0,00		Tamamen Kusur Yok
16	0,00		Tamamen Kusur Yok
17	0,00		Tamamen Kusur Yok

Çizelge 7.17 Kusur durumu dilsel değişkenleri(devamı)

Örnek Sırası	Toplam ağırlık puanı	Kusur Türü	Kusur Olma Durumu
18	0,00		Tamamen Kusur Yok
19	0,50	Hortum boy hatası	Orta Kusur
20	0,00		Tamamen Kusur Yok

Ayrıca ilk 20 adet alınan parça değerlendirmesi Çizelge 7.18’de verilmiştir. İlk 2 üründe herhangi bir kusur bulunmadığından ağırlık puanları 0’dır. Sadece üçüncü ve 7. örnekte kusur tespit edilmiştir. Ağırlık puanlarına göre ise Tip-2 yamuk bulanık fonksiyon referans değerleri belirtilmiştir. Üçüncü örnek ağırlık puanı 0,9’dur dolayısıyla ürün tamamen kusur olarak belirtilmiştir. Yedinci ürün ağırlık puanı ise 0,2 ile yüksek oranda kusur yok sınıflandırması altındadır. İncelenen tüm numunelerin ağırlık puanlarına göre referans değerleri hesaplanmıştır. Veriler Ek-A’da detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 7.18 İlk alınan 20 adet örneğin kusur değerlendirilmesi

i	A_i	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
11	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
12	0,70	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
13	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
14	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80

Çizelge 7.18 İlk alınan 20 adet örneğin kusur değerlendirilmesi(devamı)

i	A_i	a_{i1}^u	a_{i2}^u	a_{i3}^u	a_{i4}^u	$H_1(A_i^u)$	$H_2(A_i^u)$	a_{i1}^L	a_{i2}^L	a_{i3}^L	a_{i4}^L	$H_1(A_i^L)$	$H_2(A_i^L)$
15	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
17	0,50	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
19	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80

Çizelge 7.18’de tüm örnekler için hesaplanan toplam referans değerleri verilmiştir. Örneğin, birinci örnek için tüm a_{i1}^u değerleri toplanarak 3 değeri bulunmuştur. Çizelge 7.18’de a_{i1}^u sütununda bulunan değerlerin toplanması ile bu değere nasıl ulaşıldığı görülebilmektedir.

Çizelge 7.19 Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri

i	Σa_{i1}^u	Σa_{i2}^u	Σa_{i3}^u	Σa_{i4}^u	$H_1(A_i^u)$	$H_2(A_i^u)$	Σa_{i1}^L	Σa_{i2}^L	Σa_{i3}^L	Σa_{i4}^L	$H_1(A_i^L)$	$H_2(A_i^L)$
1	1,00	1,70	2,30	3,00	1	1	1,40	1,80	2,20	2,60	0,8	0,8
2	1,40	2,10	2,70	3,40	1	1	1,80	2,20	2,60	3,00	0,8	0,8
3	0,60	1,30	1,90	2,60	1	1	1,00	1,40	1,80	2,20	0,8	0,8
4	1,60	2,30	2,90	3,60	1	1	2,00	2,40	2,80	3,20	0,8	0,8
5	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
6	0,80	1,50	2,10	2,80	1	1	1,20	1,60	2,00	2,40	0,8	0,8
7	1,80	2,50	3,10	3,80	1	1	2,20	2,60	3,00	3,40	0,8	0,8
8	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
9	1,20	1,90	2,50	3,20	1	1	1,60	2,00	2,40	2,80	0,8	0,8
10	0,80	1,50	2,10	2,80	1	1	1,20	1,60	2,00	2,40	0,8	0,8
11	1,00	1,70	2,30	3,00	1	1	1,40	1,80	2,20	2,60	0,8	0,8
12	0,80	1,50	2,10	2,80	1	1	1,20	1,60	2,00	2,40	0,8	0,8
13	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
14	0,60	1,30	1,90	2,60	1	1	1,00	1,40	1,80	2,20	0,8	0,8
15	1,60	2,30	2,90	3,60	1	1	2,00	2,40	2,80	3,20	0,8	0,8
16	0,80	1,50	2,10	2,80	1	1	1,20	1,60	2,00	2,40	0,8	0,8
17	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
18	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
19	0,40	1,10	1,70	2,40	1	1	0,80	1,20	1,60	2,00	0,8	0,8
20	0,20	0,90	1,50	2,20	1	1	0,60	1,00	1,40	1,80	0,8	0,8

Çizelge 7.20’de bulanık üst ve alt üyelik fonksiyonu ortalama değerleri 20 örneklem için verilmiştir.

Çizelge 7.20 Bulanık üst ve alt üyelik fonksiyonu referans değerleri

i	$\overline{a}_{11}^u$	$\overline{a}_{12}^u$	$\overline{a}_{13}^u$	$\overline{a}_{14}^u$	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	$\overline{a}_{11}^L$	$\overline{a}_{12}^L$	$\overline{a}_{13}^L$	$\overline{a}_{14}^L$	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
1	0,10	0,17	0,23	0,30	1	1	0,14	0,18	0,22	0,26	0,8	0,8
2	0,14	0,21	0,27	0,34	1	1	0,18	0,22	0,26	0,34	0,8	0,8
3	0,06	0,13	0,19	0,26	1	1	0,10	0,14	0,18	0,22	0,8	0,8
4	0,16	0,23	0,29	0,36	1	1	0,20	0,24	0,28	0,32	0,8	0,8
5	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
6	0,08	0,15	0,21	0,28	1	1	0,12	0,16	0,20	0,24	0,8	0,8
7	0,18	0,25	0,31	0,38	1	1	0,22	0,26	0,38	0,34	0,8	0,8
8	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
9	0,12	0,19	0,25	0,32	1	1	0,16	0,02	0,24	0,28	0,8	0,8
10	0,08	0,15	0,21	0,28	1	1	0,12	0,16	0,20	0,24	0,8	0,8
11	0,10	0,17	0,23	0,30	1	1	0,14	0,18	0,20	0,26	0,8	0,8
12	0,08	0,15	0,21	0,28	1	1	0,12	0,16	0,20	0,24	0,8	0,8
13	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
14	0,06	0,13	0,19	0,26	1	1	0,10	0,14	0,18	0,22	0,8	0,8
15	0,16	0,23	0,29	0,36	1	1	0,20	0,24	0,28	0,32	0,8	0,8
16	0,08	0,15	0,21	0,28	1	1	0,12	0,16	0,20	0,24	0,8	0,8
17	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
18	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
19	0,04	0,11	0,17	0,24	1	1	0,08	0,12	0,16	0,20	0,8	0,8
20	0,02	0,09	0,15	0,22	1	1	0,06	0,10	0,14	0,18	0,8	0,8
Ort.	0,27	0,20	0,14	0,07	1	1	0,11	0,14	0,20	0,24	0,8	0,8

Bulanık Tip-2 u diyagramı ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Çizelge 7.21’de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 7.21 Tip-2 bulanık u diyagramı limit değerleri

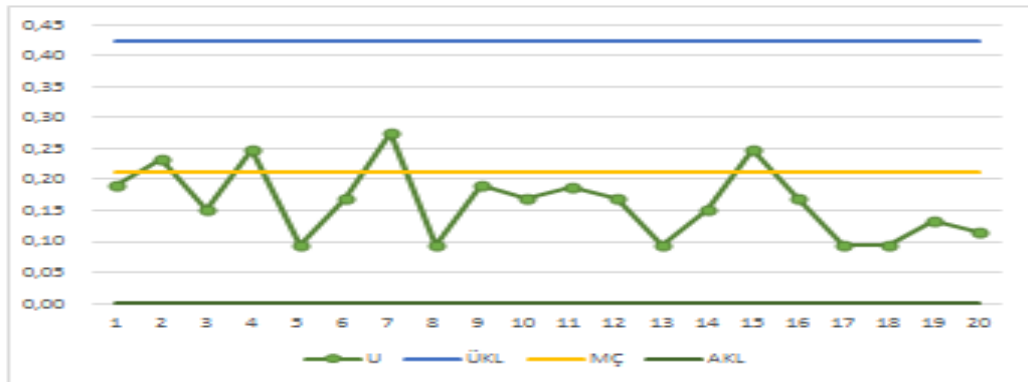
	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$
ÜKL	0,254	0,396	0,505	0,623	1	1
MÇ	0,073	0,143	0,203	0,273	1	1
AKL	0,000	0,000	0,000	0,000	1	1
	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
ÜKL	0,338	0,398	0,492	0,560	0,8	0,8
MÇ	0,113	0,144	0,196	0,235	0,8	0,8
AKL	0,000	0,000	0,000	0,000	0,8	0,8

Bölüm 7’de hesaplanan bulanık Tip-2 u kontrol diyagramı referans değerleri ve kontrol limitleri BNP metodu kullanılarak çizelge 7.22’de durulaştırılmış olarak verilmektedir.

Çizelge 7.22 Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri

i	DIT2U	DIT2L	DIT2 TRAP	i	DIT2U	DIT2L	DIT2 TRAP
1	0,20	0,18	0,19	14	0,16	0,14	0,15
2	0,24	0,23	0,23	15	0,26	0,23	0,25
3	0,16	0,14	0,15	16	0,18	0,16	0,17
4	0,26	0,23	0,25	17	0,10	0,09	0,10
5	0,10	0,09	0,10	18	0,10	0,09	0,10
6	0,18	0,16	0,17	19	0,14	0,13	0,13
7	0,28	0,27	0,27	20	0,12	0,11	0,11
8	0,10	0,09	0,10	ÜKL	0,444	0,402	0,423
9	0,22	0,16	0,19	MÇ	0,222	0,201	0,211
10	0,18	0,16	0,17	AKL	0,000	0,000	0,000
11	0,20	0,18	0,19				
12	0,18	0,16	0,17				
13	0,10	0,09	0,10				

Çizelge 7.22’de verilen DIT2 TRAP sütununda bulunan bulanık değerler ve kontrol limitlerine göre elde edilen bulanık Tip-2 u kontrol diyagramı gösterimi aşağıdaki gibidir. Tip-2 bulanık u diyagramı kullanılması ile yapılan çalışma sonuçlarına göre sürecin Şekil 7.10’ da verildiği gibi kontrol altında olduğu görülmektedir.



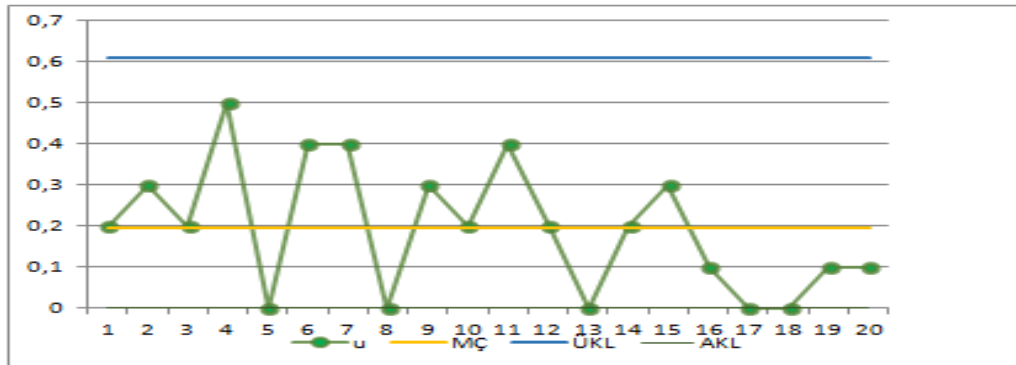
Şekil 7.10 Tip-2 Bulanık u kontrol diyagramı

Şekil 7.10 da gösterilen u, ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Çizelge 7.23’de verilmektedir. Bu çizelge üzerinde tüm u değerlerinin kontrol altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.23 Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu

u	ÜKL	MÇ	AKL	durum
0,19	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,23	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,15	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,25	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,17	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,27	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,19	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,17	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,19	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,17	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,15	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,25	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,17	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,13	0,42	0,21	0	kontrol altında
0,11	0,42	0,21	0	kontrol altında

Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı ve klasik u diyagramı karşılaştırmasını yapmak amacı ile firma kontrol verileri ile Şekil 7.11’de verilen u kontrol diyagramı elde edilmiştir. Şekil 7.10 ve 7.11 incelendiğinde her iki durumda da sonuçların kontrol limitleri içerisinde olduğu ancak bulanık Tip-2 u diyagramında sonuçların daha tutarlı olduğu görülmektedir.



Şekil 7.11 u kontrol diyagramı

Şekil 7.11 de gösterilen u, ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Çizelge 7.24’de verilmektedir. Bu çizelge üzerinde tüm u değerlerinin kontrol altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.24 u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu

u	ÜKL	MÇ	AKL	durum
0,2	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,3	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,2	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,5	0,20	0,61	0	kontrol altında
0	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,4	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,4	0,20	0,61	0	kontrol altında
0	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,3	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,2	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,4	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,2	0,20	0,61	0	kontrol altında
0	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,2	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,3	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,1	0,20	0,61	0	kontrol altında
0	0,20	0,61	0	kontrol altında
0	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,1	0,20	0,61	0	kontrol altında
0,1	0,20	0,61	0	kontrol altında

7.2.2 Tip-2 bulanık u diyagramı soğutma hortumu örneği

Tip-2 u bulanık kontrol diyagramı ikinci uygulama kısmında firmasının soğutma hortumu üretiminde en çok hata kırılımına sahip bir ürün seçilmiş olup tespit edilen hata türleri: markalama hatası, paketleme hatası, kılıf hatası, hortum yüzey hatası, distanzring hatası, kauçuk kaynak hatası, pressring sıkılmamış, form hatası, malzeme eksikliği, eksik komponent, kelepçe yapıştırma hatası, hortum boy hatası, hortumda yarık/yırtık, sızdırma, örgü hatası, kat ayrışması olarak belirlenmiştir.

Kritiklik derecelerine göre 16 farklı hata türü 4 farklı grupta sınıflandırılmıştır. Hata türleri firmanın son 1 yıllık kalite kontrol verilerinde tespit edilmiş hatalardır. Ayrıca söz konusu hatalar firmanın kalite yönetim prosedüründe tariflenen önem derecelerine göre gruplandırılmıştır. Bu gruplamaya göre birinci grupta iki farklı hata türü, ikinci grupta dört farklı hata türü, üçüncü grupta altı farklı hata türü ve dördüncü grupta ise dört farklı hata türü bulunmaktadır.

Söz konusu hatalar kritiklik seviyelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Bu ağırlıklandırmaya göre birinci grupta bulunan hata türleri 0,1 ağırlık puanı ile, ikinci grupta bulunan hata türleri 0,2 ağırlık puanı ile, üçüncü grupta bulunan hata türleri 0,5 hata puanı ile ve dördüncü grupta bulunan hata türleri en kritik hataları içerdiğinden 0,9 ağırlık puanı ile ağırlıklandırılmışlardır. Çizelge 7.25’de hata türleri, hata ağırlıkları ile birlikte gösterilmektedir.

Çizelge 7.25 Hata türlerinin ağırlıklandırılması

Hata Sırası	Hata Sınıfı	Hata Türü	Hata ağırlığı (Ai)
1	1	Markalama hatası	0,1
2	1	Paketleme hatası	0,1
3	2	Kılıf hatası	0,2
4	2	Hortum yüzey hatası	0,2
5	2	Distanzring hatası	0,2
6	2	Kauçuk kaynak hatası	0,2
7	2	Presring sıkılmamış	0,5
8	3	Form hatası	0,5
9	3	Malzeme Eksikliği	0,5
10	3	Eksik komponent	0,5
11	3	Kelepçe yapıştırma hatası	0,5
12	3	Hortum boy hatası	0,5
13	4	Hortumda yarık/yırtık	0,9
14	4	Sızdırma	0,9
15	4	Örgü Hatası	0,9
16	4	Kat ayrışması	0,9

Dilsel değişkenlerin sayısal değerlere dönüştürülmesi aşamasında kusur olma durumu için bir önceki örnekte kullanılan Çizelge 7.15 kullanılmıştır.

Kusur durumu bulanıklılık değerleri için Çizelge 7.16’da verilen değerler kullanılmıştır. Alınan ilk 20 numunelerin kusur durumunun dilsel değişken olarak ifadeleri Çizelge 7.26’da verilmiştir. Çizelge 7.26 incelendiğinde numunelerde tespit edilen kusur türleri ve bu kusurların ağırlık puanlarına göre kusur olma durumları görülebilmektedir.

Çizelge 7.26 Kusur durumu dilsel değişkenleri

Örnek Sırası	Toplam ağırlık puanı	Kusur Türü	Kusurlu Olma Durumu
1	0,00		Tamamen Kusur Yok
2	0,00		Tamamen Kusur Yok
3	0,00		Tamamen Kusur Yok
4	0,10	Markalama hatası	Yüksek Oranda Kusur Yok
5	0,00		Tamamen Kusur Yok
6	0,00		Tamamen Kusur Yok
7	0,20	Kılıf hatası	Yüksek Oranda Kusur Yok
8	0,00		Tamamen Kusur Yok
9	0,00		Tamamen Kusur Yok
10	0,50	Malzeme eksikliği	Orta Kusur
11	0,00		Tamamen Kusur Yok
12	0,00		Tamamen Kusur Yok
13	0,00		Tamamen Kusur Yok
14	0,20	Kauçuk kaynak hatası	Yüksek Oranda Kusur Yok
15	0,00		Tamamen Kusur Yok
16	0,00		Tamamen Kusur Yok
17	0,00		Tamamen Kusur Yok
18	0,00		Tamamen Kusur Yok
19	0,00		Tamamen Kusur Yok
20	0,00		Tamamen Kusur Yok

Ayrıca ilk 20 adet alınan parça değerlendirmesi Çizelge 7.26'da verilmiştir. İlk 3 üründe herhangi bir kusur bulunmadığından ağırlık puanları 0'dır. Dördüncü üründe markalama hatası tespit edilmiştir bu sebeple ağırlık puanı Çizelge 7.25'e göre 0,1 olarak belirtilmiştir. Bu sebeple kusur durumu yüksek oranda kusur olarak belirlenmiştir. Veriler Ek-C'de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 7.27 İlk alınan 20 adet örneğin kusur değerlendirilmesi

i	A_i	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A^u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
1	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
2	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
3	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
4	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,17	0,24	0,28	0,32	0,36	0,24	0,20
5	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
6	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
7	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,17	0,24	0,28	0,32	0,36	0,24	0,20
8	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
9	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
10	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,37	0,44	0,48	0,52	0,56	0,44	0,40

Çizelge 7.27 İlk alınan 20 adet örneğin kusur değerlendirilmesi(devamı)

i	A_i	a_{i1}^u	a_{i2}^u	a_{i3}^u	a_{i4}^u	$H_1(A_i^u)$	$H_2(A_i^u)$	a_{i1}^L	a_{i2}^L	a_{i3}^L	a_{i4}^L	$H_1(A_i^L)$	$H_2(A_i^L)$
11	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
12	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
13	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
14	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,17	0,24	0,28	0,32	0,36	0,24	0,20
15	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
16	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
17	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
18	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
19	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00
20	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,04	0,00

Tüm numuneler için toplam referans değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 7.28’de tüm örnekler için hesaplanan toplam referans değerleri verilmiştir. Örneğin, birinci örnek için tüm a_{i1}^u değerleri toplanarak 3 değeri bulunmuştur. Çizelge 7.27’de a_{i1}^u sütununda bulunan değerlerin toplanması ile bu değere nasıl ulaşıldığı görülebilmektedir.

Çizelge 7.28 Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri

i	Σa_{i1}^u	Σa_{i2}^u	Σa_{i3}^u	Σa_{i4}^u	$H_1(A_i^u)$	$H_2(A_i^u)$	Σa_{i1}^L	Σa_{i2}^L	Σa_{i3}^L	Σa_{i4}^L	$H_1(A_i^L)$	$H_2(A_i^L)$
1	0,80	1,50	2,10	2,80	1	1	1,20	1,60	2,00	2,40	0,8	0,8
2	0,20	0,90	1,50	2,20	1	1	0,60	1,00	1,40	1,80	0,8	0,8
3	0,60	1,30	1,90	2,60	1	1	1,00	1,40	1,80	2,20	0,8	0,8
4	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
5	1,00	1,70	2,30	3,00	1	1	1,40	1,80	2,20	2,60	0,8	0,8
6	1,80	2,50	3,10	3,80	1	1	2,20	2,60	3,00	3,40	0,8	0,8
7	0,40	1,10	1,70	2,40	1	1	0,80	1,20	1,60	2,00	0,8	0,8
8	1,00	1,70	2,30	3,00	1	1	1,40	1,80	2,20	2,60	0,8	0,8
9	0,40	1,10	1,70	2,40	1	1	0,80	1,20	1,60	2,00	0,8	0,8
10	0,80	1,50	2,10	2,80	1	1	1,20	1,60	2,00	2,40	0,8	0,8
11	1,40	2,10	2,70	3,40	1	1	1,80	2,20	2,60	3,00	0,8	0,8
12	0,80	1,50	2,10	2,80	1	1	1,20	1,60	2,00	2,40	0,8	0,8
13	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
14	0,60	1,30	1,90	2,60	1	1	1,00	1,40	1,80	2,20	0,8	0,8
15	1,00	1,70	2,30	3,00	1	1	1,40	1,80	2,20	2,60	0,8	0,8
16	0,00	0,70	1,30	2,00	1	1	0,40	0,80	1,20	1,60	0,8	0,8
17	0,40	1,10	1,70	2,40	1	1	0,80	1,20	1,60	2,00	0,8	0,8
18	0,20	0,90	1,50	2,20	1	1	0,60	1,00	1,40	1,80	0,8	0,8
19	1,20	1,90	2,50	3,20	1	1	1,60	2,00	2,40	2,80	0,8	0,8
20	0,60	1,30	1,90	2,60	1	1	1,00	1,40	1,80	2,20	0,8	0,8

Çizelge 7.29’da bulanık üst üyelik fonksiyonu değerleri 20 örneklem için verilmiştir. Çizelge 7.28’de verilen referans değerleri öncelikle örneklem sayısına bölünerek tek tek değerler hesaplanmış sonrasında ise ortalama değerler bulunmuştur.

Çizelge 7.29 Bulanık üst ve alt üyelik fonksiyonu referans değerleri

i	$\overline{a}_{11}^u$	$\overline{a}_{12}^u$	$\overline{a}_{13}^u$	$\overline{a}_{14}^u$	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	$\overline{a}_{11}^L$	$\overline{a}_{12}^L$	$\overline{a}_{13}^L$	$\overline{a}_{14}^L$	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
1	0,08	0,15	0,21	0,28	1	1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,8	0,8
2	0,02	0,09	0,15	0,22	1	1	0,06	0,10	0,14	0,18	0,8	0,8
3	0,06	0,13	0,19	0,26	1	1	0,10	0,14	0,18	0,22	0,8	0,8
4	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
5	0,10	0,17	0,23	0,30	1	1	0,14	0,18	0,22	0,26	0,8	0,8
6	0,18	0,25	0,31	0,38	1	1	0,22	0,26	0,30	0,34	0,8	0,8
7	0,04	0,11	0,17	0,24	1	1	0,08	0,12	0,16	0,20	0,8	0,8
8	0,10	0,17	0,23	0,30	1	1	0,14	0,18	0,22	0,26	0,8	0,8
9	0,04	0,11	0,17	0,24	1	1	0,08	0,12	0,16	0,2	0,8	0,8
10	0,08	0,15	0,21	0,28	1	1	0,12	0,16	0,20	0,24	0,8	0,8
11	0,14	0,21	0,27	0,34	1	1	0,18	0,22	0,26	0,30	0,8	0,8
12	0,08	0,15	0,21	0,28	1	1	0,12	0,16	0,20	0,24	0,8	0,8
13	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
14	0,06	0,13	0,19	0,26	1	1	0,10	0,14	0,18	0,22	0,8	0,8
15	0,10	0,17	0,23	0,30	1	1	0,14	0,18	0,22	0,26	0,8	0,8
16	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,8	0,8
17	0,04	0,11	0,17	0,24	1	1	0,08	0,12	0,16	0,20	0,8	0,8
18	0,02	0,09	0,15	0,22	1	1	0,06	0,10	0,14	0,18	0,8	0,8
19	0,12	0,19	0,25	0,32	1	1	0,16	0,20	0,24	0,28	0,8	0,8
20	0,06	0,13	0,19	0,26	1	1	0,10	0,14	0,18	0,22	0,8	0,8
Ort.	0,07	0,14	0,20	0,27	1	1	0,106	0,14	0,18	0,22	0,8	0,8
							6	6	6			

Bulanık Tip-2 u diyagramı ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Çizelge 7.30’da verildiği şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 7.30 Tip-2 bulanık u diyagramı limit değerleri

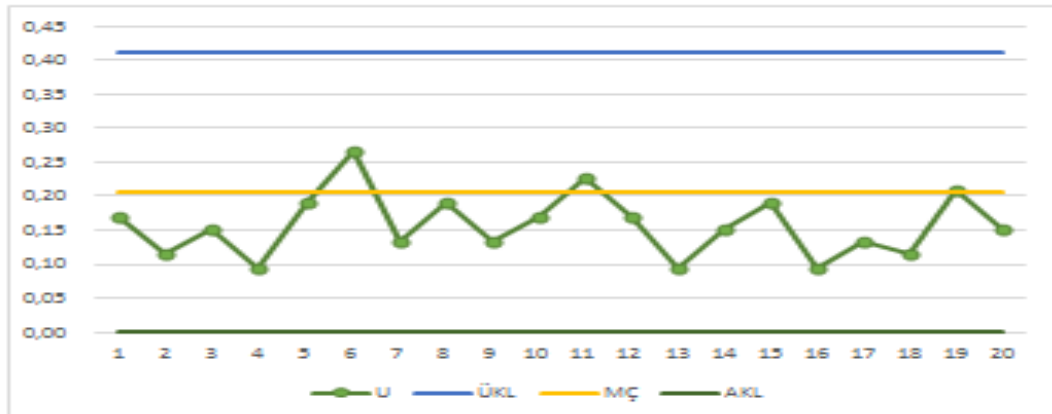
	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$
ÜKL	0,238	0,383	0,492	0,611	1	1
MÇ	0,066	0,136	0,196	0,266	1	1
AKL	0,000	0,000	0,000	0,000	1	1
	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
ÜKL	0,324	0,402	0,475	0,544	0,8	0,8
MÇ	0,106	0,146	0,186	0,226	0,8	0,8
AKL	0,000	0,000	0,000	0,000	0,8	0,8

Bölüm 7’de hesaplanan bulanık Tip-2 u kontrol diyagramı referans değerleri ve kontrol limitleri (6.17), (6.18) ve (6.19) formülasyonları ve BNP metodu kullanılarak durulaştırılmıştır. Çizelge 7.31’de durulaştırılmış değerler verilmektedir.

Çizelge 7.31 Firma kontrol sonuçlarına göre özet bulanık verileri

i	DIT2U	DIT2L	DIT2 TRAP	i	DIT2U	DIT2L	DIT2 TRAP
1	0,180	0,162	0,171	14	0,160	0,144	0,152
2	0,120	0,108	0,114	15	0,200	0,18	0,19
3	0,160	0,144	0,152	16	0,100	0,09	0,095
4	0,100	0,09	0,095	17	0,140	0,126	0,133
5	0,200	0,18	0,19	18	0,120	0,108	0,114
6	0,280	0,252	0,266	19	0,220	0,198	0,209
7	0,140	0,126	0,133	20	0,160	0,144	0,152
8	0,200	0,18	0,19	ÜKL	0,431	0,392	0,412
9	0,140	0,126	0,133	MÇ	0,215	0,196	0,206
10	0,180	0,162	0,171	AKL	0,000	0,000	0,000
11	0,240	0,216	0,228				
12	0,180	0,162	0,171				
13	0,100	0,09	0,095				

Çizelge 7.31’de verilen DIT2 TRAP sütununda bulunan bulanık değerler ve kontrol limitlerine göre elde edilen bulanık Tip-2 u kontrol diyagramı gösterimi aşağıdaki gibidir. Tip-2 bulanık u diyagramı kullanılması ile yapılan çalışma sonuçlarına göre sürecin Şekil 7.12’ da verildiği gibi kontrol altında olduğu görülmektedir.



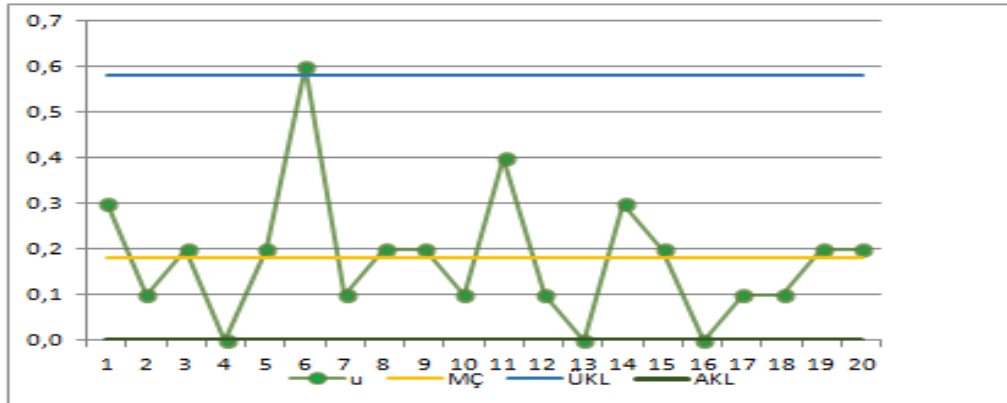
Şekil 7.12 Tip-2 Bulanık u kontrol diyagramı

Şekil 7.12 da gösterilen u, ÜKL, MÇ ve AKL değerleri Tablo7.32’de verilmektedir. Bu çizelge üzerinde tüm u değerlerinin kontrol altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.32 Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu

u	ÜKL	MÇ	AKL	durum
0,17	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,11	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,15	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,19	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,27	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,13	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,19	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,13	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,17	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,23	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,17	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,15	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,19	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,10	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,13	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,11	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,21	0,41	0,21	0	kontrol altında
0,15	0,41	0,21	0	kontrol altında

Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı ve klasik u diyagramı karşılaştırmasını yapmak amacı ile firma kontrol verileri ile Şekil 7.13’de verilen u kontrol diyagramı elde edilmiştir. Şekil 7.12 ve 7.13 incelendiğinde bulanık Tip-2 u diyagramında tüm sonuçların kontrol altında olduğu ancak u kontrol diyagramında ise 6.noktanın üst kontrol limiti dışında olduğu görülmektedir.



Şekil 7.13 u kontrol diyagramı

Şekil 7.13 de gösterilen u , $\bar{U}_{KL}$, $M\check{C}$ ve AKL değerleri Çizelge 7.33’de verilmektedir. Bu çizelge üzerinde tüm u değerlerinin kontrol altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.33 u kontrol diyagramı süreç kontrol durumu

u	$\bar{U}_{KL}$	$M\check{C}$	AKL	durum
0,3	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,1	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,2	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,0	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,2	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,6	0,18	0,58	0	kontrol altında değil
0,1	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,2	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,2	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,1	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,4	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,1	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,0	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,3	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,2	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,0	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,1	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,1	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,2	0,18	0,58	0	kontrol altında
0,2	0,18	0,58	0	kontrol altında

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek hurda oranını, yeniden işleme maliyetini ortadan kaldırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak için, kontrol diyagramları bir sürecin üretim ortamında kontrol altında mı yoksa kontrol dışı mı olduğunu belirlemek için en önemli araçtır.

Eğer kalite karakteristikleri nümerik değerler ile ifade edilemiyorsa bu tür kalite özelliklerinin bağımsız olarak izlenmesi çok yanıltıcı olabilir. Klasik kontrol diyagramları, tüm verilerin tam olarak bilinmesini gerektirir. Verilerin tam ve kesin olarak hesaplanmasının mümkün olmadığı belirsizlik altındaki durumlarda karar analizleri genellikle olasılık teorisi ve/veya bulanık kümeler teorisi kullanılarak yapılmaktadır. Bu nedenle süreçteki değişkenliğin analiz edilmesinde klasik kontrol diyagramları yerine bulanık kontrol diyagramları kullanılması daha uygun olmaktadır.

Klasik kontrol diyagramları teorisi, tüm verilerin tam olarak bilinmesini gerektirir. Ancak bu sürecin herhangi bir şekilde belirsizlik içermesi durumunda klasik kontrol diyagramları yetersiz kalabilmektedir. Bir elemanın bir kümeye üyeliğinin 0 veya 1 olduğunun bilindiği durumda Tip-1 bulanık küme kullanılmakta ve eğer elemanların üyelik dereceleri tam olarak bilinmiyor ise Tip-2 bulanık kümeler kullanılmaktadır. Tip-2 bulanık kümelerde üyelik dereceleri de bir bulanık küme içerdiğinden belirsizliklerin etkisi daha fazla azaltılmaktadır. Bu sebeple endüstri de değerlendirmenin kişiden kişiye değiştiği durumlarda ve dilsel verilerin yorumlanmasında Tip-2 bulanık kümelerin kullanımı hassasiyet ve esnekliği arttırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında tip-2 bulanık kümeler kullanılarak nitel özellikler için kontrol diyagramları tasarlanmış ve bu amaç için öncelikle Tip-2 bulanık c kontrol diyagramı ile otomotiv sektöründe metal boru kalite kontrol süreci verileri incelenmiş olup, tespit edilen kusur sayılarına göre kusur yok, yüksek oranda kusur yok, orta derece kusur, yüksek oranda kusur ve tamamen kusur yok şeklinde beş farklı sınıflandırma yapılmıştır. Her bir sınıflandırma için yamuk bulanık sayıları belirlenmiş ve BNP durulaştırma metodu sonucunda ÜKL, MÇ ve AKL limitleri de kullanılarak sürecin kontrol altında olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Çalışmanın ikinci uygulama kısmında ise Tip-2 bulanık u kontrol diyagramı ile fren hortumu ve soğutma hortumu üretimlerinde yapılan kalite kontrol süreci verileri incelenmiş olup, bir ürünün direk kontrolcü tarafından kusur var/kusur yok olarak değerlendirmesinin önüne geçilmiş ve her hata türü için belirlenen ağırlık puanları ile ürünün beş farklı kategoride sınıflandırılması yoluyla karar verilmesi sağlanmıştır. Üretimlerden kalite kontrol sürecine, 10 ar adet üzerinden 20 farklı numune alınmış ve yapılan değerlendirme sonrası her numune için yamuk bulanık sayıları bulunmuştur. Yamuk bulanık sayıları kullanılan BNP durulaştırma metodu sonucunda ÜKL, MÇ ve AKL limitleri de kullanılarak diyagram haline getirilmiş ve sürecin kontrol altında olup olmadığı kontrol edilmiştir. Çalışmanın son kısmında klasik ve Tip-2 bulanık u ve c kontrol diyagramları sonuçları karşılaştırılmış ve bulanık tip-2 kontrol diyagramlarının daha hassas ve etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Çalışmanın kısıtlarını ve geliştirilebilir yönlerini ise şu şekilde özetlemek mümkündür. Önerilen bulanık kontrol diyagramlarının sonuçları ve bunların yansımalarına ilişkin değerlendirmeler yapılabilir. Diğer bulanık değerlere dönüştürme teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. ARL'ye yönelik tip-2 bulanık küme kullanımı incelenebilir veya durulaştırma yapılmadan bulanık sonuçlar üzerinden değerlendirme yapılabilir. Bu yöntem ve öneriler bu çalışmanın gelecekte odaklanacağı konuları oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

-
- [1] Tekin M., (1993).Üretim Yönetimi, Günay Ofset 2. Baskı, Konya.
 - [2] Çabuk S.N., (2013).Kalite Yönetim Sistemleri,Chapter 2: Kalite Yönetim Sistemlerinde Temel Kavramlar: Kalite Kontrol, Kalite Güvence ve Kalite İyileştirme, Anadolu University,Eskişehir.
 - [3] Sönmez F., (2005). “Muhasebenin Yönetim Aracı Olarak Kullanılmasında Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Maliyetlerinin Önemi”, Mali Çözüm Dergisi, 73: 82.
 - [4] Saruhan Ş.C., Yeloğlu O., Sözen C., Ağlargoş O.,Uzun Ö.,Şakar N.,Yazıcı S. Ve Sarıkaya M., (2012). Yönetimde Güncel Yaklaşımlar, Dengeli Ölçüm Kartı, , Anadolu University,Eskişehir.
 - [5] Özdamar İ.H., (2006). Bulanık istatistiksel kalite kontrolü ve bir orman endüstrisi işletmesinde uygulama,Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi İşletme Bölümü,Isparta.
 - [6] Koşel T., (1995).İşletme Yöneticiliğı, Beta Basım,İstanbul.
 - [7] Şimşek Ş., (1995).Yönetim ve organizasyon, Damla Matbaacılık, Konya.
 - [8] Danışmanlık N., (2017). İstatistiksel süreç kontrol, İstanbul.
 - [9] Porter L. ve Tanner S., (2004).Assessing Business Excellence,Butterworth-Heinemann, Oxford.
 - [10] Özen A.,(1983).”Japonya'da kalite kontrolü”, Standart ekonomik ve teknik dergi, 22: 3-10.
 - [11] Doyrangöl N.C.,(2007).“İşletmelerde İç Kontrol ve İç Denetim, İlkeler,Yaklaşımlar,Örnek Olaylar”, Deloitte Academy Eğitim Notları, İstanbul.
 - [12] Başpınar A., (2004).”Türkiye’de ve dünyada denetim standartlarının oluşumuna genel bir bakış”, Maliye dergisi, 146:36.
 - [13] Dibi E., (2010). Finansal tabloların bağımsız denetiminde kalite kontrol sistemi ve türk denetim firmalarındaki uygulamalar,Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi,Muhasebe Finansman Bilim Dalı,İstanbul.
 - [14] Özevren M., (1997). Toplam kalite yönetimi,Alfa Basım,İstanbul.

- [15] Kobu B., (1998). Üretim yönetimi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.
- [16] Barutçugil İ., (1998). Üretim sistemi ve yönetim teknikleri, Uludağ Üniversitesi Yayınları, Bursa.
- [17] Hasel Teknik Ahşap İnşaat Otomotiv Sanayi ve Ticaret Ltd., (2010). Hasel teknik ahşap muayene ve kontrol planları talimatı, Düzce.
- [18] Hasel Teknik Ahşap İnşaat Otomotiv Sanayi ve Ticaret Ltd., (2010). Hasel teknik ahşap giriş kalite kontrol talimatı, Düzce.
- [19] Teklas Kauçuk A.Ş., (2017). Kalite yönetim süreci prosedürü, Kocaeli.
- [20] Allen T.T., (2006). Introduction to engineering statistic and six sigma, Springer-Verlag London Limited, Londra.
- [21] Akkurt M., (2002). Kalite kontrol excel destekli, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [22] Nicolay C.R., Purkayastha S., Greenhalgh A., Benn J., Chaturvedi S., Phillips N. ve Darzi A., (2012). "Systematic review of the application of quality improvement methodologies from the manufacturing industry to surgical healthcare", British Journal of Surgery, 324-335.
- [23] Durman B.M. ve Pakdil F., (2005). "İstatistik Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarım", VII Ekonometri Kongresi, İstanbul.
- [24] Akin B. Ve Öztürk E., (2005), "İstatistik Süreç Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması", 5. Ekonometri Sempozyumu, İstanbul.
- [25] Chih W.H. ve Rollier D.A., (1995). "A methodology of pattern recognition schemes for two variables in SPC", International Journal of Quality and Reliability Management, 3: 86-107.
- [26] Başar, A. ve Oktay, E., (1999). Uygulamalı İstatistik, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- [27] Barutçugil İ.S., (1988). Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.
- [28] Anderson S., (1993). Statistics for Business and Economics, West Publishing Company, New York.
- [29] Ertuğrul İ., (2004). Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri, Ekin Kitabevi, Bursa.
- [30] Wang J.H. ve Raz T., (1990). "On the construction of control charts using linguistic variables", International Journal of Production Research, 3: 477-487.
- [31] Halis M., (2004). Toplam Kalite Yönetimi, Roma Yayınları, Ankara.
- [32] Top A., (2001). Üretim Sistemleri, Analizi, Planlama ve Kontrolü, Alfa Yayınları, İstanbul.
- [33] Montgomery D.C., (2009). Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc., United States of America.
- [34] Kolarik W.J., (1995). Creating quality: concepts, systems, strategies, and tools, McGraw-Hill, New York.

- [35] Grant E. ve Leavenworth R.S., (1996). Statistical Quality Control, McGraw-Hill, New York.
- [36] Nelson L.S., (2018). "The Shewhart Control Chart—Tests for Special Causes", Journal of Quality Technology, 4: 237-239.
- [37] Mitra A., (1998). Fundamentals of Quality Control and Improvement, 2nd edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [38] Işığışok E., (2013). Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol, Ezgi Kitabevi Yayınları, 289-308, Bursa.
- [39] Sun R.J. ve Kalbfleisch J.D., (2013). "A Risk-Adjusted O-E Cusum with Monitoring Bands for Monitoring Medical Outcomes", Biometrics, 62 - 69, 2013.
- [40] Çimen Ö., (2008). Kontrol Diyagramlarının Bulanık Mantık ile Yorumlanması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [41] Besterfield D.H., (2001). Quality control, Prentice Hall, New Jersey.
- [42] Patel A.K. ve Divecha J., (2011). "Modified exponentially weighted moving average (EWMA) control chart for an analytical process data", Journal of Chemical Engineering and Materials Science, 2: 12-20.
- [43] Zadeh L.A., (1973). "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes" IEEE Trans. Systems, 3: 28-44.
- [44] Dönmez A., (1987). Kümeler kuramı ve soyut matematik, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum.
- [45] Alakoç N.P., (2012). Bulanık kalite kontrol diyagramlarında yeni bir yaklaşımı (oran yaklaşımı), Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Ankara.
- [46] Sakthivel .E, Kannan S.K. ve Logaraj M., (2017). "Application of fuzzy logic approach in statistical control charts", Global and Stochastic Analysis, 4: 139-147.
- [47] Elitok B. ve Öncel S.Y., (2017). Elektronik Devre Kartı Üzerindeki Kusur Sayıları İçin Bulanık c Kalite Kontrol Grafikleri Uygulaması, 2. Uluslararası Savunma Sanayi Sempozyumu, Kırıkkale.
- [48] Ghobadi S., Noghondarian K., Noorossana R. ve Mirhosseini S.M.S., (2015). "Developing a fuzzy multivariate CUSUM control chart to monitor multinomial linguistic quality characteristics", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, , Springer-Verlag, 1893–1903, London.
- [49] Aslangiray A. ve Akyüz G., (2014). "Bulanık kontrol grafikleri: Tekstil firmasında bir uygulama", İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 43: 70-89.
- [50] Saghaei A. ve Ghorbani S.M., (2012). "The Effect of Measurement Error on $\tilde{X}$ - $\tilde{R}$ Fuzzy Control Charts", Engineering, Technology & Applied Science Research, 2: 173-176.

- [51] S. Şentürk S., (2017).“Construction of c Fuzzy Control Chart Based on Fuzzy Rule Method”, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 18:563-572.
- [52] Teksen H.E. ve Anagun A.S., (2018). “Different methods to fuzzy $\bar{X}$ -R control charts used in production: Interval type-2 fuzzy set example”, Journal of Enterprise Information Management, 31: 848-866.
- [53] Moraditadi A. ve Avakhdarestani S., (2016).“Development of fuzzy individual x and moving range control chart”, Int. J. Productivity and Quality Management, 17: 82–103.
- [54] Şentürk S. , Erginel N., Kaya İ. ve Kahraman C., (2014).“Fuzzy exponentially weighted moving average control chart for univariate data with a real case application”, Applied Soft Computing 22, 1-10.
- [55] Zabihinpour M., Ariffin M.K.A.M, Ahmad S.A. ve Boyer O., (2015).“Fuzzy Mean and Range Control Charts for Monitoring Fuzzy Quality Characteristics: A Case Study in Food Industries Using Chicken Nugget”, Industrial Engineering and Engineering Management, 759-763.
- [56] Kharola A. ve Singh D.S., (2014).“Development of Fuzzy Logic model for Project Management Success (PMS)”, PM World Journal, 3.
- [57] Darestani S.A., Tadi A.M., Taheri S.ve Raeiszadeh M.,(2014). “Development of fuzzy U control chart for monitoring defects”, International Journal of Quality & Reliability Management, 31: 811-821.
- [58] Halder N.A.H., Khan F.A., Ali A. ve Abbas H., (2017). “Arrhythmia classification using Mahalanobis distance based improved Fuzzy C-Means clustering for mobile health monitoring systems”, Neurocomputing 220, 221-235.
- [59] Erginel N. ve Şentürk S., (2016). “Fuzzy EWMA and Fuzzy CUSUM Control Charts”, Fuzzy Statistical Decision-Making, 281-295.
- [60] Gildeh B.S. ve Shafiee N., (2015). “X-MR control chart for autocorrelated fuzzy data using D_p, q -distance”, Int J Adv Manuf Technol, 81: 1047–1054.
- [61] Kahraman C., Gülbay M. ve Boltürk E., (2016).“Fuzzy Shewhart Control Charts”, Fuzzy Statistical Decision-Making, 263-280.
- [62] Hryniewicz O.,(2018). “Statistical Properties of the Fuzzy P-Value”, International Journal of Approximate Reasoning, 544-560.
- [63] Podržaj P. ve Simončič S.,(2010). “Resistance spot welding control based on fuzzy logic”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer-Verlag, 959–967, London.
- [64] Darestani S.A. ve Nasiri M., (2016). “Statistical process control: Fuzzy -S control chart and process capability indices in normal data environment”, International Journal of Quality & Reliability Management, 33:2-24.
- [65] Shu M.H. ve Wu H.C., (2011). “Fuzzy X and R control charts: Fuzzy dominance approach”, Computers & Industrial Engineering 61, Elsevier Ltd., 676–685.

- [66] Sarıçiçek İ. ve Çimen Ö., (2011). "A new diagnosis system based on fuzzy reasoning to detect mean and/or variance shifts in a process", *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 7: 6935-6948.
- [67] Alipour H. ve Noorossana R., (2010). "Fuzzy multivariate exponentially weighted moving average control chart". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48: 1001–1007.
- [68] Alipour H. ve Noorossana R., (2010). "Fuzzy multivariate exponentially weighted moving average control chart", *Int J Adv Manuf Technol*, Springer-Verlag, 1001–1007, London.
- [69] Faraz A. ve Shapiro A.F., (2010). "An application of fuzzy random variables to control charts", *Fuzzy Sets and Systems* 161, 2684–2694.
- [70] Shu, M.H., Nguyen T.L. ve Hsu B.M., (2014). *Expert Systems with Applications* 41, Fuzzy MaxGWMA chart for identifying abnormal variations of on-line manufacturing processes with imprecise information, Elsevier Ltd., London.
- [71] Shu M.H. ve Wu H.C., (2010). "Monitoring imprecise fraction of nonconforming items using p control charts", *Journal of Applied Statistics*, 1283-1297.
- [72] Alizadeh H.M., Khamseh A.A. ve Ghomi S.F., (2010). "Fuzzy development of multivariate variable control charts using fuzzy likelihood ratio test", *Scientia Iranica*, 17: 150-163.
- [73] Ghobadi S., Noghondarian K., Noorossana R. ve Mirhosseini S.M.S., (2012). "Developing a multivariate approach to monitor fuzzy quality profiles", *Quality & Quantity*, 48: 817–836.
- [74] Şentürk S., (2010). "Fuzzy Regression Control Chart Based on α -cut Approximation", *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3: 123-140.
- [75] Pandurangan A. ve Varadharajan R., (2011). "Construction of α - cut fuzzy and Xbar-R and Xbar-S Control Charts Using Fuzzy Trapezoidal Number", *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 9: 100–111.
- [76] Taylan O. ve I. A. Darrab I.A., (2012). "Fuzzy control charts for process quality improvement and product assessment in tip shear carpet industry", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23:402-420.
- [77] Faraz A., Kazemzadeh R.B., Moghadam M.B. ve Bazdar A., (2010). "Constructing a fuzzy Shewhart control chart for variables when uncertainty and randomness are combined", *Quality & Quantity*, 44: 905–914.
- [78] Khan M.Z., Khan M.F., Aslam M.A., Niaki S.T.A. ve Mughal A.R., (2018). "A Fuzzy EWMA Attribute Control Chart to Monitor Process Mean", *Information*, 9: 312.
- [79] Demirli K., Kumar S. ve Kumar V., (2010). "Fuzzy logic based assignable cause diagnosis using control chart patterns", *Information Sciences*, 180: 3258–3272.

- [80] Erginel N., Şentürk S., Kahraman C. ve Kaya İ., (2011). "Evaluating the Packing Process in Food Industry Using Fuzzy (X)over-bar-over tilde and (S)over-tilde Control Charts", *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4: 509-520.
- [81] Kaya İ. ve Kahraman C., (2011). "Process capability analyses based on fuzzy measurements and fuzzy control charts", *Expert Systems with Applications* 38, 38:3172-3184.
- [82] Erdoğan M., Yıldız C. ve Kaya İ., (2017). "Analysis and control of variability by using fuzzy individual control charts", *Appl. Soft Comput.*, 51: 370-381.
- [83] Şentürk S., (2015). "Bulanık regresyon kontrol diyagramının bulanık mod ve bulanık medyan dönüşüm teknikleri kullanılarak oluşturulması ve bir uygulama", *A- Applied Sciences and Engineering*, 16:23-37.
- [84] Hou S. , Wang H. ve Feng S., (2016). "Attribute control chart construction based on fuzzy score number", *Symmetry*, 8: 139, 2016.
- [85] Panich S., (2010). "Development of Fuzzy Controller for Water Level in Stream Boiler Tank", *Journal of Computer Science*, 6: 1233-1236.
- [86] Pandian S.S.A., Puthiyanayagam P., (2013). "Process Capability Analysis based on range with Triangular Fuzzy Numbers", *International Journal of Applied Mathematics & Statistical Sciences*, 2: 1-12.
- [87] Zabihinpour M., Ariffin M.k.a.M., Tang S.H. ve Azfanizam A.,(2015). "Construction of fuzzy X-S control charts with an unbiased estimation of standard deviation for a triangular fuzzy random", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 28, 28:2735-2747.
- [88] Feili H.R. ve Fekraty P., (2010). "Comparing Fuzzy Charts with Probability Charts and Using Them in a Textile Company", *The Journal of Mathematics and Computer Science*, 1: 258-272.
- [89] Noghondarian K., (2012). "Monitoring of Fuzzy Quality Profiles via Fuzzy I-MR Control Chart", *Archives Des Sciences Journal*, 65: 119-136.
- [90] Şentürk S. ve Antucheviciene J., (2017). "Interval Type-2 Fuzzy c-Control Charts:An Application in a Food Company" , *Informatica*, 28: 269–283.
- [91] Gök A.C., (2010). İşletmelerin Tahminleme Sürecinde Bulanık Doğrusal Regresyon Analizi ve Lojistik Regresyon Analizinin Uygulanması,Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [92] Çobanoğlu B., (2010).Bulanık mantık ve bulanık küme teorisi, Niksar MYO/GOP Üniversitesi, Tokat.
- [93] Abduljabar J.S., (2011).Bulanık mantık yöntemleri kullanılarak gazlı içeceklerde karbondioksit kontrolü,Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- [94] Onur F., (2015) .Baraj gölü doluluk tahmininde bulanık mantık yaklaşımı,Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli.

- [95] Eravcı D.B., (2016).Bulanık mantık ile silikozisin tespit edilmesi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [96] Ayçın E., (2011). Kural tabanlı bulanık modelleme ve fiyat tahminleme sürecinde uygulama,Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [97] Abuelenin S.M., (2014). "Decomposed Interval Type-2 Fuzzy Systems With Application To Inverted Pendulum", 2nd International Conference on Engineering and Technology, Egypt.
- [98] Mendel J., Hagrass H., Tan W.W., Melek W. W. ve Ying H., (2014). Introduction To Type-2 Fuzzy Logic Control: Theory and Applications, Wiley-IEEE Press, California.
- [99] Mendel J.ve John R., (2002). "Type-2 Fuzzy Sets Made Simple", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 10: 117-127.
- [100] Chen S.M. ve Lee L.W., (2010). "Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the Aralık type-2 TOPSIS method", Expert Systems with Applications, 37: 2790–2798.
- [101] Şentürk S., Erginel N. ve Binici Y., (2017). "Interval Type-2 Fuzzy Analytic Network Process for Modelling a Third-party Logistics (3PL) Company", J. of Mult.-Valued Logic & Soft Computing, 28: 311–333.
- [102] Chakrabarty N., Shefa J., Rabbi S.F., (2018). " Implementation of Fuzzy Rule-based Algorithms in P Control Chart to Improve the Performance of Statistical Process Control International Journal of Research in Industrial Engineering",Int. J. Res. Ind. Eng., 7: 441–459.
- [103] Apaydin A. ve Alakoç N.P., (2018). "A Fuzzy Control Chart Approach for Attributes and Variables", Engineering, Technology & Applied Science Research, 8:3360-3365.
- [104] Wibawati, Mashuri M., Purhadi, Irhamah ve Ahsan M., (2018). "Perfomance Fuzzy Multinomial Control Chart", 2nd International Conference on Statistics, Mathematics, Teaching, and Research.
- [105] Yıldırım H., Aydoğan H., Özcan S. ve Eti S., (2018). "A Study on the Comparision between Fuzzy Control Charts and Traditional Control Charts", Journal of Research in Business, 3: 150-173.
- [106] Kaya İ., Erdoğan M., (2013).Enerji alternatiflerinin bulanık çok ölçütlü değerlendirilmesi ve Türkiye için bir yol haritası,Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TİP-2 U KONTROL DİYAGRAMI FREN HORTUMU UYGULAMA VERİLERİ

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi

Örne klem	Topl am ağırl ık pua nı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A_u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A_L)$	$H_2(A_L)$
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
1	0,90	0,80	0,87	0,9 3	1,00	1	1	0,77	0,81	0,85	0,89	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
1	0,20	0,20	0,27	0,3 3	0,40	1	1	0,17	0,21	0,25	0,29	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
2	0,70	0,60	0,67	0,7 3	0,80	1	1	0,57	0,61	0,65	0,69	0,80	0,80
2	0,00	0,40	0,47	0,5 3	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
2	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,17	0,21	0,25	0,29	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
4	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
4	0,70	0,60	0,67	0,73	0,80	1	1	0,57	0,61	0,65	0,69	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
4	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,17	0,21	0,25	0,29	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Ör ne kl e m	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^l	a_{13}^l	a_{12}^l	a_{11}^l	$H_1(A^l)$	$H_2(A^l)$
4	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,17	0,21	0,25	0,29	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,80	0,60	0,67	0,73	0,80	1	1	0,57	0,61	0,65	0,69	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Ör ne kle m	Topla m ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A_u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
7	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,17	0,21	0,25	0,29	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
7	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
7	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1	1	0,77	0,81	0,85	0,89	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
7	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1	1	0,77	0,81	0,85	0,89	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A_u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	1,10	0,80	0,87	0,93	1,00	1	1	0,77	0,81	0,85	0,89	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
11	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
11	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
11	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,17	0,21	0,25	0,29	0,80	0,80
11	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
11	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
11	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
11	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
11	0,60	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Ör ne kle m	Topl am ağırl ık pua nı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	H_1 (A_u)	H_2 (A_u)	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	H_1 (A^L)	H_2 (A^L)
11	0,50	0,4 0	0,47	0,53	0,6 0	1	1	0,3 7	0,41	0,45	0,49	0,8 0	0,8 0
11	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	1,40	0,8 0	0,87	0,93	1,0 0	1	1	0,7 7	0,81	0,85	0,89	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,0 0	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Ör ne kle m	Topl am ağırl ık pua nı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	H_1 (A_u)	H_2 (A_u)	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	H_1 (A^L)	H_2 (A^L)
14	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
14	0,10	0,20	0,27	0,3 3	0,40	1	1	0,1 7	0,21	0,25	0,29	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
14	0,50	0,40	0,47	0,5 3	0,60	1	1	0,3 7	0,41	0,45	0,49	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	1,40	0,80	0,87	0,9 3	1,00	1	1	0,7 7	0,81	0,85	0,89	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
15	0,90	0,80	0,87	0,9 3	1,00	1	1	0,7 7	0,81	0,85	0,89	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,1 3	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Ör ne kl e m	Topl am ağırl ık pua nı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	H_1 (A_u)	H_2 (A_u)	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	H_1 (A^L)	H_2 (A^L)
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,90	0,80	0,87	0,93	1,0 0	1	1	0,7 7	0,81	0,85	0,89	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,2 0	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,8 0	0,8 0

Çizelge A.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi (devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1 (A_u)$	$H_2 (A_u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1 (A_L)$	$H_2 (A_L)$
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
18	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1	1	0,37	0,41	0,45	0,49	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
19	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1	1	0,17	0,21	0,25	0,29	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80
20	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1	1	0	0,01	0,05	0,09	0,80	0,80

TİP-2 C KONTROL DİYAGRAMI METAL BORU UYGULAMA VERİLERİ

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
1	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
1	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
1	0,90	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
1	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
1	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
1	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
1	0,20	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
1	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
1	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
1	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,70	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
2	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
2	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
3	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
3	0,20	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
3	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
3	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Ör ne kle m	Topl am ağırl ık puan ı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
3	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
3	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,0 0	0,6 4	0,68	0,72	0,7 6	0,8 0	0,8 0
3	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,0 0	0,4 4	0,48	0,52	0,5 6	0,8 0	0,8 0
3	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
3	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
3	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,50	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,0 0	0,6 4	0,68	0,72	0,7 6	0,8 0	0,8 0
4	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,70	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,20	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,0 0	0,6 4	0,68	0,72	0,7 6	0,8 0	0,8 0
4	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
4	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
5	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,0 0	0,4 4	0,48	0,52	0,5 6	0,8 0	0,8 0
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
5	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,0 0	0,4 4	0,48	0,52	0,5 6	0,8 0	0,8 0
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
5	0,00	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,0 0	0,2 4	0,28	0,32	0,3 6	0,8 0	0,8 0

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
5	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,20	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
6	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
6	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,80	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
6	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,20	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
7	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
7	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
8	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
9	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
9	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
9	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
9	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	1,10	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
10	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,10	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
11	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
11	0,60	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
11	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
12	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
12	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
12	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
12	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
12	1,40	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
12	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
12	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,0 0	0,4 4	0,48	0,52	0,5 6	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
12	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,0 0	0,4 4	0,48	0,52	0,5 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
13	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,0 0	0,6 4	0,68	0,72	0,7 6	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,10	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Ör ne kle m	Topl am ağırl ık pua nı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
14	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	1,40	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
15	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,0 0	0,4 4	0,48	0,52	0,5 6	0,8 0	0,8 0
16	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,0 0	0,4 4	0,48	0,52	0,5 6	0,8 0	0,8 0
16	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Ör ne kle m	Topla m ağırlı k puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
17	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
18	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,00	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,80
18	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
19	0,50	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80

Çizelge B.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A^u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A^L)$	$H_2(A^L)$
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
19	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,0 0	0,6 4	0,68	0,72	0,7 6	0,8 0	0,8 0
19	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,0 0	0,6 4	0,68	0,72	0,7 6	0,8 0	0,8 0
20	0,10	0,60	0,67	0,73	0,80	1,00	1,0 0	0,6 4	0,68	0,72	0,7 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0
20	0,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,0 0	0,8 4	0,88	0,92	0,9 6	0,8 0	0,8 0

TİP-2 U KONTROL DİYAGRAMI SOĞUTMA HORTUMU UYGULAMA

VERİLERİ

Çizelge C.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi

Örnekleme	Toplam ağırlıklık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A_u)$	a_{14}^L	a_{13}^L	a_{12}^L	a_{11}^L	$H_1(A_L)$	$H_2(A_L)$
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80

Çizelge C.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^l	a_{13}^l	a_{12}^l	a_{11}^l	$H_1(A_l)$	$H_2(A^l)$
2	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,60	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,40	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80

Çizelge C.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^l	a_{13}^l	a_{12}^l	a_{11}^l	$H_1(A_l)$	$H_2(A^l)$
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80

Çizelge C.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^l	a_{13}^l	a_{12}^l	a_{11}^l	$H_1(A_l)$	$H_2(A^l)$
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	1,00	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80

Çizelge C.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örnekleme	Toplam ağırlık puanı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^l	a_{13}^l	a_{12}^l	a_{11}^l	$H_1(A_l)$	$H_2(A^l)$
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,30	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
6	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80

Çizelge C.1 Numunelerin kusur değerlendirilmesi(devamı)

Örn ekl em	Topl am ağırlı k puan ı	a_{14}^u	a_{13}^u	a_{12}^u	a_{11}^u	$H_1(A_u)$	$H_2(A^u)$	a_{14}^l	a_{13}^l	a_{12}^l	a_{11}^l	$H_1(A_l)$	$H_2(A^l)$
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,20	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,90	0,80	0,87	0,93	1,00	1,00	1,00	0,84	0,88	0,92	0,96	0,80	0,80
7	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
1	0,10	0,20	0,27	0,33	0,40	1,00	1,00	0,24	0,28	0,32	0,36	0,80	0,80
2	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
3	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
4	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
5	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
6	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
7	0,50	0,40	0,47	0,53	0,60	1,00	1,00	0,44	0,48	0,52	0,56	0,80	0,80
8	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
9	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80
10	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	1,00	1,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,80	0,80

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Elif DEVRİM
Doğum Tarihi ve Yeri :04.07.1991, Kadıköy
Yabancı Dili :Türkçe, İngilizce, Almanca
E-posta :elifdevrim7@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Endüstri Mühendisliği	Sakarya Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Hatice Bayraktar Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

2018-2019	Teklas Bulgaria EAD	Kalite Müdür Yardımcısı
2017-2018	Teklas Kauçuk A.Ş.	Kalite Grup Lideri
2016-2017	Teklas Kauçuk A.Ş.	Proje Mühendisi
2014-2016	Teklas Kauçuk A.Ş.	Kalite Mühendisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Devrim, E. ve Kaya, İ., (2018). A Literature Review for Applications of Fuzzy Control Charts, 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Subjective Probability, Utility, and Decision Making Conference, 19 Ekim 2018, Ankara, Turkey.

