

Aralık Tip-2 Ve Sezgisel Bulanık Kontrol Grafiklerinin Geliştirilmesi

Hatice Ercan Tekşen

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs 2019

Development Of Interval Type-2 And Intuitionistic Fuzzy Control Charts

Hatice Ercan Tekşen

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Industrial Engineering

May 2019

Aralık Tip-2 Ve Sezgisel Bulanık Kontrol Grafiklerinin Geliştirilmesi

Hatice Ercan Tekşen

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında

DOKTORA TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün

Bu Tez ESOGÜ BAP tarafından “2017-1516 (A2)” no’lu proje çerçevesinde desteklenmiştir.

Mayıs 2019

ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı DOKTORA öğrencisi Hatice Ercan Tekşen'in DOKTORA tezi olarak hazırladığı “**Aralık Tip-2 Ve Sezgisel Bulanık Kontrol Grafiklerinin Geliştirilmesi**” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün

İkinci Danışman : -

Doktora Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün

Üye : Prof. Dr. Cengiz Kahraman

Üye : Prof. Dr. Ezgi Aktar Demirtaş

Üye : Prof. Dr. Nimetullah Burnak

Üye : Prof. Dr. Selçuk Çebi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün danışmanlığında hazırlamış olduğum “Aralık Tip-2 Ve Sezgisel Bulanık Kontrol Grafiklerinin Geliştirilmesi” başlıklı DOKTORA tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 27/05/2019

Hatice Ercan Tekşen

İmza

ÖZET

Kontrol grafikleri pek çok alanda kullanılmakla birlikte sürecin, ürünün durumuyla ilgili bilgi vermesi açısından önem arz etmektedir. Kontrol grafikleri sayesinde süreç ve/veya ürünlerdeki anormal ve olağan durumlar fark edilerek gerekli önlemlerin alınması sağlanır. Bu noktada en önemli ve kritik olan uzman görüşleri ile ilgili bilgi kaybının olacağı düşünülmektedir. Özellikle niteliksel veriler için bu durumun daha fazla olduğu söylenebilir. Bu ve buna benzer veri kayıplarını engellemek, dilsel ifadeleri sayısal verilere dönüştürebilmek adına son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılan bulanık mantıktan yararlanmak gerekir. Son zamanlarda kontrol grafiklerinin bulanık sayılarla oluşturulması ile ilgili bazı çalışmalar yapılmış olsa da bunların hepsi yalnızca sayının o kümeye üye olma derecesini baz alan tip-1 bulanık sayılar kullanılarak yapılmıştır. Oysa günlük hayattaki pek çok verinin tip-1 bulanık sayı ile ifade edilemeyeceği bilinmektedir. Diğer bir ifade ile bir sayının bir kümeye ait olma derecesini net bir sayı ile ifade etmek yeterli değildir. Bu durum göz önüne alındığında, tip-1 bulanık sayıların verileri temsil etmekte yetersiz kaldığı ve aralık tip-2 bulanık sayıları (AT2BS) kullanmanın oluşacak veri kaybını azaltacağı belirlenmiştir. Diğer bir açıdan ise günlük hayatta bazı kararları verirken o kararın eksik yanları ve kararsız kalınan durumların var olduğu görülür. Bu ve buna benzer durumlarda veri toplandığında tip-1 bulanık sayı kullanılırsa verilen kararsızlık ve üye olmama durumları göz ardı edilmiş olur. Ancak sezgisel bulanık sayıların (SBS) varlığı ile verilerde oluşacak bilgi kayıpları indirgenebilir. Bu çalışma temelde veri kayıplarını engellemek, süreçle ilgili uzmanın kararlarında oluşabilecek çelişkileri indirgemek ve literatüre daha önce benzeri yapılmamış bir çalışma sunarak bundan sonraki çalışmalara ışık tutmayı amaçlamaktadır. Çalışma sonrasında elde edilen sonuçlar klasik kontrol grafikleri ile karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Kontrol Grafikleri, Aralık Tip-2 Bulanık Sayılar, Sezgisel Bulanık Sayılar, Bulanık Kontrol Grafikleri.

SUMMARY

Besides control charts are used in many fields, they are important because the process gives information about the product's situation. Thanks to control charts, necessary precautions are taken by noticing abnormal and normal situations of process and/or product. It is considered that at this point the most important and critical issue is that there will be loss of information about the expert opinions. It can be said that this situation is more common especially for the qualitative data than quantitative data. To prevent losses of data like this and so on and to transform linguistic expressions into numeric data, it is needed to take advantage of fuzzy logic that is commonly used recently. Although some studies about creating control graphics by fuzzy numbers have been conducted recently, all of them are done only by using type-1 fuzzy numbers that are based on the number's membership degree of the group. However, it is known that much of the data used in daily life cannot be expressed by type-1 fuzzy number. When this situation is taken into account, it is determined that type-1 fuzzy numbers are inadequate in gathering data and using type-2 fuzzy numbers reduces the loss of data. From another angle, when making some decisions in daily life, it is seen that there are missing sides of the decisions and undecided situations. If type-1 fuzzy number is used when gathering data in a situation like this and so on, undecided and non-membership situations will be ignored. However, losses of information in data can be reduced with the presence of intuitionistic fuzzy numbers. The aim of this study is to prevent data losses, reducing contradictions that can be occurred in decisions of the expert and throwing light on future studies by presenting a study to the literature that has never been done like that before. The results obtained from the study will be evaluated by comparing with classic control charts.

Keywords: Fuzzy Logic, Control Charts, Interval Type-2 Fuzzy Numbers, Intuitionistic Fuzzy Numbers, Fuzzy Control Charts.

TEŞEKKÜR

Öncelikle doktora sürecimde bana her türlü desteği veren, engin bilgilerinden yararlandığım ve tez danışmanlığından öte babalık yapan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün'e; engin bilgilerinden yararlandığım saygıdeğer hocam Prof. Dr. Cengiz Kahraman'a ve Prof. Dr. Ezgi Aktar Demirtaş'a teşekkürlerimi sunarım.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'ne "İstatistiksel Süreç Kontrolünde Bulanık Mantık Yaklaşımı" başlıklı ve 2017-1516 (A2) kodlu Bilimsel Araştırma Projesi desteği vermesinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca tezimin her aşamasında yanımda olan, desteğini hep hissettiğim sevgili eşim Serdar Tekşen'e, uzaktan da olsa bana hep destek veren babam, ailem ve sevdiklerime de teşekkür ederim.

Yukarıdan beni izlediğinden emin olduğum, gücümü ondan aldığım melek olan biricik anneme ve en büyük teşekkür de tez sürecimde sevgisiyle bana sonsuz güç veren canım kızım, Zeynep'ime teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. KLASİK KONTROL GRAFİKLERİ	8
2.1. Kontrol Grafiklerinin Tanımı	9
2.2. Kontrol Grafiği Çeşitleri	10
2.2.1. Niceliksel kontrol grafikleri	11
2.2.1.1. <u>X-R kontrol grafikleri</u>	11
2.2.1.2. <u>X-s kontrol grafikleri</u>	12
2.1.2. Niteliksel kontrol grafikleri	13
2.2.2.1. <u>p-kontrol grafikleri</u>	14
2.2.2.2. <u>np-kontrol Grafikleri</u>	14
2.2.2.3. <u>c-kontrol Grafikleri</u>	15
2.2.2.4. <u>u-kontrol Grafikleri</u>	15
3. BULANIK MANTIK ve BULANIK KÜME TEORİSİ	17
3.1. Bulanık Kümeler	18
3.2. Tip-1 Bulanık Sayılar	20
3.2.1. Üçgen bulanık sayılar	20
3.2.2. Yamuk bulanık sayılar	20
3.3. Aralık Tip-2 Bulanık Sayılar	21
3.3.1. Aralık tip-2 üçgen bulanık sayılar	22
3.3.2. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar	23
3.4. Sezgisel Bulanık Sayılar	26
3.4.1. Sezgisel üçgen bulanık sayılar	27
3.4.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar	27
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER	30
4.1. Sıralama Yöntemleri	31
4.1.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için sıralama yöntemleri	31
4.1.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için sıralama yöntemleri	32
4.2. Olasılık Yöntemleri	32

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.2.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için olasılık yöntemi	34
4.2.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için olasılık yöntemi	34
4.3. Uzaklık Yöntemi	35
4.3.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için uzaklık yöntemi	35
4.3.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için uzaklık yöntemi	36
4.4. Durulaştırma vb. Yöntemler	36
4.4.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için durulaştırma vb. yöntemler	36
4.4.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için durulaştırma vb. yöntemler	39
5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	41
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	56
6.1. Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$ -R Kontrol Grafikleri	56
6.1.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	60
6.1.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	63
6.1.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	67
6.1.4. Durulaştırma vb. yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	69
6.2. Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$ -s Kontrol Grafikleri	77
6.2.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri	82
6.2.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri	85
6.2.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri	88
6.2.4. Durulaştırma vb. yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri ..	90
6.3. Aralık Tip-2 Bulanık c-Kontrol Grafikleri	98
6.3.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri	100
6.3.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri	102
6.3.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri	104
6.3.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri ..	105
6.4. Aralık Tip-2 Bulanık u-Kontrol Grafikleri	110
6.4.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri	112
6.4.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri	114
6.4.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri	116
6.4.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri ..	117
6.5. Aralık Tip-2 Bulanık p-Kontrol Grafikleri	122
6.5.1. Sıralama yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri	125
6.5.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri	127
6.5.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri	129

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

6.5.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri	131
6.6. Aralık Tip-2 Bulanık np-Kontrol Grafikleri	136
6.6.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri	139
6.6.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri	140
6.6.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri	142
6.6.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri	143
6.7. Sezgisel Bulanık $\bar{X}$ -R Kontrol Grafikleri	148
6.7.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	154
6.7.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	157
6.7.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	161
6.7.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri	162
6.8. Sezgisel Bulanık $\bar{X}$ -s Kontrol Grafikleri	169
6.8.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri	175
6.8.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri	178
6.8.3. Uzaklık Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Sezgisel Bulanık $\bar{X}$ -s Kontrol Grafikleri	181
6.8.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri	182
6.9. Sezgisel Bulanık c-Kontrol Grafikleri	188
6.9.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafikleri	191
6.9.2. Olasılık Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Sezgisel c-Kontrol Grafikleri	193
6.9.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafikleri	195
6.9.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafikleri	196
6.10. Sezgisel Bulanık u-Kontrol Grafikleri	200
6.10.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri	203
6.10.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri	206
6.10.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri	207
6.10.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri	208
6.11. Sezgisel Bulanık p-Kontrol Grafikleri	212
6.11.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri	216
6.11.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri	218
6.11.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri	221
6.11.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri	222
6.12. Sezgisel Bulanık np-Kontrol Grafikleri	226
6.12.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri	231
6.12.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri	233

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

6.12.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri	235
6.12.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri .	236
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	240
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	243
EK AÇIKLAMALAR	254
Ek Açıklama-A: Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$, R, s Kontrol Grafikleri İçin Veriler	255
Ek Açıklama-B: Aralık Tip-2 Bulanık c-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	257
Ek Açıklama-C: Aralık Tip-2 Bulanık u-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	258
Ek Açıklama-D: Aralık Tip-2 Bulanık p-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	259
Ek Açıklama-E: Aralık Tip-2 Bulanık np-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	260
Ek Açıklama-F: Sezgisel Bulanık $\bar{X}$, R, s Kontrol Grafikleri İçin Veriler	261
Ek Açıklama-G: Sezgisel Bulanık c-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	263
Ek Açıklama-H: Sezgisel Bulanık u-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	264
Ek Açıklama-I: Sezgisel Bulanık p-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	265
Ek Açıklama-J: Sezgisel Bulanık np-Kontrol Grafikleri İçin Veriler	266
ÖZGEÇMİŞ.....	267

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil

Sayfa

3. 1. Sistem karmaşıklığı ile modeldeki kesinlik arasındaki ilişki.....	18
3. 2. Üçgen bulanık sayı için üyelik fonksiyonu	21
3. 3. Yamuk bulanık sayı için üyelik fonksiyonu	21
3. 4. Aralık tip-2 üçgen bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonu.....	23
3. 5. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayıların üyelik fonksiyonu	24
3. 6. Sezgisel üçgen bulanık sayılar ve üyelik- üye olmama fonksiyonu	27
3. 7. Sezgisel yamuk bulanık sayılar ve üyelik- üye olmama fonksiyonu	28
4. 1. Bulanık kontrol grafiklerinde olasılık yöntemi için karar şeması.....	33
4. 2. Aralık tip-2 yamuk bulanık kapalı poligon.....	39
6. 1. Kesin veriler ile $X-R$ kontrol grafiği.....	59
6. 2. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	61
6. 3. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği.....	61
6. 4. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	62
6. 5. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği.....	63
6. 6. ÜKL'ye göre X olasılık değerleri grafiği	65
6. 7. AKL'ye göre X olasılık değerleri grafiği	66
6. 8. ÜKL'ye göre R olasılık değerleri grafiği.....	66
6. 9. AKL'ye göre R olasılık değerleri grafiği.....	67
6. 10. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X için kontrol grafiği	68
6. 11. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R için kontrol grafiği	69
6. 12. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği.....	70
6. 13. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği	70
6. 14. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	72
6. 15. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği	72
6. 16. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	73
6. 17. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği	74
6. 18. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	75
6. 19. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği	75
6. 20. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	76
6. 21. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği	77
6. 22. Kesin veriler için $X-s$ kontrol grafiği.....	81
6. 23. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği.....	83
6. 24. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği.....	83
6. 25. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği.....	84
6. 26. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği.....	85

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6. 27. ÜKL'ye göre X olasılık değerleri grafiği	86
6. 28. AKL'ye göre X olasılık değerleri grafiği	86
6. 29. ÜKL'ye göre s olasılık değerleri grafiği.....	88
6. 30. AKL'ye göre s olasılık değerleri grafiği.....	88
6. 31. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X için kontrol grafiği	89
6. 32. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s için kontrol grafiği.....	90
6. 33. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği.....	91
6. 34. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği	91
6. 35. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	92
6. 36. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği.....	93
6. 37. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	94
6. 38. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği.....	94
6. 39. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	95
6. 40. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği.....	96
6. 41. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık X kontrol grafiği	97
6. 42. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği.....	97
6. 43. Kesin veriler ile oluşturulan c-kontrol grafiği	99
6. 44. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği	101
6. 45. Sıralama yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği	102
6. 46. c-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği.....	104
6. 47. c-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği.....	104
6. 48. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği	105
6. 49. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği.....	106
6. 50. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği	107
6. 51. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği	108
6. 52. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği	108
6. 53. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği	109
6. 54. Kesin veriler ile oluşturulan u-kontrol grafiği	112
6. 55. Sıralama yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği	113
6. 56. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği.....	114
6. 57. u-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği	115
6. 58. u-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği	116
6. 59. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği.....	117
6. 60. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği	118
6. 61. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği.....	119

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6. 62. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği.....	120
6. 63. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği.....	121
6. 64. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği.....	122
6. 65. Kesin veriler ile oluşturulan p-kontrol grafiği	124
6. 66. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği.....	127
6. 67. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği.....	127
6. 68. p-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği	129
6. 69. p-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği	129
6. 70. Uzaklaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği	130
6. 71. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği	132
6. 72. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği.....	133
6. 73. Ağırlık merkezi yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği.....	134
6. 74. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği.....	135
6. 75. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği.....	136
6. 76. Kesin veriler ile oluşturulan np-kontrol grafiği	137
6. 77. Sıralama yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği	139
6. 78. Sıralama yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği	140
6. 79. np-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği	141
6. 80. np-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği	141
6. 81. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği.....	143
6. 82. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği	144
6. 83. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği.....	145
6. 84. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği.....	146
6. 85. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği.....	147
6. 86. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği.....	148
6. 87. Kesin veriler için $\bar{X}$ -R kontrol grafiği.....	153
6. 88. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği	154
6. 89. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği	155
6. 90. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği	156
6. 91. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği	157
6. 92. ÜKL'ye göre sezgisel bulanık $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği.....	159
6. 93. AKL'ye göre sezgisel bulanık $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği.....	159
6. 94. ÜKL'ye göre sezgisel bulanık R olasılık değerleri grafiği	160
6. 95. AKL'ye göre sezgisel bulanık R olasılık değerleri grafiği	160
6. 96. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ için kontrol grafiği	162

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Sekil

Sayfa

6. 97. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık R için kontrol grafiği	162
6. 98. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	163
6. 99. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği	164
6. 100. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	165
6. 101. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği	165
6. 102. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	166
6. 103. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği	167
6. 104. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	168
6. 105. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği	168
6. 106. Kesin veriler için X-s kontrol grafiği	173
6. 107. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	176
6. 108. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği	176
6. 109. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	177
6. 110. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği	177
6. 111. ÜKL'ye göre sezgisel bulanık X olasılık değerleri grafiği	179
6. 112. AKL'ye göre sezgisel bulanık X olasılık değerleri grafiği	179
6. 113. ÜKL'ye göre sezgisel bulanık s olasılık değerleri grafiği	180
6. 114. AKL'ye göre sezgisel bulanık s olasılık değerleri grafiği	181
6. 115. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık X için kontrol grafiği	182
6. 116. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık s için kontrol grafiği	182
6. 117. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	183
6. 118. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği	183
6. 119. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	185
6. 120. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile sezgisel bulanık s kontrol grafiği	185
6. 121. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	186
6. 122. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği	187
6. 123. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık X kontrol grafiği	188
6. 124. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği	188
6. 125. Kesin veriler ile oluşturulan c-kontrol grafiği	191
6. 126. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği	192
6. 127. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği	193
6. 128. c-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği	195
6. 129. c-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği	195
6. 130. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği	196
6. 131. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği	197

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6. 132. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği	198
6. 133. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği	199
6. 134. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği	199
6. 135. Kesin veriler ile oluşturulan u-kontrol grafiği	203
6. 136. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği	204
6. 137. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği	205
6. 138. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği	206
6. 139. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği	207
6. 140. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği	208
6. 141. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği	209
6. 142. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği	210
6. 143. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği	211
6. 144. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği	212
6. 145. Kesin veriler ile oluşturulan p-kontrol grafiği	213
6. 146. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği	216
6. 147. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği	218
6. 148. Sezgisel bulanık p-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği	219
6. 149. Sezgisel bulanık p-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği	220
6. 150. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği	222
6. 151. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği	222
6. 152. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği	223
6. 153. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile sezgisel bulanık oluşturulan p-kontrol grafiği	224
6. 154. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği	225
6. 155. Kesin veriler ile oluşturulan np-kontrol grafiği	227
6. 156. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği	231
6. 157. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği	232
6. 158. Sezgisel bulanık np-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği	234
6. 159. Sezgisel bulanık np-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği	234
6. 160. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği	235
6. 161. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği	236
6. 162. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği	237
6. 163. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği	238
6. 164. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği	239

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

Sayfa

6. 1. X için kesin veriler	58
6. 2. R için kesin veriler.....	58
6. 3. Aralık tip-2 bulanık X verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	60
6. 4. Aralık tip-2 bulanık R verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	61
6. 5. Aralık tip-2 bulanık X verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri	62
6. 6. Aralık tip-2 bulanık R verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri	63
6. 7. Aralık tip-2 bulanık verilerin X değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları.....	64
6. 8. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin X değerinden büyük olma olasılıkları.....	65
6. 9. Aralık tip-2 bulanık verilerin R değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları.....	65
6. 10. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin R değerinden büyük olma olasılıkları	66
6. 11. Aralık tip-2 bulanık X verileri için uzaklık yöntemi değerleri	68
6. 12. Aralık tip-2 bulanık R verileri için uzaklık yöntemi değerleri.....	68
6. 13. Aralık tip-2 bulanık X verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	69
6. 14. Aralık tip-2 bulanık R verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	69
6. 15. Aralık tip-2 bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri.....	71
6. 16. Aralık tip-2 bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri.....	71
6. 17. Aralık tip-2 bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	73
6. 18. Aralık tip-2 bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	73
6. 19. Aralık tip-2 bulanık X verileri için tip indirgeme değerleri.....	74
6. 20. Aralık tip-2 bulanık R verileri için tip indirgeme değerleri	74
6. 21. Aralık tip-2 bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri.....	76
6. 22. Aralık tip-2 bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri.....	76
6. 23. X için kesin veriler	80
6. 24. s için kesin veriler.....	80
6. 25. Aralık tip-2 bulanık X verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	82
6. 26. Aralık tip-2 bulanık R verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	82
6. 27. Aralık tip-2 bulanık X verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri	84
6. 28. Aralık tip-2 bulanık s verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri.....	84
6. 29. Aralık tip-2 bulanık verilerin X değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları.....	85
6. 30. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin X değerinden büyük olma olasılıkları.....	86
6. 31. Aralık tip-2 bulanık verilerin s değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	87
6. 32. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin R değerinden büyük olma olasılıkları	87
6. 33. Aralık tip-2 bulanık X verileri için uzaklık yöntemi değerleri	89
6. 34. Aralık tip-2 bulanık s verileri için uzaklık yöntemi değerleri.....	89
6. 35. Aralık tip-2 bulanık X verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	90

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Cizelge

Sayfa

6. 36. Aralık tip-2 bulanık s verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	90
6. 37. Aralık tip-2 bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri.....	92
6. 38. Aralık tip-2 bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri.....	93
6. 39. Aralık tip-2 bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	93
6. 40. Aralık tip-2 bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	94
6. 41. Aralık tip-2 bulanık X verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri.....	95
6. 42. Aralık tip-2 bulanık s verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri	95
6. 43. Aralık tip-2 bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri.....	96
6. 44. Aralık tip-2 bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri.....	97
6. 45. c-kontrol grafikleri için kesin veriler	100
6. 46. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	101
6. 47. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri	102
6. 48. Aralık tip-2 bulanık verilerin c- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	103
6. 49. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık c- değerinden büyük olma olasılıkları	103
6. 50. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için uzaklık yöntemi değerleri	105
6. 51. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri.....	106
6. 52. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	106
6. 53. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	107
6. 54. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri	109
6. 55. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	110
6. 56. u-kontrol grafikleri için kesin veriler.....	111
6. 57. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri.....	113
6. 58. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri.....	114
6. 59. Aralık tip-2 bulanık verilerin u- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	115
6. 60. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık u- değerinden büyük olma olasılıkları.....	116
6. 61. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için uzaklık yöntemi değerleri.....	117
6. 62. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	118
6. 63. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	119
6. 64. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	120
6. 65. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri	121
6. 66. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	122
6. 67. : p-kontrol grafikleri için kesin veriler.....	123
6. 68. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri.....	126
6. 69. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri.....	126
6. 70. Aralık tip-2 bulanık verilerin p- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	128
6. 71. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık u- değerinden büyük olma olasılıkları.....	128

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6. 72. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için uzaklık yöntemi değerleri	130
6. 73. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	131
6. 74. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	132
6. 75. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	133
6. 76. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri	134
6. 77. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	135
6. 78. np-kontrol grafikleri için kesin veriler	137
6. 79. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	139
6. 80. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri	140
6. 81. Aralık tip-2 bulanık verilerin np- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları ...	141
6. 82. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık np- değerinden büyük olma olasılıkları	142
6. 83. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için uzaklık yöntemi değerleri	142
6. 84. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	144
6. 85. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	145
6. 86. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	145
6. 87. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri	146
6. 88. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	147
6. 89. X için kesin veriler	152
6. 90. R için kesin veriler	152
6. 91. Sezgisel bulanık X verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	154
6. 92. Sezgisel bulanık R verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri	155
6. 93. Sezgisel bulanık X verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri	156
6. 94. Sezgisel bulanık R verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri	156
6. 95. Sezgisel bulanık X değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	158
6. 96. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık X değerinden büyük olma olasılıkları	158
6. 97. Sezgisel bulanık R değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	159
6. 98. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık R değerinden büyük olma olasılıkları	160
6. 99. Sezgisel bulanık X verileri için uzaklık yöntemi değerleri	161
6. 100. Sezgisel bulanık R verileri için uzaklık yöntemi değerleri	161
6. 101. Sezgisel bulanık X verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	163
6. 102. Sezgisel bulanık R verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	163
6. 103. Sezgisel bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	164
6. 104. Sezgisel bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	164
6. 105. Sezgisel bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	166
6. 106. Sezgisel bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	166

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6. 107. Sezgisel bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	167
6. 108. Sezgisel bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	167
6. 109. X için kesin veriler	173
6. 110. s için kesin veriler.....	174
6. 111. Sezgisel bulanık X verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri.....	175
6. 112. Sezgisel bulanık s verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri.....	175
6. 113. Sezgisel bulanık X verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri.....	177
6. 114. Sezgisel bulanık s verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri.....	178
6. 115. Sezgisel bulanık X değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları.....	178
6. 116. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık X değerinden büyük olma olasılıkları.....	179
6. 117. Sezgisel bulanık s değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	180
6. 118. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık s değerinden büyük olma olasılıkları	180
6. 119. Sezgisel bulanık X verileri için uzaklık yöntemi değerleri.....	181
6. 120. Sezgisel bulanık s verileri için uzaklık yöntemi değerleri	182
6. 121. Sezgisel bulanık X verileri için durulaştırma yöntemi değerleri	184
6. 122. Sezgisel bulanık s verileri için durulaştırma yöntemi değerleri.....	184
6. 123. Sezgisel bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri.....	184
6. 124. Sezgisel bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	184
6. 125. Sezgisel bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	186
6. 126. Sezgisel bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	186
6. 127. Sezgisel bulanık X verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri.....	187
6. 128. Sezgisel bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	187
6. 129. c-kontrol grafikleri için kesin veriler	190
6. 130. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için sıralama yöntemi-1 değerleri.....	192
6. 131. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için sıralama yöntemi-2 değerleri.....	193
6. 132. Sezgisel bulanık c-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	194
6. 133. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık c-değerinden büyük olma olasılıkları	194
6. 134. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için uzaklık yöntemi değerleri.....	196
6. 135. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için durulaştırma yöntemi değerleri.....	197
6. 136. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	197
6. 137. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	198
6. 138. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	200
6. 139. u-kontrol grafikleri için kesin veriler.....	202
6. 140. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için sıralama yöntemi-1 değerleri.....	204
6. 141. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için sıralama yöntemi-2 değerleri.....	205

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6. 142. Sezgisel bulanık u-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	206
6. 143. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık u-değerinden büyük olma olasılıkları	207
6. 144. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için uzaklık yöntemi değerleri.....	208
6. 145. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için durulaştırma yöntemi değerleri	209
6. 146. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri	210
6. 147. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri	211
6. 148. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri	211
6. 149. p-kontrol grafikleri için kesin veriler	213
6. 150. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-1 değerleri	217
6. 151. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-2 değerleri	218
6. 152. Sezgisel bulanık p-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	219
6. 153. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık p-değerinden büyük olma olasılıkları	220
6. 154. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için uzaklık yöntemi değerleri.....	221
6. 155. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için durulaştırma yöntemi değerleri	223
6. 156. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri.....	224
6. 157. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	225
6. 158. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri.....	226
6. 159. np-kontrol grafikleri için kesin veriler	227
6. 160. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-1 değerleri	231
6. 161. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-2 değerleri	232
6. 162. Sezgisel bulanık np-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları	233
6. 163. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık np-değerinden büyük olma olasılıkları	233
6. 164. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için uzaklık yöntemi değerleri.....	235
6. 165. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için durulaştırma yöntemi değerleri	236
6. 166. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri.....	237
6. 167. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri.....	238
6. 168. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri.....	239

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

μ	Bulanık sayı üye olma derecesi
ν	Bulanık sayı üye olmama derecesi
$\in$	Elemanı olma
$\leq$	Küçük eşit
$\geq$	Büyük eşit

Açıklama

Kısaltmalar

AKL	Alt Kontrol Limiti
AMY	Ağırlık Merkezi Yöntemi
AT2BS	Aralık Tip-2 Bulanık Sayılar
DY	Durulaştırma Yöntemi
MÇ	Merkez Çizgi
OY	Olasılık Yöntemi
SBS	Sezgisel Bulanık Sayılar
SY	Sıralama Yöntemi
TİY	Tip İndirgeme Yöntemi
UY	Uzaklık Yöntemi
ÜKL	Üst Kontrol Limiti
Vd	Ve Diğerleri

Açıklama

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüz dünyasında bilginin önemi gittikçe artmaktadır. Bilgiye ulaşmak, veri toplamak kolaylaşmış gibi görünse de halen verilerin tam olarak kullanılmadığı ile ilgili endişeler vardır.

İlk defa Azerbaycan asıllı Lotfi Zadeh (1965) tarafından geliştirilen bulanık küme teorisi, esas olarak insan düşünce ve algılarındaki belirsizlikle ilgilenir ve bu belirsizliği sayısallaştırmaya çalışır (Kahraman vd, 1998). Bulanık küme teorisinin en önemli özelliklerinden biri belirsizlik durumlarında bilgi kaybını önlemesidir. Bir diğer önemli özelliği ise dilsel verileri sayısallaştırarak, sayısal işlemler, hesaplamalar yapabilmeyi sağlamasıdır.

Belirsizlik ifadesi, bulanık mantıktan önce olasılık teorisi kavramlarında kullanılan bir tabirdir. Bu teori özellikle matematik ve mühendislik alanlarında istatistiksel yöntemlerle beraber kullanılır. Olasılık teorisindeki belirsizlik süreçteki rassallıktan kaynaklanan bilinmezlikten dolayı oluşur. Bulanık mantıktan önce tanımlanan belirsizliklerin rastgele özelliğinde olduğu yaygın olarak düşünülürdü. Rastgeleliği ifade etmeyi sağlayan en önemli özellikler, ortaya çıkan sonuçların şansa dayalı olması ve öngörü ve tahminlerin kesin bir şekilde önceden hesaplanamamasıdır (Şen, 2001). Ancak günlük hayatta karşılaşılan tüm belirsizlikler rastgele değildir. Rastgele olmayan, özellikle de ölçülmesi mümkün olmayan veya sözel olan çıkarımlarda olasılık ve istatistik gibi sayısal yöntemler kullanılamaz (Ross,1995).

Günlük konuşma dilinde belirsizlik içeren birçok kelime bulunmaktadır. Örneğin, "uzun boyluluk" denildiğinde herkes aynı derecede uzunluğu anlamayacaktır. 1.40 m boyundaki bir insan için 1.70 m uzun bir boy olabileceken 1.80 m boyundaki bir insana göre ise 1.70 m boy kısa bir boy olarak tanımlanabilir. Bu ifadeler rastgele değildir, ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık denir (Şen, 2001). Daha genel anlamda bulanık kelimesi, iyi tanımlanmış sınırları olmayan aktiviteler kümesi veya gözlemlere tanımlamaların yapılamadığı durumları ifade eder (Chen ve Hwang, 1992).

İnsanın fiziki olaylar hakkındaki bilgi ve yorumları, genellikle kişisel görüşler şeklinde ortaya çıkar. Bu bakımdan insan düşüncesinde sayısal olmasa bile belirsizlik vardır

ve bu yararlı bir bilgi kaynağıdır. Bulanık kümeler teorisi bu bilgi kaynaklarının, çeşitli olayların incelenmesinde kullanılmasına imkân sağlamaktadır (Şen, 2001). Bulanık kümeler teorisinin asıl gücü ve önemi sayısal değişkenler yerine dilsel değişkenleri ya da sözel ifadeleri kullanarak kesin olmayan kavramları temsil etmesidir (Ross, 1995). Başka bir ifadeyle bulanık kümeler teorisi sayılardan ziyade sözel kelimeleri ya da dilsel değişkenleri esas alarak oluşturulmuştur.

Sözel ifadeler bilgi içeriği açısından genellikle yaklaşıklık ve bulanıklık içerdiğinden bu gibi belirsizlik durumlarında bir küme ve bu kümeye ait olma derecesi tanımlanır. Klasik kümelerde elemanların üyelikleri iki gruba ayrılır: Üyeler (kesinlikle kümeye ait olanlar) ve üye olmayanlar (kesinlikle kümeye ait olmayanlar). Klasik kümenin temsil ettiği sınıfa üye olan ve olmayan elemanlar arasında keskin bir ayrım vardır (Kahraman, 1995). Bulanık kümelerin ise sınırları belirsizdir ve keskin olmaktan uzaktır.

Klasik küme yaklaşımında bir kümeye giren öğelerin o kümeye ait oluşları durumunda üyelik derecesi 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit varsayılmaktadır. Bu ikisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülmez. Bulanık kümeler teorisinde ise elemanların üyelik dereceleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Yine örnekten yola çıkacak olursak, klasik küme yaklaşımına göre insanlar boy bakımından ya uzundur ya da kısadır. Bulanık kümelere göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan bir tanesi gerçek uzun boylu olarak esas alınırsa ondan biraz daha uzun ya da kısa olanlar uzun boylu değil diye küme dışında bırakılmazlar.

Klasik kümeler üyelik özelliklerini kesin olarak sağlayan elemanları içerirken, bulanık kümeler üyelik özelliklerini ve o özelliğe yakın olan değerleri sağlayan elemanları içerir. Bu yüzden bulanık bir kümedeki elemanın üyeliği yaklaşık olabilir (Ross, 1995).

Bir bulanık küme kesintisiz üyelik derecelerine sahip elemanlar topluluğudur (Chen ve Hwang, 1992). Başka bir ifadeyle bulanık küme değişik üyelik derecesinde öğeleri olan bir topluluk olarak tanımlanabilir (Şen 2001). Bulanık bir küme, evrensel kümedeki her olası elemana, onun bulanık kümedeki üyelik derecesini temsil edecek şekilde bir değer atayarak matematiksel olarak tanımlanabilir. Bu üyelik dereceleri $[0,1]$ kapalı aralığındaki reel sayılarla ifade edilirler.

Matematiksel olarak bulanık küme tanımı ise şöyledir (Zimmermann, 1987): U klasik bir evrensel küme olsun, elemanları genel olarak x şeklinde gösterilsin. Bu durumda bu evrensel küme, $U = \{x\}$ şeklinde gösterilecektir. U içinde bir A bulanık kümesi, U 'nun her elemanına $[0,1]$ aralığında bir reel sayı değeri atayan $\mu(A(x))$ üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir.

Bir bulanık küme, $\tilde{A}$, küme elemanı ve üyelik derecesi çifti ile beraber $\tilde{A} = (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) : \forall x \in U$ şekilde gösterilir, bu gösterim ile ifade edilen bulanık sayıların genelleştirilmiş matematiksel ifadesidir. Bunların yanında bulanık sayılar üyelik derecelerinin ifade edilişlerine göre sınıflandırılabilir. Bunlar; tip-1, tip-2, sezgisel ve kararsız bulanık sayılardır. Üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığındaki klasik sayılar ile ifade edilen bulanık sayılar tip-1 (sıradan) bulanık sayılar olarak isimlendirilir (Zadeh, 1965). Tip-1 bulanık sayılar bir kaynağa ait belirsiz ya da tam olmayan bilgiyi ifade etmekte başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak iki veya daha fazla belirsizlik kaynağı aynı anda gerçekleştiğinde tip-1 bulanık sayıların modelleme kabiliyetleri yetersiz kalmaktadır (Mendel ve John, 2002; de Tré ve de Caluwe, 2003). Bu tip belirsizliklerin ifade edilmesi için tip-1 bulanık üyelik fonksiyonlarına sahip tip-2 bulanık sayılar tanımlanmıştır. İlk olarak Zadeh (1974) tarafından tanıtılan tip-2 bulanık küme, evrensel küme elemanlarına, (X) tip-1 bulanık küme olan üyelik derecelerinin atandığı kümelerdir. Başka bir ifade ile tip-2 bulanık sayılar, üyelik dereceleri de bulanık küme olarak ifade edilen sayılardır.

Tip-2 bulanık kümeler için üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow \tilde{\zeta}([0,1])$ olarak gösterilmiştir. Burada, $\tilde{\zeta}([0,1])$ evrensel küme üzerinde tanımlanabilen bütün tip-1 bulanık kümelerin kümesini ifade etmektedir.

Gerçek hayatta bulanık sayıların üyelik dereceleri genellikle tam olarak belirlenemediği için bu kümelerin kullanımı yaygındır. AT2BS, bulanık sayıların doğru, hemen hemen doğru, çok doğru, daha doğru gibi dilsel doğruluk kavramları ve bulanık sayıların üyelik derecelerinin düşük, orta, yüksek, çok yüksek gibi dilsel terimlerle belirlenmesi arasındaki yakın ilişkiden yola çıkarak geliştirilmiştir (Zadeh, 1975).

X evrensel kümesine ait bir $\tilde{A}$ AT2BS, $J_x [0,1]$ aralığını ifade etmek üzere $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$ tip-2 üyelik fonksiyonu olmak üzere $\tilde{A} = \{(x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u) \mid \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1], 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1\}$ ile ifade edilir (Zadeh, 1975).

Sezgisel bulanık sayılar (SBS) ise diğer bulanık sayılardan farklı olarak üyelik fonksiyonunun yanında üye olmama fonksiyonunu barındırırlar. Bu düşüncenin çıkış noktası, aslında bir alternatif seçerken onunla ilgili beğendiğimiz özelliklerin yanında beğenmediğimiz özelliklerinin seçim sürecini etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Bir örnekle, bir kız erkek arkadaşını seçerken bazı özelliklerinin olmasına bakarken aynı zamanda bazı özelliklerin de o kişide bulunmamasına dikkat eder, şeklinde açıklanabilir (Xu, 2012). Bu noktada devreye sezgisel bulanık mantık girer.

Atanassov (1986) $\check{A}$ SBS'ı göstermek üzere, $\check{A} = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) \mid x \in X\}$ şeklinde ifade etmiştir. Burada $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu değerini, $\nu_A(x)$ de üye olmama fonksiyon değerini belirtmektedir. $\mu_A(x) \geq 0$ ve $\nu_A(x) \geq 0$ olmasının yanında, $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ aralığında olmalıdır. Eğer üyelik fonksiyonu derecesi ile üye olmama fonksiyon derecesinin toplamı 1'den küçük olur ise karar vericinin veya bulanık sayının kararsız olduğu bir derecenin de olduğu söylenebilir. Bu özelliğinden dolayı, SBS, yaygın olarak günlük hayatta tercih edilebilir.

Bulanık küme teorisinin ve bulanık sayıların bu gelişimleri ve sınıflamalarının ardından bulanık mantığın kullanım alanlarına değinilecektir. Son zamanlarda pek çok çalışmada kullanılan bulanık mantık, özellikle mühendislik alanında kesin sayılara göre esneklik sağlaması nedeniyle yaygınlaşmaktadır. Bu ilgi endüstri mühendisliği alanında da kendini göstermekte olup endüstri mühendisliğinin çeşitli alanlarında bulanık mantık ile yapılan çalışmalara rastlanmaktadır.

Genel olarak yapılan literatür araştırması sonuçları bulanık mantığın oldukça popüler olduğunu göstermektedir. Neredeyse her alanda kullanımı yaygınlaşan bulanık mantık; özellikle kesin ifadelerin yerini esneklik sağlayan bulanık sayıların almasıyla birlikte mühendislik alanlarında bulanığa ilgi artmaktadır. Bu ilgi Endüstri Mühendisliği'nin çeşitli alanında da kendini göstermektedir. Endüstri Mühendisliğinin çeşitli alanlarında bulanık

mantığın kullanımına ilişkin çalışmalara rastlanılmaktadır. Erişilebilen literatür incelendiğinde, özellikle son 10 yıl içerisinde bulanık mantık bir çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bulanık mantığın yaygınlaşmasının en önemli sebeplerinden biri sözel olan ifadelerin de sayısallaştırılabilmesidir. Bu; hem anlaşılabilirliği artırmakta, hem de gizli kalan bu verileri ve/veya bilgileri kullanmayı sağlamaktadır. Bulanık mantığın bir diğer yararı da, kesin ifadeleri bulanıklaştırarak esnetmesidir. Belirtilen nedenlerden dolayı Endüstri Mühendisliği'nde de sıkça kullanılan bulanık mantık kavramının kalite karakteristiklerini belirlemede etkili olacağı düşünülmektedir, tez kapsamında, özellikle kalite ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Kontrol grafikleri, süreç ile ilgili değerlendirmeyi ortaya çıkaran ve süreç ile ilgili olağan ve/veya olağandışı durumu fark edebilmeyi sağlayan yaygın bir yöntemdir. Kontrol grafiklerinde yaygın olarak kesin sayılar kullanılmakla birlikte son zamanlarda tip-1 bulanık sayıların kullanıldığı bazı çalışmalar bulunmaktadır. Niceliksel değerlendirme yapılan bir süreç veya ürünün kalitesine bakarken ölçüm sonucunun kesin olması; ölçümü yapan kişinin, ölçüm yapılan cihazın hiçbir şekilde hatasının olmadığını kabul etmek anlamına gelmektedir. Zaten kesin sayılarla yapılan kontrol grafikleri de bu varsayımlar üzerinden yapılmaktadır. Öte yandan, niteliksel değerlendirme yapılan bir süreç veya üründe varsayımlar daha da karmaşıklaşır. Karar vericinin duyuları ile değerlendirdiği bir süreçte kesin sayıların kullanılması ile karar veren kişinin duyularına sonsuz güvenildiği düşünülür. Bu durumda veri kayıpları ve kişilerin yapacağı hatalar göz ardı edilmiş olur. Bu nedenlerden dolayı kontrol grafiklerinin bulanık sayılar ile değerlendirilmesi hem veri kayıplarını hem de kişisel ve/veya cihazdan kaynaklanan hataları azaltacaktır.

Daha önce belirtildiği gibi bulanık kontrol grafikleri ile bazı çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar genellikle tip-1 bulanık sayı diye adlandırılan sadece sayının bir kümeye ait (üye) olma derecesiyle ilgilenen bulanık sayılar ile oluşturulmuştur. Bu durumda bazı veri kayıplarının olduğu aşikardır. Günlük hayatta da bazı kararlar verilirken kesin bir değerden bahsetmek güçtür. Tip-1 bulanık sayılar ile verilen kararlar da buna benzemektedir. Diğer bir ifade ile karar vericinin bir değer için belirtilen kümeye ait olma derecesini tek bir sayı ile ifade etmesi güçtür, bir aralık olarak ifade etmek değerlendirmeyi kolaylaştırır. Bu ve buna benzer durumlar için tanımlanan AT2BS kullanımı ile işlemler karmaşıklaşmış olsa da, değerlendirme daha gerçekçi hale

gelmektedir. Yanı sıra, karar vericiler bazen verdikleri kararların sadece olumlu yönünü görmezler. Karar verirken bir yandan da şüpheleri oluşur ve kararlarıyla ilgili olumsuz olan kısmı da ifade etmek isterler. Bu ifadeleri sayısallaştırabilmek için tanımlanan bulanık sayı ise, SBS olarak literatüre kazandırılmıştır. SBS'in varlığı ile karar vericilerin kararsızlıkları, üye olma ve olmama dereceleri ifade edilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, farklı alanlarda kullanılmış olan AT2BS ve SBS kontrol grafiklerine uyarlanmıştır. Geliştirilecek yeni kontrol grafiklerinin günlük hayattaki verilere daha uygun olacağı, veri toplarken karşılaşılan çelişkilerin indirgeneceği düşüncesi ile daha gerçekçi sonuçların ortaya çıkacağı ön görülmektedir. Bu düşüncüyü desteklemek amacıyla denemeler yapılacak ve elde edilen sonuçlar kesin sayılar ile elde edilen sonuçlar ile kıyaslanarak süreçler ile ilgili kararlar sorgulanacaktır.

Çalışma kapsamında aralık tip-2 kontrol grafikleri ile ilgili kaynakların kısıtlı ve sezgisel bulanık kontrol grafikleri ile ilgili literatürde bulunan bir çalışma olmadığı için farklı alanlarda kullanılan bazı yöntemlerin önerilen çalışma için kullanılabileceği öngörülmüştür. Bu düşüncüyü desteklemek amacıyla literatür incelenerek yöntem veya yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın amacı, bir ürünün önemli kalite karakteristiğine ilişkin olarak derlenen verileri kullanarak üretim sürecinin kontrol altında ve/veya kontrol dışında olma durumunun, SBS ve AT2BS kullanarak, daha gerçekçi bir biçimde değerlendirilip değerlendirilemeyeceğini ortaya koymaktır.

Çalışma kapsamında uygulanacak aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri ve sezgisel bulanık kontrol grafikleri ile günlük hayatta ve pek çok işletmede kararsız kalınan veya karar vermekte zorlanılan durumlara katkı sağlayacak sonuçlar elde edilmek istenilmiştir. AT2BS ve SBS'in kullanımıyla, kesin sayılar ile yapılan işlemlerdeki değerlendirme hatalarının azaltılabileceği düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında, gerek AT2BS ve gerekse SBS'a ilişkin öngörülen teorik alt yapı oluşturulduktan sonra, sayısal örnekler ile konunun anlaşılabilirliği arttırılmaya çalışılacaktır. Niceliksel veriler için doğru ölçüm yapılması varsayımının ve niteliksel veriler

için öznelliğin azaltılacağı düşünülerek bulanık kümelerden yararlanılmıştır. Ayrıca, çalışma farklı bulanık yöntemleri bulanık kontrol grafikleri için uyarlayarak literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada farklı karar verme problemlerinde kullanılan yöntemler, aralık tip-2 ve sezgisel bulanık kontrol grafikleri için kullanılmıştır.

Öncelikli olarak, erişilen literatürde; gerek AT2BS ve gerekse SBS ile kontrol grafiklerinin oluşturulması ve değerlendirilmesine ilişkin kaynakların kısıtlı olduğu söylenebilir. Farklı bir katkı olacağı düşünülerek hem AT2BS hem de SBS için sıralama yöntemleri, olasılık yöntemi, uzaklık yöntemi ve tip indirgeme/durulaştırma yöntemleri ile oluşturulan bulanık kontrol grafikleri değerlendirilecektir. Aynı zamanda bu sonuçlar kesin sayılar ile yapılan sonuçlar ile kıyaslanacaktır. 2. Bölümde klasik kontrol grafikleri ile ilgili bilgi verilecektir. 3. Bölüm bulanık küme teorisi ile ilgili genel bilgi sağlayacaktır. Aynı bölümde AT2BS ve SBS tanımlanacaktır. 4. Bölümde bulanık kontrol grafikleri için kullanılan yöntemlerden bahsedilecektir. 5. Bölümde bulanık kontrol grafikleri ile ilgili geniş bir literatür taraması yapılmıştır. 6. Bölüm aralık tip-2 bulanık kontrol grafiklerinin oluşturulmasını ve 7. Bölüm ise sezgisel bulanık kontrol grafiklerinin oluşturulmasını kapsamaktadır. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilip gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. KLASİK KONTROL GRAFİKLERİ

Çalışmanın bu aşamasında kesin sayılar ile oluşturulan kontrol grafiklerinden bahsedilecektir. Süreç kontrolü ile ilgili temel istatistiksel tekniklerin en önemlisi ve en çok kullanılanı, kontrol grafikleridir. Kontrol grafiğinin amacı süreç performansının kabul edilebilir bir kalite seviyesinde olup olmadığını belirlemektir.

Kontrol grafiği; sürecin tesadüfi olmayan veya kontrol dışı olma durumunu tespit etmeye yarayan bir istatistiki araç olarak tarif edilir. Başka bir ifadeyle, istatistiksel kalite kontrol çalışmalarından biri olan kontrol grafikleri, sürecin gerçekleştirdiği üretimin kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalıp kalmadığını tespit edip, bu sınırların dışına çıkılmasını halinde uyarı vererek sürecin tekrar kabul edilebilir sınırlar içine çekilmesine imkân sağlayan dolayısıyla, bir sürecin istatistiki anlamda kontrol altında olup olmadığını belirtmek üzere kullanılan bir grafiksel analiz yöntemidir (Feigenbaum, 1991).

Shewhart, kontrol grafiklerinin kullanılmasının yararlarını şöyle sıralamaktadır;

- Yöneticinin elde etmeye çalıştığı üretim işlemi hedefinin belirtilmesi,
- Bu hedefe ulaşılmasında bir araç olarak kullanılması,
- Hedefe ulaşıp ulaşılmadığı hakkında karar verilmesi (Shewhart, 1939).

Kontrol grafiği uygulamasının; operatörün operasyonun gidişatını izlemesini sağlamak, kalite ve maliyeti sabitleyip, saptanabilir yapmak, süreci etkileyen özel faktörler varsa zamanında farkına varılarak düzeltici önlem almak, ıskarta veya hatalı parçaları azaltmak, süreç ile ilgili geçerli veya güvenilir tahminler yapmak, hatalı parça çıkma olasılığını azaltmak ve kalite güvenliğini sağlamak gibi yararlarının olduğu söylenebilir.

Kontrol grafikleri niceliksel ve niteliksel olarak ikiye ayrılır. Niceliksel kontrol grafikleri; uzunluk, ağırlık, hacim, ışık hızı ve şiddeti gibi herhangi bir alet ve cihaz kullanılarak ölçülebilen ve sayı ile ifade edilebilen özellikler için kullanılır. Bu noktada kullanılan kontrol grafikleri ise $\bar{X}$, $\bar{X} - R$ ve $\bar{X} - s$ olarak ifade edilebilir. $\bar{X}$ merkezi eğilimi kontrol etmek amacıyla kullanılırken, R ve s ise değişkenliği kontrol etmek için kullanılır.

Ölçülebilen özelliklerin olmasının yanında ölçülemeyen kalite özellikleri de bulunmaktadır. Bunlar nitelik içeren durumlarla ilgili olan ancak duyu organlarımızla kusurlarını tespit edebileceğimiz kırık, çatlak, renk uyumu gibi değişkenlerdir (Çetin vd, 2001). Bu değişkenlerin kontrolü için dört farklı kontrol grafiği kullanılmaktadır. Bunlardan p ve np kontrol grafikleri hatalı parça adetlerinin u ve c kontrol grafikleri ise bir parçadaki hata sayısının takip edilmesinde kullanılmaktadır.

2.1. Kontrol Grafiklerinin Tanımı

Kalite tekniklerinin en önemlisi ve en sık kullanılanı kontrol grafikleridir. Süreç kontrolü için kullanılan bir yöntem olan kontrol grafikleri, sorunların görsel olarak görülebilmesi için oldukça kullanışlıdır. Pek çok sektör ve firma üretim ve/veya hizmetlerinin kalitesini ölçebilmek için kontrol grafiklerinden yararlanmaktadır. 1920'lerden beri gün geçtikçe yaygın olarak kullanılan kontrol grafikleri sürecin durumuyla ilgili bilgi verir.

Kontrol grafikleri, süreçte gerçekleşen durumun kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunup bulunmadığını tespit etmeyi, sınırların dışında olması durumunu kolayca fark edebilmeyi sağlayan istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinden biridir (Feigenbaum, 1991). Grafikselleştirme yöntemi olması nedeniyle anlaşılabilirliği pek çok yönetime göre daha fazladır.

Başka bir ifade ile istenilen kalite düzeyinde üretimi/hizmeti gerçekleştirebilmek için sürecin istatistiksel olarak analiz edilmesine ve gerektiği zaman sürece müdahale edebilmeye ya da süreci kendi haline bırakabilmeye karar vermekte yardımcı olan yöntemlerdir (Akın vd., 1998).

Kontrol grafikleri ilk olarak Shewart tarafından Bell Laboratuvarlarında geliştirilmiştir, bu sebeple bazı kaynaklarda “Shewart Kontrol Grafikeri” olarak geçer.

Grant ve Leavenhort (1988) çalışmalarında, ürünün kalitesi şans nedeniyle oluşan belirsizlikten dolayı bir miktar değişiklik gösterebilir ancak bunun yanında başka

faktörlerden dolayı ürünün kalitesinde farklılaşmalar olabilir, bu nedenle kontrol grafiklerini kullanmanın yararlı olacağından bahsetmiştir.

Genel anlamda üç farklı değişkenlikten bahsedebiliriz. Bunlardan ilki üründe farklı kalite seviyelerinin olmasıdır. Bir parçanın farklı yüzeylerinin farklı ölçüm sonuçları vermesi, bu değişkenlik türüne örnek olarak verilebilir. İkinci olarak aynı parti içindeki ürünlerin farklı kalitede olmasıdır. Mesela aynı zamanda üretilmiş aynı tür parçalar farklı kalitede olabilir. Son olarak ise zaman etkisiyle kalite seviyesinin değişmesi mümkündür, yani farklı zamanlarda üretilen ürünlerin kalitesi farklılık gösterebilir (Montgomery, 2009).

Bahsedilen kalite seviyelerinin farklılaşmalarına neden olan bazı faktörler vardır. Malzeme, makine, çevre şartları, insan ve muayeneden kaynaklı kalite farklılıkları oluşabilir. Bunlardan yalnız bir tanesi değil, birden fazlasının birleşimleri de yine farklı kalite seviyelerine neden olabilir. Bu faktörler süreç içinde küçük değişimlere yol açacağı varsayılarak sürecin kontrol dışına çıkmasını sağlamayan, doğal nedenler olduğu düşünülür. Bunun yanında sürecin spekt dışına çıkmasını sağlayan doğal olmayan nedenler de bulunur. İşte kalitedeki değişimin tesadüfen mi yoksa başka nedenlerden mi kaynaklandığı kontrol grafikleri sayesinde fark edilebilir (Shewart, 1931).

2.2. Kontrol Grafiği Çeşitleri

Kalite özelliklerine göre veriler iki ana grupta toplanır. Bunlardan ilki ölçülebilen kalite özelliklerini ifade eden niceliksel veriler, diğeri ise ölçülemeyen kalite özelliklerini ifade eden niteliksel verilerdir. Verilerin bu çeşitliliğinden dolayı kontrol grafikleri de niceliksel ve niteliksel diye ikiye ayrılır.

Niceliksel kalite verileri; uzunluk, hacim, hız vb bir ölçüm cihazı ile ölçülebilen verileri kapsarken, niteliksel kalite verileri; çatlak, kırık, pürüzlü, kokulu vb duyu organlarının kullanılması ile elde edilmiş verileri kapsar (Montgomery, 2009).

$\bar{X}$, R ve S kontrol grafikleri ölçülebilen veriler için kullanılan, niceliksel kontrol grafiklerdir; p, np, u, c kontrol grafikleri ise niteliksel kontrol grafik çeşitleridir (Çetin, 2001).

2.2.1. Niceliksel kontrol grafikleri

Bir üründen/partiden alınan örneklemin ölçülebilir özellikleri ile toplanan veriler ile oluşturulan kontrol grafiği türüdür. Bu veriler kullanılarak merkezi eğilimin ve değişkenliğin kontrol altında olup olmadığına bakılır. Ortalama için $\bar{X}$ grafikleri, değişkenlik için ise R (değişim aralığı) ve s (standart sapma) grafiklerinden faydalanılır (TSE, 1994).

2.2.1.1. $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri

Ortalamaların ve değişim aralıklarının dikkate alınarak değerlendirildiği kontrol grafiği türüdür. Bu grafiklerde her bir veri n birimlik örnek alınarak elde edilir. Her veri için $\bar{X}_i$ ve R_i değerleri hesaplanır. Bunların hesaplanması için Denklem (2.1) ve Denklem (2.2) kullanılır (Montgomery, 2009).

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{k=1}^n X_{ik}}{n} \quad (2.1)$$

$$R_i = X_{i(enb)} - X_{i(enb)} \quad (2.2)$$

Burada n her bir örnekteki birim sayısı, $\bar{X}_i$ i. örneklemin ortalaması, R_i i. örneklemin değişim aralığı, $X_{i(enb)}$ i. örneklemden en büyük değer, $X_{i(enb)}$ i. örneklemden en küçük değeri göstermektedir.

Bu değerler bulunduktan sonra kontrol limitleri Denklem (2.3)-(2.8) kullanılarak bulunur.

$$M\bar{C} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m} \quad (2.3)$$

$$AKL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (2.4)$$

$$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (2.5)$$

$$M\bar{C}_R = \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (2.6)$$

$$AKL_R = D_3 \bar{R} \quad (2.7)$$

$$\bar{ÜKL}_R = D_4 \bar{R} \quad (2.8)$$

MÇ, merkez çizgi, AKL ve ÜKL sırasıyla alt kontrol limiti ve üst kontrol limitini ifade eden kısaltmalardır.

$\bar{\bar{X}}$, ortalamaların ortalamasını ifade eder; $\bar{R}$, R değerlerinin ortalamasını ifade eder. A2, D3 ve D4 değerleri kontrol grafikleri için örnekteki birim sayısına bağlı olarak kontrol grafikleri için oluşturulan katsayılar tablosundan elde edilen değerlerdir.

Yukarıdaki denklemler ile hesaplanan değerler limit değerleri olup, verilerin hesaplanan AKL ile ÜKL arasında özel bir düzen göstermeksizin seyrediyor olması beklenir.

2.2.1.2. $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

$\bar{X}$ – s kontrol grafikleri, $\bar{X}$ – R kontrol grafiklerine çok benzerdir. Değişkenlik ölçümü için değişim aralığı yerine standart sapma kullanılır. Standart sapmanın hesaplanması için Denklem (2.9) kullanılır (Montgomery, 2009).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.9)$$

Standart sapma ise verilerin ortalamadan sapmalarının karelerinin toplamının örneklem sayısına bölündükten sonra karekökü alınarak bulunur.

$\bar{X}$ grafikleri önceki bölümde verilen limit hesaplamaları ile benzerdir. $\bar{X}$ ve s için kontrol limitleri Denklem (2.10)-(2.15) ile bulunur.

$$M\bar{C}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m} \quad (2.10)$$

$$AKL = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s} \quad (2.11)$$

$$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s} \quad (2.12)$$

$$M\bar{C}_s = \bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{s}_i}{m} \quad (2.13)$$

$$AKL_{\bar{s}} = B_3\bar{s} \quad (2.14)$$

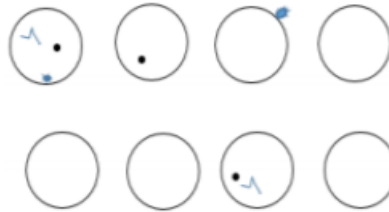
$$\bar{ÜKL}_s = B_4\bar{s} \quad (2.15)$$

B3 ve B4 yine örneklemdaki birim sayısına göre bulunan tablo değerleridir.

2.1.2. Niteliksel kontrol grafikleri

Ölçülemeyen özellikler için kullanılan kontrol grafikleridir. Koku, çatlak, kırık, çapak, pürüz gibi herhangi bir ölçüm aleti ile ölçülemeyip duyu organları ile fark edilen hata tipleri için kullanılır.

Niteliksel grafikler de kendi içinde kusur ve kusurlu olma durumuna göre çeşitlenir. Bu durumları inceleyen p, np, c ve u kontrol grafikleri oluşturulur. p kontrol grafiği kusurlu oranı ile ilgilenirken, np kontrol grafiği kusurlu sayısı ile ilgilenir. Buna karşın, bir birime düşen kusur sayısı u kontrol grafiği ile hesaplanırken, c kontrol grafiği kusur sayısı için hesaplanır. Şekil 2.1’de kusur ve kusurlu durumlarını anlayabilmek için bir örnek verilmiştir.



Şekil 2. 1: Kusur ve kusurlu durumlar için örnek

Şekil 2.1’de 8 birimlik örnek alınan bir örnek görülmektedir. Bu örnekteki kusur sayısı 7, bir birime düşen kusur oranı 7/8’dir. Kusurlu sayısı 4 ve kusurlu oranı 4/8’dir.

2.2.2.1. p-kontrol grafikleri

Yaygın olarak kullanılan niteliksel kontrol grafiği türüdür. Kusurlu ürünlerin sayısının toplam ürün sayısına bölünmesi ile elde edilen kusurlu oranı p ile gösterilir ve her bir örnek için hesaplanır. Son olarak $\bar{p}$, ortalama kusurlu oranı, hesaplanarak MÇ bulunur. p-kontrol grafiği için kontrol limitleri Denklem (4.16)- (2.18)’de görülmektedir (Montgomery, 2009).

$$M\check{C} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i p_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (2.16)$$

$$\check{U}KL_{\bar{p}} = \bar{p} + 3 * \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.17)$$

$$AKL_{\bar{p}} = \bar{p} - 3 * \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.18)$$

Karekök ile gösterilen hesaplanan kısım sürecin kusurlu oranının standart sapmasını göstermektedir (Top, 2001).

2.2.2.2. np-kontrol Grafikleri

np-kontrol grafikleri örnek büyüklüğünün sabit olduğu durumlarda kullanılır. Kusurlu ürün sayısı dikkate alınarak oluşturulan kontrol grafikleridir. MÇ ve ÜKL ile AKL Denklem (2.19)-(2.21) ile bulunur (Montgomery, 2009).

$$M\check{C} = n\bar{p} \quad (2.19)$$

$$\check{U}KL_{np} = n\bar{p} + 3 * \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.20)$$

$$AKL_{np} = n\bar{p} - 3 * \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} \quad (2.21)$$

2.2.2.3. c-kontrol Grafikleri

c-kontrol grafiği örnekteki kusur sayıları ile ilgilenir. np-kontrol grafikleri gibi c-kontrol grafikleri de sabit örnek büyüklüğü olduğunda kullanılır. c-kontrol grafiklerinin limitleri ve merkezi çizgisi Denklem (2.22)-(2.24) kullanılarak hesaplanır (Montgomery, 2009).

$$M\check{C} = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m} \quad (2.22)$$

$$AKL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.23)$$

$$\check{U}KL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.24)$$

2.2.2.4. u-kontrol Grafikleri

u-kontrol grafiği c-kontrol grafiğine benzer, ancak c-kontrol grafikleri kusur sayıları ile ilgilenirken u-kontrol grafikleri kusur sayılarının örneklemdaki birim başına düşme sayısı ile ilgilenir. MÇ ve kontrol limitleri Denklem (2.25)-(2.27) ile hesaplanır (Montgomery, 2009).

$$M\check{C} = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (2.25)$$

$$\check{U}KL_{\bar{u}} = \bar{u} + 3 * \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (2.26)$$

$$AKL_{\bar{u}} = \bar{u} - 3 * \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (2.27)$$

Buraya kadar bahsedilen kontrol grafikleri ve limitlerin bulunması için verilen denklemler klasik kontrol grafiklerini kapsamaktadır. Klasik kontrol grafikleri için

kullanılan veriler kesin sayı diye adlandırılan sayılardan elde edilir. Bu kesin sayıların kontrol grafiklerinin oluşturulması sonunda uzman, kontrol grafiğini yorumlar. Burada uzmanın kararlarını sorgulayabileceği bazı durumlar oluşabilir. Bu durumlardan biri olarak, tam kontrol limit değerinde olan bir verinin bulunduğu süreç ile ilgili karar vermek gerektiğinde uzman, sürecin kontrol edilirliliği ile ilgili çelişkili düşüncelere kapılabilir.

Başka bir çelişki olarak görülebilecek durum ise, veri toplarken oluşabilecek çelişkilerdir. Niceliksel veri için ölçüm yapılan aletin veya ölçümü yapan kişinin tam anlamıyla doğru sonucu vereceğini düşünmek günlük hayatla çelişen bir durumdur. Niteliksel verileri kesin sayılarla ifade etmek daha da güçleşir. Tüm bu durumlar düşünüldüğünde kontrol grafiği oluştururken kesin sayılardan ziyade bulanık sayıların kullanılmasının işlemleri karmaşıktırmasına rağmen daha gerçekçi sonuçlar vereceği öngörülebilir.

Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışma bulanık sayıların kontrol grafiklerine uyarlanması ile ilgilenmektedir. Bunun için ilk olarak bulanık küme teorisinden bahsedilecek ardından literatür araştırması yapılarak, araştırma sonucunda kontrol grafikleri için tip-1 bulanık sayıların kullanıldığı ancak bulanıklığın arttığı AT2BS ve SBS ile yapılan çalışmaların kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu çalışma, literatürdeki çalışmaların azlığı ve bu alanda açık olduğu düşünülen aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri ve sezgisel bulanık kontrol grafiklerinin geliştirilmesi ile ilgilidir. Çalışma kapsamında AT2BS ve SBS'in hesaplama operatörlerinden yararlanılarak yeni bulanık kontrol limitleri elde edilecektir. Elde edilen bu limitler ve bulanık sayılar için farklı bulanık yöntemler kullanılarak kontrol grafikleri oluşturulacaktır.

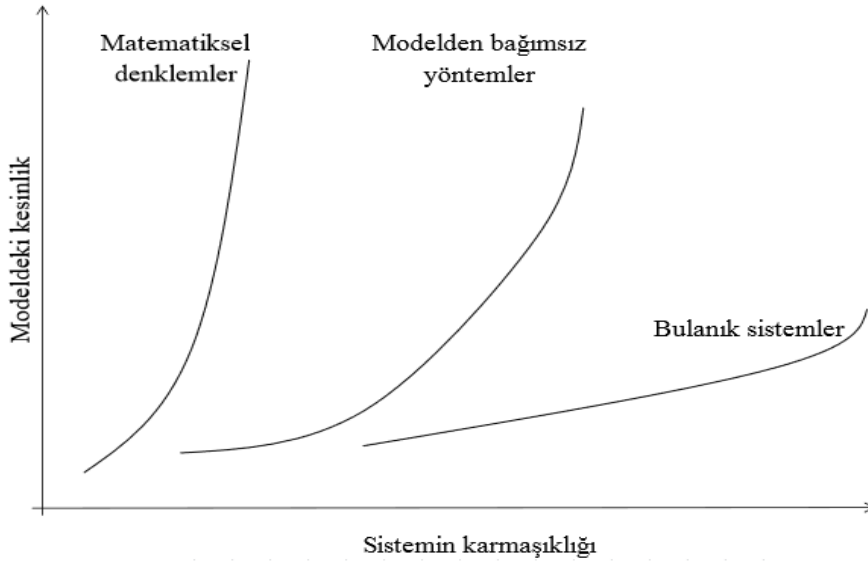
Geliştirilen aralık tip-2 bulanık ve sezgisel bulanık kontrol grafiklerinin sonuçları ile klasik kontrol grafiği sonuçları kıyaslanacaktır.

3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜME TEORİSİ

Gerçek hayat problemleri karmaşıktır, genellikle bu karmaşıklıklar bilinmeyen belirsizlikten kaynaklanır. İnsanların içgüdüleri ve bilinçaltıları bu karmaşıklıklara ve belirsizliklere çözüm aramaya meyillidir. Bu problemlerin temelinde yatan karmaşıklık ve belirsizlik düzeyleri de farklıdır. Problemde karmaşıklık ve belirsizlik az ise genellikle sayısal yöntemler ve klasik modeller ile çözüm üretilebilir. Fakat belirsizlik ve karmaşıklık arttığı zaman bu problemlerin çözümünde bahsedilen yöntemler yetersiz kalmaktadır. İnsanların tasarlamış olduğu bilgisayar veya programlar karmaşık olan problemleri çözme noktasında yeterli yeteneğe sahip değiller, ancak insanoğlu doğası gereği her türlü problemi çözme ihtiyacı hisseder. Burada en önemli etken insanoğlunun karşılaştığı problemi muhakeme edebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Bunun sonucu olarak karmaşık bir problemin muhakemesi yapıldığında insanlar, problem ile ilgili genel bir kavrayış ve sistemin davranışı ile ilgili bir sonuca varabilirler. Bu nedenle özellikle büyük, belirsiz ve karmaşık olan sistemleri insan mantığına dayanan modellerle çözmek gerekebilir (Ross, 1995).

Zadeh (1973) bir sistemin karmaşıklığının artmasının, sistem davranışı için kurulan kesin ve anlamlı ifadelerin yeteneğinin belirli bir eşığe kadar düşmesine bağlar. Bu eşik değerinden sonra anlamlılık ile kesinlik neredeyse birbirinden tam anlamıyla bağımsız özellikler olarak tanımlanabilir (Ross, 1995). Buna göre, bir problem daha ayrıntılı incelendiğinde karmaşıklık ile belirsizlik ilişkilidir ve bu da problemin çözümünü daha fazla bulanıklaştırır (Zadeh, 1973).

Sistemin karmaşıklığının azalması sistem hakkında sahip olduğumuz bilginin fazlalığı ile ilişkilidir. Ayrıca, sistem ile ilgili bilgimiz arttıkça, sistemin anlaşılabilirliği de artar. Karmaşıklık azaldığında, sistem için kurulan model ve hesaplamaya dayanan yöntemler tarafından elde edilen sonuçlar daha kesin ve daha yararlı hale gelir. Şekil 3.1’de gösterilen grafik, sistem karmaşıklığı ile sistem modellerinin kesinlik dereceleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Ross, 1995).



Şekil 3. 1. Sistem karmaşıklığı ile modeldeki kesinlik arasındaki ilişki

Matematiksel denklemler, belirsizliği ve karmaşıklığı az olan sistemler için kullanılmaktadır. Sistemin diğer yöntemlere göre daha kesin olarak tanımlanabilmesine yardımcı olur. Karmaşıklığı daha fazla olan ama aynı zamanda anlamlı verilerin bulunduğu sistemlerde ise modelden bağımsız yöntemler –sezgisel yöntemler, yapay sinir ağları gibi- kullanılır. Bu yöntemler verileri kullanarak sistemin öğrenmesini sağlar ve belirsizliği azaltarak çözüme ulaşır. Sayısal verilerin çok az olduğu veya sadece belirsiz verilerin bulunduğu sistemler ise karmaşık sistem olarak tanımlanmıştır ve bu sistemler için bulanık mantık kullanılır. Bulanık yöntemler ile yaklaşık bir sonuca ulaşılarak sistemin davranışı anlaşılır.

Bahsedilen tüm modeller, bulanık modeller ve/veya doğrusal olmayan modeller ile tanımlanabilir. Bu noktada önemli olan sistem karmaşıklığı ile seçilen modelin karmaşıklığının birbiri ile uygun olmasıdır. Bulanık modeller, belirsizliği fazla olan veya eksik verilerin bulunduğu sistemler için etkin modeller iken, kesin bilgilerin var olduğu sistemlerde matematiksel denklemlere göre daha az etkindir (Ross, 1995).

3.1. Bulanık Kümeler

Zadeh ilk olarak bulanık küme kavramından 1965 yılında bahsetmiştir ve bu kümeleri üyelik derecelerine sahip olan bir grup olarak ifade etmiştir (Zadeh, 1965). Her bir

nesne için $[0, 1]$ aralığında üyelik dereceleri tanımlanmış ve bu üyelik derecelerine de üyelik fonksiyonu denmiştir. 0 sayısına sahip nesne o kümenin üyesi olmadığını; 1 sayısına sahip nesne ise o kümenin tam üyesi olduğunu gösterir. Bu iki sayı arasındaki herhangi bir sayı ise, o üyelik derecesine sahip olan nesnenin kümeye kısmi üyeliğini veya kümeye üyelik derecesini gösterir (Özkan, 2003). Aşağıdaki fonksiyon ifadesi klasik kümelerdeki üyelik fonksiyonunu göstermektedir. Buna göre üyelik değeri ya 0 ya da 1 olabilmektedir. İkinci fonksiyon ifadesi ise bulanık kümelerdeki üyelik derecesini tanımlamaktadır (Ross, 1995).

$$X_A = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0, 1]$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ simgesi kümede tanımlanan x elemanının $\tilde{A}$ bulanık kümesindeki üyelik derecesini tanımlar. Matematiksel olarak klasik ve bulanık küme farkını tanımladıktan sonra aşağıda bir örnek ile bulanık kümenin anlaşılabilirliği artırılmak istenmiştir.

Kilo ile ilgili bir küme tanımlanmak isteniyor olsun. 120 kg sınır olarak belirlenmiş ve bu kilonun üzerindeki kilolu olarak tanımlandığı düşünülürse, bu klasik küme yaklaşımına göre 119,9 kg olan kişi kilolu olmayacaktır. Aynı örnek bulanık küme olarak ele alınacak olursa ve sözel ifadeye dönüştürürse; “yaklaşık 120 kg ve üzeri olan kişiler kiloludur” denilebilir ve yaklaşık değerlere karşılık gelecek üyelik derecesi hesaplanabilir. Bu örnek için 119,9 kg olan kişi 0,9 üyelik derecesiyle kiloludur denebilir.

Sıradan bulanık bir küme, bir elemanı ve o elemanın kümeye ait olma derecesini gösteren üyelik değeriyle birlikte ifade edilir:

$$\tilde{A} = (x, \mu_{\tilde{A}}(x)), \forall x \in E$$

Eğer bulanık kümenin tanımlandığı evrensel küme sonlu ise bulanık küme şu şekilde gösterilir:

$$\tilde{A} = \sum_i^n \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i} = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_n)}{x_n}$$

Eğer bulanık kümenin tanımlandığı evrensel küme sonsuz ise bulanık küme şu şekilde gösterilir:

$$\tilde{A} = \int \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i}, \forall x_i \in E$$

Yukarıdaki denklemlerde kullanılan $\sum$, $\int$ ve $+$ işaretleri cebirsel olarak kullanılan toplama veya integral anlamlarına gelmemektedir. $\sum$ ve $\int$ işaretleri, bulanık elemanların bulundukları evrenin, sırasıyla, kesikli ve sürekli olduğunu belirtmektedir (Özkan, 2003).

3.2. Tip-1 Bulanık Sayılar

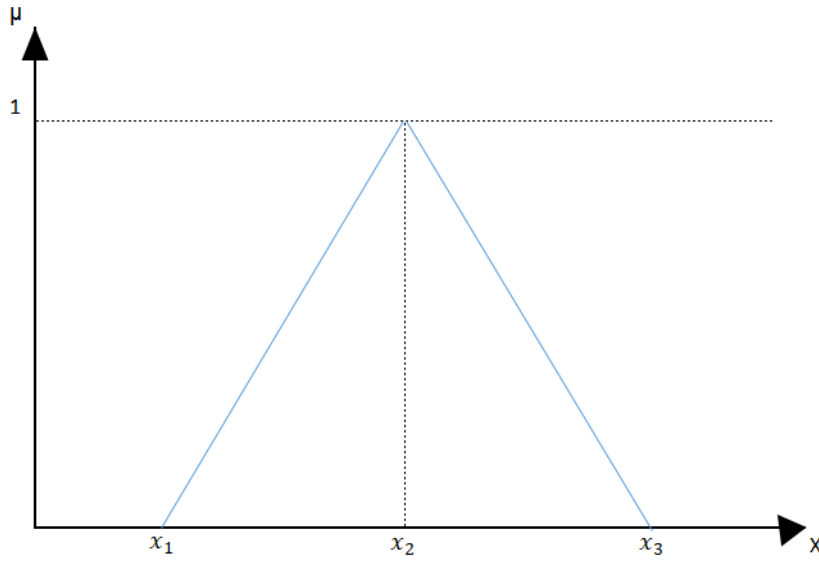
Tip-1 bulanık sayılar üyelik değerleri kesin olan sayılardır. Bazı durumlarda tip-1 bulanık sayılar bir üyelik değeri ile ifade edilmeyip fonksiyonlar tanımlanır. Üçgen ve yamuk bulanık sayılar en yaygın kullanılan tip-1 bulanık sayı türlerindendir.

3.2.1. Üçgen bulanık sayılar

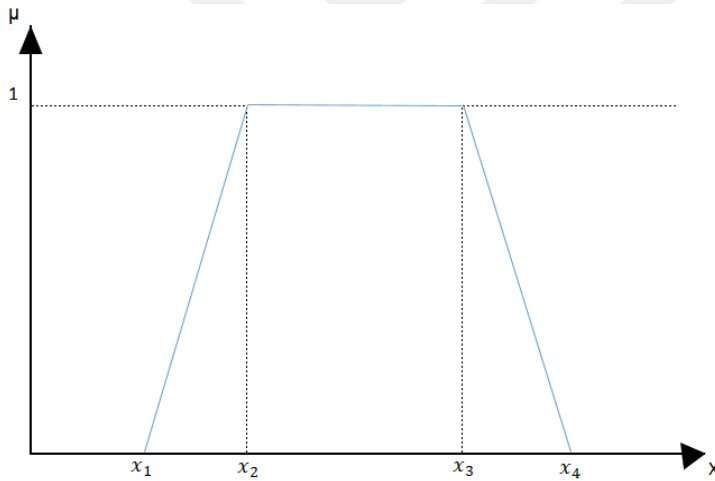
Üyelik fonksiyonunun doğrusal olarak basit ifade edilmesinden dolayı üçgen bulanık sayılar tercih edilmektedir. $\tilde{X} = (x_1; x_2; x_3)$ şeklinde ifade edilen üçgen bulanık sayılarda; x_1 sayının olası en düşük değerini, x_2 sayının en olası değerini ve x_3 de sayının olası en yüksek değerini göstermektedir (Chen ve Hwang, 1992). Şekil 3.2 üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonunu göstermektedir.

3.2.2. Yamuk bulanık sayılar

Üçgen bulanık sayılara benzeyen yamuk bulanık sayılar da doğrusal üyelik fonksiyonlarına sahiptir. Yamuk bulanık bir sayı $\tilde{X} = (x_1; x_2; x_3; x_4)$ şeklinde gösterilir. Yamuk bulanık sayıları üçgen bulanık sayılardan ayıran özellik en yüksek olası değerinin tek bir sayı yerine bir aralık değer ile ifade edilmesidir. Şekil 3.3 yamuk bulanık sayının üyelik fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 3. 2. Üçgen bulanık sayı için üyelik fonksiyonu



Şekil 3. 3. Yamuk bulanık sayı için üyelik fonksiyonu

3.3. Aralık Tip-2 Bulanık Sayılar

Tip-2 bulanık küme ilk olarak Zadeh (1974) tarafından tanımlanmıştır. Zadeh (1974) bulanıklığın sadece kümeye ait olan sayılar için değil, üyelik dereceleri için de olabileceğini belirtmiştir. Diğer bir ifade ile üyelik derecelerinin sıradan bulanık küme olduğu sayılara tip-2 bulanık sayılar denir. Bahsedilen ifadelerin matematiksel olarak gösterilmesi şu şekildedir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow \tilde{\zeta}([0, 1])$$

Burada, $\tilde{\zeta}([0, 1])$ evrensel kümede tanımlanan bütün sıradan bulanık kümelerin kümesel gösterimidir.

Gerçek hayatta bulanık sayıların üyelik derecelerini tam olarak belirlemek genellikle kolay değildir ve bu nedenle de tip-2 bulanık kümeler kullanılabilir. Ancak bu noktada tip-1 bulanık sayılara göre en az 2 kat veri toplamak zorunda kalınır.

Tip-2 bulanık sayılardaki hesaplamaları kolaylaştırmak adına geliştirilen AT2BS, bulanık sayıların doğruluk kavramları ile üyelik derecelerinin seviyelerini birleştirmiştir (Zadeh, 1975).

X evrensel kümesine ait bir $\tilde{A}$ AT2BS, $J_x [0, 1]$ aralığını ifade etmek üzere $\mu_{\tilde{A}}(x)$ tip-2 üyelik fonksiyonu ile ifade edilir (Zadeh, 1975):

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

AT2BS ise her $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$ değerinin 1 olduğu durumlar için tanımlanır (Buckley, 1985).

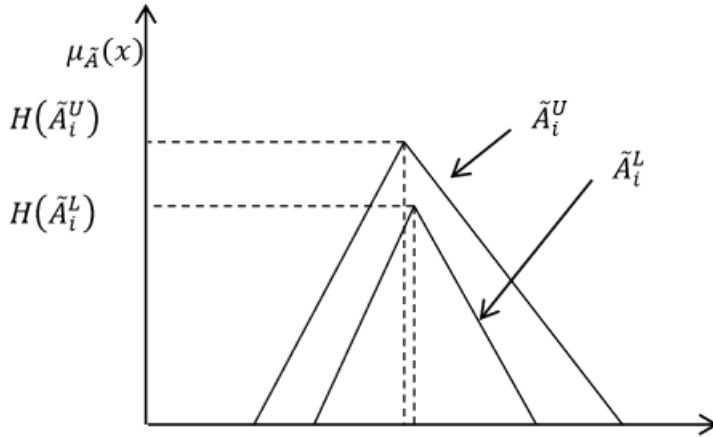
AT2BS'in üst üyelik fonksiyonları bir tip-1 bulanık küme ve alt üyelik fonksiyonları da bir başka tip-1 bulanık küme olarak tanımlanabilir (Mendel ve diğ., 2006). Tip-1 bulanık sayılara benzer bir şekilde AT2BS da üçgen ve yamuk AT2BS olarak ayrılmaktadır. Bu iki sayı AT2BS içinde en yaygın kullanılan iki sayıdır.

3.3.1. Aralık tip-2 üçgen bulanık sayılar

$\tilde{A}_i^L$ ve $\tilde{A}_i^U$ tip-1 bulanık kümeler ve $\tilde{A}_i^L$ alt üyelik fonksiyonu, $\tilde{A}_i^U$ üst üyelik fonksiyonu olmak üzere aralık tip-2 üçgen bulanık $\tilde{\tilde{A}}_i$ kümesi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\tilde{\tilde{A}}_i = (\tilde{A}_i^U, \tilde{A}_i^L) = \left((a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U; H(\tilde{A}_i^U)), (a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L; H(\tilde{A}_i^L)) \right)$$

$a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U$ değerleri üst üyelik fonksiyonu için ve $a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L$ değerleri de alt üyelik fonksiyonu için tanımlama noktalarıdır. $H(\tilde{A}_i^U)$ ve $H(\tilde{A}_i^L)$ ise sırasıyla üst ve alt üyelik fonksiyonlarının alabileceği en büyük üyelik derecesini göstermektedir. Bu değerler 1'e eşit veya küçük olmak zorundadır. Aralık tip-2 üçgen bulanık sayı olan $\tilde{\tilde{A}}_i$ sayısı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Aralık tip-2 üçgen bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonu

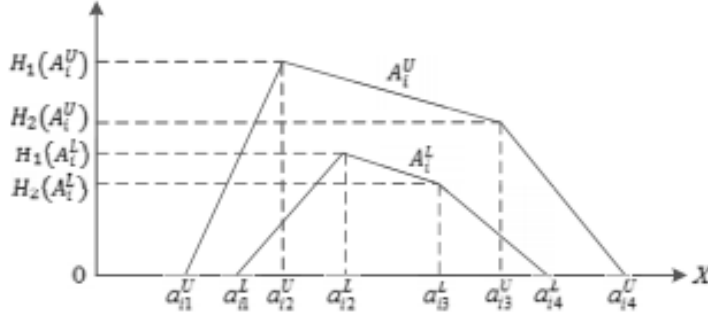
3.3.2. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar

Aralık tip-2 üçgen bulanık sayılara benzemektedir fakat burada farklı olarak alt ve üst üyelik fonksiyonları tip-1 yamuk bulanık sayılardır. $\tilde{A}_i^L$ ve $\tilde{A}_i^U$ tip-1 bulanık kümeler olmak üzere aralık tip-2 yamuk bulanık $\tilde{\tilde{A}}_i$ kümesinin alt üyelik fonksiyonu $\tilde{A}_i^L$, üst üyelik fonksiyonu $\tilde{A}_i^U$ olmak üzere aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\tilde{\tilde{A}}_i = \left((a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U; H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)), (a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L; H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L)) \right)$$

$a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U$ ile belirtilen değerler üst üyelik fonksiyonu için tanımlama noktaları ve $a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L$ ile belirtilen değerler ise alt üyelik fonksiyonu için tanımlama noktalarıdır. $H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)$ üst üyelik fonksiyonlarının sırasıyla a_{i2}^U, a_{i3}^U tanımlama noktalarına karşılık gelen üyelik derecelerini, $H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L)$ alt üyelik fonksiyonlarının sırasıyla a_{i2}^L, a_{i3}^L tanımlama noktalarına karşılık gelen üyelik derecelerini göstermektedir. Aralık tip-2 üçgen

sayılardaki üyelik derecelerine benzer şekilde bu değerler de 1'e eşit veya küçük olmalıdır. aralık tip-2 yamuk bulanık sayı, $\tilde{\tilde{A}}_i$, Şekil 3.5'te gösterilmektedir:



Şekil 3. 5. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayıların üyelik fonksiyonu

Bu çalışma kapsamında hesaplamalar yamuk bulanık sayılar üzerinden yapılacaktır. Bunun en başlıca nedeni, yamuk bulanık sayıların tepe değerlerini ifade eden referans noktaları ve buna karşılık gelen üyelik dereceleri birbirlerine eşit olursa yamuk olan sayı üçgen sayıya dönüşmüş olur. Bu durum matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir, $\tilde{\tilde{A}}_i$ aralık tip-2 yamuk bulanık sayı olsun. Eğer $a_{i2}^U = a_{i3}^U$ ve $H_1(\tilde{A}_i^U) = H_2(\tilde{A}_i^U)$ ile $a_{i2}^L = a_{i3}^L$ ve $H_1(\tilde{A}_i^L) = H_2(\tilde{A}_i^L)$ değerleri birbirine eşit olursa o zaman aralık tip-2 yamuk olarak verilen sayı aralık tip-2 üçgen bulanık sayıya dönüşür.

Aralık tip-2 yamuk bulanık sayıları kullanmanın ve onlarla işlem yapmanın bir avantajı da yamuk ve üçgen sayıları bir arada kullanabilmeyi sağlamaktadır. Diğer türlü üçgen sayılar için yapılan işlemler yamuk sayıları kapsamadığından, iki tür sayı aynı anda kullanılamayacaktır.

Çalışma kapsamında yamuk sayılar kullanılacağı için onlarla ilgili aritmetik operatörler verilmiştir (Chen ve Lee, 2010). $\tilde{\tilde{A}}_1$ ve $\tilde{\tilde{A}}_2$ aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar olmak koşuluyla,

Toplama işlemi:

$$\begin{aligned} \widetilde{\widetilde{A}}_1 + \widetilde{\widetilde{A}}_2 = & \left(\left(a_{11}^U + a_{21}^U, a_{12}^U + a_{22}^U, a_{13}^U + a_{23}^U, a_{14}^U + a_{24}^U; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_1^U \right); H_1 \left(\widetilde{A}_2^U \right) \right), \right. \right. \\ & \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_1^U \right); H_2 \left(\widetilde{A}_2^U \right) \right) \right), \left(a_{11}^L + a_{21}^L, a_{12}^L + a_{22}^L, a_{13}^L + a_{23}^L, a_{14}^L + \right. \\ & \left. \left. a_{24}^L; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_1^L \right); H_1 \left(\widetilde{A}_2^L \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_1^L \right); H_2 \left(\widetilde{A}_2^L \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (3.1)$$

Çıkarma işlemi:

$$\begin{aligned} \widetilde{\widetilde{A}}_1 - \widetilde{\widetilde{A}}_2 = & \left(\left(a_{11}^U - a_{24}^U, a_{12}^U - a_{23}^U, a_{13}^U - a_{22}^U, a_{14}^U - a_{21}^U; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_1^U \right); H_1 \left(\widetilde{A}_2^U \right) \right), \right. \right. \\ & \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_1^U \right); H_2 \left(\widetilde{A}_2^U \right) \right) \right), \left(a_{11}^L - a_{24}^L, a_{12}^L - a_{23}^L, a_{13}^L - a_{22}^L, a_{14}^L - \right. \\ & \left. \left. a_{21}^L; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_1^L \right); H_1 \left(\widetilde{A}_2^L \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_1^L \right); H_2 \left(\widetilde{A}_2^L \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (3.2)$$

Çarpma işlemi:

$$\begin{aligned} \widetilde{\widetilde{A}}_1 * \widetilde{\widetilde{A}}_2 = & \left(\left(a_{11}^U * a_{21}^U, a_{12}^U * a_{22}^U, a_{13}^U * a_{23}^U, a_{14}^U * a_{24}^U; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_1^U \right); H_1 \left(\widetilde{A}_2^U \right) \right), \right. \right. \\ & \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_1^U \right); H_2 \left(\widetilde{A}_2^U \right) \right) \right), \left(a_{11}^L * a_{21}^L, a_{12}^L * a_{22}^L, a_{13}^L * a_{23}^L, a_{14}^L * \right. \\ & \left. \left. a_{24}^L; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_1^L \right); H_1 \left(\widetilde{A}_2^L \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_1^L \right); H_2 \left(\widetilde{A}_2^L \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Sabit k değeri ile çarpma:

$$\begin{aligned} k * \widetilde{\widetilde{A}}_l = & \left(\left(k * a_{i1}^U, k * a_{i2}^U, k * a_{i3}^U, k * a_{i4}^U; H_1 \left(\widetilde{A}_l^U \right), H_2 \left(\widetilde{A}_l^U \right) \right), \left(k * a_{i1}^L, k * a_{i2}^L, \right. \right. \\ & \left. \left. k * a_{i3}^L, k * a_{i4}^L; H_1 \left(\widetilde{A}_l^L \right), H_2 \left(\widetilde{A}_l^L \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (3.4)$$

3.4. Sezgisel Bulanık Sayılar

Bulanık küme teorisine göre bir elemanın bir kümeye üye olma derecesi vardır ve bu teorelin günlük hayattaki pek çok durumu çözümlemekte fayda sağlayan bir araç olduğu gösterilmiştir. SBS, tip-1 bulanık sayıların yetersiz olduğu durumlar için kümeyi tanımlamada alternatif bir yaklaşım olarak karşımıza çıkar (Kumar ve Yadav, 2012).

Günlük hayatta, bir nesnenin bir kümeye ait olma derecesi tanımlanabilir ama bu ait olma derecesi içinde ait olmama durumunu da içerir. Diğer bir ifadeyle, nesnenin kümeye üye olma derecesi konusunda belirsizlik ve tereddütler olabilir. Bu nedenle SBS tanımlanmış ve belirsizliği ifade edebilmek için üye olma derecesinin yanında bir de üye olmama derecesi ortaya konulmuştur (Davarzani ve Khorheh, 2013). Bir örnek vermek gerekirse, iş seçim sürecinde sadece istenilen özelliklere bakarak karar vermek yerine istenilen özelliklerin olmama durumuna bakarak karar vermeyi sağlar. Yani karar verme sürecinde üye olma ve olmama durumları tanımlanmış olur. Bu ve buna benzer pekçok karar verme süreci gerçek hayatta karşımıza çıkar. SBS da bu tip kararları vermede hem bilgi kaybını azaltmak hem de daha doğru karar vermeyi sağlamak için geliştirilmiştir.

İlk olarak Atanassov (1986) tarafından ortaya atılan SBS, aslında tip-1 bulanık sayıların uzantılı bir halidir. Atanassov (1986) SBS ile ilgili bazı tanımlamalara ve ifadelere yer vermiştir. Önceden de bahsedildiği gibi üyelik derecesi ve üye olmama derecesi diye ifade edilen iki fonksiyon tanımlanmıştır.

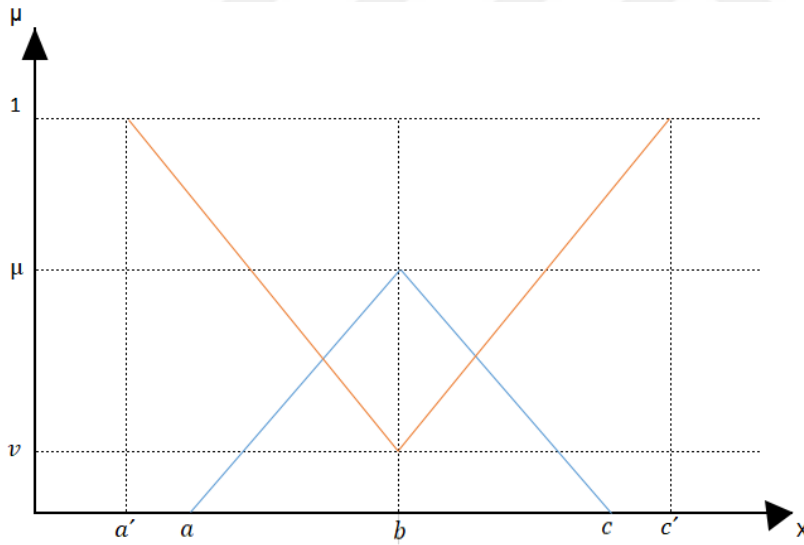
$\tilde{A}$ sezgisel bulanık kümesi, X evrensel kümesinden türetilmiş olsun ve $\mu A(x): X \rightarrow [0,1]$, $\nu A(x): X \rightarrow [0,1]$ ve $0 \leq \mu A(x) + \nu A(x) \leq 1$ şeklinde tanımlanmış olsun. Bu durumda sezgisel bulanık $\tilde{A}$ kümesi; $\tilde{A} = \{ \langle x, \mu A(x), \nu A(x) \rangle : x \in X \}$ olarak tanımlanır. Bulanık kümeye üye olma fonksiyonu $\mu A(x)$ ve bulanık kümeye üye olmama fonksiyonu ise $\nu A(x)$ ile gösterilmektedir.

Tanımda üye olma ve olmama derecesinin toplamının 1'den küçük veya eşit olmasından bahsedilmektedir. Bu eşitsizlikten yola çıkarak, $\mu A(x) \leq 1 - \nu A(x)$ eşitsizliği elde edilebilir. Bu durumda üyelik fonksiyonu $[\mu A(x), 1 - \nu A(x)]$ aralığında genişletilebilir (Shu vd., 2006).

Tip-1 bulanık küme mantığından farklı olarak sezgisel bulanık küme teorisi, tereddüt veya kararsızlık derecesi tanımlar. Tereddüt derecesi: $\pi A = 1 - (\mu A(x) + \nu A(x)) = 1 - \nu A(x) - \mu A(x)$ olarak tanımlanır.

3.4.1 Sezgisel üçgen bulanık sayılar

Üyelik ve üye olmama fonksiyonu olmak üzere iki fonksiyon ile tanımlanan ve bu iki fonksiyonu iç ve dış bükey üçgen fonksiyonlar olan kümeler sezgisel üçgen bulanık kümeler denir. $\tilde{A}$ sezgisel bulanık bir sayı olmak üzere; (a, b, c) üyelik fonksiyonunun tanımlama noktaları ve (a', b, c') üye olmama fonksiyonunun tanımlama noktalarıdır. $(\mu; \nu)$ ise sırasıyla üyelik derecesi ve üye olmama derecesini ifade eder ve b orta tanımlama noktasının karşılığına gelen değerlerdir. Üçgen sezgisel bulanık bir sayı matematiksel olarak şöyle ifade edilir: $\tilde{A} = ((a, b, c), (a', b, c'); (\mu; \nu))$ Matematiksel ifadenin gösterimi Şekil 3.6'daki gibidir.

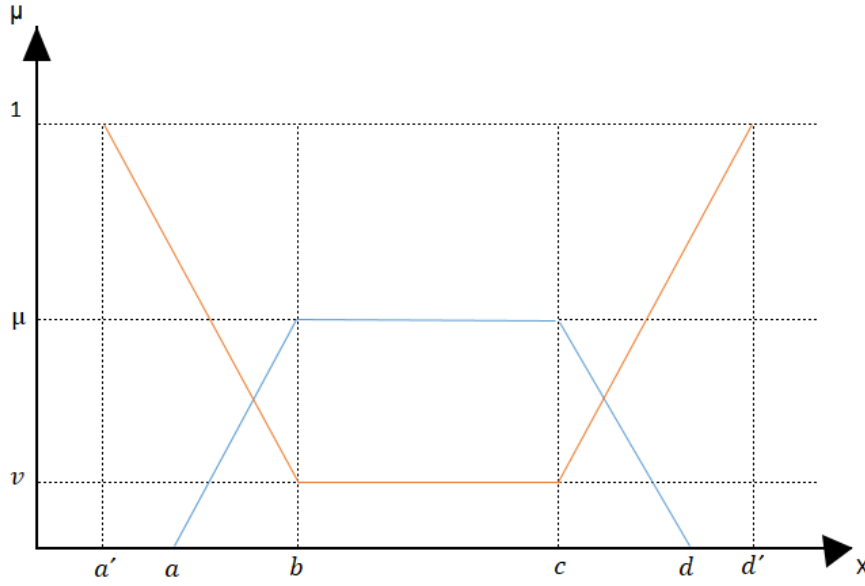


Şekil 3. 6. Sezgisel üçgen bulanık sayılar ve üyelik- üye olmama fonsiyonu

3.4.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar

Üyelik ve üye olmama fonksiyonu olmak üzere iki fonksiyon ile tanımlanan ve bu iki fonksiyonu da iç ve dış bükey yamuk fonksiyonlar olan kümeler sezgisel yamuk bulanık kümeler denir. $\tilde{A}$ sezgisel yamuk bulanık bir sayı olmak üzere; (a, b, c, d) üyelik

fonksiyonunun tanımlama noktaları ve (a', b, c, d') üye olmama fonksiyonunun tanımlama noktalarıdır. $(\mu; v)$ ise sırasıyla üyelik derecesi ve üye olmama derecesini ifade eder ve $[b, c]$ orta tanımlama aralığının karşılığı olan değerlerdir. Yamuk sezgisel bulanık bir sayının matematiksel gösterimi şu şekildedir; $\tilde{A} = ((a, b, c, d), (a', b, c, d'); (\mu; v))$. Matematiksel ifadenin gösterimi Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3. 7. Sezgisel yamuk bulanık sayılar ve üyelik- üye olmama fonksiyonu

Çalışma kapsamında hesaplamalar sezgisel yamuk bulanık sayılarla yapılmıştır. Bunun en başlıca nedeni, AT2BS'da olduğu gibi, yamuk bulanık sayıların tepe değerlerini ifade eden tanımlama noktaları eşit olursa yamuk olan sayı üçgen sayıya dönüşmüş olur. Bu durum matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir, $\tilde{A}$ sezgisel yamuk bulanık sayı olsun. Eğer $b = c$ olursa o zaman sezgisel yamuk bulanık olarak tanımlanan sayı sezgisel üçgen bulanık sayıya dönüşür.

Sezgisel yamuk bulanık sayıları kullanmanın ve onlarla işlem yapmanın bir avantajı da yamuk bulanık ve üçgen bulanık sayıları bir arada kullanabilmeyi sağlamaktadır. Diğer türlü üçgen bulanık sayılar için yapılan işlemler yamuk bulanık sayıları kapsamadığından, iki tür sayı aynı anda kullanılamayacaktır.

Çalışma kapsamında sezgisel yamuk bulanık sayılar kullanılacağı için onlarla ilgili aritmetik operatörler verilmiştir (Jianqiang ve Zhong, 2009). $\hat{A}_1$ ve $\hat{A}_2$ sezgisel yamuk bulanık sayılar olmak üzere,

Toplama işlemi:

$$\hat{A}_1 + \hat{A}_2 = ((a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2), (a'_1 + a'_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d'_1 + d'_2); (\mu_1 + \mu_2 - \mu_1 * \mu_2; v_1 * v_2)) \quad (3.5)$$

Çıkarma işlemi:

$$\hat{A}_1 - \hat{A}_2 = ((a_1 - d_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d_1 - a_2), (a'_1 - d'_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d'_1 - a'_2); (\mu_1 + \mu_2 - \mu_1 * \mu_2; v_1 * v_2)) \quad (3.6)$$

Çarpma işlemi:

$$\hat{A}_1 * \hat{A}_2 = ((a_1 * a_2, b_1 * b_2, c_1 * c_2, d_1 * d_2), (a'_1 * a'_2, b_1 * b_2, c_1 * c_2, d'_1 * d'_2); (\mu_1 * \mu_2; v_1 + v_2 - v_1 * v_2)) \quad (3.7)$$

Sabit k değeri ile çarpma:

$$k * \hat{A}_1 = ((k * a_1, k * b_1, k * c_1, k * d_1), (k * a'_1, k * b_1, k * c_1, k * d'_1); (1 - (1 - \mu_1)^k; v_1^k)) \quad (3.8)$$

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Hem AT2BS hem de SBS'ın kullanıldığı kontrol grafiklerini oluşturmak için çeşitli yöntemler denenmiştir. Bunlar; sıralama, olasılık, uzaklık ve durulaştırma olmak üzere dört ana başlıkta toplanabilir.

Çalışmanın çıkış noktalarından biri farklı karar verme problemlerinde kullanılan bahsi geçen yöntemlerin bulanık kontrol grafiklerine uyarlanıp uyarlanamayacağını incelemektir. Bir diğeri ise aralık tip-2 ve sezgisel bulanık kontrol grafikleri ile ilgili çalışmaların çok kısıtlı olması ve literatüre katkı sağlamasıdır.

Bu çalışmada kullanılan uzantılı bulanık sayılar (AT2BS ve SBS) için literatürde kullanılan bazı formüller, çalışmanın bu bölümünde verilecektir. Ayrıca her yöntem için kontrol grafiğine nasıl uyarlandığı ile ilgili genel bir bilgi yine bu bölümde anlatılacaktır.

Çalışma kapsamında kullanılan yöntemler literatürde sıkça karşılaşılabilen, pek çok yayına atıf olmuş çalışmalardan alınmıştır. Bu alanda çok çeşitli yaklaşımlar olmak ile birlikte bu çalışma kapsamında AT2BS için özellikle hiçbir özel durum barındırmaksızın kullanılabilen yaklaşımlar seçilmiştir. Diğer bir ifade ile aralık tip-2 yamuk sayıların en olası değerleri için üyelik derecelerinin eşit olması ve/veya aralık tip-2 yamuk sayıların simetrik olması gibi özel durumları barındırmayan yaklaşımlar seçilmiştir. Bu nedenle daha genel ve kapsayan bir çalışma olması istenmektedir.

Literatürde, sezgisel yamuk bulanık sayılar, genellikle, tepe değerleri eşit olan ve bu eşit değerlere karşılık üyelik ve üye olmama dereceleri verilen sayılar olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle tez kapsamında kullanılan sezgisel yamuk bulanık sayı yöntemleri eşit üyelik derecesi ve eşit tepe değerine sahip yamuk sayılara göre düzenlenmiştir.

4.1. Sıralama Yöntemleri

Literatürde sıralama yönteminin kullanıldığı ve çeşitli sıralama yöntemlerinin geliştirildiği çalışmalar bulunmaktadır. Kontrol grafikleri ile ilgili böyle bir çalışmaya erişilebilen literatürde rastlanmamıştır. Yöntemin kullanılmak istenmesinin çıkış noktası, karar verme problemlerinde karar verici sıralama yaklaşımlarını kullanarak karar vermektedir. Böyle düşünüldüğünde, kontrol grafikleri de bir karar verme problemidir ve hem veriler hem de kontrol limitlerinin sıralama değerleri bulunup; ardından üst kontrol limitinin sıralama değerinden yüksek olan ve alt kontrol limitinin sıralama değerinden düşük olan veriler görülebilir.

4.1.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için sıralama yöntemleri

Chen vd. aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için bir sıralama yaklaşımı geliştirmiştir (2012). Aralık tip-2 yamuk sayılar için geliştirilen sıralama yöntemi (SY) Denklem (4.1)'de görülmektedir.

$$SY1(\tilde{A}_i) = \left[\frac{a_{i1}^U + a_{i4}^U}{2} + K_i + \frac{(H_1(A_i^U) + H_2(A_i^U) + H_1(A_i^L) + H_2(A_i^L))}{4} \right] * \left[\frac{a_{i1}^U + a_{i2}^U + a_{i3}^U + a_{i4}^U + a_{i1}^L + a_{i2}^L + a_{i3}^L + a_{i4}^L}{8} + K_i \right] \quad (4.1)$$

K_i değeri negatif olan sayıları pozitifeye çekmeyi sağlayan değerdir. Ancak çalışma kapsamında bu değer 0'dır, çünkü kontrol grafikleri için toplanan verilerin hiç biri negatif olamayacağı için tüm değerler pozitifdir.

Qin ve Liu'nun geliştirdiği sıralama yöntemi ise sayının kendi içinde ard arda gelen referans noktalarının ortalaması ve standart sapması ile elde edilmiştir (2015). Geliştirilen yaklaşım Denklem (4.2)'de verilmiştir.

$$SY2(\tilde{A}) = \sum_{i=1}^3 (M_i(A^U) + M_i(A^L)) - \frac{1}{4} \sum_{i=1}^3 (S_i(A^U) + S_i(A^L)) + \sum_{i=1}^2 (H_i(A^U) + H_i(A^L)) \quad (4.2)$$

$$\text{Burada } M_i(A^j) = (a_{1p}^j + a_{1p+1}^j)/2 \text{ ve } S_i(A^j) = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=i}^{i+1} \left((a_{1i}^j - \frac{1}{2} \sum_{k=i}^{i+1} a_{1i}^j) \right)^2}$$

i=1,2,3 ve j= U, L şeklinde hesaplanır.

4.1.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için sıralama yöntemleri

Sıralama yöntemlerinin ilki SBS'a göre oluşturulması sonucunda Denklem (4.3) elde edilmiştir.

$$SY1_{SBS} = \left[\frac{a'+d'}{2} + S_i + \frac{(1+\mu-v)}{2} \right] * \left[\frac{a'+b+c+d'+a+b+c+d}{8} + S_i \right] \quad (4.3)$$

S_i olarak gösterilen ifade verilerin pozitif değere çıkabilmesini sağlayan en küçük negatif değerdir. Kontrol grafikleri için negatif değer söz konusu olmadığından kontrol grafikleri verileri için bu değer 0 olarak alınacaktır.

Diğer geliştirilen sıralama yöntemi ise Denklem (4.4)'te görülmektedir.

$$SY2_{SBS} = \left(\frac{a+b}{2} + \frac{b+c}{2} + \frac{c+d}{2} + \frac{a'+b}{2} + \frac{b+c}{2} + \frac{c+d'}{2} \right) + (2 - 2v + 2\mu) + \frac{1}{4} \sum_i (S_i(A^k)) \quad (4.4)$$

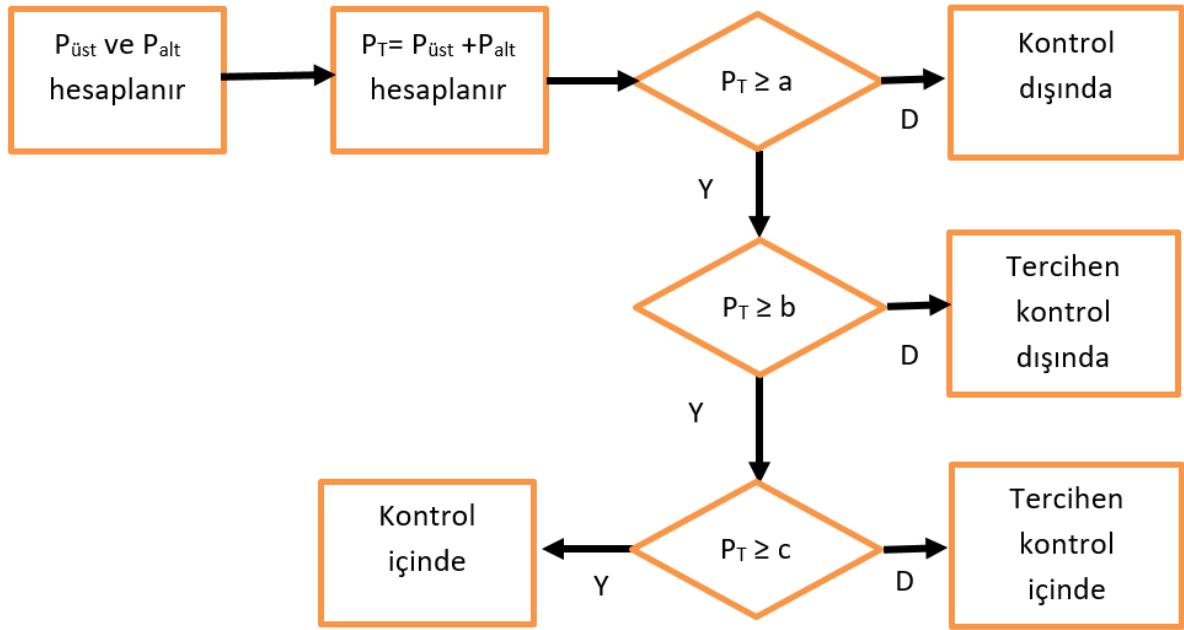
$$S_i(A^k) = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_i^{i+1} \left((a_{1i}^k - \frac{1}{2} \sum_i^{i+1} a_{1i}^k) \right)^2} \quad i=a', a, \dots, d \text{ ve } k=\ddot{U}, \ddot{U}O \text{ şeklinde}$$

hesaplanır, $\ddot{U}$ ve $\ddot{U}O$ sırasıyla üye olma ve üye olmamayı temsil etmektedir.

4.2. Olasılık Yöntemleri

Çalışmada kullanılan bir diğer yöntem olasılık yöntemidir. Erişilen literatürde yine bulanık kontrol grafikleri için kullanılmayan bir yöntemdir, bu çalışma kapsamında kullanılmasının bir nedeni budur. Diğer yandan olasılık yaklaşımı daha esnek kararlar vermeyi sağlayabilir diye düşünülmüştür. Daha farklı bir şekilde ifade etmek gerekirse, bulunan olasılık değerlerine göre ve sürecin esnekliğine göre “tercihen kontrol altında” ve/veya “tercihen kontrol dışında” gibi ifadeler geliştirilebilir.

Olasılık yöntemi çalışmaya uyarlanırken kontrol dışı durumların olasılığını hesaplama şeklinde geliştirilmiştir. Her bir veri için ÜKL'nin üstünde ve AKL'nin altında olması olasılığı hesaplanmıştır. Daha sonra bu iki olasılık toplanarak limitler dışında olma olasılığı hesaplanmıştır. En son adımda ise, karar vericinin sürece göre belirleyebileceği değerlere göre veriler yorumlanmıştır. Hesaplama adımlarını gösteren akış Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Bulanık kontrol grafiklerinde olasılık yöntemi için karar şeması

$P_{üst}$ ÜKL'nin üstünde olma olasılığı ve P_{alt} AKL'nin altında olma olasılığını ifade etmektedir. Ayrıca karar şemasında görülen a, b ve c gibi katsayılar sürece göre farklılık gösterebilen olasılık sınır değerlerini ifade eder. a ile ifade edilen olasılık değeri kontrol dışında olma durumunun kritik değeri, b ile ifade edilen olasılık değeri tercihen kontrol dışında olma durumunun kritik değeri ve c ile ifade edilen olasılık değeri de tercihen kontrol içinde olma durumunun kritik değeridir. Çalışma kapsamında bu değerler $a=0,7$; $b=0,5$ ve $c=0,3$ olarak kabul edilmiştir.

4.2.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için olasılık yöntemi

Chen ve Lee çalışmalarında iki AT2BS'nın karşılaştırmasını yapabilmek için olasılık yaklaşımı geliştirmiştir (2010). Denklem (4.5) $\tilde{A}_s^U \geq \tilde{A}_t^U$ olasılığının değerini vermektedir. Üst üyelik fonksiyonu için kullanılan bu formül alt üyelik fonksiyonu için de kullanılır.

$$P(\tilde{A}_s^U \geq \tilde{A}_t^U) = \max\left(1 - \max\left(\frac{\sum_{k=1}^4 \max(a_{tk}^U - a_{sk}^U, 0) + (a_{t4}^U - a_{s1}^U) + \sum_{j=1}^2 \max(H_j(\tilde{A}_t^U) - H_j(\tilde{A}_s^U), 0)}{\sum_{k=1}^4 |a_{tk}^U - a_{sk}^U| + (a_{s4}^U - a_{s1}^U) + (a_{t4}^U - a_{t1}^U) + \sum_{j=1}^2 |H_j(\tilde{A}_t^U) - H_j(\tilde{A}_s^U)|}, 0\right), 0\right) \quad (4.5)$$

Sonrasında küme içindeki sıralamasının hesaplanması için Denklem (4.6)'da verilmiştir. Chen ve Lee çalışmalarında karar vericinin diğer tüm alternatifler ile durumunu kıyaslamıştır. Bu nedenle ne kadar alternatif var ise birbirleri arasında kıyaslanarak bir sıralama değeri elde edilmek istenmiştir. Bu denklem aşağıdaki gibidir.

$$S(\tilde{A}_i^m) = \frac{1}{n(n-1)} \left(\sum_{k=1}^n p((\tilde{A}_s^m \geq \tilde{A}_t^m) + \frac{n}{2} - 1) \right) \quad (4.6)$$

Burada m=U, L ve n kıyaslanan kümelerin(alternatif) sayısını ifade eder. Bu yaklaşım kontrol grafiklerine uyarlandığında n=2 olacaktır, çünkü verilerin birbirlerine göre durumları incelenmeyip, yalnızca limitler ile kıyaslama yapıldığı için bahsedilen küme sayısı iki olacaktır.

Son olarak da üst ve alt üyelik fonksiyonu için hesaplanan olasılık değerlerinin ortalamasının alındığı Denklem (4.7) kullanılacaktır.

$$S(\tilde{A}_i) = \frac{S(\tilde{A}_i^U) + S(\tilde{A}_i^L)}{2} \quad (4.7)$$

4.2.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için olasılık yöntemi

Denklem (4.8) kullanılarak elde edilen olasılık değerleri karar şemasındaki değerler ile karşılaştırılarak nihai karar verilir. SBS için olasılık yönteminin denklemi aşağıda verilmektedir.

$$P(\tilde{A}_s^{\tilde{U}} \geq \tilde{A}_t^{\tilde{U}}) = \max \left(1 - \max \left(\frac{\sum \max(x_{it}^{\tilde{U}} - x_{is}^{\tilde{U}}, 0) + (d_t^{\tilde{U}} - a_s^{\tilde{U}}) + \sum_{j=1}^2 \max(v_s - v_t, 0)}{\sum |x_{it}^{\tilde{U}} - x_{is}^{\tilde{U}}| + (d_s^{\tilde{U}} - a_s^{\tilde{U}}) + (d_t^{\tilde{U}} - a_t^{\tilde{U}}) + 2*(v_s - v_t)}, 0 \right), 0 \right) \quad (4.8)$$

Burada x_i olarak ifade edilen sembol SBS'in referans noktalarıdır. Diğer bir ifade ile, çalışma kapsamında kullanılan SBS için x değerleri a, b, c ve d noktalarıdır. Benzer şekilde üye olma denklemi için yapılan bu işlem üye olmama için de yapılmıştır ve Denklem (4.9) oluşturulmuştur.

$$P(\tilde{A}_s^{\tilde{U}O} \geq \tilde{A}_t^{\tilde{U}O}) = \max \left(1 - \max \left(\frac{\sum \max(x_{it}^{\tilde{U}O} - x_{is}^{\tilde{U}O}, 0) + (d_t^{\tilde{U}O} - a_s^{\tilde{U}O}) + \sum_{j=1}^2 \max(\mu_t - \mu_s, 0)}{\sum |x_{it}^{\tilde{U}O} - x_{is}^{\tilde{U}O}| + (d_s^{\tilde{U}O} - a_s^{\tilde{U}O}) + (d_t^{\tilde{U}O} - a_t^{\tilde{U}O}) + 2*(\mu_t - \mu_s)}, 0 \right), 0 \right) \quad (4.9)$$

Son olarak da bu iki değerin ortalaması alınarak son olasılık değeri hesaplanmıştır.

$$P_{ort} = \frac{P(\tilde{A}_i^{\tilde{U}}) + P(\tilde{A}_i^{\tilde{U}O})}{2} \quad (4.10)$$

4.3.Uzaklık Yöntemi

Bulanık sayıları karşılaştırmak için kullanılan bir başka yöntem de uzaklık yöntemleridir. Literatürde bulunan uzaklık yöntemleri ya alternatiflerin birbirlerinden uzaklığını bulmaya yönelik ya da her alternatifin belirli bir noktaya olan uzaklığı bulmaya yöneliktir. Bahsedilen ilk yaklaşım kontrol grafiklerine uyarlanması açısından kullanışsızdır. İkinci yaklaşım ise veriler ve kontrol limitlerinin belirlenen bir noktaya uzaklığı hesaplanarak limitlerin üzerinde ya da altında olduğunu görebilmeye olanak sağlamaktadır ve bu nedenle bulanık kontrol grafiklerinde kullanılması düşünülmüştür.

4.3.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için uzaklık yöntemi

Chen çalışmasında, sabit bir AT2BS'ya uzaklık tanımlaması yapmıştır. Bu sabit sayı $\tilde{1}_1$ olarak belirtilmiş ve aşağıdaki formül ile uzaklık tanımlanmıştır (Chen, 2013). Bu uzaklık değerlerine göre sayıların sıralaması yapılabilmektedir.

$$d(A, \tilde{1}_1) = \frac{1}{8} \left(a_1^L + a_2^L + a_3^L + a_4^L + 4a_1^U + 2a_2^U + 2a_3^U + 4a_4^U + 3(a_2^U + a_3^U - a_1^U - a_4^U) \frac{H_A^L}{H_A^U} - 16 \right) \quad (4.11)$$

4.3.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için uzaklık yöntemi

Uzaklık yöntemi SBS'in karşılaştırılması için kullanılan yöntemlerden biridir. Belirli bir sayıya olan uzaklık ile sıralama yapılarak verilerin büyüklük küçüklüğü anlaşılabilir. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için uzaklık yöntemi Denklem (4.12)'de verilmiştir.

$$d_{SBS} = \frac{1}{8} \left(a + 3b + 3c + d + 4a' + 4d' + 3 * (b + c - a' - d') * \frac{\mu}{1-\nu} - 16 \right) \quad (4.12)$$

4.4. Durulaştırma Yöntemleri

Durulaştırma yöntemleri bulanık sayıların kıyaslanabilmesi için akla gelen ilk yöntemlerden biridir. Durulaştırma yöntemleri özellikle uzantılı bulanık sayıların karşılaştırılmasında sıklıkla tercih edilen yöntemler arasındadır, çünkü uzantılı bulanık sayılar tip-1 bulanık sayılara göre daha karmaşıktır. Bulanık sayıyı tek bir sayıya dönüştürerek kendi içinde kıyas yapabilmeyi sağlayan yaklaşımdır. Bu sebeple bulanık kontrol grafiklerinde kullanılması mümkündür.

4.4.1. Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için durulaştırma yöntemleri

AT2BS için durulaştırma yerine ağırlık merkezi ve tip indirgeme terimleri de literatürde bulunan yöntemlerdir.

Çalışma kapsamında literatürde bulunan bazı durulaştırma yöntemlerinden bahsedilecektir. Bunlardan bir tanesi Kahraman vd. tarafından geliştirilmiştir (2014). Aralık tip-2 yamuk sayılar için geliştirilen durulaştırma denklemi Denklem (4.13)'te verilmiştir. DY; durulaştırılmış aralık tip-2 yamuk bulanık sayı değerini ifade etmektedir

$$Y = \frac{\left[\frac{(a_{i4}^U - a_{i1}^U) + (H_1^U * a_{i2}^U - a_{i1}^U) + (H_2^U * a_{i3}^U - a_{i1}^U)}{4} + a_{i1}^U \right] + \left[\frac{(a_{i4}^L - a_{i1}^L) + (H_1^L * a_{i2}^L - a_{i1}^L) + (H_2^L * a_{i3}^L - a_{i1}^L)}{4} + a_{i1}^L \right]}{2} \quad (4.13)$$

Bir başka ağırlık merkezi/durulaştırma yöntemi Mendel vd. tarafından geliştirilmiştir ve Denklem (4.14)-(4.18) ile hesaplanmaktadır (2009).

$$\bar{y}_l(x) = \min \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N x_i \underline{\mu}_A(x_i)}{\sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i)}, \frac{\sum_{i=1}^N x_i \bar{\mu}_A(x_i)}{\sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i)} \right\} \quad (4.14)$$

$$\underline{y}_r(x) = \max \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N x_i \underline{\mu}_A(x_i)}{\sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i)}, \frac{\sum_{i=1}^N x_i \bar{\mu}_A(x_i)}{\sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i)} \right\} \quad (4.15)$$

$$\underline{y}_l(x) = \bar{y}_l(x) - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{\mu}_A(x_i) - \underline{\mu}_A(x_i))}{\sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i) \sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i)} * \frac{\sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i) * (x_i - x_1^L) \sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i) * (x_4^L - x_i)}{\sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i) * (x_i - x_1^L) + \sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i) * (x_4^L - x_i)} \right] \quad (4.16)$$

$$\bar{y}_r(x) = \underline{y}_r(x) + \left[\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{\mu}_A(x_i) - \underline{\mu}_A(x_i))}{\sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i) \sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i)} * \frac{\sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i) * (x_i - x_1^U) \sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i) * (x_4^U - x_i)}{\sum_{i=1}^N \bar{\mu}_A(x_i) * (x_i - x_1^U) + \sum_{i=1}^N \underline{\mu}_A(x_i) * (x_4^U - x_i)} \right] \quad (4.17)$$

Denklemlerdeki $\bar{y}_l(x)$ ve $\bar{y}_r(x)$ sırasıyla aralık tip-2 yamuk sayının üst üyelik fonksiyonu için sol ve sağ değerlerini $\underline{y}_l(x)$ ve $\underline{y}_r(x)$ ise sırasıyla aralık tip-2 yamuk sayının alt üyelik fonksiyonu için sol ve sağ değerlerini göstermektedir. Son aşamada ise Denklem (4.18) ile ağırlık merkezi değeri hesaplanır.

$$y(x) = \frac{\bar{y}_l(x) + \underline{y}_r(x) + \underline{y}_l(x) + \bar{y}_r(x)}{4} \quad (4.18)$$

Wu ve Mendel'in ağırlık merkezi yaklaşımı Karnik ve Mendel'in çalışmalarından esinlenilmiştir ve Denklem (4.19) geliştirilmiştir (Karnik ve Mendel, 2001; Wu ve Mendel, 2009).

$$c(\widetilde{A}_k) = \frac{c_l(\widetilde{A}_k) + c_r(\widetilde{A}_k)}{2} \quad (4.19)$$

$c_l(\widetilde{A}_k)$ ve $c_r(\widetilde{A}_k)$ sırasıyla sol ve sağ fonksiyonun ağırlık merkezini ifade etmektedir ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$c_l(\tilde{A}) = \frac{\sum_{i=1}^L x_i \bar{\mu}_A(x_i) + \sum_{i=L+1}^N x_i \underline{\mu}_A(x_i)}{\sum_{i=1}^L \bar{\mu}_A(x_i) + \sum_{i=L+1}^N \underline{\mu}_A(x_i)} \quad (4.20)$$

$$c_r(\tilde{A}) = \frac{\sum_{i=1}^R x_i \underline{\mu}_A(x_i) + \sum_{i=R+1}^N x_i \bar{\mu}_A(x_i)}{\sum_{i=1}^R \underline{\mu}_A(x_i) + \sum_{i=R+1}^N \bar{\mu}_A(x_i)} \quad (4.21)$$

$\bar{\mu}_A(x_i)$ aralık tip-2 yamuk sayının x_i için üst üyelik derecesini ve $\underline{\mu}_A(x_i)$ aralık tip-2 yamuk sayının x_i için alt üyelik derecesini ifade etmektedir (Karnik ve Mendel 2001; Mendel 2001; Wu ve Mendel 2009).

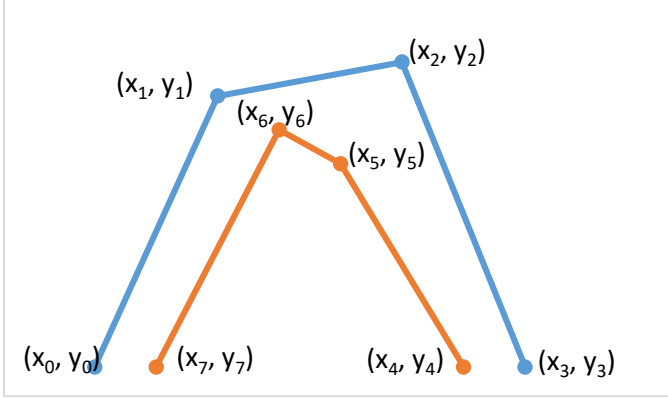
Tip indirgeme diye geçen ve Mendel ve Liu'nin geliştirdiği yöntemin denklemi Denklem (4.22)'de verilmiştir (2008).

$$Y_c(x) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \mu_A(x_i)}{\sum_{i=1}^N \mu_A(x_i)} \quad (4.22)$$

Denklemdaki $\mu_A(x_i)$ her bir x_i 'ye karşılık gelen üyelik derecesini göstermektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan son ağırlık merkezi yaklaşımı ise Coupland ve John tarafından geliştirilen yaklaşımdır (2007). Bu yaklaşımın diğerlerinden farkı AT2BS'ı önceki bölümde ifade ettiğimiz şekilden farklı göstermesidir. AT2BS'ı poligon olarak tanımlamıştır ve sayının matematiksel gösterimini şu şekilde: $\tilde{A} = ((x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4), (x_5, y_5), (x_6, y_6), (x_7, y_7))$ ifade etmiştir.

Kapalı poligon şeklinde ifade edilen aralık tip-2 yamuk bulanık sayı Şekil 4.2'deki gibi gösterilmiş ve hemen ardından ağırlık merkezi formülü Denklem (4.23)'te verilmiştir.



Şekil 4. 2. Aralık tip-2 yamuk bulanık kapalı poligon

$$AMY3(A) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i + x_{i+1}) * (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{3 * \sum_{i=1}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)} \quad (4.23)$$

4.4.2. Sezgisel yamuk bulanık sayılar için durulaştırma yöntemleri

SBS'ı karşılaştırmak için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de durulaştırma ve ağırlık merkezi gibi yöntemlerdir.

Kullanılan ilk sezgisel bulanık durulaştırma yöntemi ile ilgili Denklem (4.24) verilmiştir.

$$DY_{SBS} = \frac{1}{2} * \left[\left(\frac{(d' - a') + ((1-v) * b - a') + ((1-v) * c - a')}{4} + a' \right) + \left(\frac{(d - a) + (\mu * b - a) + (\mu * c - a)}{4} + a \right) \right] \quad (4.24)$$

SBS için geliştirilen ağırlık merkezi yöntemi-1 değerlerinin hesaplanabilmesi için Denklem (4.25)-(4.27) kullanılmaktadır.

$$y_{\bar{u}} = b - \left[\left(\frac{1-v-\mu}{\mu * (2-2v)} \right) * \left(\frac{(\mu * (b+c-2a)) * (\mu * (2d-b-c))}{(\mu * (b+c-2a)) + (\mu * (2d-b-c))} \right) \right] \quad (4.25)$$

$$y_{\bar{u}O} = c + \left[\left(\frac{1-\mu-v}{(1-v) * 2\mu} \right) * \left(\frac{(1-v) * (b+c-2a') * (\mu * (2d-b-c))}{(\mu * (b+c-2a)) + (\mu * (2d-b-c))} \right) \right] \quad (4.26)$$

$$AMY1_{SBS} = \frac{b+c+y_{\bar{u}}+y_{\bar{u}O}}{4} \quad (4.27)$$

SBS için kullanılan ağırlık merkezi yöntemi-2 Denklem(4.28)-(4.30)'da gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$AMY2_{SBS_l} = \frac{((1-v)*b+(1-v)*c)+\mu*(b+c)}{2*(1-v+\mu)} \quad (4.28)$$

$$AMY2_{SBS_r} = \frac{(b+c)*\mu+(1-v)*(b+c)}{2*(1-v+\mu)} \quad (4.29)$$

$$AMY2_{SBS} = \frac{C_{SBS_l}+C_{SBS_r}}{2} \quad (4.30)$$

Son yöntem olarak kullanılan ağırlık merkezi yöntemi-3 için Denklem (4.31)'den yararlanılmıştır.

$$AMY3_{SBS} = \frac{(2-2v+\mu)*(b+c)}{2*(1-v+\mu)} \quad (4.31)$$

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bulanık küme teorisi ilk olarak 1965 yılında Zadeh tarafından geliştirilmiştir (Zadeh, 1965). Zadeh'in ortaya koyduğu bulanık küme teorisinin temelinde, bir kümenin elemanlarının o kümeye üye olma derecelerinin 0-1 aralığında verilen üyelik dereceleri ile ifade edilmesi yatmaktadır. Tip-1 bulanık küme teorisi de denilen bu teoriye göre bir elemanın kümeye üye olma dereceleri ile ilgilenilir.

Bu çalışma kapsamında ele alınmak istenen bulanık sayılardan biri AT2BS diye tanımlanan bulanık sayılardır. İlk olarak Zadeh'in 1974'teki çalışmasıyla ortaya çıkan tip-2 bulanık sayılar, üyelik fonksiyonlarını bulanıklaştırarak gerçek hayata daha uygun veriler elde edilmesini sağlamıştır (Zadeh, 1974). Tip-2 bulanık sayıların karmaşıklığını azaltmak ve hesaplamaları daha kolaylaştırmak için kullanılan AT2BS geliştirilmiştir (Zadeh, 1975). Kullanım alanları yönüyle özellikle çok kriterli karar verme, mühendislik ekonomisi, simülasyon uygulamaları gibi çeşitli alanlarında tip 2 bulanık sayılardan yararlanılmıştır.

Chen ve Lee yaptıkları çalışmalarında çok kriterli karar verme problemi için AT2BS'ı kullanmıştır (Chen ve Lee, 2010). Bu çalışmadan yola çıkarak farklı bir alanda AT2BS'ı yüksek lisans tez çalışmasında Özdemir kullanmıştır. Özdemir, telekomünikasyon sektöründe satış gücü tespiti için aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi ile karar veren bir model üzerine çalışmıştır (Özdemir, 2012). Kahraman vd. tedarikçi seçimi için AT2BS'ı kullanarak yeni bir indirgeme yöntemi ile çok kriterli karar verme problemi üzerinde çalışmışlardır (Kahraman vd., 2014). Problem çözümü için AHP'nin üstünlük yapısından da yararlanılmıştır. Onar vd. yaptıkları çalışmada AT2BS'ı stratejik karar verme için kullanmışlardır (Onar vd., 2014). Chen vd. sağlık alanında dağıtım için çok kriterli karar verme probleminde AT2BS'ı kullanarak farklı yöntemlerle kıyaslamıştır (Chen vd., 2013). Chen, 2013 yılında yaptığı çalışmada çok kriterli karar verme problemi için kullandığı doğrusal atama yöntemini AT2BS kullanarak çözmüştür (Chen, 2013). Wang ve arkadaşları, aralık tip-2 bulanık karar matrisi olarak tanımlanan karar vericilerin bilgilerini grup karar vermede kullanmışlardır. Ardından sıralama değer matrisini her bir özellik için hesaplayıp, özelliklerin ağırlıklarına göre karar vermişlerdir (Wang vd., 2012). Çelik vd. yaptıkları çalışmada İstanbul'daki toplu taşımayı kullanan müşterilerin memnuniyetini geliştirmek için

çok ölçütlü karar verme probleminde AT2BS'dan yararlanmışlardır (Çelik vd., 2013). Enke vd. borsa tahmininde kural tabanlı tip-2 bulanık kümelemeyen ve tip 2 sinir ağlarından yararlanmışlardır (Enke vd., 2011). Benzer şekilde Aliev vd. çimento ve benzin üretiminde zaman serileri tahminlemesini kural tabanlı tip-2 bulanık küme ve tip-2 sinir ağları ile kurdukları model ile çözmüşlerdir (Aliev vd., 2011).

Çalışma kapsamında kullanılan diğer bulanık sayı Atanassov tarafından geliştirilmiştir. Atanassov, tip-1 bulanık küme teorisinin gerçek uygulamalarda eksikliklerini fark ederek yeni bir bulanık sayı tanımlaması yapmıştır (Atanassov, 1986). Tanımlanan bulanık sayı SBS olarak isimlendirilmiş olup, tip-1 bulanık sayılardan farklı olarak bulanık sayının üye olmama derecesini de tanımlamıştır. Bustince ve Burillo 1996 yılında yaptıkları yayın ile SBS'in, nesnelerin bulanıklığını ve belirsizliğini tanımlamak için kullanışlı bir yöntem olduğunu belirtmiştir (Bustince ve Burillo, 1996).

Sezgisel bulanık kümeler literatürde Atanassov tarafından tanımlandıktan sonra, özellikle karar verme süreçleri olmak üzere, hastalıkların tanısı, grup karar verme süreçleri, tedarikçi seçimi, personel seçimi gibi pek çok alanda kullanılmaya başlanılmıştır. Çok kriterli ve çok amaçlı karar verme süreçlerinde sezgisel bulanık mantığı kullanan bazı çalışmalarda skor fonksiyonu tanımlanmıştır. Chen ve Tan alternatiflerin kriterleri ne ölçüde sağladığını belirlemek için skor fonksiyonu oluşturmuştur (Chen ve Tan, 1994). Benzer şekilde Hong ve Choi alternatifleri karşılaştırmak için skor fonksiyonları belirlemiş, ayrıca skor fonksiyonları ile birlikte doğruluk fonksiyonları tanımlamıştır (Hong ve Choi, 2000). Liu ve Wang, belirledikleri skor fonksiyonunu sezgisel bulanık operatörleri kullanarak alternatifleri değerlendirmek için kullanmışlardır. Böylece risk durumlarına göre alternatiflerin sıralanması ve tereddüt indeksi ile problemdeki belirsizlikler saptanabilmiştir (Liu ve Wang, 2007). Lin vd. karar problemleri için alternatiflerin ve ağırlıkların önemli olduğunu vurgulamış ve bu noktada SBS ve operatörlerden yararlanmıştır. En iyi ağırlıklar belirlendikten sonra skor fonksiyonu tanımlayarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır (Lin vd., 2007). Xu ise SBS'ı, karar vericilerin alternatiflerinin birbiri ile kıyaslama yapması için kullanmıştır. Çalışmada karar vericilerin görüşleri sezgisel bulanık geometrik operatör kullanarak tek bir sayı haline dönüştürülmüş ve ardından skor fonksiyonu ile alternatifler sıralanmıştır (Xu, 2007). Wei, kriterlerin ağırlıklarının kesin olarak bilinmediği durumlar için SBS'dan faydalanıp sezgisel bulanık ağırlıklı toplama operatörünü kullanarak ve tek bir

sayıya dönüştürerek kriterleri sıralamıştır. Daha sonra bu sayıları skor fonksiyonu kullanarak sıralamıştır (Wei, 2008). Wang ise, web sayfası seçiminde bireylerden kaynaklanan belirsizliği tanımlayabilmek için SBS'dan faydalanmıştır. Oluşturulan yeni bir skor fonksiyonu ile alternatif sayfaları kıyaslamıştır (Wang, 2009). SBS'ın kullanıldığı karar verme problemlerinin bir bölümünde uzaklık hesaplaması ile alternatiflerin sıralanması sağlanmıştır. Xu çalışmasında çok kriterli karar verme problemi çözümünde SBS'ı kullanmış, pozitif ideal çözüm olarak tanımladığı çözüme uzaklığa göre alternatifleri sıralamıştır (Xu, 2007). Benzer şekilde, Li'nin yaptığı çalışma, pozitif ideal çözüme uzaklığı baz alarak oluşturulmuştur (Li, 2008). Xu ve Yager ise pozitif ideal çözüme yakınlığın yanı sıra, negatif çözüme uzaklığı dikkate alan çalışmasında alternatiflerin kriterler ile ilişkisini tanımlamada SBS'dan faydalanmıştır (Xu ve Yager, 2008). Bunların dışında karar verme problemlerinde TOPSIS, AHP gibi yöntemler SBS kullanılarak geliştirilmiştir. Belirsizliklerin SBS ile tanımlandığı karar verme çalışmalarından biri Li vd. tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışmada TOPSIS yönteminde tanımlanan yakınlık indeksinin hesaplanmasında SBS kullanılmıştır (Li vd., 2009). Boran vd. karar vericilerin alternatif ve kriterler ile ilgili görüşlerini dilsel ifadeler kullanarak belirlemesini sağlamış ve daha sonra bunları SBS'a dönüştürerek hesaplamalar yapmıştır (Boran vd., 2009). Sadiq ve Tesfamariam sondaj çalışmaları için çevresel karar verme probleminde AHP'den yararlanmış ve ağırlıklar için SBS'dan faydalanmıştır (Sadiq ve Tesfamariam, 2009).

Yukarıda bahsedilen yayınlara bakıldığında hem AT2BS hem de SBS çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kontrol grafikleri içim bu bulanık sayılardan yararlanılacaktır. Bundan sonrasında, öncelikle klasik kontrol grafiklerinden kısaca bahsedilmiş, ardından da bulanık kontrol grafikleri alanında yapılan ve literatürde erişilen çalışmalar ile ilgili bilgilendirme yapılmıştır.

1920'lerde Shewhart tarafından Bell Laboratuvarında geliştirilen kontrol grafikleri daha sonrasında çok çeşitli alanlarda kullanılmıştır (Shewart, 1939). Kontrol grafikleri ürünün kalite karakteristiklerinin ve/veya süreçlerin genel durumunu görebilmek amacıyla kullanılır.

Kontrol grafikleri, ürünlerin/süreçlerin sergilediği desene göre ürün/süreç hakkında fikir sahibi olunup, süreçte beklenmedik bir durumun oluşup oluşmadığını kontrol edebilmek amacıyla geliştirilmiştir.

Kontrol grafikleri alanında çok fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında düşünülen kontrol grafiklerinin bulanıklaştırılması ile ilgili literatür taraması yapıldığında; ilk aşamada bulanık kontrol grafikleri ile ilgili yapılan lisansüstü tez çalışmalarına, daha sonra ise yayınlanan makalelere bakılmıştır. Bulanık kontrol grafikleri ile ilgili yapılmış lisansüstü tezlerin araştırılması aşamasında Proquest ve YÖK tez tarama veri tabanlarından yararlanılmıştır. YÖK tez tarama veri tabanı kullanılarak erişilen tezler arasında Alakoç'un yaptığı doktora tezine ulaşılmıştır. Alakoç, üçgensel tip-1 bulanık sayılar için α -kesimi kullanarak yeni bir yaklaşım olarak önerilen oran yaklaşımı ile bulanık kontrol grafikleri elde etmiştir. ÜKL ve AKL ile bulanık sayının örtüşme oranını, içerde kalma oranını ve dışarda kalma oranını dikkate alarak geliştirilen yeni yaklaşım ile Gülbay ve Kahraman'ın direk bulanık yaklaşımı ile oluşturdukları kontrol grafiklerini karşılaştırmıştır (Alakoç, 2012). Diğer bir tez ise Aslangiray tarafından 2011 yılında yapılmıştır. Bu çalışma Gülbay ve Kahraman'ın (2007) çalışmasından etkilenecek α -kesim tip-1 bulanık sayıları kullanmış ve bu çalışmayı bir tekstil firmasında uygulamaya geçirmiştir (Aslangiray, 2011).

Proquest veri tabanında yapılan araştırma sonucunda bulanık kontrol grafikleri ile ilgili kaynaklara ulaşılmıştır. Shraim'in yaptığı çalışmada, klasik yaklaşımların c ve u kontrol grafikleri gibi grafiklerde kusur/hatanın var ya da yok olduğunu kabul etmesinin hata türlerindeki çeşitliliği göz ardı ettiğini savunmaktadır. Başka bir ifadeyle, hataların çeşitlilik gösterdiği durumda kullanılan sayıların 0-1 mantığından uzaklaşarak bulanıklaştığı ifade edilmiştir. Bu nedenle bulanık küme teorisiyle yeni bir kontrol grafiği yaklaşımı oluşturmak amaçlanmış ve maliyet fonksiyonlarından ve Taguchi'nin kalite kayıp fonksiyonundan yararlanılmıştır. Sonuçların karşılaştırılması için Monte Carlo simülasyonundan yararlanılmıştır (Shraim, 1996).

Diğer bir tez çalışması Vijayakumar'un yaptığı çalışmadır. Bu çalışma bulanık mantığın kontrol grafiklerine esneklik katacağı düşüncesiyle oluşturulmuştur. $\bar{X}$ kontrol grafikleri için klasik küme yaklaşımı ile bulanık küme yaklaşımının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma öncelikle süreci aksatacak nedenleri ile girdi değişkenlerini

belirlemiş, ardından bulanık kural tabanlı yaklaşım ile kontrol grafikleri oluşturulmuştur (Vijayakumar, 2006).

Tez çalışmalarının incelenmesinin ardından kronolojik sırayla bulanık kontrol grafikleri ile ilgili erişilen literatürde bulunan tüm çalışmalar sıralanmıştır.

Wang ve Raz ile Raz ve Wang'ın çalışmaları ise dilsel terminolojiyi kalite karakteristiği şeklinde sunan ilk çalışmalardandır (Wang ve Raz, 1990; Raz ve Wang, 1990). Wang ve Raz (1990), dilsel verilere dayanan kontrol grafikleri oluşturmak için bulanık mantık yaklaşımından yararlanabileceğini söylemişlerdir. Yaygın olarak kullanılan bulanık mod, bulanık medyan ve bulanık orta kademe yöntemleri yerine bulanık olasılık yaklaşımı ile $\bar{X}$ grafiklerinin oluşturulacağından bahsetmişlerdir. Raz ve Wang (1990), dilsel veriler için grafiklerinin oluşturulması konusundaki çalışmalarının bir devamıdır.

Kanagawa vd. (1993), süreç ortalamasını ve süreç değişkenliğini kontrol etmek için kontrol grafikleri geliştirmiştir. Kanagawa vd.; Wang ve Raz'ın yaptığı çalışmaları geliştirerek, bulanık olasılık ve bulanık üyelik yaklaşımlarını literatüre kazandırmışlardır (Kanagawa vd., 1993). Bu çalışma dilsel verilerin olasılık dağılımlarına dayanan bir çalışma biçimindedir.

Asai çalışmasında, kategorize veriler için kontrol grafiklerinde bulanık mantığın kullanılabileceğini belirtmiştir (Asai, 1995).

Benzer şekilde Woodall vd. ile Laviolette ve vd. kategorize edilmiş verileri kullanan bulanık kontrol grafikleri ile ilgili çalışmalar yapmışlardır (Woodall vd., 1997; Laviolette vd., 1995).

Wang ve Chen, kontrol grafikleri aşamasında kullanılan bir bulanıklaştırma olmamasına rağmen, 1. ve 2. tip hatalar için bulanık en iyileme modeli oluşturularak bulanıklığı kullanmıştır (Wang ve Chen, 1995).

Üretim yönetimi alanında kullanılan bulanık mantık alanları ile ilgili literatür araştırması şeklinde bir çalışmadır. Bu alanlardan biri olan kalite yönetiminde bulanık

kontrol grafiklerini kullanan yayınların bazılarında bahsedilmiştir (Guiffida ve Nagi, 1998).

Franceshini ve Romano dilsel veriler ile yeni bir kontrol grafiği geliştirmeyi amaçlamaktadır. $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri yerine geliştirilen metot ile bulanık q -r grafikleri diye adlandırılan yeni bir kontrol grafiği elde etmişlerdir. Geliştirilen kontrol grafiği, çeşitli dilsel verileri bir araya toplayabilmek için sıralı ağırlıklı ortalama yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın bir diğer farklılığı da q -kontrol grafiğinin dilsel bir ifade şeklinde oluşturulmasıdır (Franceshini ve Romano, 1999).

1. ve 2. tip hataların hesaplanabilmesi ve örneklem belirlenmesinde bulanık sayılardan yararlanabileceğinden bahsetmektedir. Bunun için hesaplama formülleri verilmiştir. Kontrol grafiklerinin bulanıklaştırılması ile ilgili yöntem olarak α -kesim düşünülmüştür. α -kesim kullanılarak kontrol grafiklerindeki veriler değerlendirilmiştir (Grzegorzewski ve Hryniewicz, 2000).

El-Shal ve Morris ise bulanık kural tabanlı algoritma ile istatistiksel süreç kontrolünün performansını geliştirmeye yönelik bir çalışma yapmışlardır (El-Shal ve Morris, 2000).

Dilsel farklı kalite seviyeleri tanımlanmış ve bunlar için olasılık ve üyelik fonksiyonu temelli yaklaşımlar anlatılmıştır. Bulanık mod ve bulanık medyan değerleri ile kontrol grafikleri çizilmiştir. Porselen verileri kullanılmış ve bulanık kontrol grafiklerinin klasik kontrol grafiklerinden daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir (Taleb ve Limam, 2002).

Gülbay vd. c-kontrol grafikleri için uygun bir α seviyesi belirleyerek α -kesim yöntemini uygulamıştır. Değişken ve ortalama örnek büyüklüğüne göre iki ayrı kontrol grafiği oluşturmuştur. Ayrıca her bir kontrol grafiği için farklı α -seviyeleri belirlenmiştir. Bu grafiklerin oluşması için porselen işletmesi verilerinden yararlanılmıştır (Gülbay vd., 2004).

Cheng, çalışmasında üçgen bulanık sayılar ve bunlardan elde edilen ortalama değerler ile hesaplamalar yapmıştır. Daha sonra olabilirlik ve gerekliliğe olan uzaklık hesaplanarak iki ayrı kontrol grafiği çizmiştir (Cheng, 2005).

Chen, çalışma kapsamında klasik demerit kontrol grafiklerinde kullanılan ağırlık değerlerinin tespiti zor olmasından bahsetmiştir. Bu sebeple bulanık ağırlık değerleri ile demerit kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Daha sonra bulanık MÇ, AKL ve ÜKL değerleri için α -kesim uygulanmış ve ardından veriler ile kontrol limitleri karşılaştırılmıştır (Chen, 2005).

Gülbay ve Kahraman direk bulanık yaklaşımı ile bir olasılık değeri hesaplamıştır (2006). Çalışmalarında c-kontrol grafiklerinin oluşturulmasında tip-1 yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışma kontrol grafiklerinde doğal olmayan desenlerin oluşumu için karar verme aşamasında esneklik sağlamaktadır. Geliştirilen yöntem α -kesim seviyesindeki bulanık alanların karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Veriler ile kontrol seviyelerinin kesişimlerine göre alan hesaplaması yapılmış ve karar kuralları geliştirilmiştir (Gülbay ve Kahraman, 2006).

Dilsel veriler ile çok değişkenli niteliksel süreçlerin incelenmesi için bulanık ve olasılık teorilerinden yararlanılan T^2 ve W^2 istatistikleri geliştirilmiştir. Geliştirilen T^2 yöntemi Hotelling T^2 ve bulanık küme teorilerinden faydalanılarak oluşturulmuştur. Son olarak elde edilen çok değişkenli kontrol grafikleri ortalama çalışma uzunluğuna göre karşılaştırılmıştır (Taleb vd., 2006).

Bu çalışma, süreç parametrelerindeki ve verilerdeki belirsizliğin daha iyi tanımlanabilmesi adına bulanık $\bar{X}$, u ve c kontrol grafiklerini ele almaktadır. Bulanık kontrol çizelgeleri ile kesin sayılara göre daha esnek karar verilebildiğinden bahsedilmiştir. Ayrıca dilsel veriler için bulanık metrik mesafe temelli hata ayıklama endeksi kullanılarak literatüre katkı sağlamıştır. Bazı kurallar belirlenerek veri ile limit değerleri arasında büyüklük-küçüklük durumları tespit edilmiştir (Zarandi vd., 2007).

Gülbay ve Kahraman'ın yaptığı çalışma öncelikle dilsel olarak ifade edilen verileri sayısallaştırmıştır. Bulanık kontrol grafikleri çoklu kalite karakteristiği için kullanılabilir. Ayrıca belirsiz bilgilere ulaşmayı ve uzmanların kural koymasını sağladığı için avantaj sağlar ve kullanışlıdır. MÇ, ÜKL ve AKL'leri bulanık fonksiyonlar olarak belirlenmiştir. Yöntem olarak direk bulanık yaklaşım diye bir yöntem geliştirmişlerdir. Öncelikli olarak sıradan yamuk bulanık sayılar ve kontrol limitleri α -kesim ile kesilmiştir. Ardından üst ve

alt kontrol limitine göre alan hesaplaması yapılmıştır ve karar kuralları oluşturulmuştur. Son olarak c-kontrol grafikleri için sayısal bir örnek verilerek geliştirilen yöntem açıklanmıştır. Bu yöntemin bir diğer katkısı da “tercihen kontrol altında” ve “tercihen kontrol dışında” ifadeleri ile karar vermede esneklik sağlamasıdır. Bu noktada da bulanık küme yaklaşımının klasik küme yaklaşımından farkı ortaya konmuştur. Klasik küme yaklaşımında kontrol altında veya değil derken bulanık mantık sayesinde çıkan sonuçlar esnetilebilmiştir. (Gülbay ve Kahraman, 2007).

Çalışmada, süreç ortalamaları için bulanık kontrol kuralları oluşturulmuştur. Bu çalışmada klasik kontrol grafiklerindeki kontrol limitleri dışında alarm limiti diye bir tanımlama yapılmıştır. Bu sayede veri, alarm limitleri civarında olduğunda süreç hızlı bir şekilde cevap vermektedir. Ardından ortalama çalışma uzunlukları hesaplanmıştır. Yanlış alarm oranı ve yeterli ortalama çalışma uzunluğunu veren kurallar seçilerek süreç şekillendirilmiştir (Faraz ve Moghadam, 2007).

Zarandi vd. (2008) kontrol grafiklerini farklı bir yaklaşımla tahminleme aracı olarak kullanmış, bu noktada bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Bulanık duyarlılık kriterleri ve uygun örnekleme için bulanık kurallar içeren hibrit bir model oluşturmuşlardır.

Amirzadeh vd. (2008) yaptıkları çalışmalarında p-kontrol grafiklerine farklı bir bakış getirerek çok terimli bir p-kontrol grafiği elde etmek istemişlerdir. Çok terimli ifadeyi tanımlayabilmek için dilsel verilerden yararlanılmıştır. Dilsel ifadeleri en iyi tanımlayabileceği düşünülen bulanık mantık yaklaşımından faydalanılmıştır. Klasik p-kontrol grafiklerinde kalite özelliği uygun veya uygun olmayan şeklinde tanımlanırken bulanık çok terimli kontrol grafiği için farklı dilsel tanımlamaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında, iki kontrol grafiği karşılaştırıldığında bulanık çok terimli kontrol grafiğinin klasik p-kontrol grafiğinden daha iyi olduğu görülmüştür.

Hryniewicz (2008), istatistiksel kalite kontrolü, bulanık kümeler teorisi ve olasılık teorisinin kullanılabileceği önemli bir alan olduğundan bahsetmiştir. Bu iki teorisinin birleştirildiği yaklaşıma genel bir bakış sağlamıştır. Müşteri kalite seviyesini belirleyebilmek için üçgen bulanık sayılardan yararlanmıştır.

Ortalama kayma değerleri bulanık sayılar olarak ifade edilmiş ve ardından matematiksel bir model ile bulanık amaç fonksiyonu elde edilmiştir. Bulanık benzetime dayanan genetik bir algoritma kullanılmış ve $\bar{X}$ değerlerine göre verilerin kontrol limitleri arasında olup olmadığı hesaplanmıştır (Chen ve Chang, 2008).

Kazanılan değer analizi için bazı performans indekslerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma performans indeksi ve maliyet performans indeksini kullanarak durum tespiti yapmıştır. Kullanılan dilsel ifadeleri sayısallaştırmak için bulanık sayılardan ve bulanık α -kesim yöntemiyle oluşturulan kontrol grafiklerinden yararlanmıştır (Noori vd., 2008).

Niteliksel kontrol grafikleri için çok aşamalı bir süreçte klasik yaklaşımlar parametrelerin tam olarak bilindiğini varsayar. Bu çalışma parametrelerin tam olarak bilinmediği durumları çözümleyebilmek için bulanık bir yaklaşım geliştirmiştir. Önerilen yaklaşım motor valfi üretimi sürecine uygulanarak örneklem büyüklüğü belirlenmiştir (Engin vd., 2008).

Senturk ve Erginel'in yaptıkları çalışmada $\bar{X}$ -R ve $\bar{X}$ -s kontrol grafiklerini bulanık tip-1 üçgen sayılar kullanarak oluşturmuşlardır. $\bar{X}$, R ve s sayıları bulanık sayı olarak alınmış ve hesaplamalar bulanık sayı olarak yapılmıştır. Daha sonra kontrol limitleri bulanık küme olarak belirlenmiştir. Karar aşamasında, hesaplanan değerler α -kesim yöntemi ile bu limitlerin aralığında olup olmamasına göre kontrol altında veya kontrol dışında diye tanımlanmıştır (Senturk, Erginel, 2009).

Alaeddini vd. (2009) yaptıkları çalışmalarında, üçgen bulanık sayılar kullanılarak $\bar{X}$ kontrol grafiği çizmişlerdir. Çalışma kapsamında değişim noktasının tahmini için bulanık kümeleme ve istatistik yöntemleri kullanılmıştır. Bunun için yeni bir hibrit model geliştirilmiştir. Daha sonra hibrit model sonuçları benzetim ile test edilmiş ve performansının iyi olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında iplik kalitesi için bulanık kontrol grafiklerinden yararlanılmıştır. Bunun için Wang ve Raz yaklaşımı ve olasılık yaklaşımı kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır (Ertuğrul ve Aytaç, 2009).

Tip-1 yamuk bulanık sayılar kullanılarak p-kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan grafik için bulanık uyumsuzluk dereceleri belirlenmiş ve ortalaması ile sapmaları hesaplanmıştır (Amirzadeh vd., 2009).

Çalışmada çok değişkenli bir süreçte kullanılan dilsel veriler için iki yöntem kullanılmıştır. Olasılık ve bulanık teorileri kullanılarak geliştirilen kontrol grafikleri porselen sürecine uygulanmıştır (Taleb, 2009).

Geleneksel $\bar{X}$ -R ve $\bar{X}$ -s kontrol grafiklerinin esnekliğini artırmak adına bulanık kontrol grafiklerinin kullanıldığından bahsedilmiştir. Bulanık kontrol grafiklerini oluştururken α -kesim yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında tip-1 bulanık üçgen sayılar kullanılmıştır (Senturk ve Erginel, 2010).

Faraz ve Shapiro yaptıkları çalışmalarında $\bar{X}$ -s kontrol grafiği üzerinde çalışmış ve bu kontrol grafiği için LR-bulanık sayılardan yararlanmıştır. Burada yamuk bulanık sayıların ortalaması ve standart sapması bulunarak kontrol grafiği üzerinde işaretlenmiş ve klasik yaklaşıma benzer şekilde yorumlanmıştır. Bulanık kontrol grafikleri oluşturulurken indirgeme yöntemleri veya durulaştırma yöntemleri yerine bulanık ortalama, bulanık medyan, bulanık orta kademe ve bulanık mod yöntemlerini kullanmışlardır (Faraz ve Shapiro, 2010).

Çalışmada bulanık kural tabanlarını kullanılmış ve Shewart kurallarını kontrol grafiklerinin bulanık kuralları olarak entegre edilmiştir. Bulanık kurallar ile oluşturulan sistemin sonuçları klasik yaklaşımın sonuçlarına benzer şekilde çıkmıştır (Demirli ve Vijayakumar, 2010).

Faraz vd. (2010) LR bulanık sayıları kullanarak $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri elde etmeye çalışmışlardır. Burada durulaştırma yöntemleri yerine bulanık kontrol içi bölgesi tanımlayarak verilerin bu bölgede olup olmadıklarına ve ne kadarlık üyelik derecesi ile bu tanımlanan bölge içinde olduğuna bakılmıştır. Üyelik derecesi sonucuna göre karar vericinin karar vermesine olanak sağlar. Durulaştırma gibi tek bir sayıya indirgeme yöntemini kullanmamasının en önemli nedeni bulanıklığın içindeki veri kaybını azaltmaktır. Ancak bu

çalışma ortalama değeri bulanık bir sayı olarak hesaplarken varyansı kesin bir sayı olarak ele almaktadır.

Alipour ve Noorassana (2010) çalışmalarında, Çalışma çok değişkenli istatistiksel kalite kontrol ile bulanık küme yaklaşımını bir arada kullanarak yeni bir yöntem önermişlerdir. Bulanık Hotelling ve T^2 kullanılarak dilbilimsel gözlemlerin daha iyi analiz edeceği düşünülmüştür. Bu sayede bulanık çok değişkenli üssel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol çizelgeleri oluşturulmuştur.

Alizadeh vd. (2010) çok değişkenli kontrol grafikleri için bulanık mantık yaklaşımını kullanmışlardır. Bunun için bulanık olasılık oran testi diye adlandırılan bir yöntem kullanmışlardır. Üyelik derecelerinin hesaplanmasını sağlayan bu yöntem ile karar verme aşamasında esneklik sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan bulanık sayılar kanonik tip-1 bulanık sayılardır.

Zarandi ve Alaeddini (2010) kontrol grafiklerinin süreçler hakkında fikir verdiğini ancak oluşan değişikliğin gerçek zamanını belirlemede yetersiz olduğunu dile getirmiştir. Bu nedenle hibrit bulanık istatistiksel kümeleme yaklaşımı kullanılmıştır.

Süreç performansını analiz etmeyi sağlayan süreç yetenek indeksleri için yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. Ardından α -kesim yöntemi ve sıralama yöntemi kullanılarak karar verilmiştir (Kaya ve Kahraman, 2010a).

Bulanık üçgen ve yamuk sayılar kullanılarak bir piston üretimi için süreç yetenek analizi yapılmıştır. α -kesim yönteminden yararlanılmıştır (Kaya ve Kahraman, 2010b).

Ortalama değerleri için tip-1 bulanık sayılar ile kontrol limitleri belirlenmiş, ayrıca 1.tip ve 2.tip hatalar için bulanık sayılardan yararlanılmıştır (Faraz vd., 2010).

Üçgen bulanık sayıların R ve $\bar{X}$ değerleri bulunup, her bir sayının iki grafikte de kontrol altında olup olmadığının kıyaslanması yapılmıştır. Bunun için bulanık baskınlık yönteminden yararlanılmıştır (Shu ve Wu, 2011).

Spesifikasyon limitleri veya ölçümler dilsel ifadeler olarak tanımlandığında bulanık küme teorisinden yararlanılabilir. Yamuk ve üçgen bulanık sayılar ile en çok kullanılan C_p ve C_{pk} süreç yetenek endeksleri oluşturulmuştur. Bulanık mod ve bulanık kural ile bir piston imalatı için, bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri oluşturulmuştur (Kaya ve Kahraman, 2011a).

Bir diğer çalışma benzer bir şekilde bulanık süreç yetenek endekslerinden geliştirilmiştir. Klasik süreç yetenek analizlerinde esnek analiz yapabilmeyi engelleyen sınırlamalar bulunmaktadır. Bu çalışma esnek bir analiz yapabilmek ve uzmanlara süreç ortalaması ile varyansını daha geniş aralıkta tanımlayabilmek için bulanık sayılardan yararlanmıştır. Bulanık C_p , C_{pk} , C_a , C_{pm} ve C_{pmk} endekslerinin formülasyonları geliştirilmiş ve bir otomotiv işletmesinde uygulanmıştır (Kaya ve Kahraman, 2011b).

Bulanık sayılar ile üssel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Bunun için α -kesim, bulanık medyandan faydalanılmıştır (Kaya ve Kahraman, 2011c).

Süreç performansını analiz etmek için kullanılan süreç yetenek indeksleri genellikle hedef değerin orta nokta ile aynı olduğu simetrik durumlar için kullanılır. Bazı durumlarda bu değerler birbirine eşit olmamaktadır ve asimetrik süreç yetenek indeksleri hesaplanmaktadır. Klasik yaklaşımda asimetrik süreç yetenek indeklerinin hesaplanmasının çeşitli dezavantajlarının olduğu tespit edilmiş ve bu nedenle Kaya ve Kahraman bulanık asimetrik süreç yetenek indekleri geliştirmişlerdir. Bulanık küme teorisinin esnek değerlendirme yapacağı düşünülerek spesifikasyon limitleri ve hedef değeri bulanık olarak tanımlanmıştır. Sürecin ortalaması ve varyansı da yine bulanık sayı olarak tanımlanmış ardından asimetrik tolerans indekleri olan C_{pk} , C_{pm} , C_{pmk} için bulanık formüller geliştirilmiştir (Kaya ve Kahraman, 2011d).

Pandurangan (2011) p-kontrol grafikleri için birden fazla dilsel ifadelerin kullanılabileceği durumlar olduğundan bahsetmiştir. Yani bir örneklem kontrol edildiğinde sadece kusurlu oranının değil kusurluluk veya kusurlu olmama durumlarının da farklı seviyelerde olabileceğinden bahsetmiştir. Bu sınıflandırmalar ile bir bulanık kusurlu oranı değeri hesaplanmıştır. Ardından ÜKL ve AKL değerleri ile bu değerler karşılaştırılmıştır. Son olarak klasik kontrol grafikleri ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışma, her bir parçanın ölçümünün kesin sayılarla ifade edilemeyeceğinden ve bunu kontrol edebilmek için bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafiklerinin oluşturulması üzerine çalışmıştır. Üçgen bulanık sayıların α -kesim ile karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca ölçüm hatalarının bulanık kontrol grafiklerinin kontrolünü sağlamadaki etkinliği için ortalama çalışma uzunluğu kullanılmıştır (Moameni vd., 2012).

Hossein vd. (2014) tarafından yapılan çalışma literatüre taraması şeklindedir. Çalışma kapsamında çeşitli sınıflandırmalar kullanılmıştır. Yıllara göre dergilerde yayınlanan bulanık kontrol grafikleri yayınları sayısı, bulanık kontrol grafiği türü ve uygulama alanı, bulanık kontrol grafiklerinin türlere göre dağılımı, bulanık kontrol grafiklerinin performans değerlendirme ile değerlendirilme oranı şeklinde sınıflandırmalar yapılmıştır.

Wang vd. (2014) bulanık LR sayıları kullanarak c-kontrol grafiği elde etmişlerdir. Çalışma kapsamında bulanık bir sayının kesin bir sayı ile temsil edilebilmesinde üyelik derecesinin önemli olduğu ve buna göre ağırlıklandırılabilceği savunulmuştur. Literatürde daha önce kullanılan ağırlıklı olasılık ortalaması ve ağırlıklı aralık değerli olasılık ortalaması yöntemleri bulanık kontrol grafiklerine uyarlanmıştır. Ayrıca sonuçlar bulanık orta kademe, bulanık mod ve bulanık medyan yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Süreçteki küçük değişikliklerin tespiti için bulanık üstel ağırlıklandırılmış hareketli ortalama yöntemi esnekliği artırmak için kullanılmıştır. $\bar{X}$ ve R değerlerinden bulanık kontrol grafiği elde etmek için α -kesim ve bulanık medyandan yararlanılmıştır (Şentürk vd., 2014).

Bu çalışmada $\bar{X}$ kontrol grafiklerini oluşturmak için üç kriter kullanılmış ve bu kriterler çok amaçlı karar verme problemi olarak ele alınmıştır. Karar verme aşamasında ise hibrit bir yöntem önerilmiştir. Bulanık sayılar ise işlem kaymasının büyüklüğü ve oluşum oranı parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Morabi vd., 2015).

c-kontrol grafikleri için tip-1 üçgen bulanık sayılar kullanılarak kontrol limitleri hesaplanmıştır. Ardından kontrol limitlerinin sınır değerleri ve verinin sınır değerlerini baz alan kurallar oluşturulmuştur. Bu kurallar sonucunda sadece verilerin kontrol içinde ve

dışında olmasının tespit edilmesi sağlanmamış aynı zamanda esnek karar vermeye olanak sağlayan “tercihen kontrol içinde” ve “tercihen kontrol dışında” ifadeleri de kullanılmıştır (Şentürk, 2017).

Üçgen bulanık sayılar için α -kesim bulanık orta kademe yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım Borsa İstanbul verilerine uyarlanmıştır. Üçgen bulanık sayılar kullanılarak $\bar{X}$ ve MR bulanık kontrol limit değerleri hesaplanmıştır (Kaya vd., 2017)

Bu çalışma, Borsa İstanbul endeksinin geri dönüş oynaklığı analizi için bulanık bireysel kontrol grafikleri, bulanık kontrol grafikleri ve bulanık kurallardan faydalanmıştır (Kaya vd., 2017).

Şentürk ve Antucheviciene (2017) aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri ile ilgili ilk çalışmayı yayınlamışlardır. Bu çalışmada c-kontrol grafikleri için aralık tip-2 bulanık limit değerleri bulunmuş ve Kahraman vd. tarafından geliştirilen durulaştırma yöntemi kullanılmıştır. Örnek olarak bir gıda firmasının verileri kullanılmış ve kontrol grafiği oluşturulmuştur.

Ercan-Tekşen ve Anagün (2018a) tarafından aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri için olasılık ve durulaştırma yöntemleri kullanılmıştır. Olasılık yöntemi literatürde ilk kez bulanık kontrol grafiklerine uyarlanmıştır.

Aynı yıl, Ercan-Tekşen ve Anagün (2018b) aralık tip-2 bulanık X_{ort-R} kontrol grafikleri için sıralama, durulaştırma, uzaklık ve olasılık yöntemlerini kullanarak karşılaştırmıştır (2018). Sıralama ve uzaklık yöntemleri bulanık kontrol grafikleri için ilk kez kullanılarak literatüre katkı sağlamıştır. Ayrıca aralık tip-2 bulanık X_{ort-R} kontrol grafikleri ile ilgili ilk çalışmadır.

Bir başka çalışmada, Ercan-Tekşen ve Anagün (2019) aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri için sıralama yöntemlerini kullanmış ve sonuçları değerlendirmiştir.

Tez kapsamında yapılan kaynak araştırmasında, sezgisel bulanık kontrol grafikleri ile ilgili herhangi bir araştırmaya erişilememiştir. Aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri ile

ilgili çalışmaların çok kısıtlı olduğu görölmüştür. Bu alanda bir açık olduğu düşünölerek ve aynı zamanda istatistiksel süreç kontrolünde uzman görüşlerinin toplanması sırasında bazı bilgilerin kaybolmasını engellemek adına, gerek SBS ve gerekse AT2BS ile yeni çalışmaların yapılabileceği düşüncesiyle, önerilen çalışmanın literatüre katkı sağlayacak öncü çalışmalardan olacağı öngörülmektedir.



6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın dördüncü bölümünde kontrol grafikleri için kullanılması düşünülen bazı yöntemlerden bahsedilmiştir. Bu yöntemleri kullanarak kontrol grafiğini çizmeden önce her bir kontrol grafiği türü için kontrol limitlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Burada çalışmanın önemli katkılarından biri niteliksel ve niceliksel kontrol grafikleri için aralık tip-2 bulanık yamuk sayılar ve sezgisel bulanık yamuk sayılar ile kontrol limitleri belirlenmesidir. Hem AT2BS hem de SBS için kullanılan yöntemler kontrol limitleri belirlendikten sonra uygulanmıştır. Böylece kontrol grafiklerinin bulanıklaştırılma sürecinde bulanıklık mümkün olduğunca son aşamada yapılmıştır ve veri kaybı en aza indirilmeye çalışılmıştır.

6.1. Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$ -R Kontrol Grafikleri

$\bar{X}$ -R kontrol grafikleri ölçülebilen veriler için çoğunlukla tercih edilen kontrol grafiklerinden biridir. Ağırlık, uzunluk, çap ölçüsü vb ölçümler ölçüm aletleri ile ölçülebilir olmasına rağmen çeşitli nedenlerle ölçümlerin kesin doğru olacağı garanti edilemez. İnsanların yapmış olduğu ölçümler için hataların olabileceği, ölçüm aletlerinden kaynaklı ölçüm hatalarının oluşabileceği ve daha pek çok nedenlerle ölçümlerin kesinliği ile ilgili şüpheler bulunmaktadır. Bu nedenle $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri için daha az veri kayıplı sonuçlar elde etmek için bulanık mantık yaklaşımı kullanılabilir.

Tip-1 bulanık sayılar ile yapılan bazı çalışmalar literatürde mevcuttur, ancak bu çalışma kapsamında bulanıklığın tip-1 sayılara göre daha fazla olduğu, üyelik derecelerinin de kesin bir sayı yerine, bir aralık ile ifade edildiği AT2BS kullanılmıştır.

$\bar{X}$ -R kontrol grafiklerinin kontrol limitleri aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar kullanılarak yeniden oluşturulmuştur. Bu noktada klasik kontrol grafikleri için kullanılan Denklem (2.3)-(2.8) aralık tip-2 yamuk bulanık işlem operatörleri Denklem (3.1)-(3.4) yardımı ile Denklem (6.1)-(6.6) oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned}
\widetilde{M\zeta_{\bar{X}}} = & \left(\left(\overline{a_1^U}, \overline{a_2^U}, \overline{a_3^U}, \overline{a_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{a_1^L}, \overline{a_2^L}, \overline{a_3^L}, \overline{a_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) = \\
& \left(\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_1^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_2^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_3^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_4^U}}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_1^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_2^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_3^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_4^L}}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \right) \quad (6.1)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\widetilde{M\zeta_R} = & \left(\left(\overline{r_1^U}, \overline{r_2^U}, \overline{r_3^U}, \overline{r_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{r_1^L}, \overline{r_2^L}, \overline{r_3^L}, \overline{r_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) = \\
& \left(\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i1}^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i2}^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i3}^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i4}^U}}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i1}^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i2}^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i3}^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{r_{i4}^L}}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \right) \quad (6.2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\widetilde{AKL_{\bar{X}}} = & \left(\left(\overline{a_1^U} - A_2 \overline{r_4^U}, \overline{a_2^U} - A_2 \overline{r_3^U}, \overline{a_3^U} - A_2 \overline{r_2^U}, \overline{a_4^U} - A_2 \overline{r_1^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{a_1^L} - A_2 \overline{r_4^L}, \overline{a_2^L} - A_2 \overline{r_3^L}, \overline{a_3^L} - A_2 \overline{r_2^L}, \overline{a_4^L} - A_2 \overline{r_1^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \quad (6.3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\widetilde{\dot{U}KL_{\bar{X}}} = & \left(\left(\overline{a_1^U} + A_2 \overline{r_1^U}, \overline{a_2^U} + A_2 \overline{r_2^U}, \overline{a_3^U} + A_2 \overline{r_3^U}, \overline{a_4^U} + A_2 \overline{r_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{a_1^L} + A_2 \overline{r_1^L}, \overline{a_2^L} + A_2 \overline{r_2^L}, \overline{a_3^L} + A_2 \overline{r_3^L}, \overline{a_4^L} + A_2 \overline{r_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \right. \right. \\
& \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \quad (6.4)
\end{aligned}$$

$$\widetilde{AKL}_R = \left(\left(D_3 \overline{r_1^U}, D_3 \overline{r_2^U}, D_3 \overline{r_3^U}, D_3 \overline{r_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \\ \left. \left(D_3 \overline{r_1^L}, D_3 \overline{r_2^L}, D_3 \overline{r_3^L}, D_3 \overline{r_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \quad (6.5)$$

$$\widetilde{ÜKL}_R = \left(\left(D_4 \overline{r_1^U}, D_4 \overline{r_2^U}, D_4 \overline{r_3^U}, D_4 \overline{r_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \\ \left. \left(D_4 \overline{r_1^L}, D_4 \overline{r_2^L}, D_4 \overline{r_3^L}, D_4 \overline{r_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \quad (6.6)$$

Aralık tip-2 yamuk bulanık sayı olarak belirlenen aralık tip-2 yamuk bulanık $\bar{X}$ -R kontrol limitleri ve aralık tip-2 yamuk bulanık veriler çalışma kapsamında kullanılan çeşitli karşılaştırma yöntemleri yardımıyla kontrol grafiklerini oluşturmuştur. Ancak çeşitli yöntemler denenerek oluşturulan aralık tip-2 bulanık kontrol grafiklerini karşılaştırmak için ilk olarak kesin sayılar ile oluşturulan kontrol grafiği verilecektir.

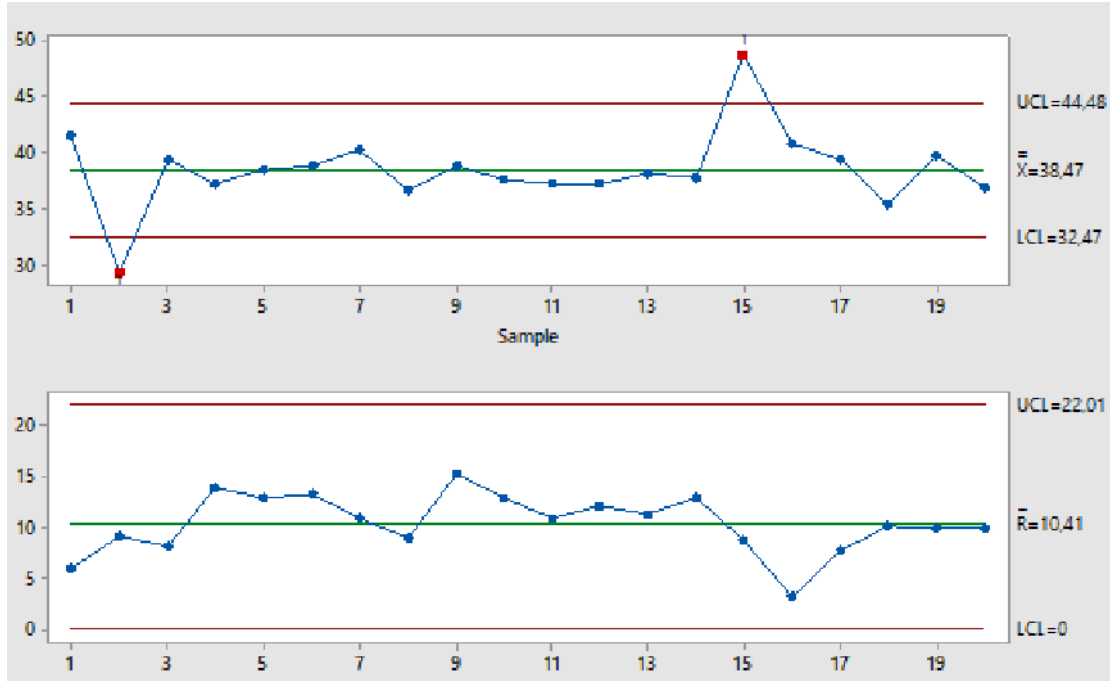
Her biri 5 birim içeren 20 adet gözlem ile ilgili kesin veriler Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6. 1. $\bar{X}$ için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.56	6	38.9	11	37.24	16	40.82
2	29.34	7	40.34	12	37.28	17	39.38
3	39.3	8	36.62	13	38.04	18	35.48
4	37.24	9	38.84	14	37.76	19	39.7
5	38.44	10	37.54	15	48.82	20	36.82

Çizelge 6. 2. R için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	5.9	6	13.2	11	11	16	3.2
2	9.1	7	10.9	12	12.1	17	7.8
3	8.1	8	9	13	11.4	18	10.1
4	13.8	9	15.3	14	12.8	19	10
5	12.9	10	12.9	15	8.8	20	9.9



Şekil 6. 1. Kesin veriler ile $\bar{X}$ -R kontrol grafiği

Şekil 6.1'e bakıldığı zaman süreçte değişkenlik yönüyle herhangi bir uygunsuzluk yokken, ortalamalar grafiği 2. ve 15. verilerin kontrol limitleri dışında olduğunu göstermektedir.

Kesin veriler kullanılarak rassal olarak AT2BS türetilmiştir. AT2BS için kontrol grafikleri çizilmeden önce aralık tip-2 bulanık kontrol limitleri Denklem (6.1)-(6.6) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Burada R değerinin hesaplanması için her birimin kendi içinde enbüyük ve enküçük değerine ihtiyaç vardır. Bunun için R değerleri hesaplanmadan önce DY kullanılmış ve sayıların enbüyük ve enküçük olanları kendi içerisinde AT2BS olarak çıkarılmıştır. Çalışma içerisinde, sayılarda karmaşa olmaması için ondalık ayırıcı olarak “.” kullanılmıştır.

$$\widetilde{MC}_{\bar{X}}$$

$$= \left((38.06, 38.28, 38.61, 38.83; (0.68, 0.68)), (38.17, 38.38, 38.49, 38.71; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{MC}_R = \left((9.02, 9.53, 10.10, 10.61; (0.68, 0.68)), (9.26, 9.73, 9.90, 10.36; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{AKL}_{\bar{X}} = \left((31.94, 32.46, 33.11, 33.63; (0.68, 0.68)), (32.19, 32.67, 32.88, 33.36; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{ÜKL}_{\bar{X}} = \left((43.26, 43.78, 44.43, 44.95; (0.68, 0.68)), (43.51, 44.99, 44.20, 44.68; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{AKL}_R = \left((0, 0, 0, 0; (0.68, 0.68)), (0, 0, 0, 0; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{ÜKL}_R = \left((19.07, 20.15, 21.35, 22.43; (0.68, 0.68)), (19.58, 20.57, 20.93, 21.91; (0.59, 0.59)) \right)$$

5 birimlik örnek alındığı için tablo değerleri olan A_2 : 0.577; D_3 : 0 ve D_4 : 2.115 şeklinde alınmıştır.

6.1.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri

Daha önceki bölümde bahsedilen yöntemlerden biri olan sıralama yöntemi aralık tip-2 yamuk bulanık sayı olarak tanımlanan beşer birimlik 20 veri için uygulanmıştır. Bunun için Ek Açıklama-A'daki AT2BS sayılar ve Denklem (4.1) kullanılmıştır. Hem $\bar{X}$ hem de R için değerler Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Kontrol limitleri için sıralama yöntemi-1 değerleri ise şu şekilde $SY1_{MÇ-\bar{X}} = 1502.23$, $SY1_{MÇ-R} = 102.47$, $SY1_{AKL-\bar{X}} = 1095.48$, $SY1_{ÜKL-\bar{X}} = 1973.06$, $SY1_{AKL-R} = 0$ ve $Rank1_{ÜKL-R} = 443.66$ hesaplanmıştır.

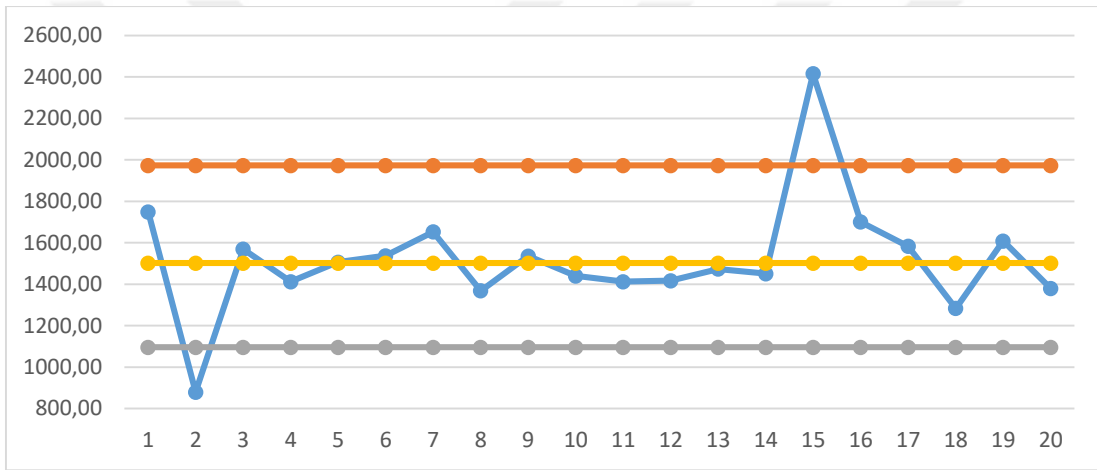
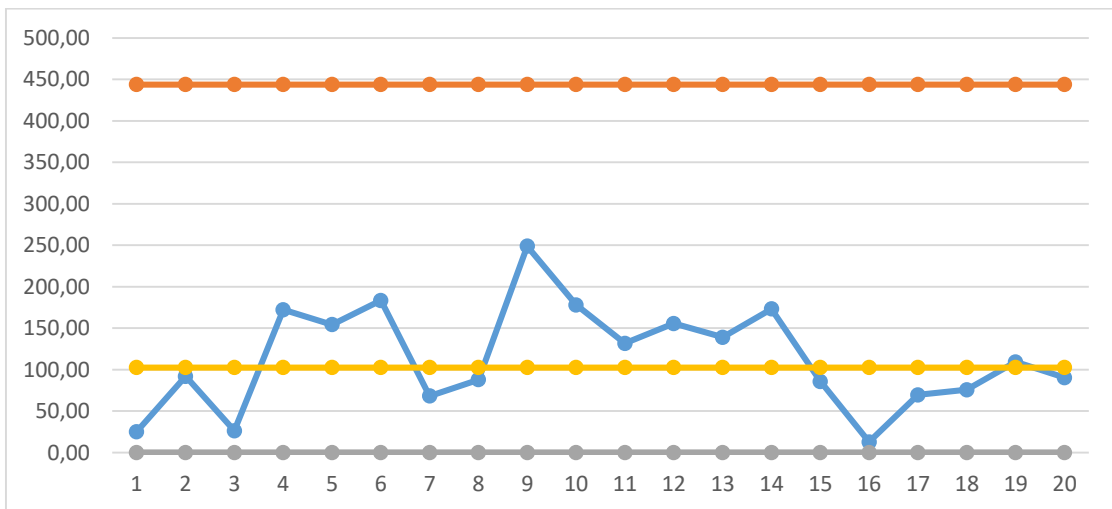
Çizelge 6. 3. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	1749.02	6	1537.49	11	1412.30	16	1700.34
2	879.27	7	1652.51	12	1416.97	17	1582.88
3	1569.22	8	1368.47	13	1472.90	18	1283.12
4	1412.30	9	1535.51	14	1450.91	19	1608.64
5	1506.64	10	1440.04	15	2416.06	20	1380.17

Çizelge 6. 4. Aralık tip-2 bulanık R verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	24.94	6	183.26	11	131.54	16	12.73
2	91.88	7	67.98	12	155.45	17	69.40
3	26.14	8	87.82	13	138.85	18	75.67
4	172.21	9	248.75	14	173.06	19	109.28
5	154.08	10	177.87	15	85.58	20	90.34

Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'te verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri elde edilmiş ve Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te gösterilmiştir.

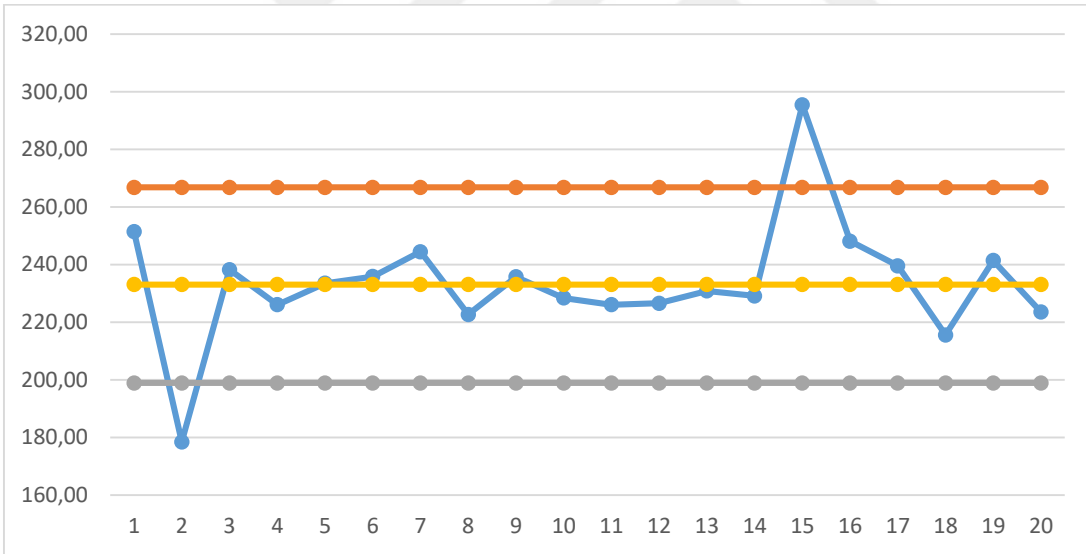
Şekil 6. 2. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiğiŞekil 6. 3. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği

Kullanılan sıralama yöntemi ile değişim aralığı grafiğinde herhangi bir limit dışı durum gözlenmezken ortalamalar grafiği incelendiğinde 2. ve 15. verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

Yukarıda bahsedilen tüm adımlar sıralama yöntemi-2 için de sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Ek Açıklama-A'daki veriler ve Denklem (4.2) kullanılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen değerler Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6. 5. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	251.37	6	235.82	11	226.03	16	248.10
2	178.41	7	244.44	12	226.51	17	239.52
3	238.19	8	222.64	13	230.81	18	215.52
4	226.03	9	235.72	14	229.09	19	241.38
5	233.49	10	228.40	15	295.45	20	223.53



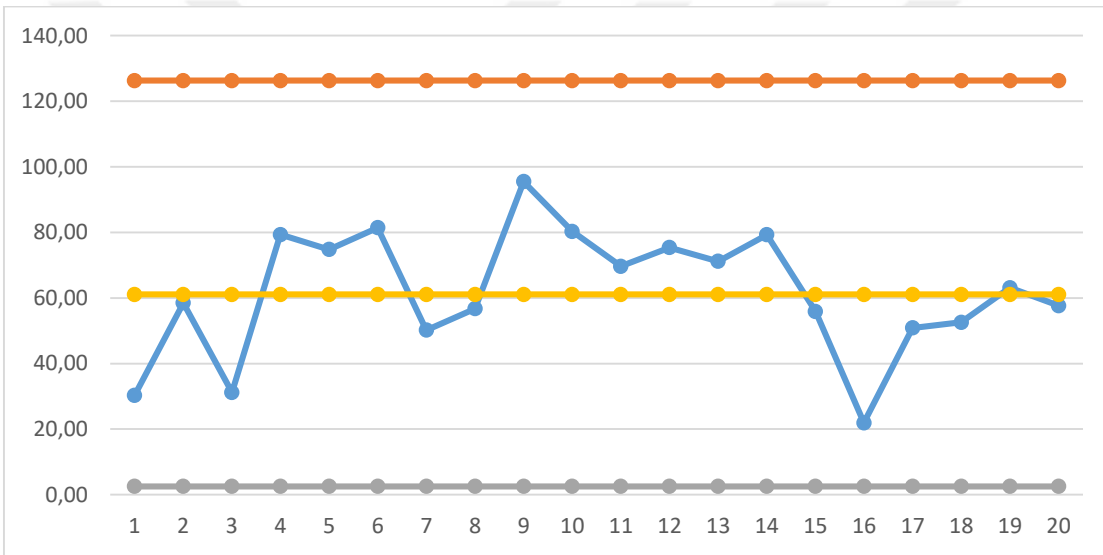
Şekil 6. 4. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

Kontrol limitleri için sıralama yöntemi-2 değerleri ise şu şekilde; $SY2_{M\bar{C}-\bar{X}} = 233.02$, $SY2_{M\bar{C}-R} = 61.06$, $SY2_{AKL-\bar{X}} = 198.86$, $SY2_{ÜKL-\bar{X}} = 266.79$, $SY2_{AKL-R} = 2.54$ ve $SY2_{ÜKL-R} = 126.32$ hesaplanmıştır. Çizelgelerde verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri elde edilmiştir ve Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te gösterilmiştir.

Kullanılan 2. sıralama yöntemi ile değişim aralığı grafiğinde herhangi bir limit dışı durum gözlenmezken ortalamalar grafiği yönüyle 2. ve 15. verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 6. 6. Aralık tip-2 bulanık R verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	30.30	6	81.45	11	69.68	16	21.94
2	58.48	7	50.17	12	75.38	17	50.87
3	31.21	8	56.72	13	71.17	18	52.57
4	79.33	9	95.47	14	79.26	19	63.11
5	74.81	10	80.30	15	55.90	20	57.66



Şekil 6. 5. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği

6.1.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ - R kontrol grafikleri

AT2BS'ı karşılaştırmanın bir diğer yolu da literatürde bulunan olasılık yöntemidir. Bu yöntemin kullanılması ile karar vermenin daha esnek olabildiği görülmüştür. Hesaplanan olasılık değerlerinin farklı seviyelerine göre karar verme değişebilir. Olasılık değeri kademelerine göre sırasıyla “kontrol dışında”, “tercihen kontrol dışında”, “tercihen kontrol içinde” ve “kontrol içinde” şeklinde yorum yapılabilir. Belirli bir olasılık değerinin üzerinde olduğu zaman süreçteki veriler için kontrol limitleri dışındadır şeklinde yorumlanırken, daha düşük olasılık değerine sahip olanlar için ise “tercihen kontrol dışında” denilebilir. Benzer

şekilde düşük olasılık değeri ile veriler kontrol altındadır derken, biraz daha yüksek olan değerlere “tercihen kontrol içinde” denilebilir.

Olasılık yönteminin anlatıldığı bölümde verilerin limit dışında olma olasılıkları karar şemasında verilmiştir. Bu formüller kontrol limitleri ile veriler arasında uygulanmıştır. Diğer bir ifadeyle, verilerin ÜKL’den büyük olma olasılığı ve AKL’nin veriden büyük olma olasılığı hesaplanarak karar verilir.

Örnek verilerimiz için Chen ve Lee (2012) geliştirmiş olduğu olasılık yöntemi kullanılarak $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri için limit dışında olma olasılıkları Çizelge 6.7-Çizelge 6.10’da verilmiştir.

Şekiller ve çizelgeler incelendiğinde R değerleri ile ilgili ÜKL ve AKL’nin dışında olma olasılıkları “0” olarak görülmektedir. Diğer bir ifade ile R kontrol grafiği yönüyle herhangi bir kontrol dışı durum gözlenmemektedir. Bunun yanında şekil ve çizelgeler incelendiğinde 2. verinin AKL’nin altında olduğu ve 15. verinin ÜKL’nin üzerinde olduğunu gösteren olasılık değeri “1”dir. $\bar{X}$ değerleri için bu iki verinin kontrol dışında olduğu söylenebilir. Çizelgelerdeki değerler kullanılarak çizilen grafikler ise Şekil 6.6-Şekil 6.9’da verilmiştir.

Çizelge 6. 7. Aralık tip-2 bulanık verilerin $\bar{X}$ değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL’den büyük olma olasılıkları

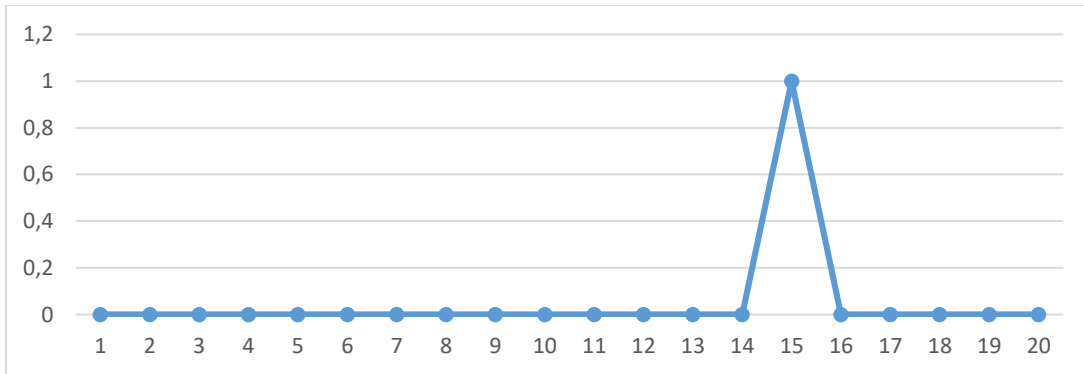
No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$	No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	1	1	1
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Çizelge 6. 8. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin $\bar{X}$ değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$	No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	1	1	1	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Çizelge 6. 9. Aralık tip-2 bulanık verilerin R değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

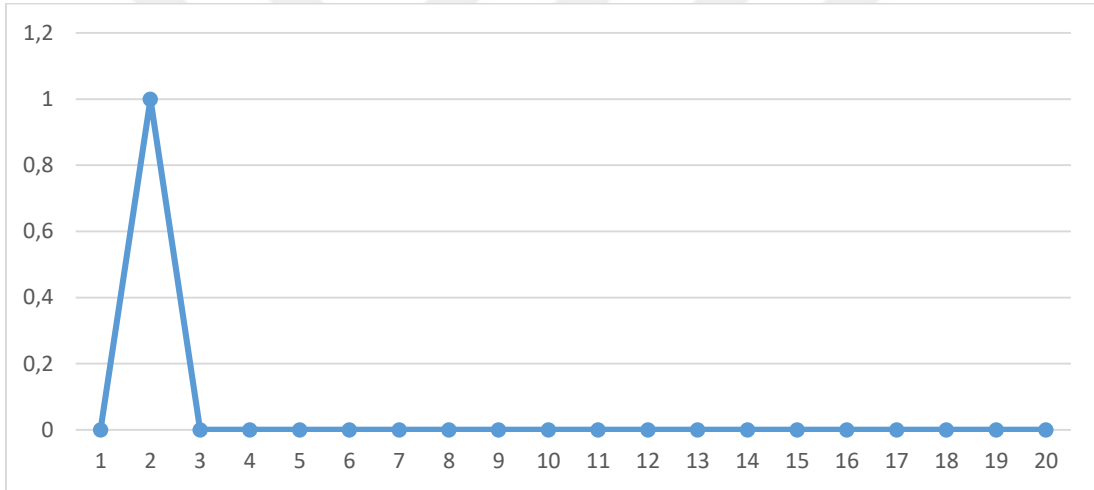
No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$	No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0



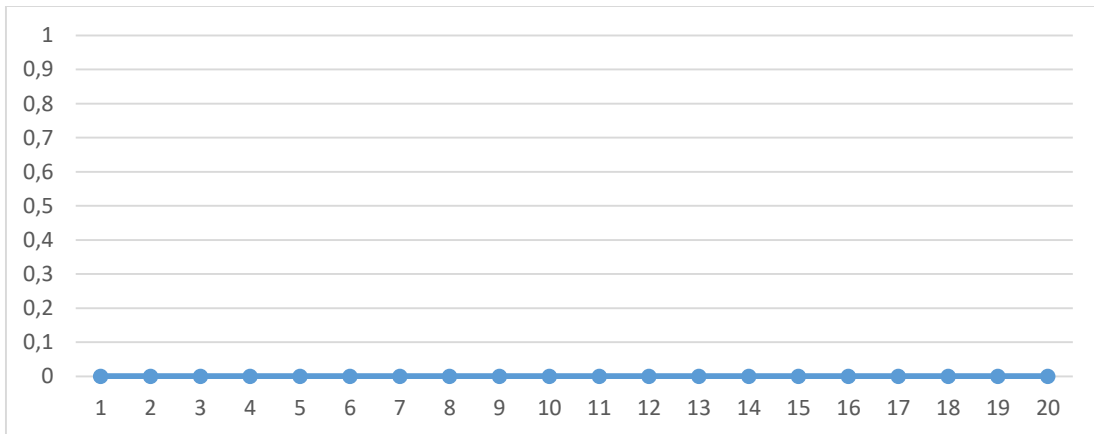
Şekil 6. 6. ÜKL'ye göre $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği

Çizelge 6. 10. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin R değerinden büyük olma olasılıkları

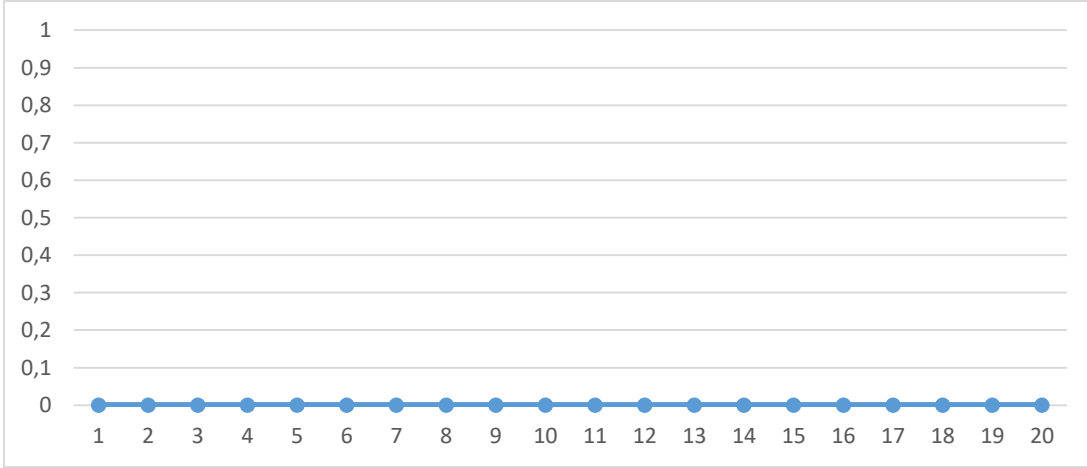
No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$	No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0



Şekil 6. 7. AKL'ye göre $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği



Şekil 6. 8. ÜKL'ye göre R olasılık değerleri grafiği



Şekil 6. 9. AKL'ye göre R olasılık değerleri grafiği

Olasılık yönteminin diğer yöntemlerden bir diğer farkı da görsel olarak kontrol grafiklerini andırmayan bir sonuç çıkarmasıdır. Bu yönü ile diğer yöntemlere nazaran ve karşılaştırma yönüyle zayıf kalmaktadır. Ancak önce de belirtildiği gibi, her ne kadar bu örnek için fark edilmese de, “tercihen” ifadesi farklı olasılık sınırları için kullanılabilir.

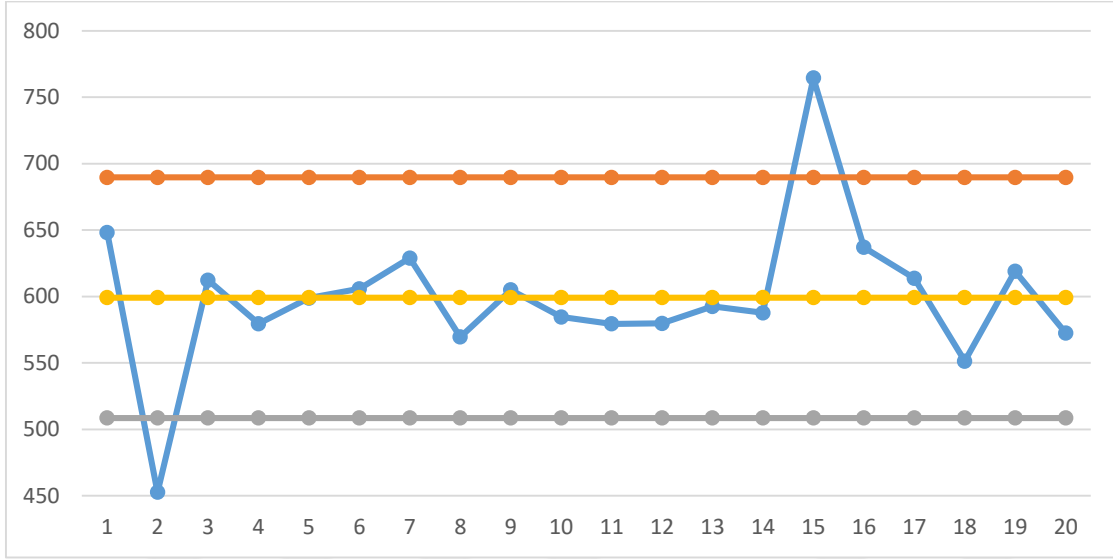
Çizelgeler ve şekiller incelendiğinde R değişim aralığı için herhangi bir limit dışı durum görülmezken $\bar{X}$ kontrol grafikleri için 2. ve 15. verilerin kontrol limitleri dışında olduğu gözlenmiştir.

6.1.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ - R kontrol grafikleri

Uzaklık yönteminin aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri için kullanılması farklı yaklaşımlardan biridir. Burada hem veriler hem de kontrol limitlerinin belirli bir noktaya uzaklığı tespit edilmiştir. Daha sonrasında ise AKL'den daha yakın veya ÜKL'den daha uzak değerlerin limitler dışında olacağı düşünülmüştür. Bu düşünce çerçevesinde verilen örnek için $\bar{X}$ - R kontrol grafikleri çizilmiştir. Ek Açıklama-A'daki AT2BS Denklem (4.11) yoluyla hesaplanmış ardından Çizelge 6.11 ve Çizelge 6.12 elde edilmiştir. $\bar{X}$ kontrol limitleri için uzaklık değerleri; $UY_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 599.08$, $UY_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 508.51$, $UY_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 689.64$, ve R kontrol limitleri için uzaklık değerleri; $UY_{\widetilde{M\check{C}-R}} = 140.96$, $UY_{\widetilde{AKL-R}} = -16$, $UY_{\widetilde{\check{U}KL-R}} = 315.97$.

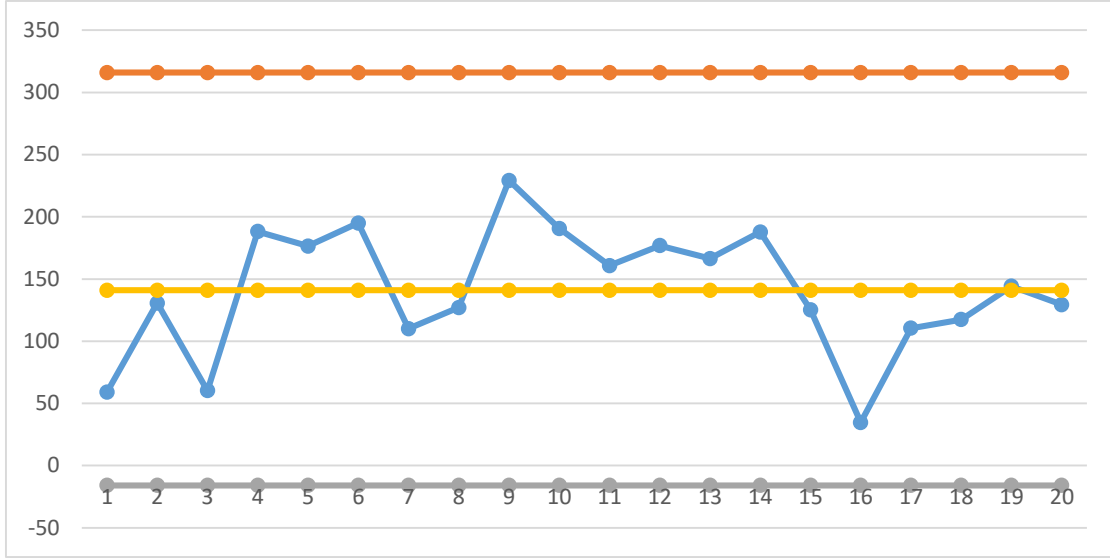
Çizelge 6. 11. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	648.08	6	605.72	11	579.32	16	636.92
2	452.56	7	628.92	12	579.76	17	613.72
3	612.20	8	569.44	13	592.44	18	551.24
4	579.48	9	604.92	14	587.68	19	618.96
5	598.76	10	584.52	15	764.44	20	572.48

Şekil 6. 10. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ için kontrol grafiğiÇizelge 6. 12. Aralık tip-2 bulanık R verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	59.00	6	195.00	11	160.80	16	34.60
2	130.6	7	119.00	12	176.80	17	110.40
3	60.20	8	127.00	13	166.40	18	117.40
4	188.20	9	229.20	14	187.8	19	144.20
5	176.40	10	190.60	15	125.20	20	129.40

Çizelgeler ve şekiller incelendiğinde R değişim aralığı için herhangi bir limit dışı durum görülmezken $\bar{X}$ kontrol grafikleri için 2. ve 15. verilerin kontrol limitleri dışında olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6. 11. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R için kontrol grafiği

6.1.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ - R kontrol grafikleri

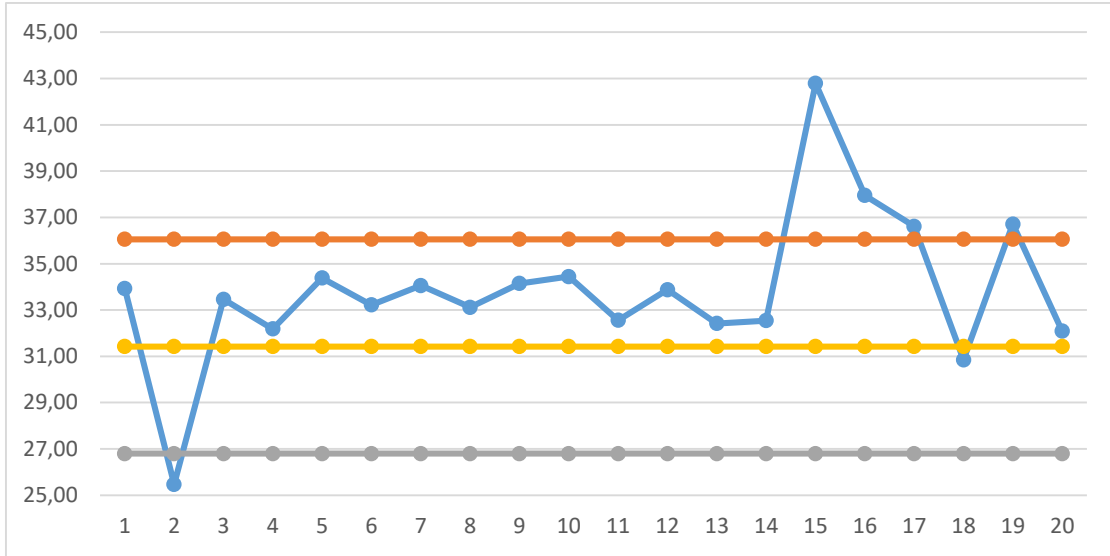
Durulaştırma ve tip indirgeme yöntemleri bir diğer aralık tip-2 karşılaştırma yöntemidir ve en çok kullanılan yöntemlerdendir. DY, aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri için sırasıyla uygulanmıştır. Denklem (4.13)'te belirtilen durulaştırma yaklaşımı mevcut verilere uygulandığında Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.14 ile grafikler elde edilmiştir.

Çizelge 6. 13. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

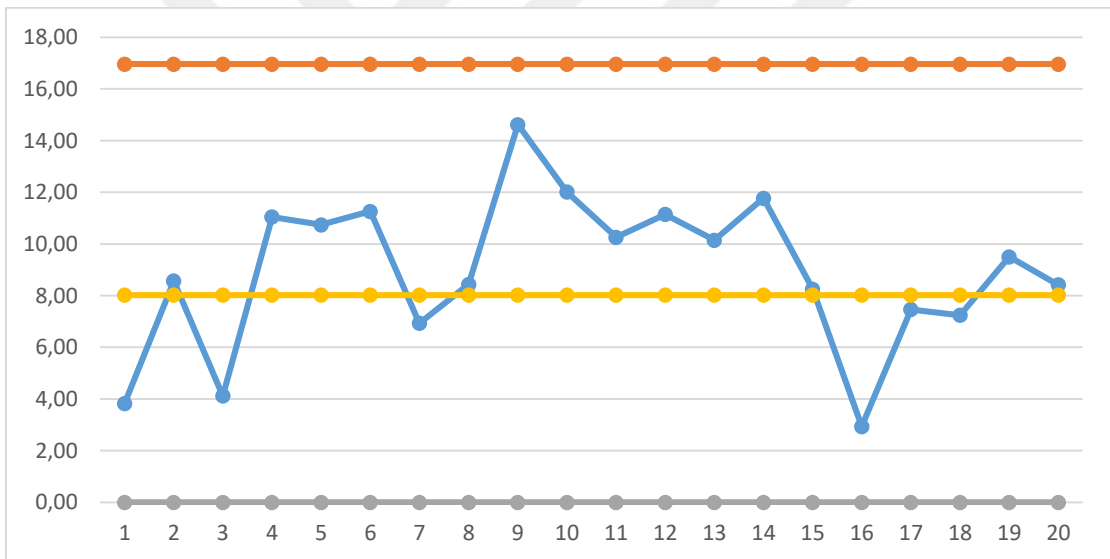
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	33.93	6	33.22	11	32.55	16	37.95
2	25.47	7	34.06	12	33.88	17	36.62
3	33.47	8	33.11	13	32.42	18	30.85
4	32.18	9	34.15	14	32.54	19	36.71
5	34.38	10	34.45	15	42.79	20	32.09

Çizelge 6. 14. Aralık tip-2 bulanık R verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	3.82	6	11.27	11	10.26	16	2.93
2	8.57	7	6.93	12	11.15	17	7.47
3	4.12	8	8.44	13	10.15	18	7.24
4	11.05	9	14.62	14	11.77	19	9.50
5	10.74	10	12.01	15	8.25	20	8.42



Şekil 6. 12. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 13. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği

Verilerden elde edilen kontrol limitlerinin durulaştırılmış değerleri $\bar{X}$ kontrol grafikleri için; $DY_{M\check{C}-\bar{X}} = 31.43$, $DY_{AKL-\bar{X}} = 26.80$, $DY_{ÜKL-\bar{X}} = 36.05$, ve R kontrol grafikleri için; $DY_{M\check{C}-R} = 8.02$, $DY_{AKL-R} = 0$, $DY_{ÜKL-R} = 16.96$ 'dir.

Durulaştırma yöntemine uygulandığında, $\bar{X}$ kontrol grafiği için 2, 15., 16., 17. ve 19. verilerin kontrol limitleri dışında olduğu ancak R kontrol grafiği yönüyle herhangi bir limit dışı değer olmadığı söylenebilir.

Denklem (4.14)-(4.18) kullanılarak Ek Açıklama-A'daki mevcut veriler için Çizelge 6.15 ve Çizelge 6.16 ile grafikler elde edilmiştir.

Veriler için hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY1_{\widehat{M\bar{C}-\bar{X}}} = 38.45$, $AMY1_{\widehat{AKL-\bar{X}}} = 29.96$, $AMY1_{\widehat{\bar{U}KL-\bar{X}}} = 44.11$ ve R için; $AMY1_{\widehat{M\bar{C}-R}} = 9.81$, $AMY1_{\widehat{AKL-R}} = 0$, $AMY1_{\widehat{\bar{U}KL-R}} = 20.75$ 'dir.

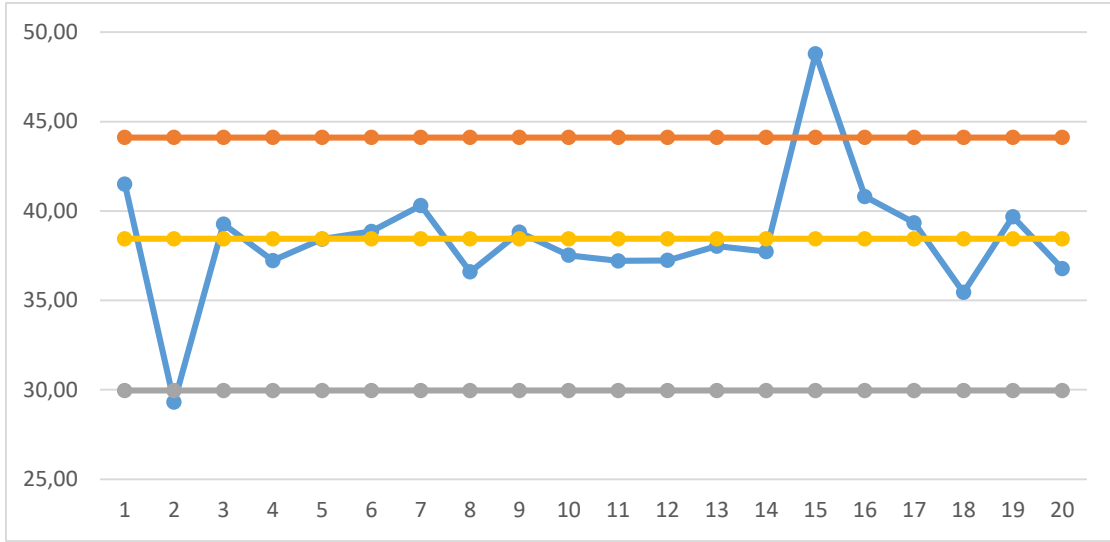
R değişim aralığı için ağırlık merkezi yöntemi-1 kullanılarak oluşturulan kontrol grafiğinde limit dışında bir durumun gözlenmemesine rağmen $\bar{X}$ ortalamalar için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak oluşturulan kontrol grafiğinde 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışına çıktığı gözlenmektedir.

Çizelge 6. 15. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

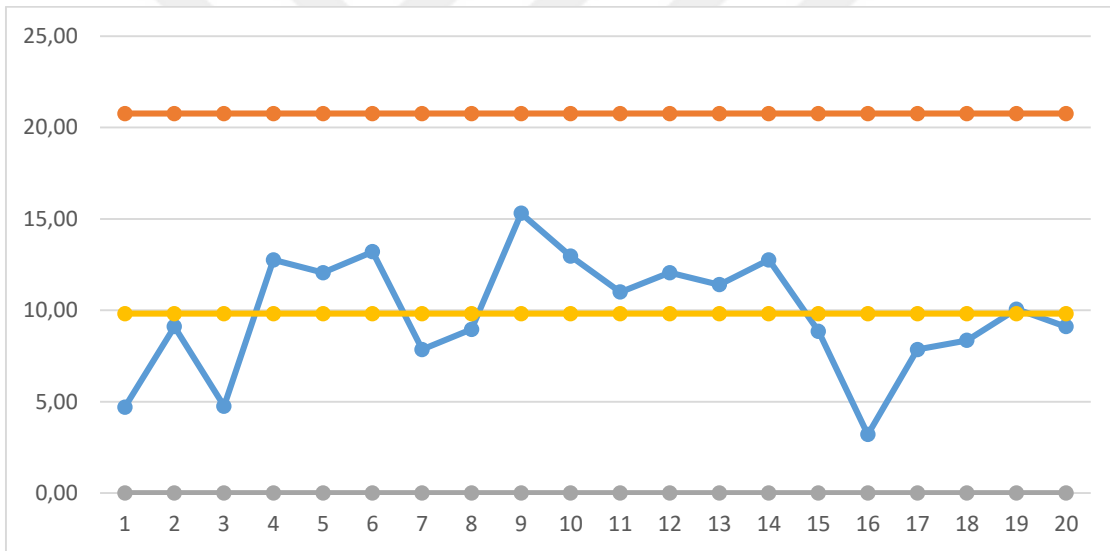
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.51	6	38.86	11	37.21	16	40.81
2	29.30	7	40.31	12	37.24	17	39.34
3	39.27	8	36.59	13	38.03	18	35.45
4	37.23	9	38.81	14	37.73	19	39.68
5	38.43	10	37.52	15	48.79	20	36.78

Çizelge 6. 16. Aralık tip-2 bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	4.70	6	13.20	11	11.00	16	3.20
2	9.11	7	7.85	12	12.05	17	7.85
3	4.75	8	8.96	13	11.40	18	8.35
4	12.75	9	15.30	14	12.76	19	10.05
5	12.05	10	12.96	15	8.85	20	9.10



Şekil 6. 14. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 15. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği

Ek Açıklama-A'daki veriler Denklem (4.19)-(4.21) kullanılarak $\bar{X}$ ve R değerlerine uygulandığında Çizelge 6.17 ve Çizelge 6.18 elde edilmiştir. Bu yaklaşıma göre yine tek bir sayı değeri verilmiş ve veriler kontrol altında veya dışında diye nitelendirilmiştir.

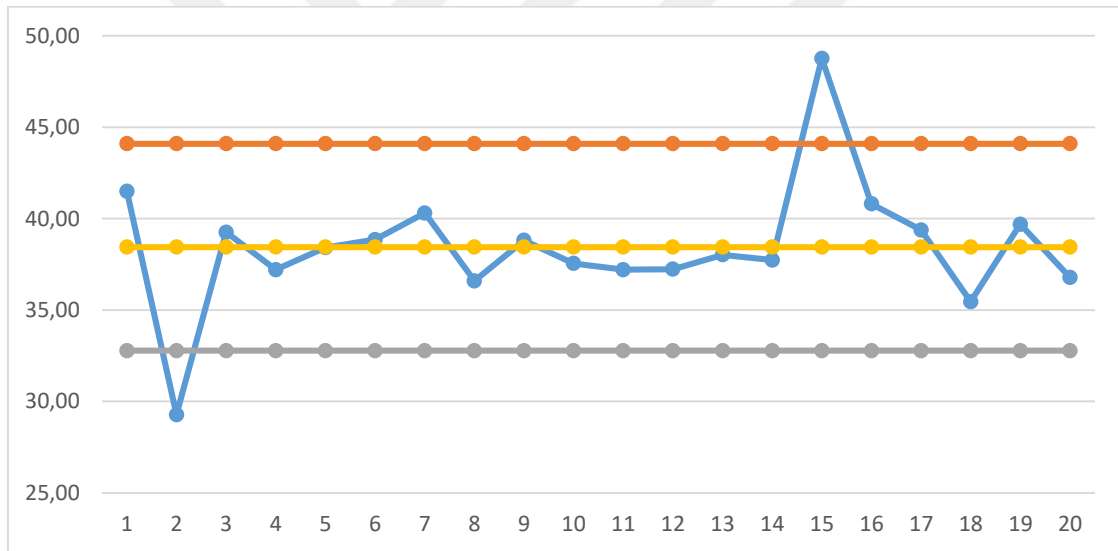
Denklem (4.19)-(4.21) ile hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY2_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 38.44$, $AMY2_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 32.78$, $AMY2_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 44.10$ ve R için; $AMY2_{\widetilde{M\check{C}-R}} = 9.81$, $AMY2_{\widetilde{AKL-R}} = 0$, $AMY2_{\widetilde{\check{U}KL-R}} = 20.75$ 'dir.

Çizelge 6. 17. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

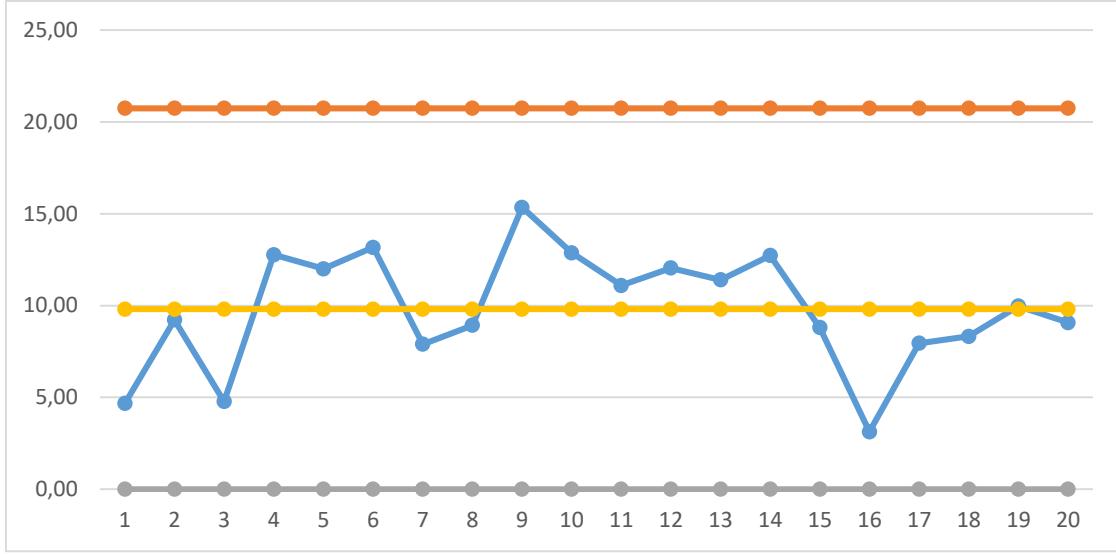
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.50	6	38.86	11	37.21	16	40.81
2	29.27	7	40.31	12	37.23	17	39.38
3	39.26	8	36.59	13	38.03	18	35.46
4	37.21	9	38.81	14	37.73	19	39.69
5	38.42	10	37.55	15	48.77	20	36.78

Çizelge 6. 18. Aralık tip-2 bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	4.68	6	13.18	11	11.10	16	3.13
2	9.23	7	7.90	12	12.05	17	7.95
3	4.78	8	8.93	13	11.40	18	8.33
4	12.78	9	15.35	14	12.73	19	9.98
5	12.00	10	12.88	15	8.80	20	9.08

Şekil 6. 16. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

Bu yöntemin sonuçları Mendel vd. (2009) tarafından geliştirilen yöntem sonuçları ile çok benzerlik göstermektedir. Farklı hesaplama yöntemleri olmasına rağmen hem veriler hem de limitler için benzer sonuçlar çıkmıştır. Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde R değerleri için herhangi kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 17. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği

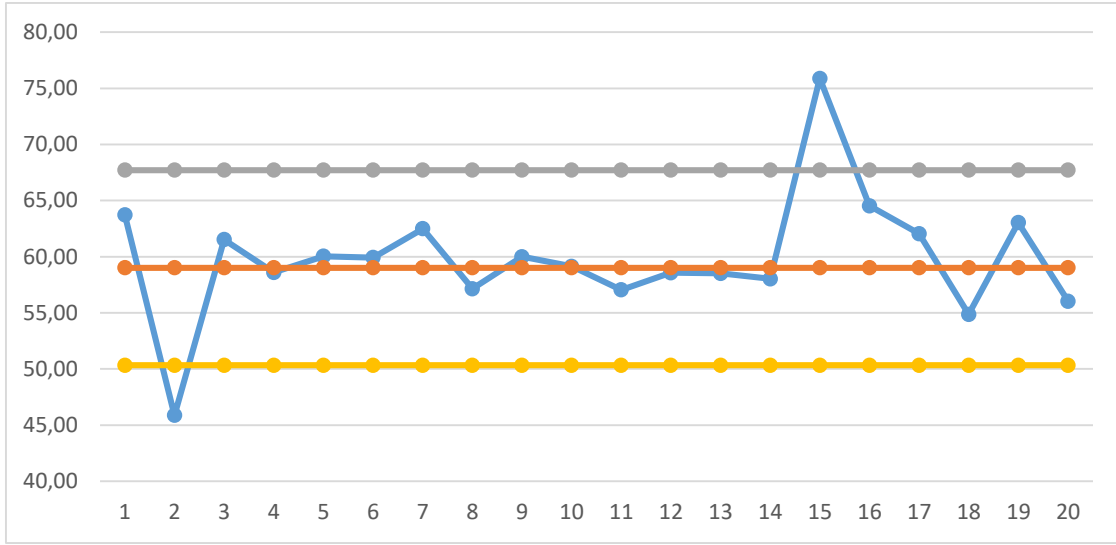
Bir diğer aralık tip-2 yamuk bulanık sayıların karşılaştırılması için kullanılan yöntem tip indirgeme yöntemidir (Mendel ve Liu, 2008). Denklem (4.22) Ek Açıklama-A'daki mevcut veriler ve kontrol limitleri için uygulanmış ve Çizelge 6.19 ve Çizelge 6.20 değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 6. 19. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için tip indirgeme değerleri

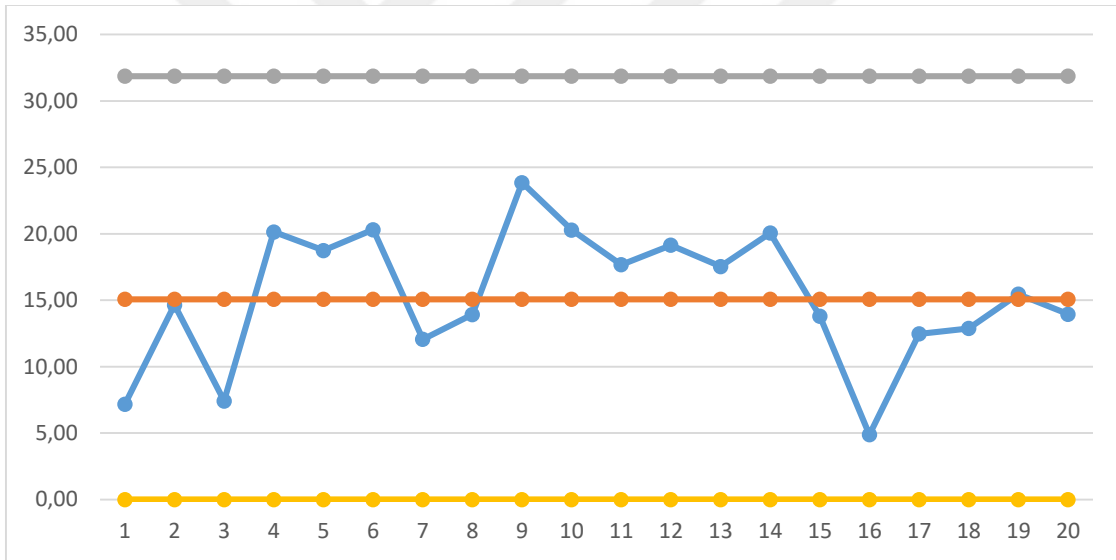
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	63.72	6	59.92	11	57.05	16	64.53
2	45.87	7	62.50	12	58.56	17	62.05
3	61.52	8	57.14	13	58.52	18	54.86
4	58.60	9	59.99	14	58.03	19	63.04
5	60.05	10	59.14	15	75.88	20	56.03

Çizelge 6. 20. Aralık tip-2 bulanık R verileri için tip indirgeme değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	7.17	6	20.31	11	17.67	16	4.88
2	14.64	7	12.06	12	19.14	17	12.47
3	7.42	8	13.93	13	17.54	18	12.87
4	20.14	9	23.85	14	20.05	19	15.45
5	18.74	10	20.29	15	13.81	20	13.95



Şekil 6. 18. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 19. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği

Denklem (4.22) ile hesaplanan kontrol limiti değerleri $\bar{X}$ için; $TİY_{M\bar{C}-\bar{X}} = 59.02$, $TİY_{AKL-\bar{X}} = 50.33$, $TİY_{ÜKL-\bar{X}} = 67.71$ ve R için; $TİY_{M\bar{C}-R} = 15.06$, $TİY_{AKL-R} = 0$, $TİY_{ÜKL-R} = 31.86$ 'dir.

Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde R değerleri için herhangi kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

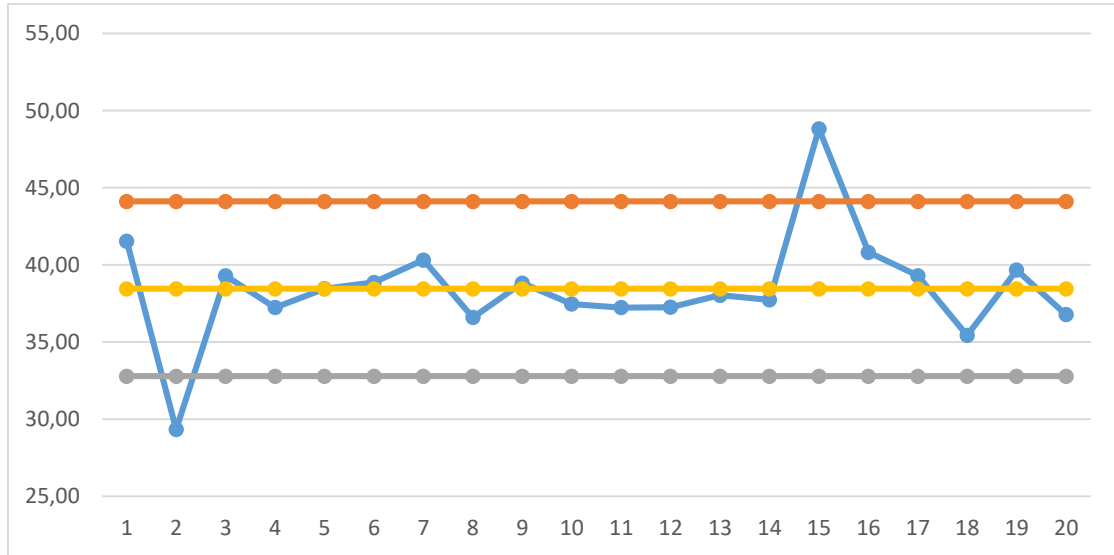
Son yöntem olarak Denklem (4.23)'teki gibi hesaplanan ağırlık merkezi yönteminden bahsedilmiştir. Önceki bölümde kullanılan yöntemler anlatılırken Coupland ve John'un (2007) aralık tip-2 yamuk bulanık sayıyı kapalı poligon şeklinde tanımladığı ifade edilmiştir. Bu noktada hesaplamalara dikkat edilerek işlemler yapılmış ve değerler Çizelge 6.21 ve Çizelge 6.22'de verilmiştir.

Çizelge 6. 21. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

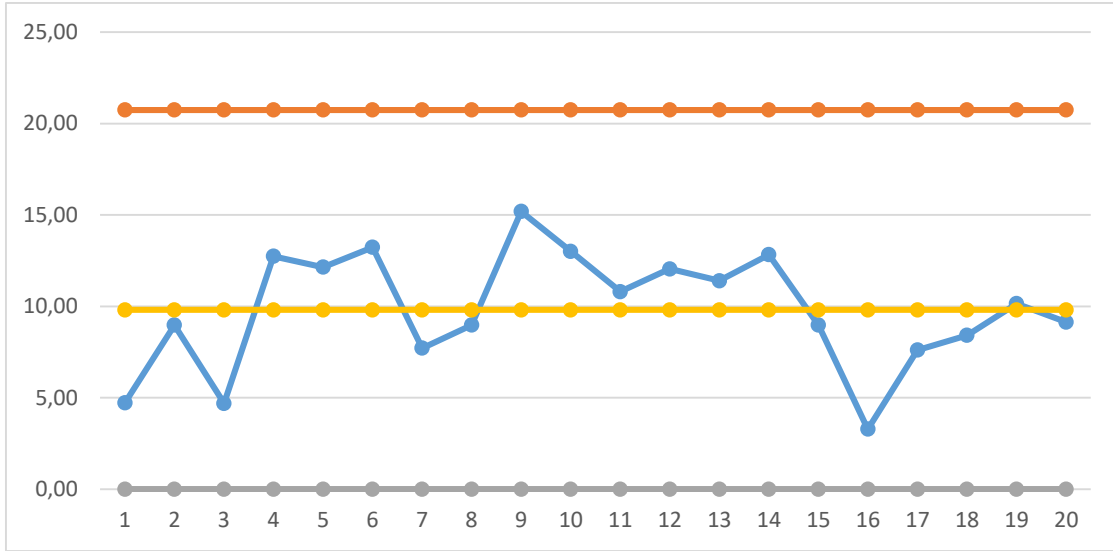
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.53	6	38.87	11	37.23	16	40.82
2	29.33	7	40.32	12	37.26	17	39.30
3	39.29	8	36.59	13	38.04	18	35.44
4	37.24	9	38.82	14	37.73	19	39.67
5	38.46	10	37.47	15	48.83	20	36.78

Çizelge 6. 22. Aralık tip-2 bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	4.73	6	13.24	11	10.81	16	3.29
2	8.98	7	7.72	12	12.05	17	7.61
3	4.70	8	8.98	13	11.40	18	8.42
4	12.74	9	15.20	14	12.83	19	10.15
5	12.15	10	13.02	15	8.98	20	9.15



Şekil 6. 20. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 21. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık R kontrol grafiği

Coupland ve John yöntemi ile hesaplanan kontrol limiti değerleri şu şekildedir; $AMY3_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 38.45$, $AMY3_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 32.79$, $AMY3_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 44.11$ ve R için; $AMY3_{\widetilde{M\check{C}-R}} = 9.81$, $AMY3_{\widetilde{AKL-R}} = 0$, $AMY3_{\widetilde{\check{U}KL-R}} = 20.75$ 'tir. Bu yöntemin sonuçları Mendel vd. ile Mendel ve Liu'nin yöntem sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Farklı hesaplama yöntemleri olmasına rağmen hem veriler hem de limitler için benzer sonuçlar çıkmıştır. Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde R değerleri için herhangi kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

6.2. Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$ -s Kontrol Grafikleri

$\bar{X}$ -s kontrol grafikleri ölçülebilen veriler için tercih edilen diğer kontrol grafikleridir. Ağırlık, uzunluk, çap ölçüsü vb ölçümler ölçüm aletleri ile ölçülebilir olmasına rağmen çeşitli nedenlerle ölçümlerin kesin doğru olacağı garanti edilemez. İnsanların yapmış olduğu ölçümler için hataların olabileceği, ölçüm aletlerinden kaynaklı ölçüm hatalarının oluşabileceği ve daha pek çok nedenlerle ölçümlerin kesinliği ile ilgili şüpheler bulunmaktadır. Bu nedenle $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri için daha gerçek sonuçlara yakın değerler elde etmek için bulanık mantık yaklaşımı kullanılabilir.

Tip-1 bulanık sayılar ile yapılan bazı çalışmalar literatürde mevcuttur, ancak bu çalışma kapsamında bulanıklığın tip-1 sayılara göre daha fazla olduğu, üyelik derecelerinin de kesin bir sayı yerine, bir aralık ile ifade edildiği AT2BS kullanılmıştır.

$\bar{X}$ -s kontrol grafiklerinin kontrol limitleri aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar kullanılarak yeniden oluşturulmuştur. Bu noktada klasik kontrol grafikleri için kullanılan Denklem (2.10)- (2.15) aralık tip-2 yamuk bulanık işlem operatörleri Denklem (3.1)-(3.4) yardımı ile Denklem (6.7)-(6.9)'a dönüştürülmüştür.

$$\begin{aligned} \widetilde{MC}_{\bar{X}} = & \left(\left(\overline{a_1^U}, \overline{a_2^U}, \overline{a_3^U}, \overline{a_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{a_1^L}, \overline{a_2^L}, \overline{a_3^L}, \overline{a_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) = \\ & \left(\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_1^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_2^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_3^U}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_4^U}}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_1^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_2^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_3^L}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \overline{a_4^L}}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.7)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL}_{\bar{X}} = & \left(\left(\overline{a_1^U} - A_3 \overline{s_4^U}, \overline{a_2^U} - A_3 \overline{s_3^U}, \overline{a_3^U} - A_3 \overline{s_2^U}, \overline{a_4^U} - A_3 \overline{s_1^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{a_1^L} - A_3 \overline{s_4^L}, \overline{a_2^L} - A_3 \overline{s_3^L}, \overline{a_3^L} - A_3 \overline{s_2^L}, \overline{a_4^L} - A_3 \overline{s_1^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.8)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ÜKL}_{\bar{X}} = & \left(\left(\overline{a_1^U} + A_3 \overline{s_1^U}, \overline{a_2^U} + A_3 \overline{s_2^U}, \overline{a_3^U} + A_3 \overline{s_3^U}, \overline{a_4^U} + A_3 \overline{s_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{a_1^L} + A_3 \overline{s_1^L}, \overline{a_2^L} + A_3 \overline{s_2^L}, \overline{a_3^L} + A_3 \overline{s_3^L}, \overline{a_4^L} + A_3 \overline{s_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.9)$$

$\bar{X}$ için değer hesaplamalarında $\bar{X}$ -R grafiklerine benzer bir hesaplama yapılmıştır. Sadece A_2 olarak kullanılan tablo değeri A_3 olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Buna karşın standart sapma hesaplaması AT2BS için düşünüldüğü kadar kolay

hesaplanamamaktadır. Bilindiği üzere AT2BS’da çıkarma işlemi, en küçük değerli referans noktasından en büyük değere sahip referans noktasının çıkarılması ve en büyük değerli referans noktasından en küçük değere sahip referans noktasının çıkarılması sonucunda elde edilmektedir. Tepe noktası değerleri ise daha dar bir aralıkta sapma göstermektedir. Varyans hesaplamasında tüm bu sapmaların kareleri alındığında aradaki sapma değerleri daha da artmaktadır. Bu durumda hesaplanan standart sapma değerleri AT2BS özelliğini taşımamaktadır. Kahraman ve Kabak tarafından tip-1 bulanık sayılar için varyans ve standart sapma hesaplamaları Denklem (6.10)’da verilmiştir (Kahraman ve Kabak, 2016).

Bu formüle göre her bir referans noktasının, o referans noktasının ortalamasından sapmaları olarak hesaplanmıştır.

$$\tilde{s} = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{li} - \bar{x}_l)^2}{n-1}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{m1i} - \bar{x}_{m1})^2}{n-1}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{m2i} - \bar{x}_{m2})^2}{n-1}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ui} - \bar{x}_u)^2}{n-1}} \right) \quad (6.10)$$

Geliştirilen bu yaklaşım çalışma kapsamında AT2BS’a uyarlanmak istenmiştir. Çok çeşitli AT2BS ile yapılan hesaplamalar sonucunda bu yaklaşım ile elde edilen sayıların bazılarının AT2BS özelliklerini göstermediği görülmüştür. Örneğin, en küçük referans noktaları arasındaki sapmalar(kendi içlerinde) büyük olabilirken, tepe noktalar olarak ifade edilen noktalar çok küçük sapmalar göstermiş olabilir. Bu durumda elde edilen standart sapma değerleri AT2BS şeklinde ifade edilemeyecektir. Standart sapma hesaplamasında buna benzer bir durum ile karşılaşmamak adına, hesaplanan standart sapmalar kendi içerisinden AT2BS olacak şekilde düzenlenmiştir.

$$\begin{aligned} \widetilde{M\zeta_s} = & \left(\left(\overline{s_1^U}, \overline{s_2^U}, \overline{s_3^U}, \overline{s_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{s_1^L}, \overline{s_2^L}, \overline{s_3^L}, \overline{s_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) = \\ & \left(\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m s_{i1}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{i2}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{i3}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{i4}^U}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m s_{i1}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{i2}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{i3}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{i4}^L}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.11)$$

$$\widetilde{AKL}_s = \left(\left(B_3 \overline{s_1^U}, B_3 \overline{s_2^U}, B_3 \overline{s_3^U}, B_3 \overline{s_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \\ \left. \left(B_3 \overline{s_1^L}, B_3 \overline{s_2^L}, B_3 \overline{s_3^L}, B_3 \overline{s_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \quad (6.12)$$

$$\widetilde{ÜKL}_s = \left(\left(B_4 \overline{s_1^U}, B_4 \overline{s_2^U}, B_4 \overline{s_3^U}, B_4 \overline{s_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \\ \left. \left(B_4 \overline{s_1^L}, B_4 \overline{s_2^L}, B_4 \overline{s_3^L}, B_4 \overline{s_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \quad (6.13)$$

Ortalama standart sapma değeri hesaplandıktan sonra AKL ve ÜKL değerleri benzer şekilde hesaplanmıştır. Sadece D3 ve D4 yerine B3 ve B4 tablo değerleri kullanılmıştır.

Aralık tip-2 yamuk bulanık sayı olarak belirlenen $\bar{X}$ -s kontrol limitleri önceki bölümdeki veriler ve aynı karşılaştırma yöntemleri kullanılarak kontrol grafikleri elde edilmiştir. Benzer şekilde öncelikli olarak kesin sayılar ile çizilen klasik kontrol grafikleri verilmiş, ardından sırasıyla diğer aralık tip-2 bulanık karşılaştırma yöntemleri ile bulanık kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Her biri 5 birim içeren 20 adet gözlem ile ilgili kesin veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir. 5 birimlik örnek alındığı için A₃: 1.427; B₃: 0 ve B₄: 2.089 şeklinde alınmıştır.

Çizelge 6. 23. $\bar{X}$ için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.56	6	38.9	11	37.24	16	40.82
2	29.34	7	40.34	12	37.28	17	39.38
3	39.3	8	36.62	13	38.04	18	35.48
4	37.24	9	38.84	14	37.76	19	39.7

Çizelge 6. 24. s için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	2.48	6	5.68	11	4.34	16	1.34
2	3.70	7	4.10	12	4.70	17	3.05
3	2.95	8	3.67	13	4.34	18	4.75
4	6.56	9	6.48	14	4.90	19	4.19
5	5.95	10	5.33	15	3.41	20	4.15



Şekil 6. 22. Kesin veriler için $\bar{X}$ -s kontrol grafiği

Aynı veriler için $\bar{X}$ -R kontrol grafiklerine benzer şekilde sapma yönüyle kontrol dışı bir durum gözlenmezken $\bar{X}$ grafiğinde 2. ve 15. veriler kontrol dışındadır.

Aralık tip-2 bulanık veriler kullanılarak $\bar{X}$ -s grafikleri çizilmeden önce limitlerin belirlenmesi gerekmektedir.

$$\widetilde{MC}_{\bar{X}} =$$

$$\left((38.06, 38.28, 38.61, 38.83; (0.68, 0.68)), (38.17, 38.38, 38.49, 38.71; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{MC}_s = \left((4.21, 4.28, 4.33, 4.40; (0.68, 0.68)), (4.25, 4.30, 4.32, 4.36; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{AKL}_{\bar{X}}$$

$$= \left((31.78, 32.10, 32.50, 32.81; (0.68, 0.68)), (31.95, 32.22, 32.35, 32.64; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{ÜKL}_{\bar{X}}$$

$$= \left((44.07, 44.39, 44.79, 45.11; (0.68, 0.68)), (44.23, 44.52, 44.65, 44.92; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{AKL}_s = \left((0, 0, 0, 0; (0.68, 0.68)), (0, 0, 0, 0; (0.59, 0.59)) \right)$$

$$\widetilde{ÜKL}_s = \left((8.80, 8.93, 9.05, 9.20; (0.68, 0.68)), (8.87, 8.98, 9.02, 9.10; (0.59, 0.59)) \right)$$

6.2.1 Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

Denklem (4.1)'de verilen sıralama yöntemi aralık tip-2 yamuk bulanık sayı olarak tanımlanan beşer birimlik 20 veri için uygulanmış ve hem $\bar{X}$ hem de s için değerler Çizelge 6.25 ve Çizelge 6.26'da verilmiştir.

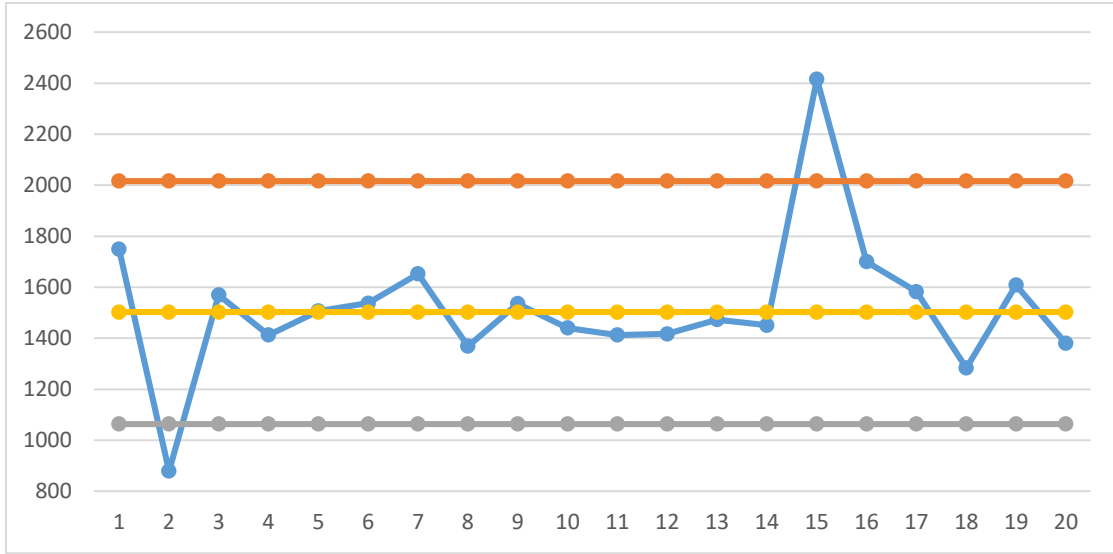
Çizelge 6. 25. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	1749.02	6	1537.49	11	1412.30	16	1700.34
2	879.27	7	1652.51	12	1416.97	17	1582.88
3	1569.22	8	1368.47	13	1472.90	18	1283.12
4	1412.30	9	1535.51	14	1450.91	19	1608.64
5	1506.64	10	1440.04	15	2416.06	20	1380.17

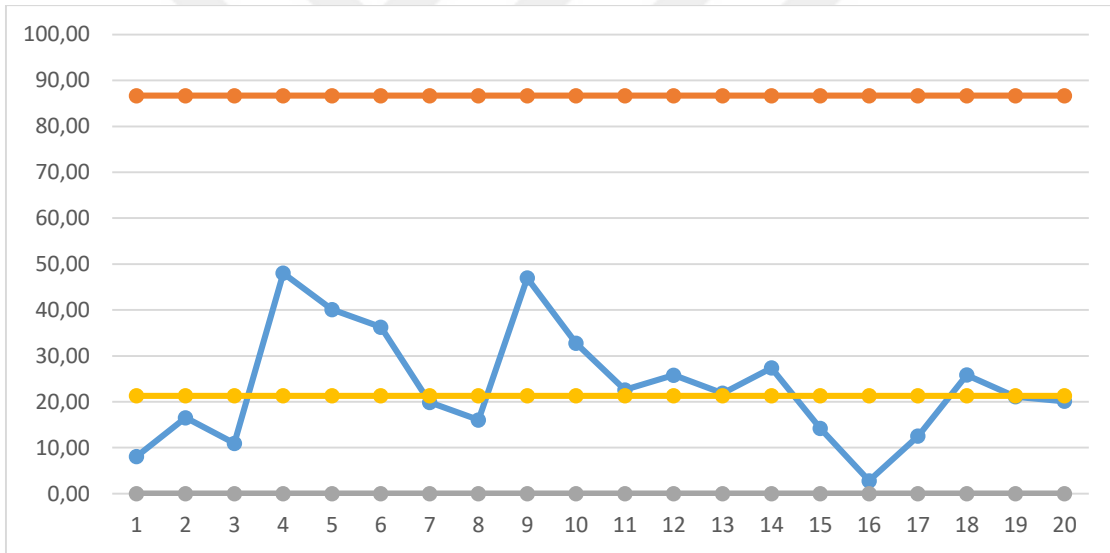
Çizelge 6. 26. Aralık tip-2 bulanık R verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	8.07	6	36.27	11	22.59	16	2.79
2	16.54	7	19.86	12	25.81	17	12.53
3	10.94	8	16.03	13	21.86	18	25.85
4	48.03	9	46.96	14	27.36	19	21.08
5	40.10	10	32.74	15	14.20	20	20.11

Kontrol limitleri için sıralama yöntemi-1 değerleri ise şu şekilde $SY1_{M\check{C}-\bar{X}} = 1502.23$, $SY1_{M\check{C}-s} = 21.29$, $SY1_{AKL-\bar{X}} = 1063.48$, $SY1_{ÜKL-\bar{X}} = 2016.54$, $SY1_{AKL-s} = 0$ ve $SY1_{ÜKL-s} = 86.69$ hesaplanmıştır. Tablolarda verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri Şekil 6.23 ve Şekil 6.24'te gösterilmiştir.



Şekil 6. 23. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 24. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği

Sıralama yöntemine göre oluşturulan kontrol grafiklerine bakıldığında sapmalar için herhangi bir kontrol dışı durum görülmemekle birlikte ortalamalar grafiğinde 2. ve 15. verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

İkinci sıralama yöntemi ile elde edilen veriler Çizelge 6.27- Çizelge 6.28'de verilmiştir. Bunun için Ek Açıklama-A'daki veriler ve Denklem (4.2)'den yararlanılmıştır.

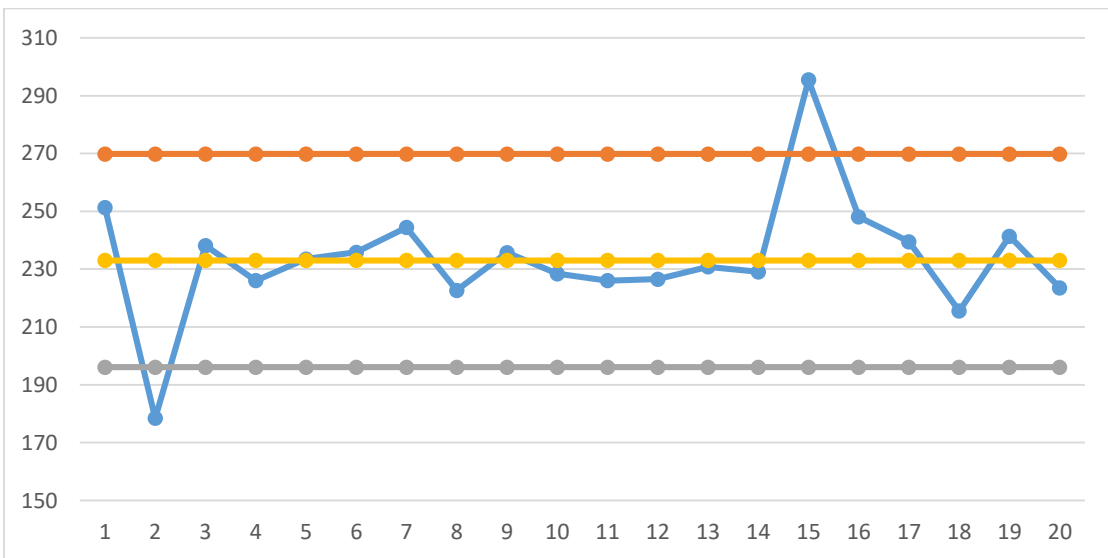
Çizelge 6. 27. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

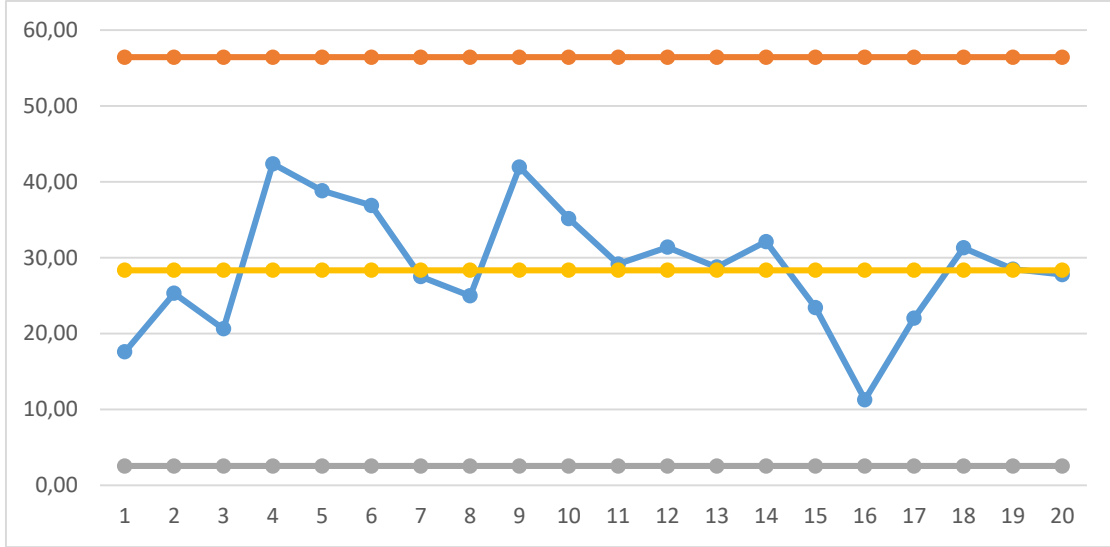
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	251.37	6	235.82	11	226.03	16	248.10
2	178.41	7	244.44	12	226.51	17	239.52
3	238.19	8	222.64	13	230.81	18	215.52
4	226.03	9	235.72	14	229.09	19	241.38
5	233.49	10	228.40	15	295.45	20	223.53

Çizelge 6. 28. Aralık tip-2 bulanık s verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	17.59	6	36.89	11	29.17	16	11.27
2	25.31	7	27.50	12	31.38	17	22.04
3	20.62	8	24.96	13	28.77	18	31.29
4	42.38	9	41.96	14	32.13	19	28.49
5	38.83	10	35.17	15	23.41	20	27.78

Kontrol limitleri için sıralama yöntemi-2 değerleri ise şu şekilde; $SY2_{M\check{C}-\bar{X}} = 233.02$, $SY2_{M\check{C}-s} = 28.34$, $SY2_{AKL-\bar{X}} = 196.09$, $SY2_{\check{U}KL-\bar{X}} = 269.84$, $SY2_{AKL-s} = 2.54$ ve $SY2_{\check{U}KL-R} = 56.45$ hesaplanmıştır. Çizelgelerde verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri elde edilmiştir ve Şekil 6.25 ve Şekil 6.26'da gösterilmiştir. Kullanılan 2. Sıralama yöntemi incelendiğinde s kontrol grafiği ile ilgili herhangi bir limit dışı durum gözlenmezken ortalamalar grafiğinde 2. ve 15. Verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

Şekil 6. 25. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 26. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği

6.2.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

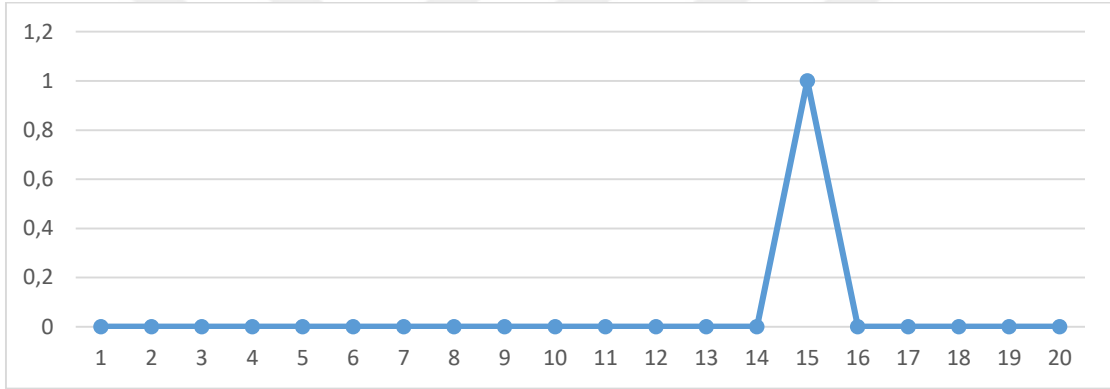
Denklem (4.5)-(4.7)'de verilen olasılık yöntemi Ek Açıklama-A'daki verilerimize uyarlanarak aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri için limit dışında olma olasılıkları Çizelge 6.29- 6.32'de verilmiştir. Çizelgelerdeki değerler kullanılarak çizilen grafikler ise Şekil 6.27- 6.30'da verilmiştir.

Çizelge 6. 29. Aralık tip-2 bulanık verilerin $\bar{X}$ değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

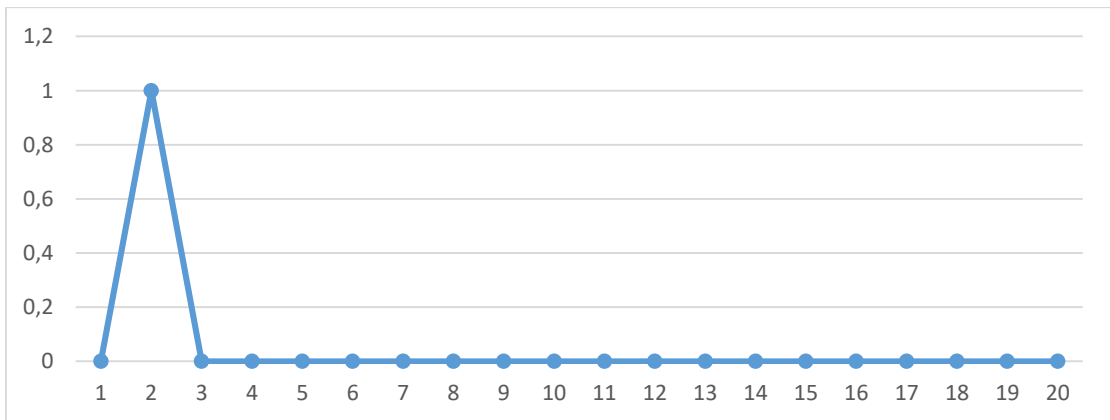
No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$	No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	1	1	1
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Çizelge 6. 30. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin $\bar{X}$ değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$	No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	1	1	1	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0



Şekil 6. 27. ÜKL'ye göre $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği



Şekil 6. 28. AKL'ye göre $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği

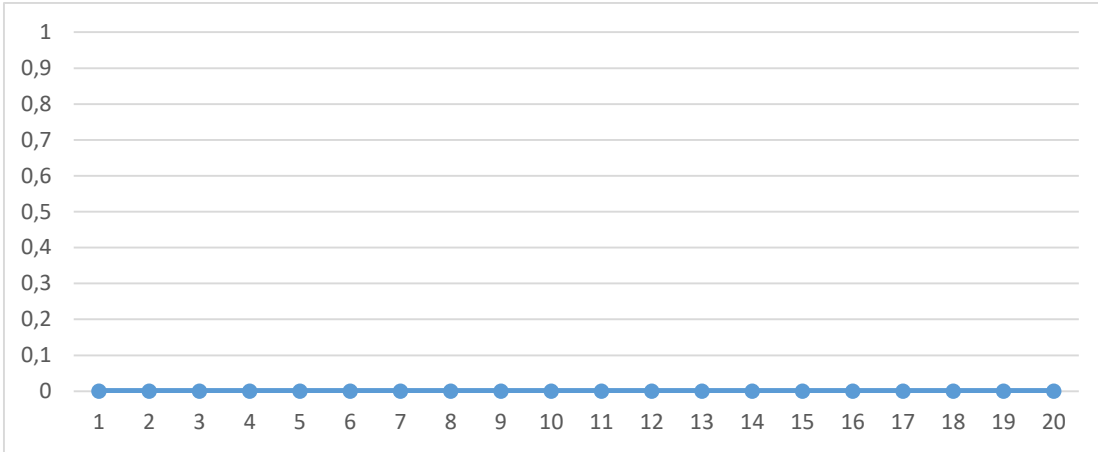
Çizelge 6. 31. Aralık tip-2 bulanık verilerin s değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$	No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

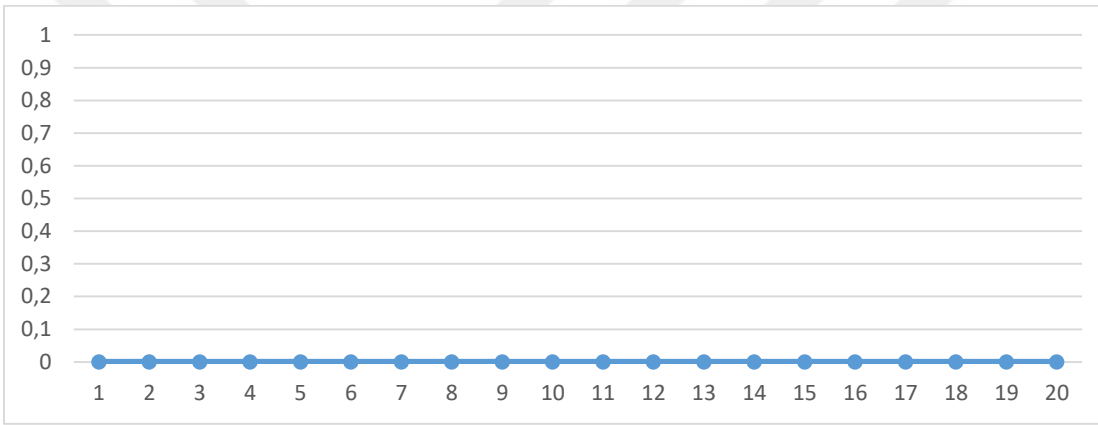
Çizelge 6. 32. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık verilerin R değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$	No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Şekiller ve çizelgeler incelendiğinde s değerleri için ÜKL ve AKL'nin dışında olma olasılıkları “0” olarak görülmektedir. Diğer bir ifade ile s kontrol grafiği yönüyle herhangi bir kontrol dışı durum gözlenmemektedir. Bunun yanında şekil ve çizelgeler incelendiğinde 2. verinin AKL'nin altında olduğu ve 15. verinin ÜKL'nin üzerinde olduğunu gösteren olasılık değeri “1”dir. $\bar{X}$ değerleri için bu iki verinin kontrol dışında olduğu söylenebilir.



Şekil 6. 29. ÜKL'ye göre s olasılık değerleri grafiği



Şekil 6. 30. AKL'ye göre s olasılık değerleri grafiği

6.2.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

Uzaklık yönteminde, hem veriler hem de kontrol limitlerinin belirli bir noktaya uzaklığı tespit edilmiştir. Daha sonrasında ise AKL'den daha yakın veya ÜKL'den daha uzak değerlerin limitler dışında olacağı düşünülmüştür.

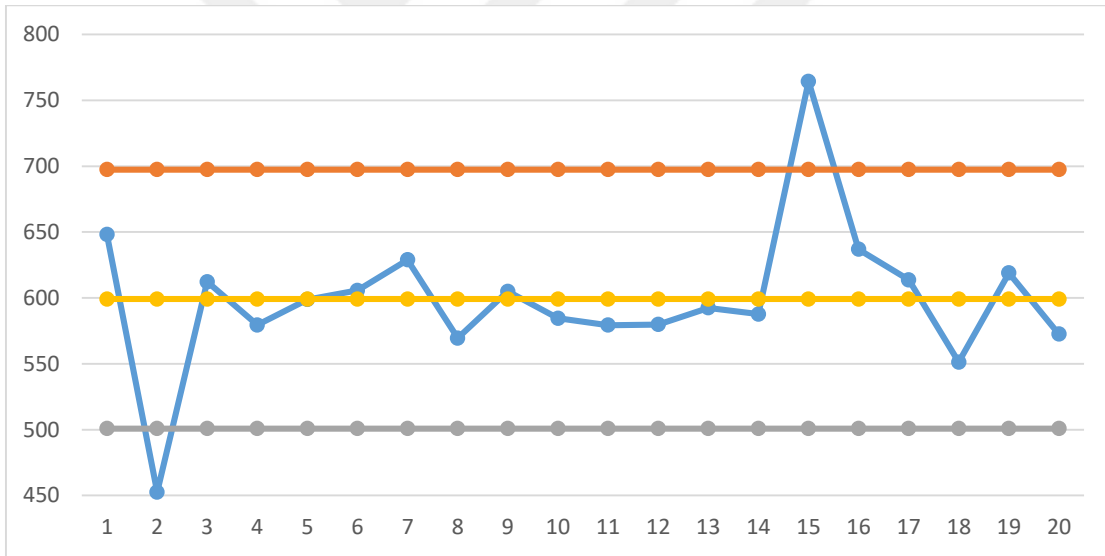
Hesaplamalar sonucunda $\bar{X}$ -s için kontrol limitleri şu şekildedir; $UY_{\widetilde{MÇ-\bar{X}}} = 599.08$, $UY_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 500.75$, $UY_{\widetilde{ÜKL-\bar{X}}} = 697.40$, ve $UY_{\widetilde{MÇ-s}} = 52.90$, $UY_{\widetilde{AKL-s}} = -16$, $UY_{\widetilde{ÜKL-s}} = 127.94$. Aralık tip-2 yamuk bulanık veriler için $\bar{X}$ ve s uzaklık hesaplamaları Çizelge 6.33 ve Çizelge 6.34'te verilmiştir.

Çizelge 6. 33. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için uzaklık yöntemi değerleri

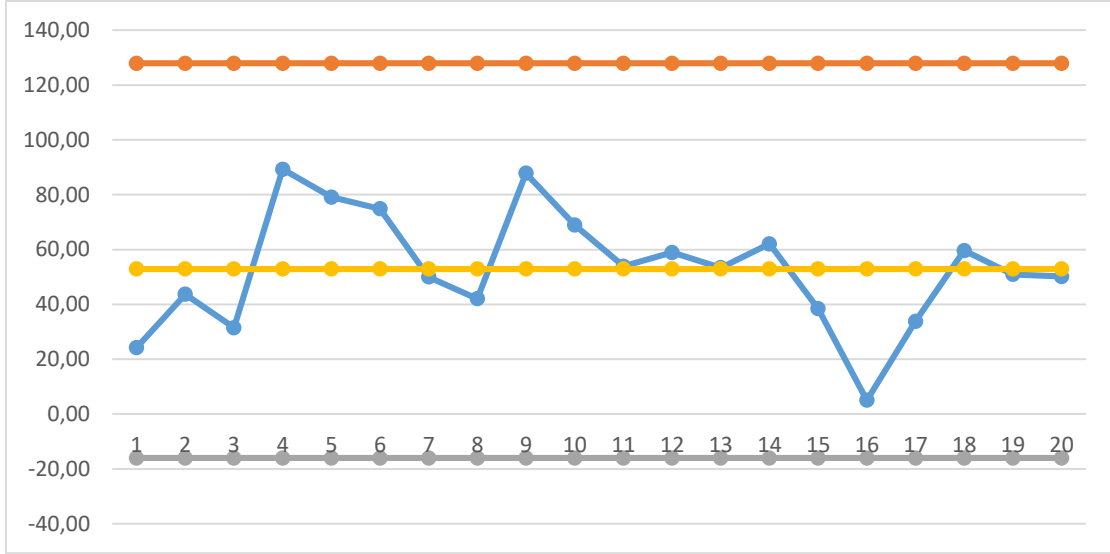
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	648.08	6	605.72	11	579.32	16	636.92
2	452.56	7	628.92	12	579.76	17	613.72
3	612.20	8	569.44	13	592.44	18	551.24
4	579.48	9	604.92	14	587.68	19	618.96
5	598.76	10	584.52	15	764.44	20	572.48

Çizelge 6. 34. Aralık tip-2 bulanık s verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	24.28	6	74.89	11	53.93	16	5.03
2	43.69	7	50.00	12	58.95	17	33.84
3	31.50	8	42.03	13	53.39	18	59.63
4	89.27	9	87.81	14	62.09	19	50.96
5	79.15	10	68.94	15	38.47	20	50.20

Şekil 6. 31. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ için kontrol grafiği

Çizelgeler ve grafikler incelendiğinde standart sapma için herhangi bir limit dışı durum görülmezken $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verilerin kontrol limitleri dışında olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6. 32. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s için kontrol grafiği

6.2.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

Denklem (4.13)'te verilen durulaştırma formülü Ek Açıklama-A'daki verilere uygulandığında Çizelge 6.35 ve Çizelge 6.36 ile Şekil 6.33 ve Şekil 6.34 elde edilmiştir.

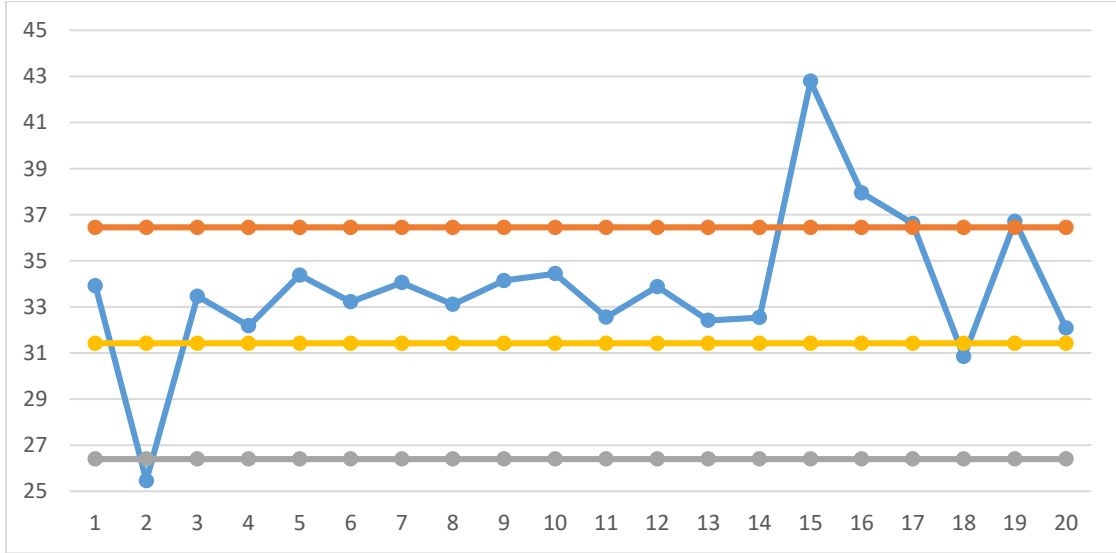
Çizelge 6. 35. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	33.93	6	33.22	11	32.55	16	37.95
2	25.47	7	34.06	12	33.88	17	36.62
3	33.47	8	33.11	13	32.42	18	30.85
4	32.18	9	34.15	14	32.54	19	36.71
5	34.38	10	34.45	15	42.79	20	32.09

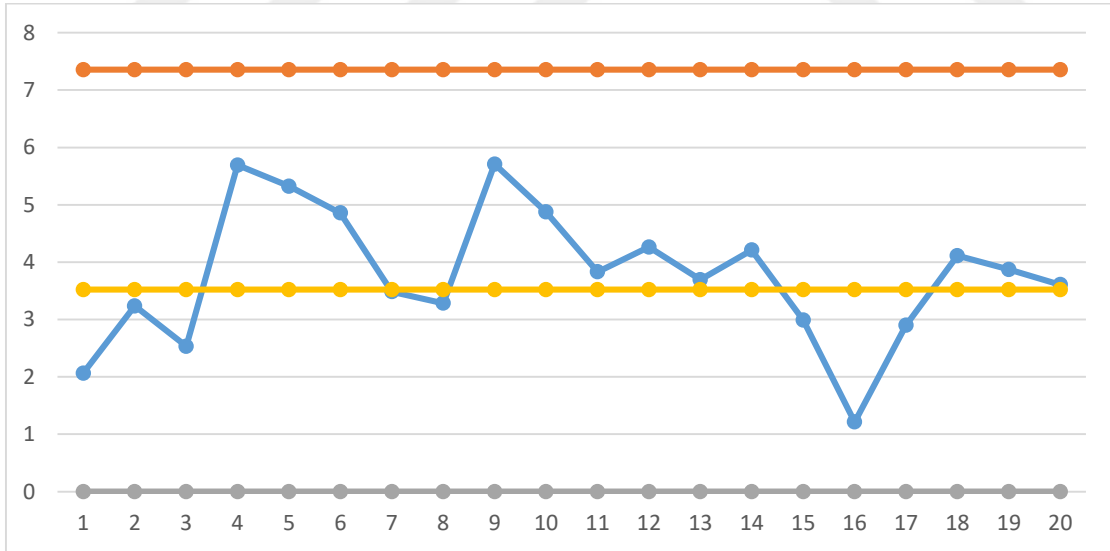
Çizelge 6. 36. Aralık tip-2 bulanık s verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	2.06	6	4.86	11	3.83	16	1.21
2	3.24	7	3.48	12	4.26	17	2.90
3	2.53	8	3.28	13	3.69	18	4.11
4	5.69	9	5.71	14	4.21	19	3.87
5	5.32	10	4.87	15	2.99	20	3.61

Verilerden elde edilen kontrol limitlerinin durulaştırılmış değerleri $\bar{X}$ kontrol grafikleri için; $DY_{M\check{C}-\bar{X}} = 31.43$, $DY_{AKL-\bar{X}} = 26.40$, $DY_{ÜKL-\bar{X}} = 36.45$, ve s kontrol grafikleri için; $DY_{M\check{C}-s} = 3.52$, $DY_{AKL-s} = 0$, $DY_{ÜKL-s} = 7.35$ 'dir.



Şekil 6. 33. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 34. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği

$\bar{X}$ kontrol grafiği için 2, 15, 16, 17 ve 19 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu ancak s kontrol grafiği yönüyle herhangi bir limit dışı değer olmadığı söylenebilir.

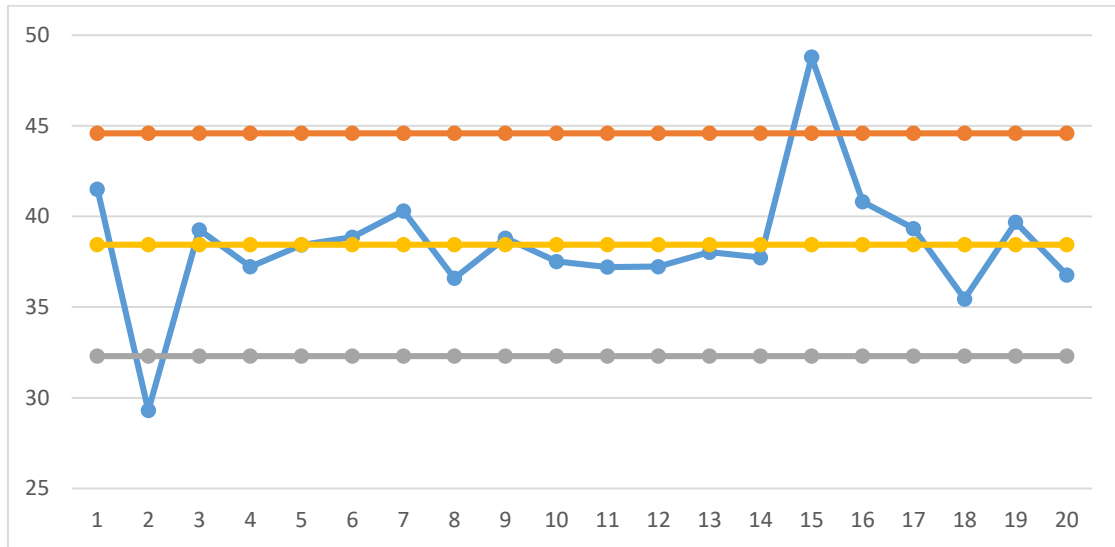
Bir diğer karşılaştırma yöntemi Denklem (4.14)-(4.18)'de geliştirilen ağırlık merkezi yöntemidir. Ek Açıklama-A'daki veriler için bu yöntem kullanıldığında Çizelge 6.37-Çizelge 6.38 ve Şekil 6.35- Şekil 6.36 elde edilmiştir.

Veriler için hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY1_{\widehat{M\check{C}-\bar{X}}} = 38.45$, $AMY1_{\widehat{AKL-\bar{X}}} = 32.30$, $AMY1_{\widehat{\check{U}KL-\bar{X}}} = 44.59$ ve s için; $AMY1_{\widehat{M\check{C}-s}} = 4.31$, $AMY1_{\widehat{AKL-s}} = 0$, $AMY1_{\widehat{\check{U}KL-s}} = 9.00$ 'dir.

Standart sapma için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak oluşturulan kontrol grafiğinde limit dışında bir durum gözlenmemesine rağmen $\bar{X}$ ortalamalar için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak oluşturulan kontrol grafiğinde 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışına çıktığı gözlenmektedir.

Çizelge 6. 37. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

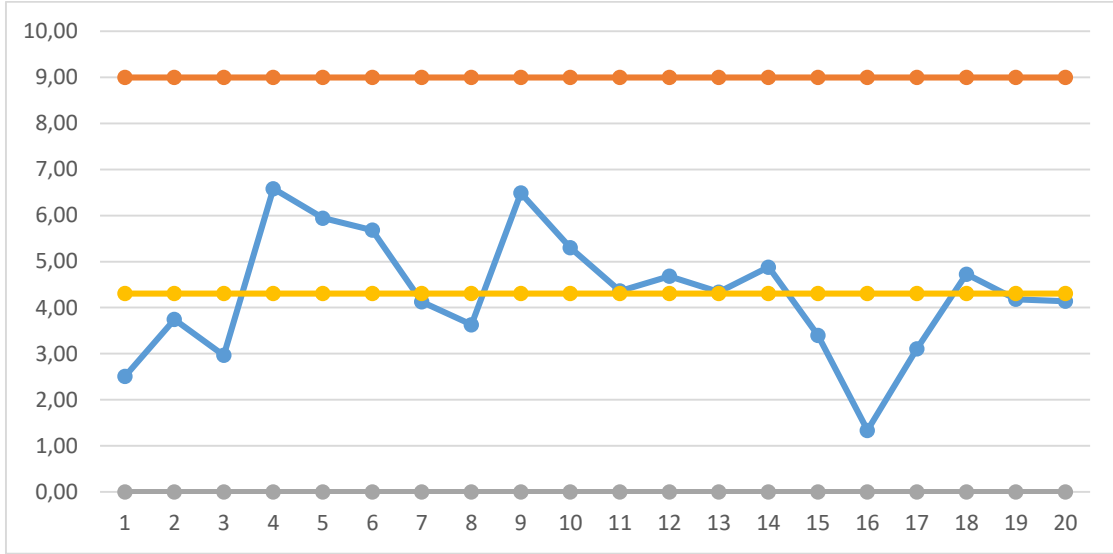
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.51	6	38.86	11	37.21	16	40.81
2	29.30	7	40.31	12	37.24	17	39.34
3	39.27	8	36.59	13	38.03	18	35.45
4	37.23	9	38.81	14	37.73	19	39.68
5	38.43	10	37.52	15	48.79	20	36.78



Şekil 6. 35. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

Çizelge 6. 38. Aralık tip-2 bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	2.51	6	5.68	11	4.36	16	1.34
2	3.74	7	4.13	12	4.68	17	3.10
3	2.97	8	3.63	13	4.34	18	4.73
4	6.58	9	6.49	14	4.88	19	4.18
5	5.94	10	5.30	15	3.40	20	4.14



Şekil 6. 36. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği

Bir diğer ağırlık merkezi yaklaşımı Denklem (4.19)- (4.21) verilmiştir. Ek Açıklama-A'daki veriler ve limit değerleri Denklem (4.19)- (4.21) kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 6.39 ile Çizelge 6.40 elde edilmiştir.

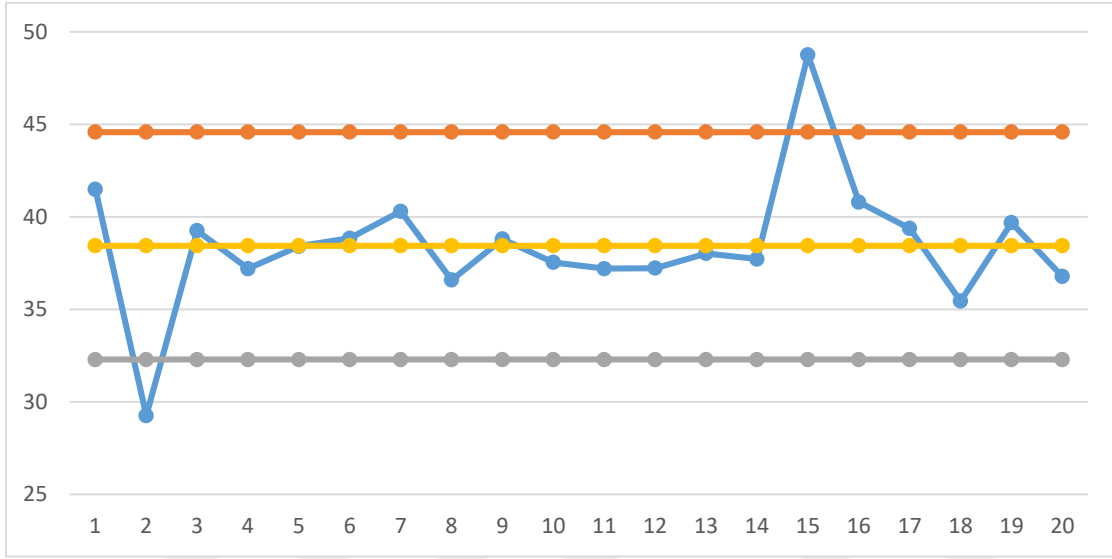
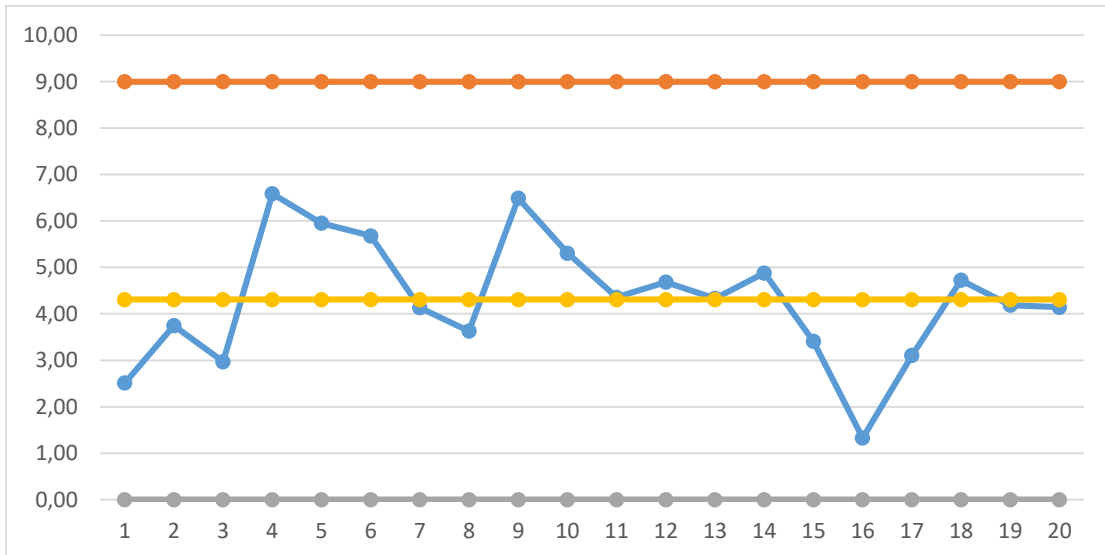
Denklem (4.19)- (4.21) ile hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY2_{\widehat{M\check{C}-\bar{X}}} = 38.44$, $AMY2_{\widehat{AKL-\bar{X}}} = 32.29$, $AMY2_{\widehat{\check{U}KL-\bar{X}}} = 44.59$ ve s için; $AMY2_{\widehat{M\check{C}-s}} = 4.31$, $AMY2_{\widehat{AKL-s}} = 0$, $AMY2_{\widehat{\check{U}KL-s}} = 9.00$ 'dir.

Çizelge 6. 39. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.50	6	38.86	11	37.21	16	40.81
2	29.27	7	40.31	12	37.23	17	39.38
3	39.26	8	36.59	13	38.03	18	35.46
4	37.21	9	38.81	14	37.73	19	39.69
5	38.42	10	37.55	15	48.77	20	36.78

Çizelge 6. 40. Aralık tip-2 bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	2.51	6	5.68	11	4.35	16	1.33
2	3.75	7	4.13	12	4.68	17	3.11
3	2.97	8	3.63	13	4.33	18	4.73
4	6.59	9	6.49	14	4.88	19	4.19
5	5.95	10	5.31	15	3.41	20	4.14

Şekil 6. 37. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

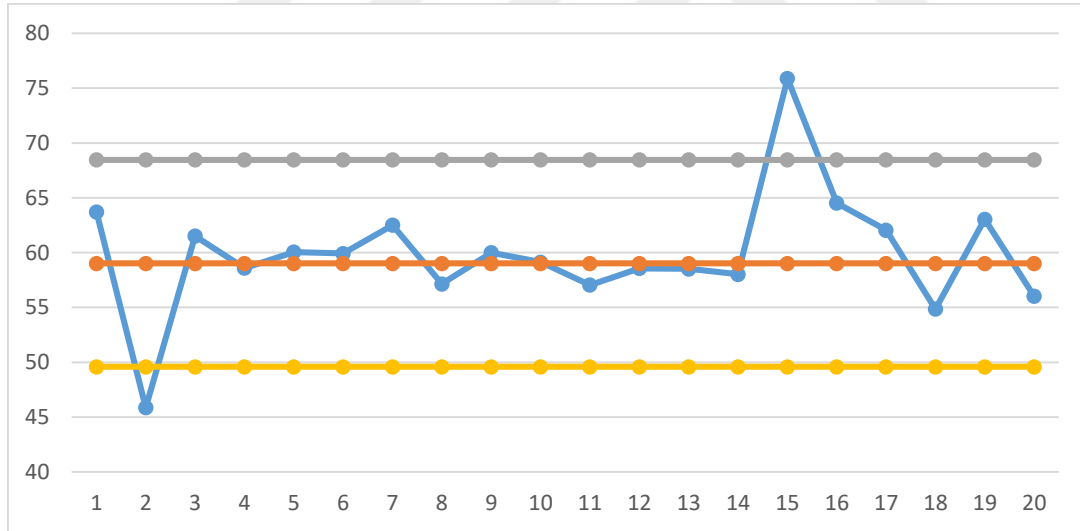
Şekil 6. 38. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği

Bu yöntemin sonuçları ağırlık merkezi-1 yönteminin sonuçları ile çok benzerlik göstermektedir. Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde s değerleri için herhangi kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Tip indirgeme yöntemi mevcut verilere uygulandığında Çizelge 6.41 ve Çizelge 6.42'deki değerler elde edilmiştir. Ardından çizilen kontrol grafikleri Şekil 6.38 ve Şekil 6.39'da görülmektedir.

Çizelge 6. 41. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri

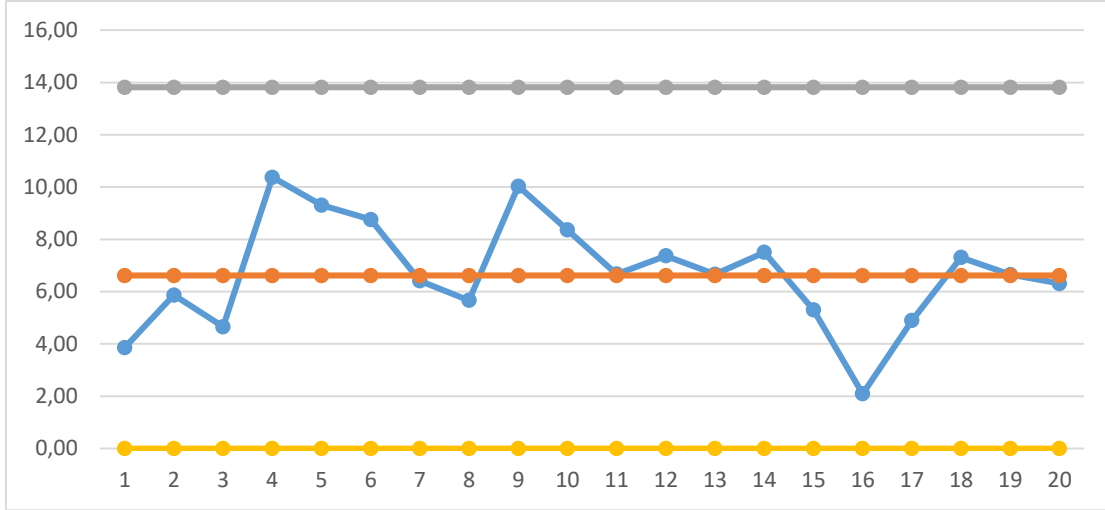
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	63.72	6	59.92	11	57.05	16	64.53
2	45.87	7	62.50	12	58.56	17	62.05
3	61.52	8	57.14	13	58.52	18	54.86
4	58.60	9	59.99	14	58.03	19	63.04
5	60.05	10	59.14	15	75.88	20	56.03



Şekil 6. 39. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

Çizelge 6. 42. Aralık tip-2 bulanık s verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	3.86	6	8.76	11	6.67	16	2.09
2	5.87	7	6.41	12	7.37	17	4.90
3	4.66	8	5.67	13	6.67	18	7.31
4	10.38	9	10.03	14	7.50	19	6.65
5	9.31	10	8.36	15	5.31	20	6.31



Şekil 6. 40. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği

Tip indirgeme yöntemi ile hesaplanan kontrol limiti değerleri Denklem (4.22) kullanılarak hesaplanmıştır. $\bar{X}$ için; $T\bar{I}Y_{M\bar{C}-\bar{X}} = 59.02$, $T\bar{I}Y_{AKL-\bar{X}} = 49.58$, $T\bar{I}Y_{ÜKL-\bar{X}} = 68.46$ ve s için; $T\bar{I}Y_{M\bar{C}-s} = 6.61$, $T\bar{I}Y_{AKL-s} = 0$, $T\bar{I}Y_{ÜKL-s} = 13.82$ 'dir. Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde s değerleri için herhangi kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Son yöntem olarak Denklem (4.23)'te verilen ağırlık merkezi yöntemi Ek Açıklama-A'daki verilere uygulanmıştır ve değerler Çizelge 6.43 ve Çizelge 6.44'te verilmiştir.

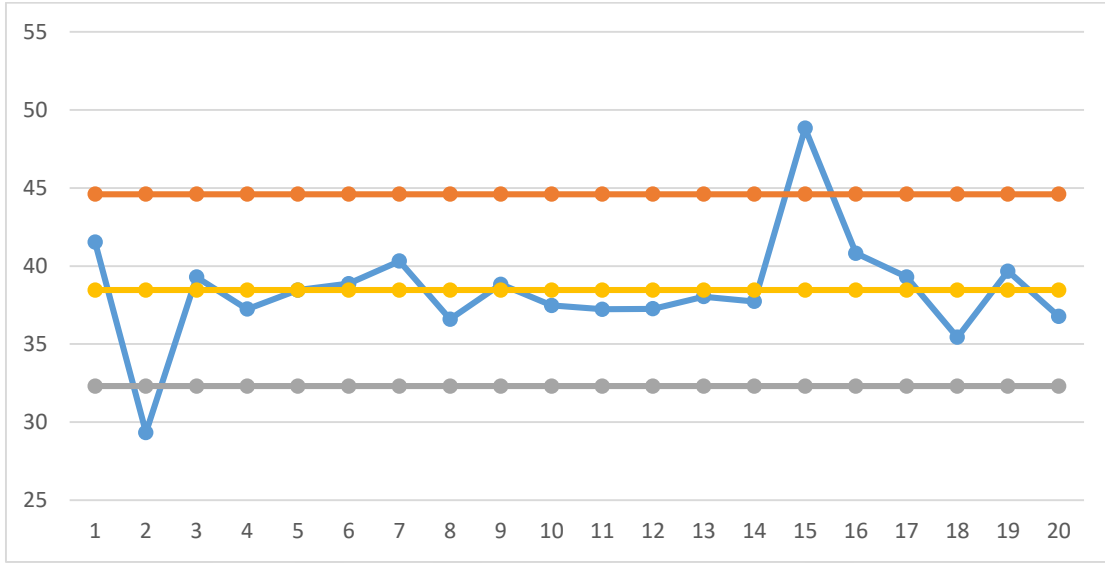
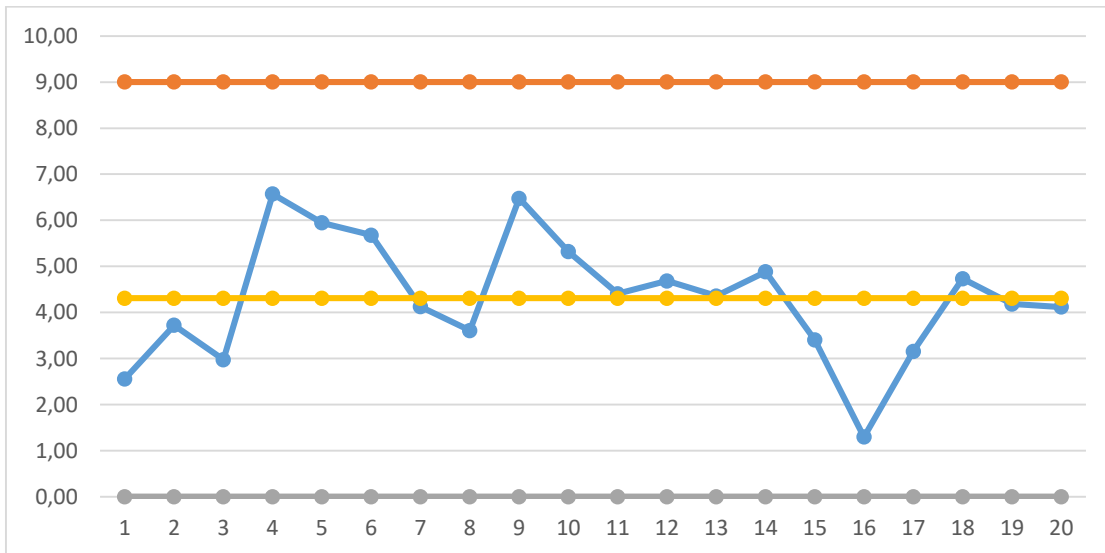
Denklem (4.23) kullanılarak hesaplanan kontrol limiti değerleri şu şekildedir; $AMY3_{M\bar{C}-\bar{X}} = 38.45$, $AMY3_{AKL-\bar{X}} = 32.30$, $AMY3_{ÜKL-\bar{X}} = 44.60$ ve s için; $AMY3_{M\bar{C}-s} = 4.31$, $AMY3_{AKL-s} = 0$, $AMY3_{ÜKL-s} = 9.00$ 'tir.

Çizelge 6. 43. Aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	41.53	6	38.87	11	37.23	16	40.82
2	29.33	7	40.32	12	37.26	17	39.30
3	39.29	8	36.59	13	38.04	18	35.44
4	37.24	9	38.82	14	37.73	19	39.67
5	38.46	10	37.47	15	48.83	20	36.78

Çizelge 6. 44. Aralık tip-2 bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	2.56	6	5.68	11	4.41	16	1.30
2	3.72	7	4.13	12	4.68	17	3.16
3	2.97	8	3.61	13	4.36	18	4.73
4	6.57	9	6.48	14	4.88	19	4.18
5	5.95	10	5.32	15	3.41	20	4.12

Şekil 6. 41. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

Şekil 6. 42. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık s kontrol grafiği

Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde s değerleri için herhangi kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

6.3. Aralık Tip-2 Bulanık c-Kontrol Grafikleri

Ölçülebilen veriler ile elde edilen verilerin kesinliği ölçülemeyen verilere göre daha fazladır. Bu nedenle ölçülemeyen verilerdeki bilgi kayıplarını azaltmak için bulanık mantık yaklaşımın kullanılmasından bahsedilebilir.

Ölçülemeyen veriler için kullanılan c-kontrol grafiği kusur sayıları ile ilgilenir. Bir ürüne bakıldığında bazen net bir şekilde kusur sayısı tespit edilemeyebilir. Bu durumda özellikle insanlar tarafından yapılan kontrollerden kaynaklı hataları aza indirmek amacıyla AT2BS'in kullanılmasının daha gerçekçi sonuçlara olanak sağlayacağı öngörülmüştür.

Klasik kontrol grafikleri için kullanılan Denklem (2.22)- (2.24) aralık tip-2 yamuk bulanık sayı operatörleri ile düzenlenmiştir. Aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri için limit değerleri Denklem (6.14)-(6.16) ile hesaplanabilir;

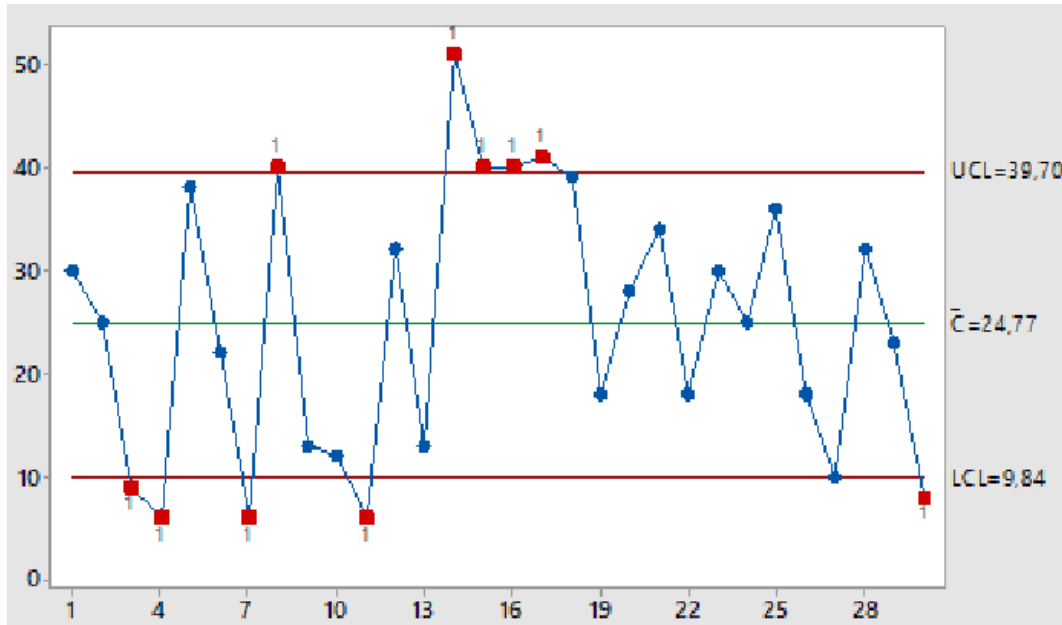
$$\begin{aligned} \widetilde{MC}_c = & \left(\left(\overline{a_1^U}, \overline{a_2^U}, \overline{a_3^U}, \overline{a_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{a_1^L}, \overline{a_2^L}, \overline{a_3^L}, \overline{a_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) = \\ & \left(\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m a_{i1}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m a_{i2}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m a_{i3}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m a_{i4}^U}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m a_{i1}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m a_{i2}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m a_{i3}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m a_{i4}^L}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.14)$$

Burada m bulanık örnek sayısını göstermektedir. $\widetilde{MC}_c$ hesaplandıktan sonra aralık tip-2 bulanık üst ve alt kontrol limitleri sırasıyla şöyledir;

$$\begin{aligned} \widehat{UKL}_c = & \left(\left(\overline{a_1^U} + 3\sqrt{\overline{a_1^U}}, \overline{a_2^U} + 3\sqrt{\overline{a_2^U}}, \overline{a_3^U} + 3\sqrt{\overline{a_3^U}}, \overline{a_4^U} + \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\overline{a_4^U}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^U}), \min(H_2(\widetilde{A_l^U}))), \left(\overline{a_1^L} + 3\sqrt{\overline{a_1^L}}, \overline{a_2^L} + 3\sqrt{\overline{a_2^L}}, \overline{a_3^L} + 3\sqrt{\overline{a_3^L}}, \overline{a_4^L} + \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. 3\sqrt{\overline{a_4^L}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^L}), \min(H_2(\widetilde{A_l^L}))) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.15)$$

$$\begin{aligned} \widehat{AKL}_c = & \left(\left(\overline{a_1^U} - 3\sqrt{\overline{a_1^U}}, \overline{a_2^U} - 3\sqrt{\overline{a_2^U}}, \overline{a_3^U} - 3\sqrt{\overline{a_3^U}}, \overline{a_4^U} - \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\overline{a_4^U}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^U}), \min(H_2(\widetilde{A_l^U}))), \left(\overline{a_1^L} - 3\sqrt{\overline{a_1^L}}, \overline{a_2^L} - 3\sqrt{\overline{a_2^L}}, \overline{a_3^L} - 3\sqrt{\overline{a_3^L}}, \overline{a_4^L} - \right. \right. \\ & \left. \left. \left. 3\sqrt{\overline{a_4^L}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^L}), \min(H_2(\widetilde{A_l^L}))) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.16)$$

Önceki bölümde bahsedilen aralık tip-2 yamuk sayıları karşılaştırmayı sağlayan yöntemler c-kontrol grafikleri için de kullanılacaktır. Bulanık işlemler yapılmadan önce karşılaştırma yaparak analiz edebilmek adına kesin verilerin olduğu Çizelge 6.45 ve bu verilerden oluşturulan c-kontrol grafiği Şekil 6.42’de verilmiştir.



Şekil 6. 43. Kesin veriler ile oluşturulan c-kontrol grafiği

Çizelge 6. 45. c-kontrol grafikleri için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	30	7	6	13	13	19	18	25	36
2	25	8	40	14	51	20	28	26	18
3	9	9	13	15	40	21	34	27	10
4	6	10	12	16	40	22	18	28	32
5	38	11	6	17	41	23	30	29	23
6	22	12	32	18	39	24	25	30	8

Şekil 6.43'te görüldüğü üzere 3, 4, 7, 11 ve 30 nolu veriler AKL'nin altında ve 8, 14-17 nolu veriler ÜKL'nin üzerinde çıkmıştır. Ayrıca 18 ve 27 nolu veriler limit değerlerine çok yakın verilerdir. Bunlar ile ilgili karar verme aşamasındaki kararsızlığın bulanık sayılar ile biraz azalacağı düşünülmektedir.

Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar ve bu sayılardan elde edilen aralık tip-2 bulanık kontrol limit değerleri;

$$\widetilde{M\check{C}}_c = ((18.53, 22.73, 26.93, 31.13; 0.63, 0.63), (20.27, 23.33, 26.33, 29.4; 0.45, 0.45))$$

$$\widetilde{AKL}_c = ((5.62, 8.43, 11.36, 14.39; 0.63, 0.63), (56.76, 8.84, 10.94, 13.13; 0.45, 0.45))$$

$$\widetilde{ÜKL}_c = ((31.45, 37.04, 42.50, 47.87; 0.63, 0.63), (33.77, 37.82, 41.73, 45.67; 0.45, 0.45))$$

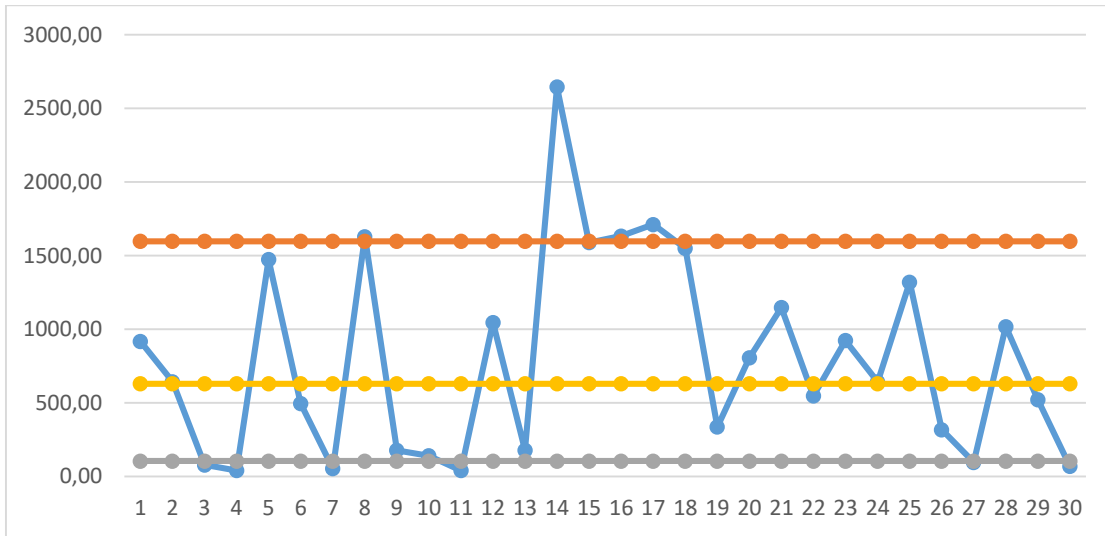
olarak hesaplanmıştır. Bu değerler belirlendikten sonra çalışma kapsamında kullanılacak yöntemler hem verilere hem de kontrol limitlerine uygulanıp grafikler çizilecektir.

6.3.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri

Aralık tip-2 yamuk bulanık sayılar için kullanılan sıralama yöntemlerinden ilki Denklem (4.1)'de verilmişti. Ek Açıklama-B'deki veriler ve Denklem (4.1) aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiğine uygulandığında Çizelge 6.46 ve Şekil 6.43 elde edilmiştir.

Çizelge 6. 46. Aralık tip--2 bulanık c-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	917.40	7	53.90	13	178.56	19	336.51	25	1320.12
2	644.38	8	1629.20	14	2645.63	20	805.84	26	318.41
3	79.01	9	177.52	15	1588.49	21	1147.21	27	96.71
4	41.22	10	140.70	16	1633.40	22	547.98	28	1017.77
5	1473.64	11	40.80	17	1711.34	23	923.70	29	522.56
6	495.88	12	1046.88	18	1549.67	24	642.88	30	70.72



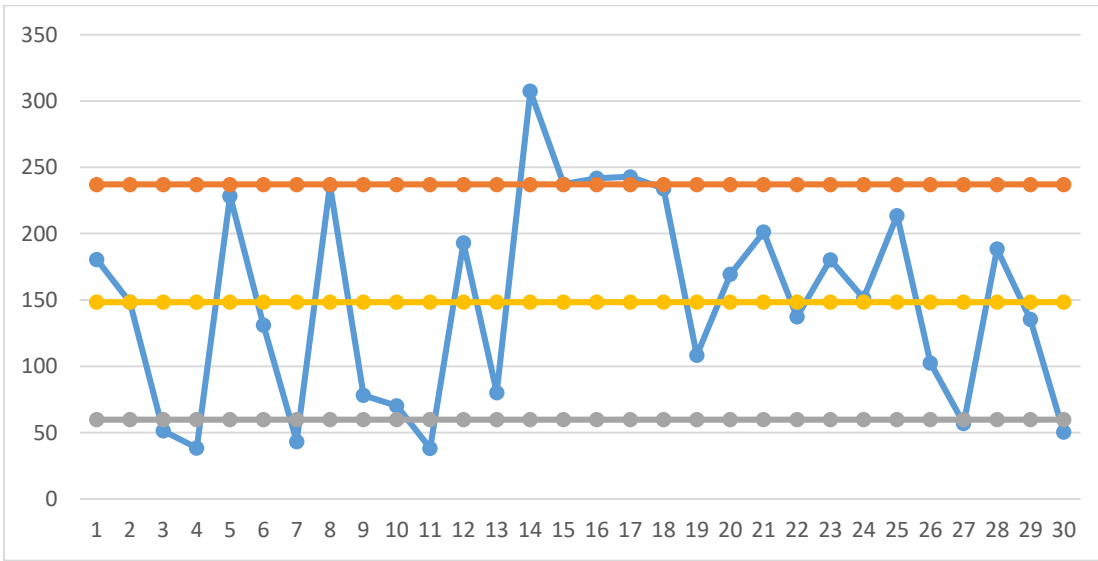
Şekil 6. 44. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

Hesaplanmış olan aralık tip-2 yamuk kontrol limitleri için sıralama yöntemi uygulandığında $M\check{C}$, AKL ve ÜKL değerleri sırasıyla $SY1_{M\check{C}-c} = 630.10$, $SY1_{AKL-c} = 104.78$ ve $SY1_{ÜKL-c} = 1597.23$ olarak hesaplanmıştır. Veri numaraları 3, 4, 7, 11, 27 ve 30 olan veriler AKL'nin altında ve veri numaraları 8, 14, 16 ve 17 olan veriler de ÜKL'nin üzerinde çıkmıştır.

Denklem (4.2)'deki sıralama yöntemi uygulandığında kontrol limitleri $SY2_{M\check{C}-c} = 148.44$, $SY2_{AKL-c} = 59.79$ ve $SY2_{ÜKL-c} = 237.09$ şeklinde hesaplanmıştır. Belirtilen sıralama yöntemi Ek Açıklama-B'deki verilere uygulandığında ise Çizelge 6.47 ve ardından kontrol grafiği Şekil 6.45 elde edilmiştir.

Çizelge 6. 47. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	180.57	7	43.3	13	80.19	19	108.28	25	213.68
2	148.35	8	236.67	14	307.5	20	169.37	26	102.53
3	51.43	9	78.12	15	237.36	21	201.23	27	56.97
4	38.48	10	70.19	16	241.84	22	137.3	28	188.49
5	228.37	11	38.2	17	242.96	23	180.41	29	135.4
6	131.16	12	193.11	18	233.94	24	151.36	30	50.36



Şekil 6. 45. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

Şekil 6.45 incelendiğinde 3, 4, 7, 11, 27 ve 30 nolu veriler AKL'nin altındadır ve 14-17 nolu veriler ÜKL'nin üzerindedir.

6.3.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri

Sıralama yöntemlerinin ardından aralık tip-2 bulanık yamuk sayılar için geliştirilmiş olan Denklem (4.5)- (4.7) kullanılmıştır. Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi yine limitlerin dışında olma olasılığı hesaplanmış ve bu değerlere göre karar verilmiştir. Çizelge 6.48 ve Çizelge 6.49 sırasıyla ÜKL'nin üzerinde olma olasılığını ve AKL'nin verilerin üzerinde olma olasılığını göstermektedir. Sondaki sütun hem üst hem de alt üyelik dereceleri için hesaplanan olasılık değerlerinin ortalamasını vermektedir.

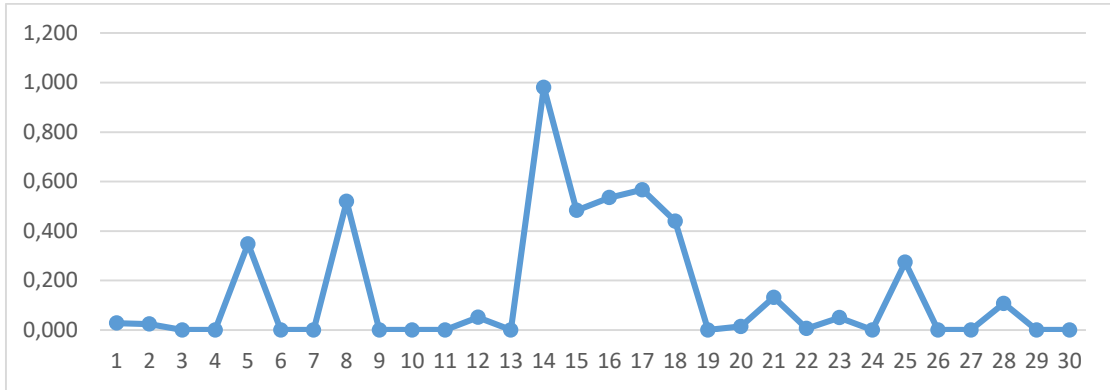
Çizelge 6. 48. Aralık tip-2 bulanık verilerin c- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	P_{ort}	No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	P_{ort}
1	0.056	0	0.028	16	0.531	0.539	0.535
2	0.041	0.007	0.024	17	0.564	0.570	0.567
3	0	0	0	18	0.454	0.427	0.440
4	0	0	0	19	0	0	0
5	0.377	0.319	0.348	20	0.029	0	0.015
6	0	0	0	21	0.153	0.112	0.132
7	0	0	0	22	0.012	0	0.006
8	0.519	0.520	0.520	23	0.077	0.022	0.050
9	0	0	0	24	0	0	0
10	0	0	0	25	0.294	0.254	0.274
11	0	0	0	26	0	0	0
12	0.103	0.012	0.057	27	0	0	0
13	0	0	0	28	0.136	0.080	0.108
14	0.961	1	0.981	29	0	0	0
15	0.491	0.475	0.483	30	0	0	0

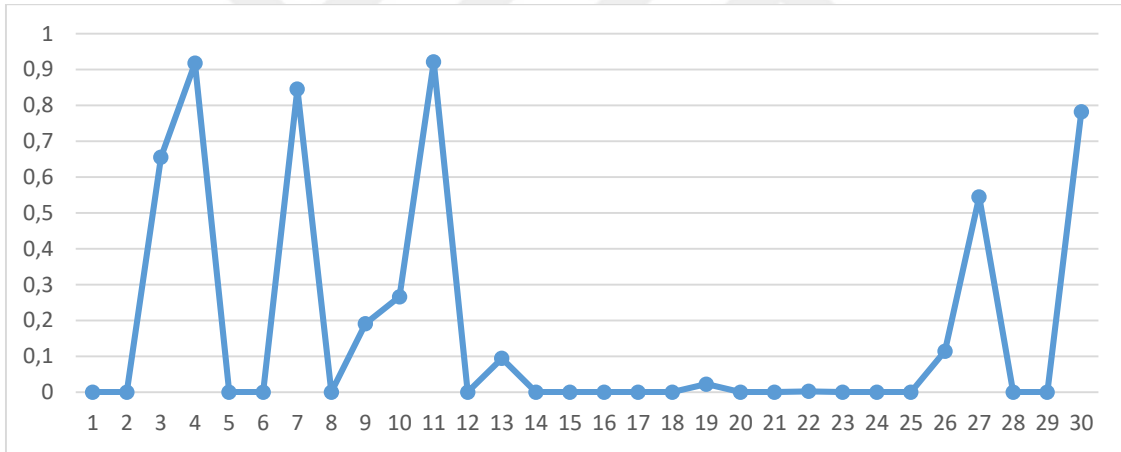
Çizelge 6. 49. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık c- değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P(A_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(A_{AKL}^L > A_i^L)$	P_{ort}	No	$P(A_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(A_{AKL}^L > A_i^L)$	P_{ort}
1	0	0	0	16	0	0	0
2	0	0	0	17	0	0	0
3	0.647	0.664	0.655	18	0	0	0
4	0.868	0.967	0.918	19	0.045	0	0.022
5	0	0	0	20	0	0	0
6	0	0	0	21	0	0	0
7	0.797	0.894	0.845	22	0.005	0	0.002
8	0	0	0	23	0	0	0
9	0.205	0.177	0.191	24	0	0	0
10	0.301	0.231	0.266	25	0	0	0
11	0.879	0.964	0.921	26	0.123	0.106	0.114
12	0	0	0	27	0.538	0.551	0.545
13	0.135	0.053	0.094	28	0	0	0
14	0	0	0	29	0	0	0.000
15	0	0	0	30	0.739	0.824	0.782

Bu değerler ve sonuçlara göre; 4, 7, 11, 14 ve 30 nolu veriler kontrol limiti dışındadır, 3, 8, 16, 17 ve 27 nolu veriler tercihen kontrol dışıdır. Bunun yanında 5, 15 ve 18. veriler tercihen kontrol içindedir. Geriye kalan veriler ise kontrol sınırları içindedir.



Şekil 6. 46. c-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği



Şekil 6. 47. c-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

6.3.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri

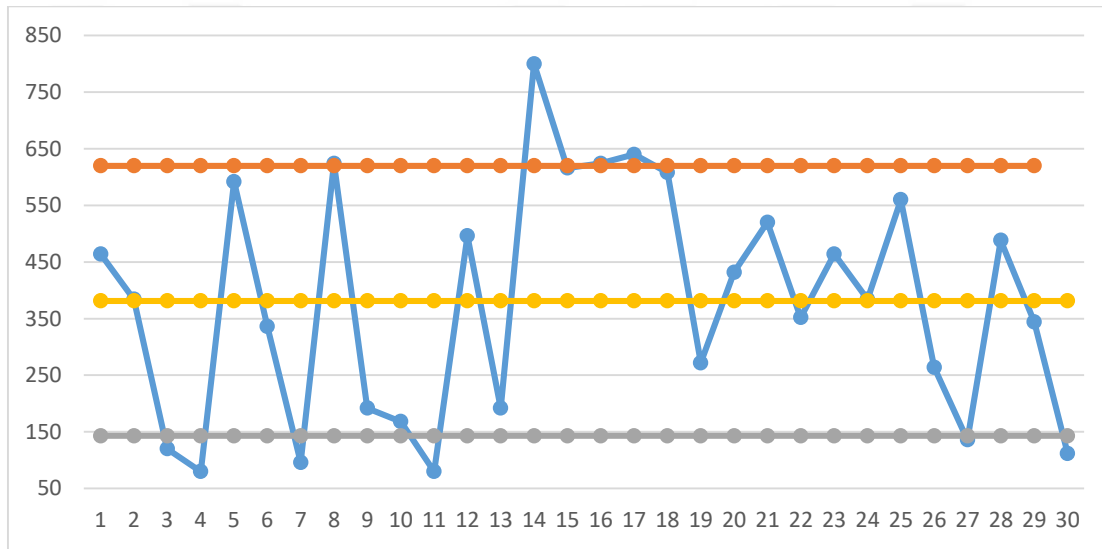
Denklem (4.11) kullanılarak aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği elde edilmiştir. Buna göre uzaklık değerleri Çizelge 6.50'de verilmiştir.

Uzaklık yöntemine göre hesaplanan kontrol limit değerleri; $UY_{MÇ-c} = 381.33$, $UY_{AKL-c} = 142.84$ ve $UY_{ÜKL-c} = 619.83$ olarak hesaplanmıştır. Bu limit değerleri ve veri

değerleri dikkate alındığından 3, 4, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 27 ve 30 nolu veriler kontrol dışındadır.

Çizelge 6. 50. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	464	7	96	13	192	19	272	25	560
2	384	8	624	14	800	20	432	26	264
3	120	9	192	15	616	21	520	27	136
4	80	10	168	16	624	22	352	28	488
5	592	11	80	17	640	23	464	29	344
6	336	12	496	18	608	24	384	30	112



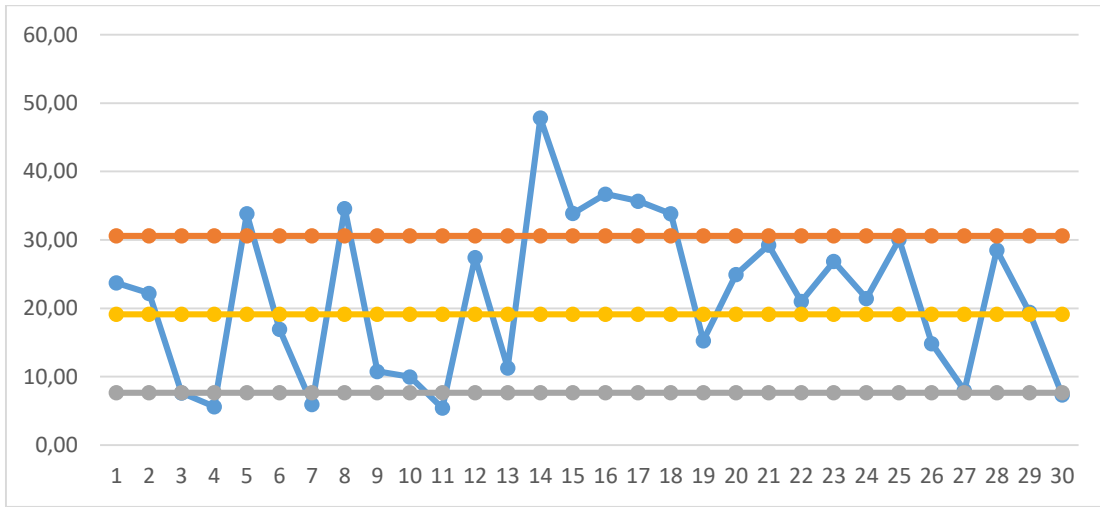
Şekil 6. 48. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

6.3.4. Durulaştırma vb. yöntemler kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri

Denklem (4.13)'te belirtilen durulaştırma yöntemi aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafikleri için kullanılmış ve Çizelge 6.51 elde edilmiştir. Aralık tip-2 bulanık kontrol limitlerinin durulaştırılması sonucunda değerler; $DY_{MÇ-c} = 19.12$, $DY_{AKL-c} = 7.66$ ve $DY_{ÜKL-c} = 30.58$ olarak elde edilmiştir. Çizelge 6.51 ve kontrol limit değerleri baz alındığında Şekil 6.48 oluşturulmuştur. Kontrol grafiği incelendiğinde 3- 5, 7, 8, 11, 14- 18 ve 30 numaralı veriler kontrol limitlerinin dışındadır.

Çizelge 6. 51. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	23.70	7	5.95	13	11.28	19	15.26	25	30.06
2	22.19	8	34.60	14	47.81	20	24.92	26	14.83
3	7.63	9	10.76	15	33.87	21	29.23	27	7.98
4	5.61	10	9.98	16	36.70	22	20.99	28	28.51
5	33.82	11	5.40	17	35.67	23	26.85	29	19.41
6	16.94	12	27.44	18	33.83	24	21.44	30	7.36



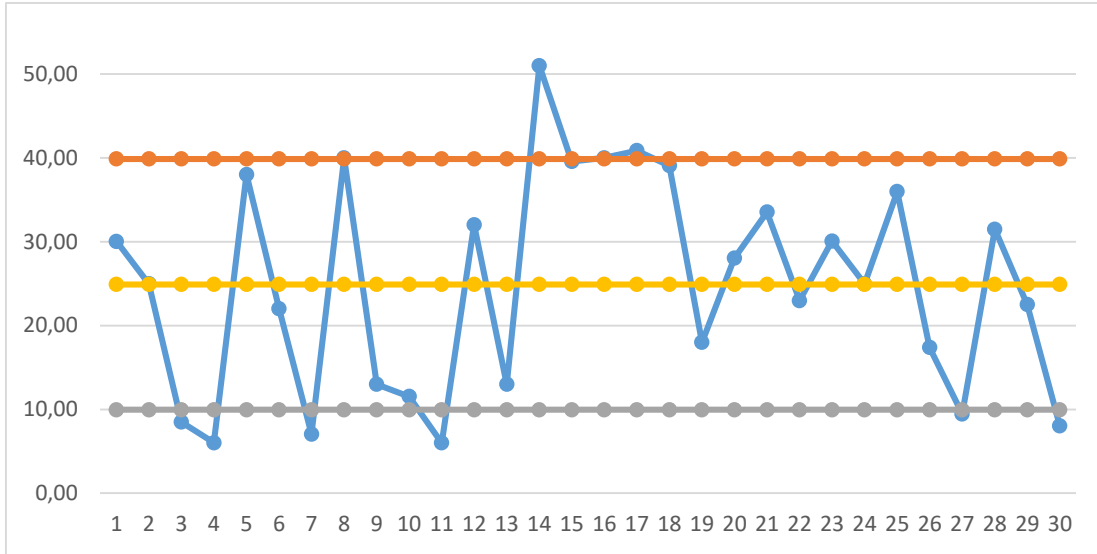
Şekil 6. 49. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

Denklem (4.14)- (4.18)'de verilen ağırlık merkezi yaklaşımı ile aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği oluşturulduğunda Çizelge 6.52 elde edilmiştir.

Çizelge 6. 52. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	30.54	7	7.06	13	13.00	19	18.01	25	35.99
2	24.99	8	40.00	14	51.02	20	28.56	26	17.47
3	8.56	9	13.01	15	39.57	21	33.54	27	9.49
4	6.02	10	11.55	16	40.02	22	23.05	28	31.51
5	38.53	11	6.50	17	40.89	23	30.08	29	22.50
6	22.03	12	32.03	18	39.08	24	26.01	30	8.52

Bu yönteme göre hesaplanan kontrol limit değerleri; $AMY1_{MÇ-c} = 24.92$, $AMY1_{AKL-c} = 9.95$ ve $AMY1_{ÜKL-c} = 39.88$ olarak hesaplanmıştır. Kontrol limitleri ve değerler kullanılarak çizilen aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği Şekil 6.49'daki gibidir.



Şekil 6. 50. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

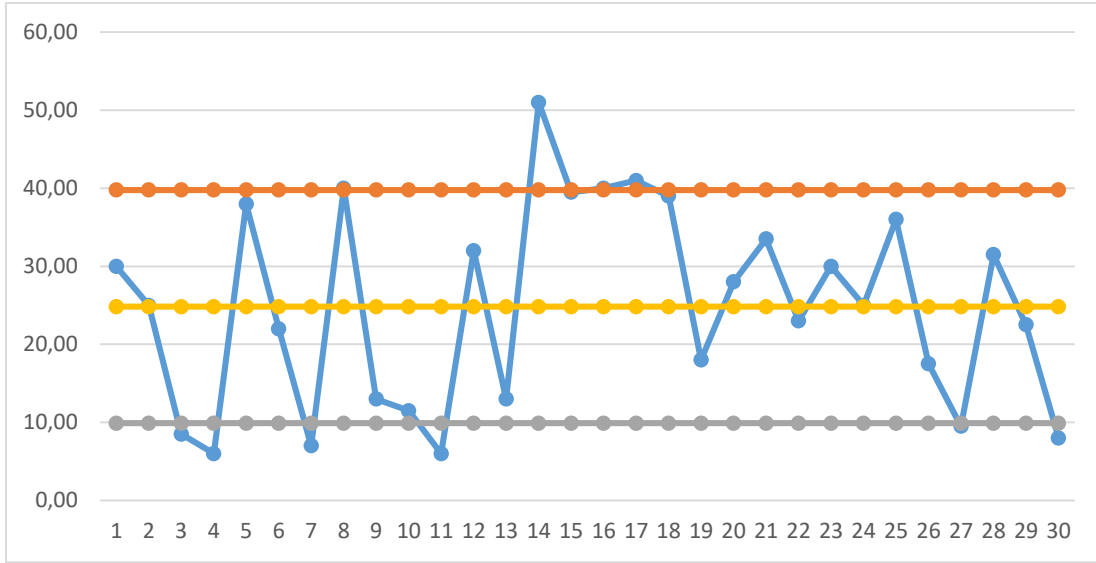
Şekil 6.50 ve Çizelge 6.52 incelendiğinde 3, 4, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 27 ve 30 nolu veriler kontrol limitlerinin dışındadır.

Bir başka ağırlık merkezi yöntemi Denklem (4.19)- (4.21)'de verilmiştir. Buna göre elde edilen veri değerleri Çizelge 6.53'te verilmiştir.

Çizelge 6. 53. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

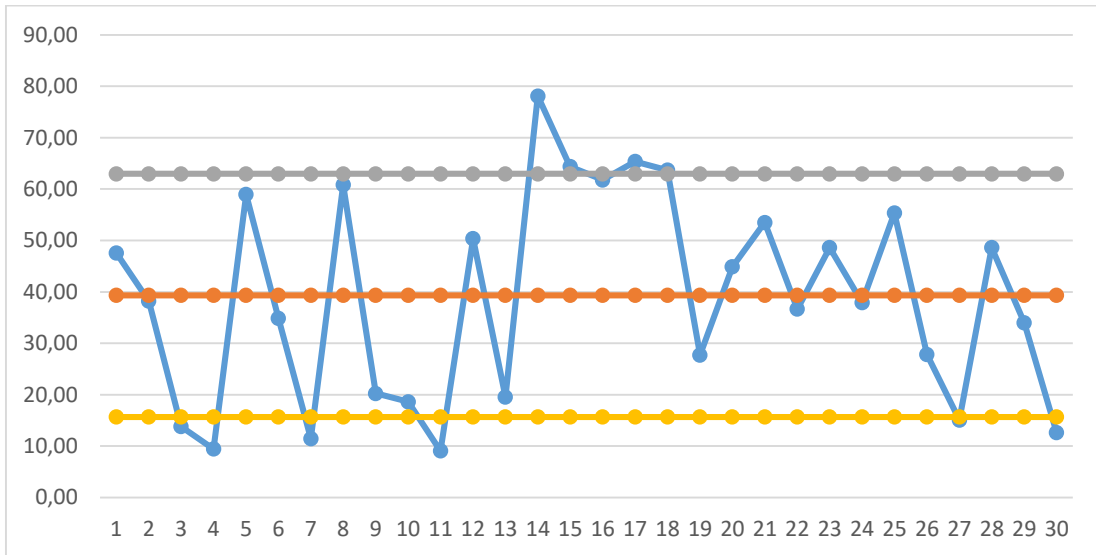
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	30.00	7	7.00	13	13.00	19	18.00	25	36.00
2	25.00	8	40.00	14	51.00	20	28.00	26	17.50
3	8.50	9	13.00	15	39.50	21	33.50	27	9.50
4	6.00	10	11.50	16	40.00	22	23.00	28	31.50
5	38.00	11	6.00	17	41.00	23	30.00	29	22.50
6	22.0	12	32.00	18	39.00	24	25.00	30	8.00

Bu yöntem kullanılarak hesaplanan limit değerleri $AMY2_{M\check{C}-c} = 24.83$, $AMY2_{AKL-c} = 9.89$ ve $AMY2_{ÜKL-c} = 39.77$ şeklindedir. Bu değerlere göre çizilen grafik ise Şekil 6.50'de gösterilmiştir. Grafik ve Çizelge 6.53 değerleri değerlendirildiğinde 3, 4, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 27 ve 30 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 51. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

Denklem (4.22) kullanılarak elde edilen tip indirgeme değerleri Çizelge 6.54’te verilmiştir ve ardından Şekil 6.51 çizilmiştir. Tip indirgeme yöntemi aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiklerine uygulanmıştır. Kontrol limitleri için elde edilen değerler $TİY_{MÇ-c} = 39.32$, $TİY_{AKL-c} = 15.66$ ve $TİY_{ÜKL-c} = 62.98$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. 52. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

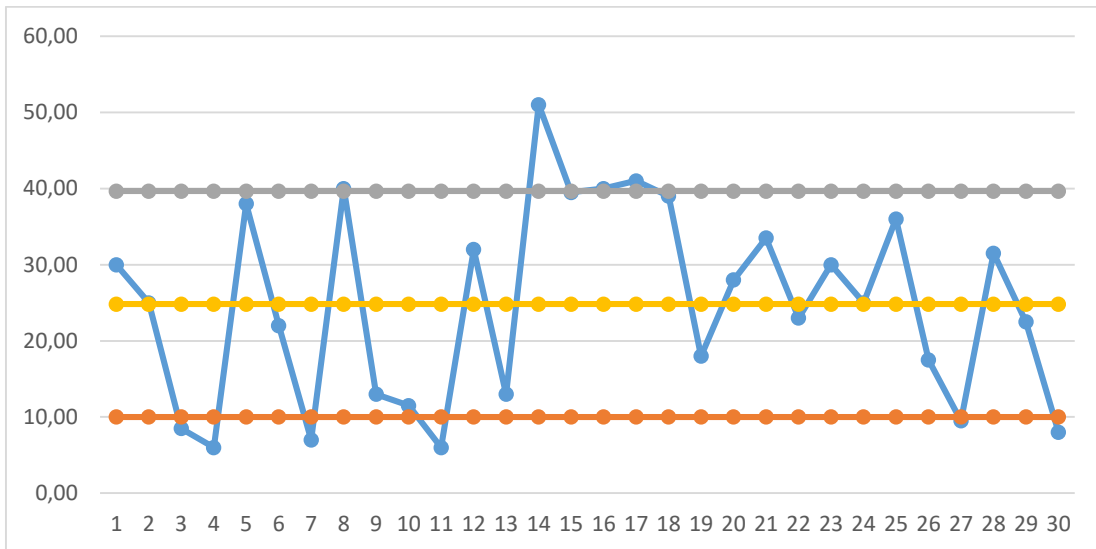
Çizelge 6. 54. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	47.59	7	11.45	13	19.54	19	27.71	25	55.34
2	38.23	8	60.82	14	78.10	20	44.87	26	27.82
3	13.79	9	20.24	15	64.36	21	53.51	27	15.09
4	9.45	10	18.62	16	61.80	22	36.66	28	48.61
5	58.95	11	9.08	17	65.88	23	48.61	29	33.98
6	34.83	12	50.35	18	63.67	24	37.94	30	12.62

Şekil 6.52 ve Çizelge 6.54 incelendiğinde 3, 4, 7, 11, 14, 15, 17, 18, 27 ve 30 numaralı veriler kontrol limitlerinin dışındadır.

Kullanılan son ağırlık merkezi yöntemi Denklem (4.23)'te verilmiştir. Ek Açıklama-B'deki verilere uygulanan ağırlık merkezi hesaplamasının ardından Çizelge 6.55 elde edilmiştir.

Hesaplanan kontrol limit değerleri ise şöyledir; $AMY3_{M\check{C}-c} = 24.83$, $AMY3_{AKL-c} = 10.00$ ve $AMY3_{\check{U}KL-c} = 39.67$ 'dir. Bu veriler ışığında kontrol grafiği Şekil 6.53'teki gibi çizilmiştir. Veriler incelendiğinde 3, 4, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 27 ve 30 numaralı veriler kontrol limitlerinin dışındadır.



Şekil 6. 53. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık c-kontrol grafiği

Çizelge 6. 55. Aralık tip-2 bulanık c-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	30.00	7	7.00	13	13.00	19	18.00	25	36.00
2	25.00	8	40.00	14	51.00	20	28.00	26	17.50
3	8.50	9	13.00	15	39.50	21	33.50	27	9.50
4	6.00	10	11.50	16	40.00	22	23.00	28	31.50
5	38.00	11	6.00	17	41.00	23	30.00	29	22.50
6	22.00	12	32.00	18	39.00	24	25.00	30	8.00

6.4. Aralık Tip-2 Bulanık u-Kontrol Grafikleri

Eğer birim başına düşen kusur sayısı ile ilgileniliyorsa çizilmesi gereken kontrol grafiğinin u-kontrol grafiği olduğu Bölüm 2’de anlatılmıştı. Burada c-kontrol grafiklerinden farklı olarak her bir parti için birim sayıları değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle her bir parti için farklı AKL ve ÜKL değerleri hesaplanması gerekmektedir.

Öncelikle klasik u-kontrol grafikleri için verilen limit hesaplama denklemleri olan Denklem (2.25)-(2.27) aralık tip-2 yamuk bulanık u-kontrol limitleri olacak şekilde uyarlanmıştır. Bunun için aralık tip-2 yamuk bulanık operatörleri kullanılmıştır. Aralık tip-2 yamuk bulanık kümeler için u-kontrol limitleri Denklem (6.17)- (6.19)’da verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \widetilde{MC}_u = & \left(\left(\overline{u_1^U}, \overline{u_2^U}, \overline{u_3^U}, \overline{u_4^U}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \right. \right. \\
 & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \left(\overline{u_1^L}, \overline{u_2^L}, \overline{u_3^L}, \overline{u_4^L}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) = \\
 & \left(\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m u_{i1}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m u_{i2}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m u_{i3}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m u_{i4}^U}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^U} \right) \right) \right), \right. \right. \\
 & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m u_{i1}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m u_{i2}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m u_{i3}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m u_{i4}^L}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A_l^L} \right) \right) \right) \right) \right) \quad (6.17)
 \end{aligned}$$

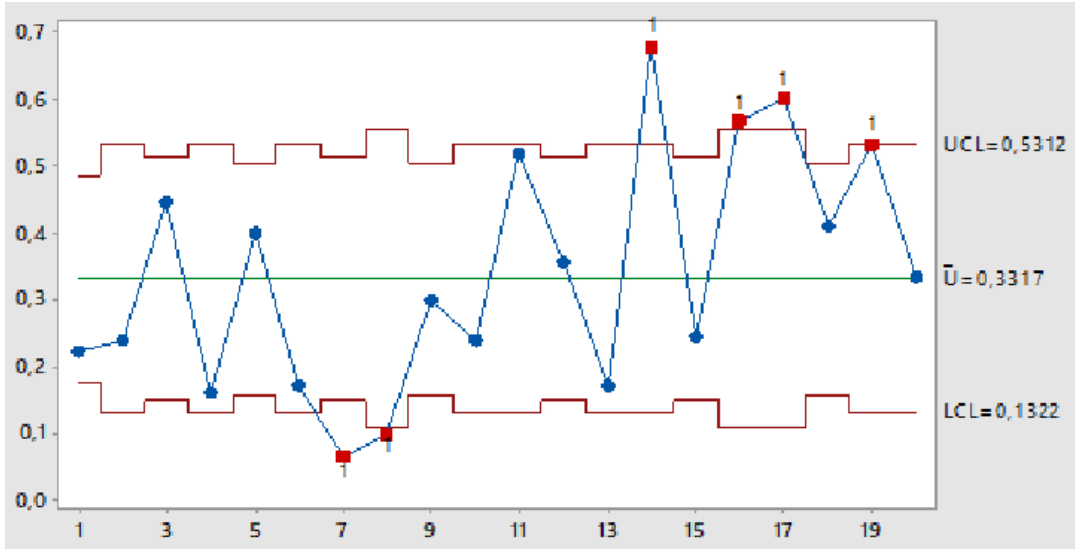
$$\begin{aligned} \widetilde{UKL}_{ui} = & \left(\left(\overline{u_1^U} + 3\sqrt{\frac{\overline{u_1^U}}{n_i}}, \overline{u_2^U} + 3\sqrt{\frac{\overline{u_2^U}}{n_i}}, \overline{u_3^U} + 3\sqrt{\frac{\overline{u_3^U}}{n_i}}, \overline{u_4^U} + \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\frac{\overline{u_4^U}}{n_i}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^U}), \min(H_2(\widetilde{A_l^U}))), \left(\overline{u_1^L} + 3\sqrt{\frac{\overline{u_1^L}}{n_i}}, \overline{u_2^L} + 3\sqrt{\frac{\overline{u_2^L}}{n_i}}, \overline{u_3^L} + 3\sqrt{\frac{\overline{u_3^L}}{n_i}}, \overline{u_4^L} + \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\frac{\overline{u_4^L}}{n_i}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^L}), \min(H_2(\widetilde{A_l^L}))) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.18)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL}_{ui} = & \left(\left(\overline{u_1^U} - 3\sqrt{\frac{\overline{u_1^U}}{n_i}}, \overline{u_2^U} - 3\sqrt{\frac{\overline{u_2^U}}{n_i}}, \overline{u_3^U} - 3\sqrt{\frac{\overline{u_3^U}}{n_i}}, \overline{u_4^U} - \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\frac{\overline{u_4^U}}{n_i}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^U}), \min(H_2(\widetilde{A_l^U}))), \left(\overline{u_1^L} - 3\sqrt{\frac{\overline{u_1^L}}{n_i}}, \overline{u_2^L} - 3\sqrt{\frac{\overline{u_2^L}}{n_i}}, \overline{u_3^L} - 3\sqrt{\frac{\overline{u_3^L}}{n_i}}, \overline{u_4^L} - \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\frac{\overline{u_4^L}}{n_i}}; \min(H_1(\widetilde{A_l^L}), \min(H_2(\widetilde{A_l^L}))) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.19)$$

Sonra karşılaştırma yapılabilmesi için kesin veri ve bunlardan elde edilen AT2BS oluşturulmuştur. Kusur sayıları ve parti miktarı değerleri Çizelge 6.56'da verilmiştir. Çizelgedeki değerler kullanılarak elde edilen u-kontrol grafiği Minitab paket programı kullanılarak çizilmiş ve Şekil 6.54'te gösterilmiştir. Kesin veriler ile oluşturulan u-kontrol grafiği sonunda 7, 8, 14, 16, 17 ve 19 nolu veriler kontrol limitleri dışındadır.

Çizelge 6. 56. u-kontrol grafikleri için kesin veriler

Veri No	Kusur Sayısı	Parti Miktarı	Veri No	Kusur Sayısı	Parti Miktarı
1	28	125	11	39	75
2	18	75	12	32	90
3	40	90	13	13	75
4	12	75	14	51	75
5	40	100	15	22	90
6	13	75	16	34	60
7	6	90	17	36	60
8	6	60	18	41	100
9	30	100	19	40	75
10	18	75	20	25	75



Şekil 6. 54. Kesin veriler ile oluşturulan u-kontrol grafiği

Kesin veriler ile kontrol grafiği oluşturulduktan sonra aralık tip-2 bulanık kontrol limitleri u-kontrol grafiği için hesaplanmıştır. Kontrol limitleri her veri için ayrı ayrı hesaplanmıştır, çünkü her bir verinin parti miktarı farklıdır. Ancak $\tilde{u}$ değeri her bir veri için aynı olacaktır ve bu değer AT2BS olarak şöyledir;

$$\tilde{u} = ((0.263, 0.318, 0.364, 0.419; 0.63, 0.63), (0.285, 0.326, 0.356, 0.397; 0.45, 0.45))$$

6.4.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri

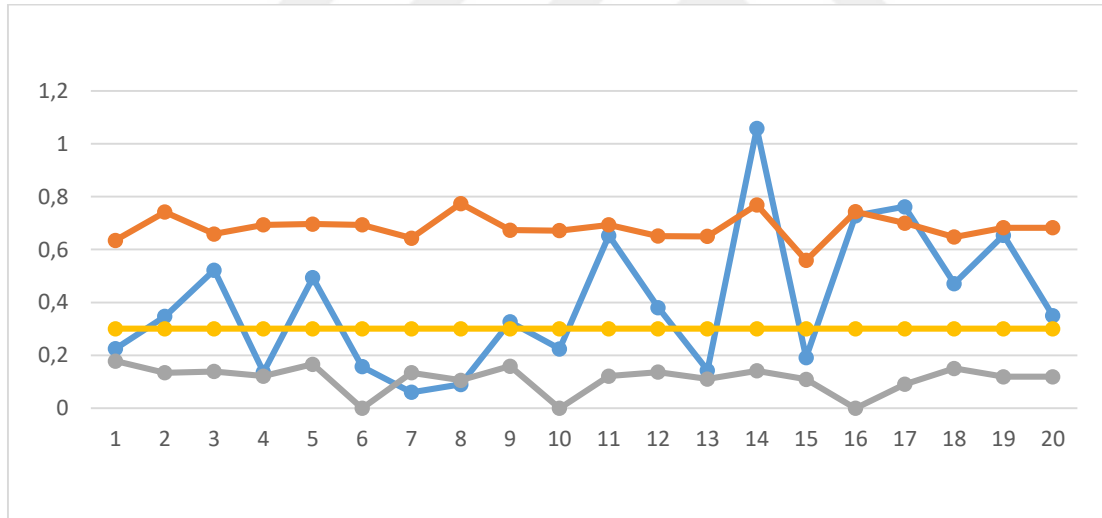
Daha önce bahsedilen kontrol grafikleri türlerine uygulandığı gibi sıralama yöntemi aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği verilerine uygulanmıştır. Ayrıca sıralama yöntemi her verinin ÜKL ve AKL değerini hesaplayabilmek için de kullanılmıştır.

Denklem (4.1) kullanılarak elde edilen veri değerleri ile AKL ve ÜKL değerleri çizelge verilmiştir. Çizelge 6.57'deki veriler kullanılarak Şekil 6.55'teki grafik çizilmiş ve hem çizelge hem de grafiğe bakılarak süreç ile ilgili durum değerlendirilmiştir. MÇ için sıralama değeri ise 0.300 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.57 ve grafik incelendiğinde 4, 7 ve 8 numaralı veriler AKL değerlerinin altında; 14 ve 17 verileri ÜKL değerlerinin üzerinde kalarak sürecin kontrol dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 57. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.225	0.635	0.178	11	0.653	0.693	0.122
2	0.347	0.742	0.134	12	0.381	0.651	0.137
3	0.522	0.659	0.139	13	0.144	0.650	0.111
4	0.136	0.693	0.122	14	1.057	0.769	0.141
5	0.494	0.696	0.167	15	0.192	0.559	0.109
6	0.157	0.693	0	16	0.728	0.743	0
7	0.060	0.643	0.135	17	0.762	0.700	0.091
8	0.090	0.774	0.106	18	0.472	0.647	0.151
9	0.327	0.673	0.159	19	0.654	0.682	0.119
10	0.224	0.671	0.000	20	0.349	0.682	0.119

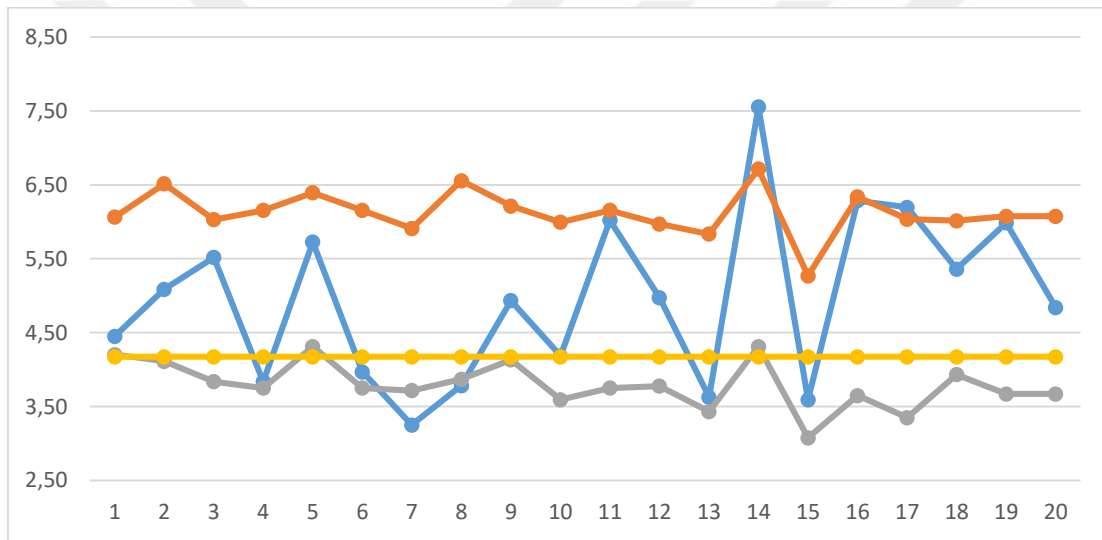


Şekil 6. 55. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

Diğer bir sıralama yöntemi olarak kullanılan Denklem (4.2) sıralama yöntemi aralık tip-2 bulanık verilere uygulanmış ve elde edilen değerler ve bu değerler ile çizilen grafik sırasıyla Çizelge 6.58 ve Şekil 6.56'da verilmiştir. Çizelge 6.58 ve grafik incelendiğinde bazı AKL değerlerinin MÇ değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu durumda Qin ve Lui tarafından geliştirilen sıralama yöntemi aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiklerine uygun olmamaktadır.

Çizelge 6. 58. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	4.450	6.064	4.202	11	6.020	6.154	3.751
2	5.087	6.514	4.111	12	4.974	5.970	3.776
3	5.517	6.030	3.836	13	3.627	5.834	3.431
4	3.837	6.154	3.751	14	7.553	6.714	4.311
5	5.725	6.394	4.312	15	3.593	5.270	3.076
6	3.970	6.154	3.751	16	6.284	6.336	3.650
7	3.250	5.910	3.716	17	6.197	6.036	3.350
8	3.783	6.556	3.870	18	5.360	6.014	3.932
9	4.933	6.214	4.132	19	5.987	6.074	3.671
10	4.187	5.994	3.591	20	4.840	6.074	3.671



Şekil 6. 56. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

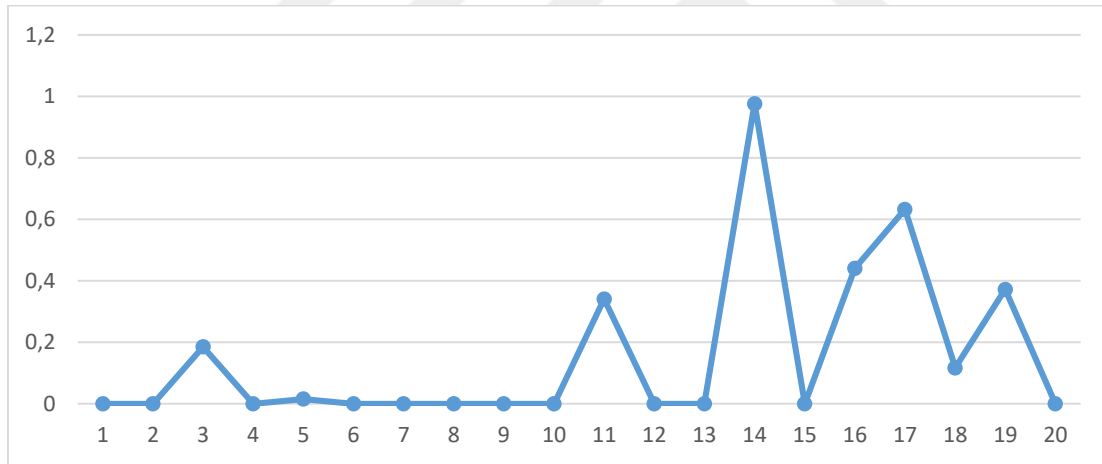
6.4.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri

Bir diğer karşılaştırma yöntemi olan olasılık yöntemi aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği oluşturmak için kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kontrol dışı durumlar incelendiği için yine ÜKL değerinin üzerinde olma olasılığı ve AKL değerinin altında olma olasılığı hesaplanmıştır. ÜKL değerinden büyük olma olasılığı Çizelge 6.59'da verilmiş ve grafik çizilmiştir. Veriler incelendiğinde 0.976 olasılık ile ÜKL değerinden büyük olduğu düşünülen 14 numaralı veri ÜKL değerinin dışındadır, 0.633 olasılık değeri ile 17 numaralı

veri “tercihen kontrol dışındadır”, sırasıyla 0.341, 0.441 ve 0.372 olasılık değerlerine sahip olan 11, 16 ve 19 numaralı veriler “tercihen kontrol içindedir” şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 6. 59. Aralık tip-2 bulanık verilerin u- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL’den büyük olma olasılıkları

No	$A_i^U > P_{ÜKL}^U$	$A_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}	No	$A_i^U > P_{ÜKL}^U$	$A_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}
1	0	0	0	11	0.356	0.327	0.341
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0.202	0.169	0.185	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0.953	1	0.976
5	0.031	0	0.016	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0.446	0.436	0.441
7	0	0	0	17	0.621	0.644	0.633
8	0	0	0	18	0.140	0.095	0.117
9	0	0	0	19	0.392	0.352	0.372
10	0	0	0	20	0	0	0

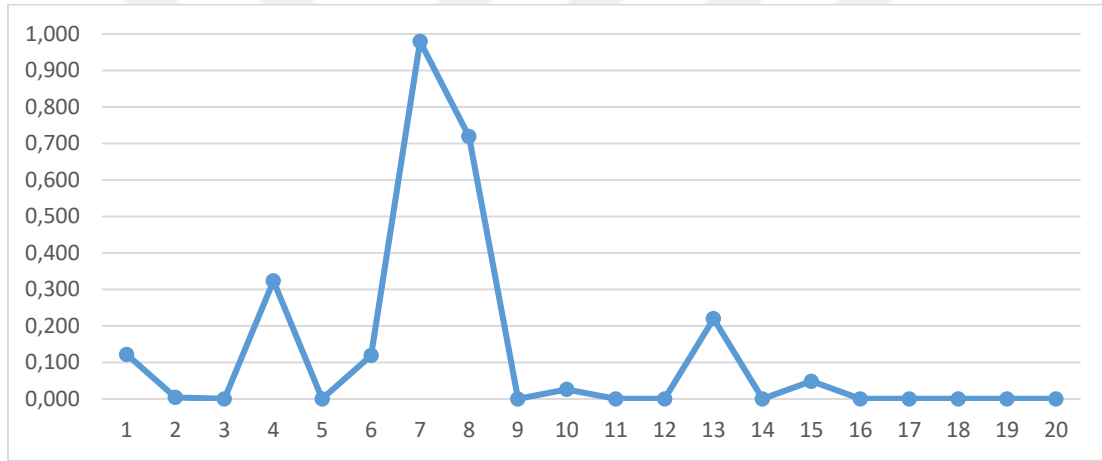


Şekil 6. 57. u-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği

Benzer işlemler AKL değerleri ile yapılmıştır. Çizelge 6.60 ve Şekil 6.58 gösterilmiştir. Çizelge 6.60’a ve grafiğe bakıldığında 7 ve 8 numaralı veriler 0.7 olasılık değerinin üzerinde olduğu için kontrol dışında, 4 numaralı veri “tercihen kontrol içinde” şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 6. 60. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık u- değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P_{AKL^U > A_i^U}$	$P_{AKL^L > A_i^L}$	P_{ort}	No	$P_{AKL^U > A_i^U}$	$P_{AKL^L > A_i^L}$	P_{ort}
1	0.172	0.072	0.122	11	0	0	0
2	0.008	0	0.004	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0.233	0.206	0.220
4	0.356	0.290	0.323	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0.061	0.035	0.048
6	0.161	0.077	0.119	16	0	0	0
7	0.959	1.000	0.979	17	0	0	0
8	0.679	0.759	0.719	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0.052	0	0.026	20	0	0	0



Şekil 6. 58. u-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

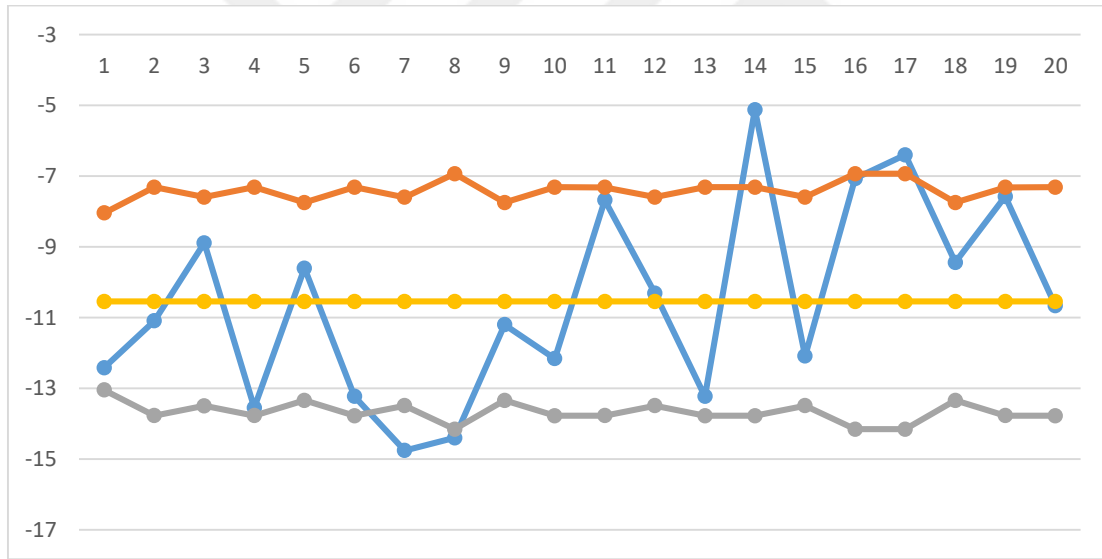
6.4.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri

Diğer bir karşılaştırma yöntemi olan ve AT2BS için Denklem (4.11) geliştirilmiştir. Uzaklık yöntemi aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği için uygulanmış ve elde edilen uzaklık değerleri Çizelge 6.61'de verilmiştir. Çizelgedeki değerlerin hepsinin negatif olmasının nedeni u değerlerinin 1 değerinden büyük olmaması ve 16 adet referans noktasının toplamının 16'dan büyük olamayıp “-16” gibi bir ifadenin denklem içerisinde bulunmasından dolayıdır. Çizelge 6.61'deki değerler kullanılarak elde edilen grafik Şekil

6.59'daki gibidir. Grafik ve çizelgeye bakıldığında 7, 8, 14 ve 17 numaralı veriler kontrol limitleri dışındadır. MÇ için uzaklık değeri ise -10.54 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 61. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	-12.416	-8.042	-13.044	11	-7.680	-7.315	-13.772
2	-11.093	-7.314	-13.772	12	-10.311	-7.595	-13.491
3	-8.889	-7.594	-13.492	13	-13.227	-7.313	-13.773
4	-13.547	-7.314	-13.772	14	-5.120	-7.312	-13.774
5	-9.600	-7.745	-13.341	15	-12.089	-7.595	-13.491
6	-13.227	-7.312	-13.774	16	-7.067	-6.933	-14.153
7	-14.756	-7.596	-13.490	17	-6.400	-6.931	-14.155
8	-14.400	-6.930	-14.156	18	-9.440	-7.746	-13.340
9	-11.200	-7.747	-13.339	19	-7.573	-7.314	-13.772
10	-12.160	-7.313	-13.774	20	-10.667	-7.312	-13.774



Şekil 6. 59. : Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

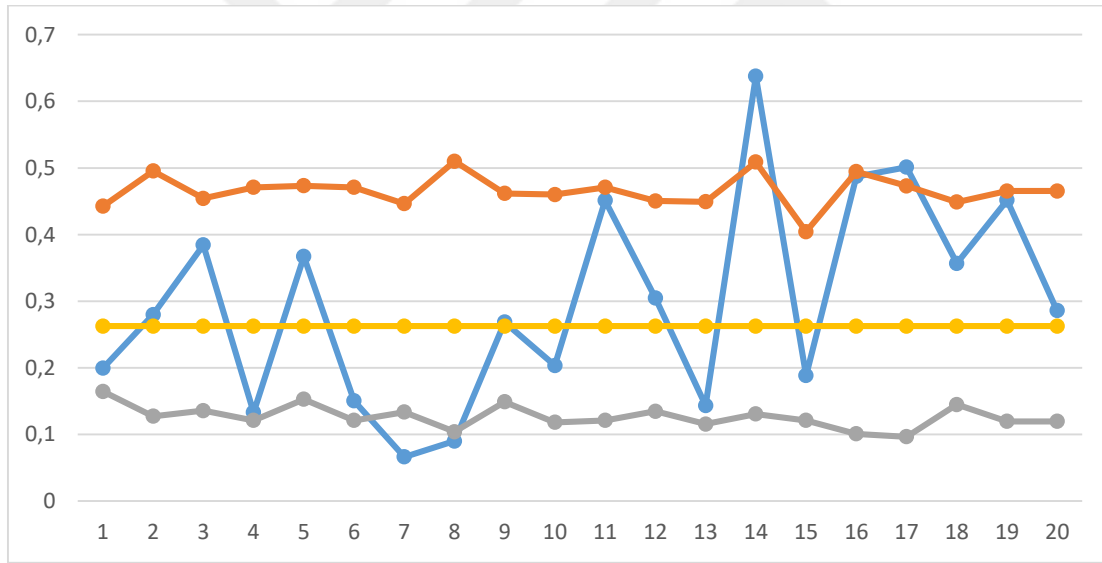
6.4.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafikleri

AT2BS'ın kıyaslayabilmek için kullanılan yöntemlerin başında durulaştırma, ağırlık merkezi ve tip indirgeme yöntemleri gelmektedir. Bunların içinde ilk olarak Denklem 4.13)'te verilen durulaştırma yöntemi kullanılmış ve bu yöntem aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği için uygulanmıştır.

Aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği için hesaplanan durulaştırma değerleri Çizelge 6.62’de verilmiş ve Şekil 6.60’da grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 6. 62. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.199	0.443	0.164	11	0.451	0.471	0.121
2	0.280	0.495	0.127	12	0.305	0.450	0.135
3	0.384	0.454	0.136	13	0.143	0.449	0.115
4	0.133	0.471	0.121	14	0.638	0.509	0.131
5	0.367	0.473	0.153	15	0.188	0.404	0.121
6	0.150	0.471	0.121	16	0.487	0.494	0.101
7	0.066	0.446	0.133	17	0.501	0.473	0.097
8	0.090	0.510	0.104	18	0.357	0.449	0.145
9	0.269	0.462	0.149	19	0.452	0.465	0.120
10	0.203	0.460	0.118	20	0.286	0.465	0.120



Şekil 6. 60. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

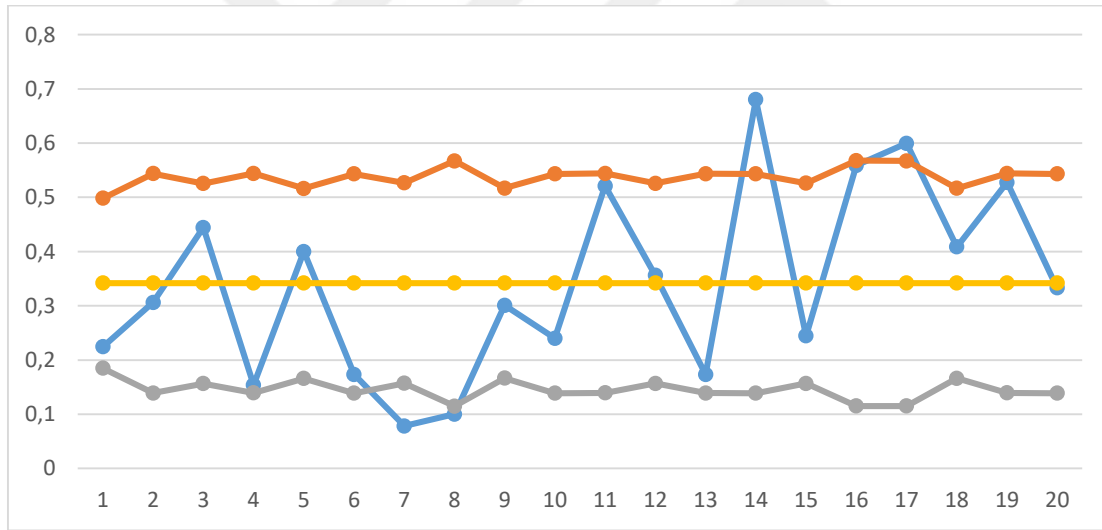
Çizelge 6.62 ve grafik incelendiğinde; 4, 7, 8, 14 ve 17 numaralı veriler kontrol limitleri dışındadır.

Diğer bir karşılaştırma yöntemi Denklem (4.14)-(4.18)’deki şekilde geliştirilen ağırlık merkezi ile karşılaştırma yöntemidir. Geliştirilen formül kullanılarak Çizelge 6.63’teki değerler elde edilmiş ve ardından grafik çizilmiştir.

Çizelge 6.63 ve Şekil 6.61 incelendiği zaman 7, 8, 14 ve 17 numaralı veriler kontrol limitleri dışında kalmıştır.

Çizelge 6. 63. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.224	0.498	0.184	11	0.520	0.543	0.139
2	0.307	0.543	0.139	12	0.356	0.526	0.157
3	0.444	0.526	0.157	13	0.173	0.543	0.139
4	0.153	0.543	0.139	14	0.680	0.543	0.139
5	0.400	0.516	0.166	15	0.244	0.526	0.157
6	0.173	0.543	0.139	16	0.558	0.567	0.115
7	0.078	0.526	0.157	17	0.600	0.567	0.115
8	0.100	0.567	0.115	18	0.410	0.516	0.166
9	0.300	0.516	0.166	19	0.527	0.543	0.139
10	0.240	0.543	0.139	20	0.333	0.543	0.139



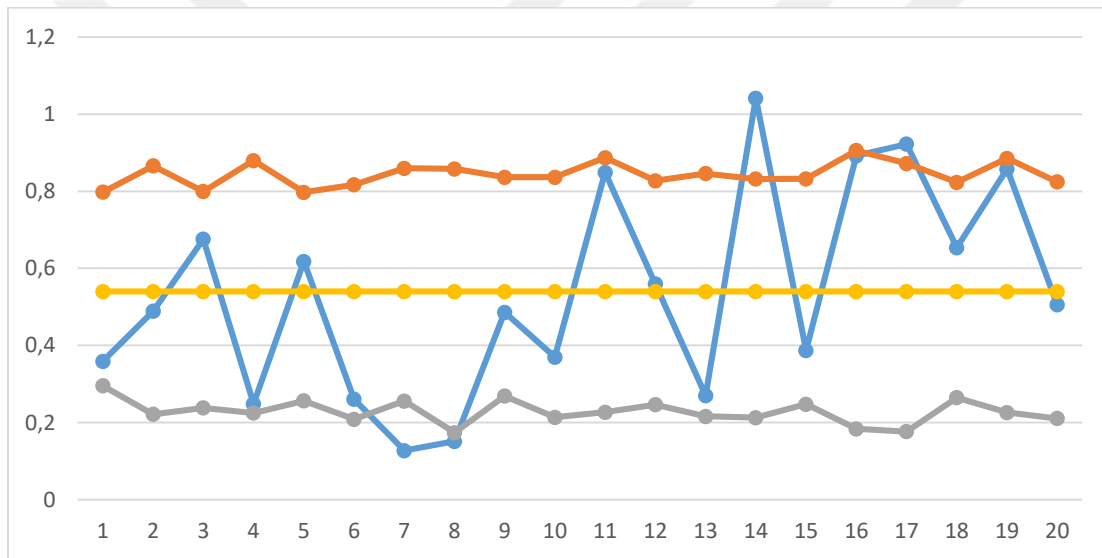
Şekil 6. 61. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

Diğer ağırlık merkezi yöntemi Denklem (4.19)- (4.21)'de verilmiştir. Bu denklem Ek Açıklama-C'deki veriler kullanılarak hesaplanan ağırlık merkezi değerleri Çizelge 6.64'te verilmiştir, daha sonra bu veriler kullanılarak grafik çizilmiştir.

Şekil 6.62 ve Çizelge 6.64 incelendiğinde ağırlık merkezi yöntemi-2'ye göre 7, 8, 14 ve 17 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 64. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.359	0.798	0.296	11	0.849	0.887	0.227
2	0.489	0.866	0.221	12	0.559	0.827	0.246
3	0.676	0.799	0.238	13	0.270	0.846	0.216
4	0.248	0.880	0.225	14	1.041	0.832	0.213
5	0.618	0.797	0.256	15	0.387	0.832	0.248
6	0.261	0.817	0.209	16	0.892	0.906	0.184
7	0.127	0.860	0.256	17	0.922	0.872	0.177
8	0.151	0.858	0.174	18	0.654	0.823	0.265
9	0.486	0.836	0.269	19	0.858	0.885	0.226
10	0.369	0.836	0.214	20	0.506	0.824	0.211



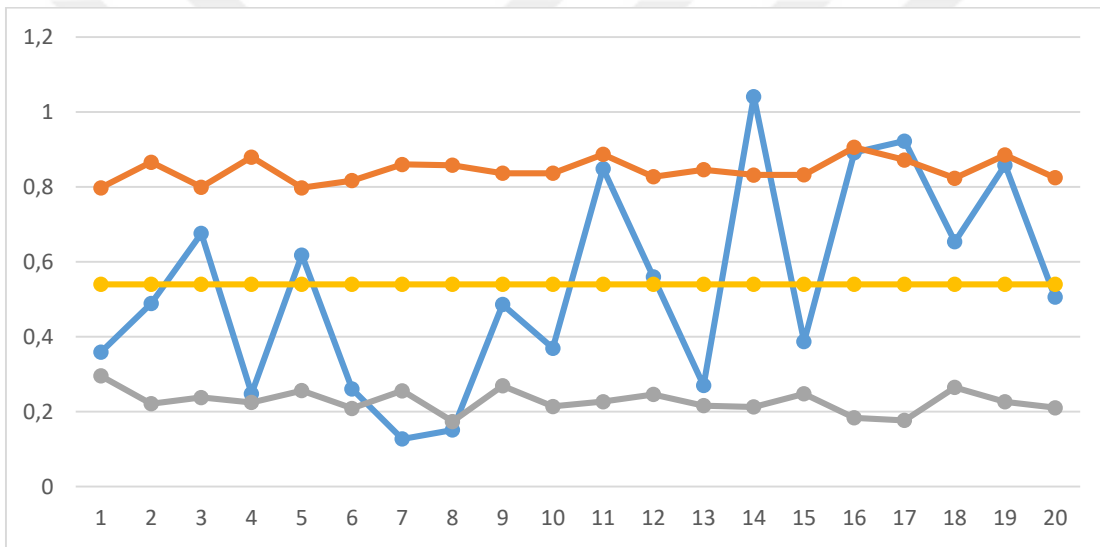
Şekil 6. 62. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

Diğer bir AT2BS için karşılaştırma yöntemi olan tip indirgeme yöntemi bu çalışmada kullanılan bir yöntemdir. Denklem (4.22)'de verilen bu yöntem Ek Açıklama-C'deki verilere uygulanmış ve elde edilen veriler Çizelge 6.65'te verilmiştir.

Bu veriler kullanılarak çizilen grafik ve çizelge incelendiğinde 7, 8, 14 ve 17 numaralı verilerin kontrol dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 65. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.36	0.80	0.30	11	0.85	0.89	0.23
2	0.49	0.87	0.22	12	0.56	0.83	0.25
3	0.68	0.80	0.24	13	0.27	0.85	0.22
4	0.25	0.88	0.22	14	1.04	0.83	0.21
5	0.62	0.80	0.26	15	0.39	0.83	0.25
6	0.26	0.82	0.21	16	0.89	0.91	0.18
7	0.13	0.86	0.26	17	0.92	0.87	0.18
8	0.15	0.86	0.17	18	0.65	0.82	0.26
9	0.49	0.84	0.27	19	0.86	0.89	0.23
10	0.37	0.84	0.21	20	0.51	0.82	0.21



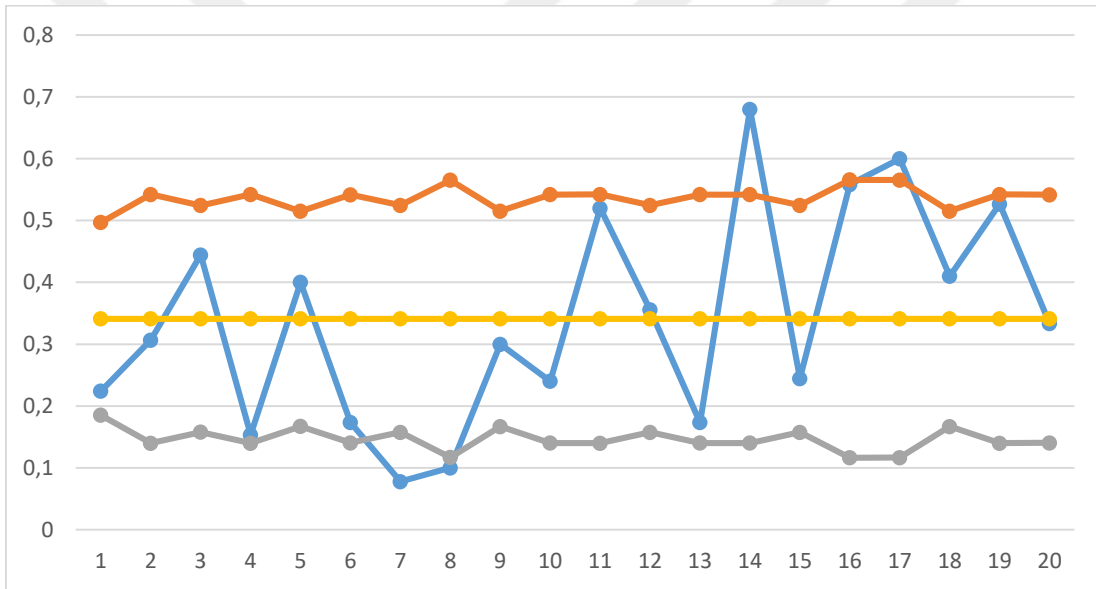
Şekil 6. 63. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

Son karşılaştırma yöntemi olarak Denklem (4.23)'teki ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği verileri için uygulandığında Çizelge 6.66'daki değerler elde edilmiş ve grafik şekilde gösterilmektedir.

Şekil 6.63 ve Çizelge 6.66 incelendiğinde 7, 8, 14 ve 17 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 66. Aralık tip-2 bulanık u-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.22	0.50	0.19	11	0.52	0.24	0.14
2	0.31	0.54	0.14	12	0.36	0.24	0.16
3	0.44	0.52	0.16	13	0.17	0.24	0.14
4	0.15	0.54	0.14	14	0.68	0.24	0.14
5	0.40	0.52	0.17	15	0.24	0.24	0.16
6	0.17	0.54	0.14	16	0.56	0.24	0.12
7	0.08	0.52	0.16	17	0.60	0.24	0.12
8	0.10	0.57	0.12	18	0.41	0.24	0.17
9	0.30	0.52	0.17	19	0.53	0.24	0.14
10	0.24	0.54	0.14	20	0.33	0.24	0.14



Şekil 6. 64. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık u-kontrol grafiği

6.5. Aralık Tip-2 Bulanık p-Kontrol Grafikleri

Kusurlu oranı kontrol grafiği de denilen p-kontrol grafiği bir diğer niteliksel kontrol grafiğidir. Kusur tipi önemli olmaksızın alınan her bir partideki kusuru olan ürünlerin oranları hesaplanarak elde edilir. Hatalı/hatasız, red/kabul gibi ifadeler ile ürünün kalitesi ölçülmeye çalışılıyor ve aynı zamanda da alınan örnek büyüklükleri değişiyor ise p kontrol grafiği kullanılır.

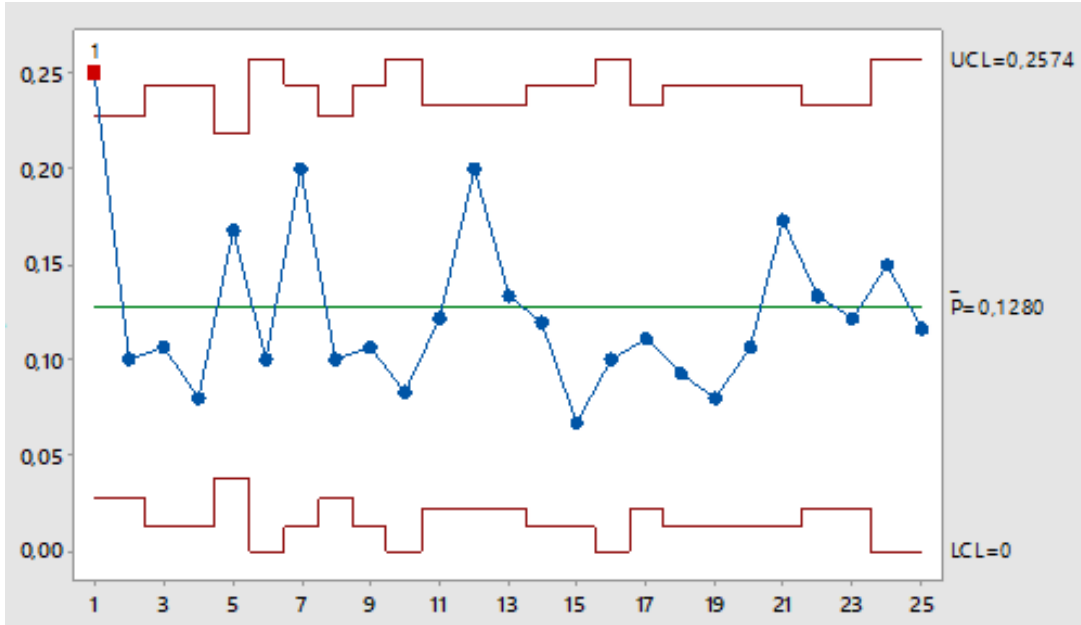
Gerçek hayat verilerinde kimi zaman hatalı/hatasız ayrımını yapmak çelişki yaratabilir. Bu nedenle bulanık küme teorisi ile p-kontrol grafiklerinin oluşturulması düşünülebilir. Önceki bölümde bahsedilen AT2BS karşılaştırma yöntemleri sırası ile aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiğine uyarlanmıştır.

Öncelikli olarak parti sayıları ve kesin sayılar Çizelge 6.67’de verilmiştir ve bununla ilgili klasik p-kontrol grafiği Şekil 6.64’te görülmektedir. Kesin veriler için çizilen p-kontrol grafiği incelendiğinde 1 nolu verinin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 67. p-kontrol grafikleri için kesin veriler

Veri No	Kusurlu Sayısı	Parti Miktarı	Veri No	Kusurlu Sayısı	Parti Miktarı
1	25	100	14	9	75
2	10	100	15	5	75
3	8	75	16	6	60
4	6	75	17	10	90
5	21	125	18	7	75
6	6	60	19	6	75
7	15	75	20	8	75
8	10	100	21	13	75
9	8	75	22	12	90
10	5	60	23	11	90
11	11	90	24	9	60
12	18	90	25	7	60
13	12	90			

AT2BS için p-kontrol grafiklerinin oluşturulabilmesi için öncelikli olarak aralık tip-2 bulanık kontrol limitleri belirlenmelidir. Aralık tip-2 bulanık $\bar{p}$ değerinin hesaplanması için, her bir partinin p_i kusurlu oranı AT2BS biçiminde hesaplanır. Daha sonrasında tüm p_i değerlerinin ortalaması alınarak MÇ değeri bulunur. Ardından bu değer kullanılarak her bir parti grubu için ÜKL ve AKL değerleri de hesaplanır. Bu hesaplamalar Denklem (6.20)-(6.22) kullanılarak yapılır.



Şekil 6. 65. Kesin veriler ile oluşturulan p-kontrol grafiği

$$\begin{aligned} \widehat{MC}_p = & \left(\left(\overline{p}_1^U, \overline{p}_2^U, \overline{p}_3^U, \overline{p}_4^U; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_l^U \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_l^U \right) \right) \right), \left(\overline{p}_1^L, \overline{p}_2^L, \overline{p}_3^L, \overline{p}_4^L; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_l^L \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_l^L \right) \right) \right) \right) = \\ & \left(\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m p_{i1}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m p_{i2}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m p_{i3}^U}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m p_{i4}^U}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_l^U \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_l^U \right) \right) \right), \right. \right. \\ & \left. \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m p_{i1}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m p_{i2}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m p_{i3}^L}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m p_{i4}^L}{m}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_l^L \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_l^L \right) \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.20)$$

$$\begin{aligned} \widehat{UKL}_p = & \left(\left(\overline{p}_1^U + 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_1^U (1 - \overline{p}_4^U)}{n_i}}, \overline{p}_2^U + 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_2^U (1 - \overline{p}_3^U)}{n_i}}, \overline{p}_3^U + 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_3^U (1 - \overline{p}_2^U)}{n_i}}, \overline{p}_4^U + \right. \right. \\ & \left. \left. 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_4^U (1 - \overline{p}_1^U)}{n_i}}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_i^U \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_i^U \right) \right) \right), \left(\overline{p}_1^L + 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_1^L (1 - \overline{p}_4^L)}{n_i}}, \overline{p}_2^L + 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_2^L (1 - \overline{p}_3^L)}{n_i}}, \overline{p}_3^L + \right. \right. \\ & \left. \left. 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_3^L (1 - \overline{p}_2^L)}{n_i}}, \overline{p}_4^L + 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_4^L (1 - \overline{p}_1^L)}{n_i}}; \min \left(H_1 \left(\widetilde{A}_i^L \right) \right), \min \left(H_2 \left(\widetilde{A}_i^L \right) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.21)$$

$$\begin{aligned}
\widetilde{AKL}_p = & \left(\left(\overline{p}_1^U - 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_1^U * (1 - \overline{p}_4^U)}{n_i}}, \overline{p}_2^U - 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_2^U * (1 - \overline{p}_3^U)}{n_i}}, \overline{p}_3^U - 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_3^U * (1 - \overline{p}_2^U)}{n_i}}, \overline{p}_4^U - \right. \right. \\
& \left. \left. 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_4^U * (1 - \overline{p}_1^U)}{n_i}}; \min(H_1(\widetilde{A}_i^U)), \min(H_2(\widetilde{A}_i^U)) \right), \left(\overline{p}_1^L - 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_1^L * (1 - \overline{p}_4^L)}{n_i}}, \overline{p}_2^L - 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_2^L * (1 - \overline{p}_3^L)}{n_i}}, \right. \right. \\
& \left. \left. \overline{p}_3^L - 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_3^L * (1 - \overline{p}_2^L)}{n_i}}, \overline{p}_4^L - 3 \sqrt{\frac{\overline{p}_4^L * (1 - \overline{p}_1^L)}{n_i}}; \min(H_1(\widetilde{A}_i^L)), \min(H_2(\widetilde{A}_i^L)) \right) \right) \quad (6.22)
\end{aligned}$$

Burada belirtilmesi gereken önemli bir ayrıntı bulunmaktadır. (1-p) şeklinde ifade edilen kısım AT2BS içerisinde çıkarma işlemine göre elde edilmelidir.

Bu hesaplamalar her bir parti için yapılacağından her partinin AKL ve ÜKL değerleri farklı çıkacaktır. Bu nedenle AT2BS olarak ÜKL ve AKL'nin tek bir değeri olmadığı için verilmemiş, ancak $\tilde{p}$ ve $1 - \tilde{p}$ değerleri verilmiştir ve şu şekildedir;

$$\tilde{p} = ((0.089, 0.117, 0.135, 0.163; 0.8, 0.8), (0.104, 0.123, 0.129, 0.148; 0.55, 0.55))$$

$$1 - \tilde{p} = ((0.837, 0.865, 0.883, 0.911; 0.8, 0.8), (0.852, 0.871, 0.877, 0.896; 0.55, 0.55))$$

6.5.1. Sıralama yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri

Önceki bölümlerde de kullanılan Denklem (4.1)'deki sıralama yöntemi aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri için kullanılmış ve Ek Açıklama-D'de verilen veriler için elde edilen değerler Çizelge 6.68'de verilmiştir. $\bar{p}$ değeri ise 0.100 olarak hesaplanmıştır. 1 nolu verinin kontrol limitleri dışında olduğu, diğer verilerin kontrol limitleri arasında olduğu görülmektedir.

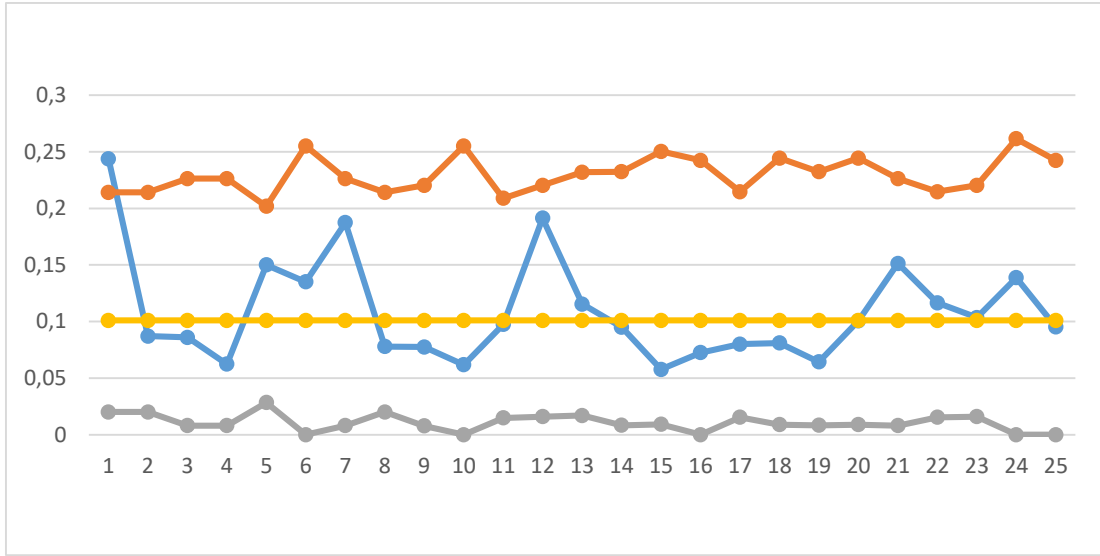
Çizelge 6. 68. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.244	0.214	0.020	14	0.095	0.232	0.008
2	0.087	0.214	0.020	15	0.058	0.250	0.009
3	0.086	0.226	0.008	16	0.073	0.242	0
4	0.062	0.226	0.008	17	0.080	0.215	0.015
5	0.150	0.202	0.028	18	0.081	0.244	0.009
6	0.135	0.255	0	19	0.064	0.232	0.008
7	0.187	0.226	0.008	20	0.101	0.244	0.009
8	0.078	0.214	0.020	21	0.151	0.226	0.008
9	0.078	0.220	0.008	22	0.117	0.215	0.015
10	0.062	0.255	0	23	0.104	0.220	0.016
11	0.097	0.209	0.015	24	0.139	0.261	0
12	0.191	0.220	0.016	25	0.095	0.242	0
13	0.115	0.232	0.017				

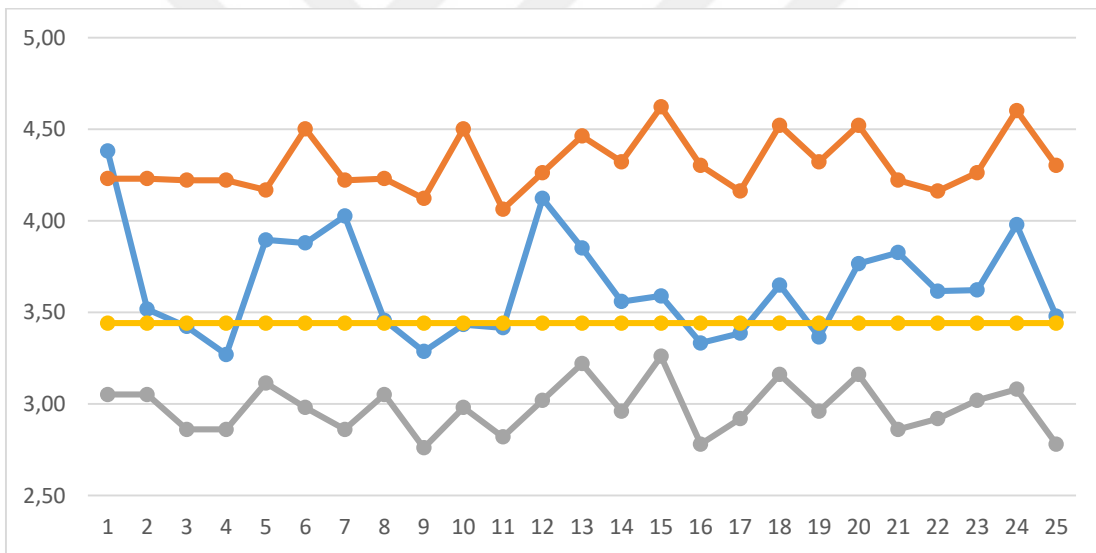
Çizelge 6. 69. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	4.38	4.23	3.05	14	3.56	4.32	2.96
2	3.52	4.23	3.05	15	3.59	4.62	3.26
3	3.42	4.22	2.86	16	3.33	4.30	2.78
4	3.27	4.22	2.86	17	3.39	4.16	2.92
5	3.90	4.17	3.11	18	3.65	4.52	3.16
6	3.88	4.50	2.98	19	3.37	4.32	2.96
7	4.03	4.22	2.86	20	3.77	4.52	3.16
8	3.46	4.23	3.05	21	3.83	4.22	2.86
9	3.29	4.12	2.76	22	3.62	4.16	2.92
10	3.43	4.50	2.98	23	3.62	4.26	3.02
11	3.42	4.06	2.82	24	3.98	4.60	3.08
12	4.12	4.26	3.02	25	3.48	4.30	2.78
13	3.85	4.46	3.22				

Diğer sıralama yöntemi Denklem (4.2)'de verilen sıralama yöntemidir. Bu yöntem ile elde edilen $\bar{p}$ değeri ise 3.44 olarak hesaplanmış ve diğer limit değerleri ile veriler için hesaplamalar Çizelge 6.69'da ve Şekil 6.66'da görülmektedir. Çizelge 6.69 ve Şekil 6.66 incelendiğinde 1 nolu veri dışındaki veriler kontrol limitleri içindedir.



Şekil 6. 66. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği



Şekil 6. 67. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği

6.5.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri

Aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri ile ilgili yorum yapabilmek için kullanılan bir diğer yöntem olan olasılık yöntemi için değerler Çizelge 6.70 ve Çizelge 6.71’de verilmektedir. Ardından da grafik çizilmiş ve yorumlanmıştır.

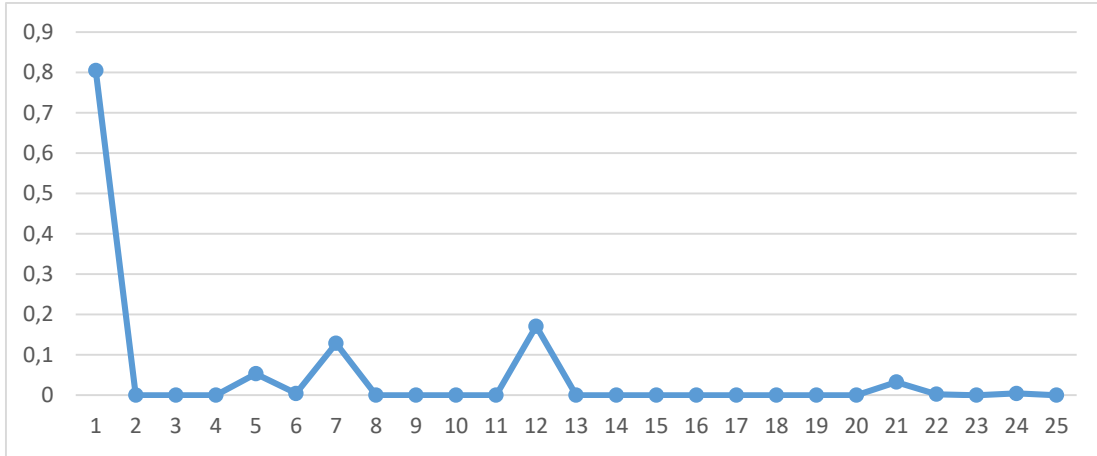
Çizelge 6. 70. Aralık tip-2 bulanık verilerin p- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL’den büyük olma olasılıkları

No	$A_i^U > P_{ÜKL}^U$	$A_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}	No	$A_i^U > P_{ÜKL}^U$	$A_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}
1	0.743	0.867	0.805	14	0	0	0
2	0	0	0	15	0	0	0
3	0	0	0	16	0	0	0
4	0	0	0	17	0	0	0
5	0.106	0	0.053	18	0	0	0
6	0.008	0	0.004	19	0	0	0
7	0.179	0.078	0.129	20	0	0	0
8	0	0	0	21	0.065	0	0.032
9	0	0	0	22	0.005	0	0.002
10	0	0	0	23	0	0	0
11	0	0	0	24	0.008	0	0.004
12	0.224	0.118	0.171	25	0	0	0
13	0	0	0				

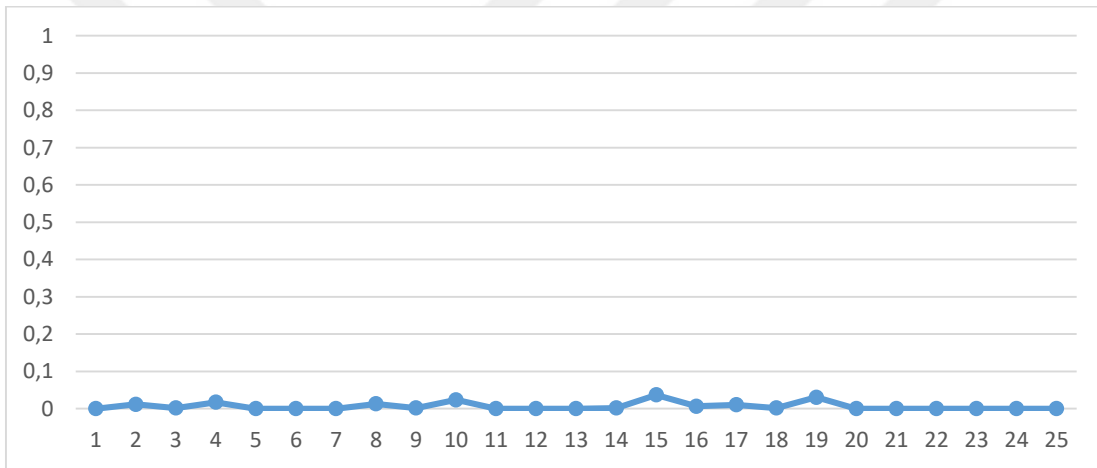
Çizelge 6. 71. Aralık tip-2 bulanık AKL’nin aralık tip-2 bulanık u- değerinden büyük olma olasılıkları

No	$A_i^U > P_{UCL}^U$	$A_i^L > P_{UCL}^L$	P_{ort}	No	$A_i^U > P_{UCL}^U$	$A_i^L > P_{UCL}^L$	P_{ort}
1	0	0	0	14	0.003	0	0.002
2	0.023	0	0.012	15	0.074	0	0.037
3	0.003	0	0.002	16	0.013	0	0.007
4	0.035	0	0.017	17	0.021	0	0.010
5	0	0	0	18	0.004	0	0.002
6	0	0	0	19	0.061	0	0.031
7	0	0	0	20	0	0	0
8	0.026	0	0.013	21	0	0	0
9	0.004	0	0.002	22	0	0	0
10	0.047	0	0.024	23	0	0	0
11	0	0	0	24	0	0	0
12	0	0	0	25	0	0	0
13	0	0	0				

Çizelge 6.70 ve Çizelge 6.71 ile Şekil 6.68 ve Şekil 6.69 incelendiğinde sadece 1 numaralı verinin kontrol dışında olabilecek olasılık değerine sahip olduğu görülmektedir. Diğer veriler kontrol içinde şeklinde ifade edilebilecek olasılık değerlerine sahiptir.



Şekil 6. 68. p-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği



Şekil 6. 69. p-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

6.5.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri

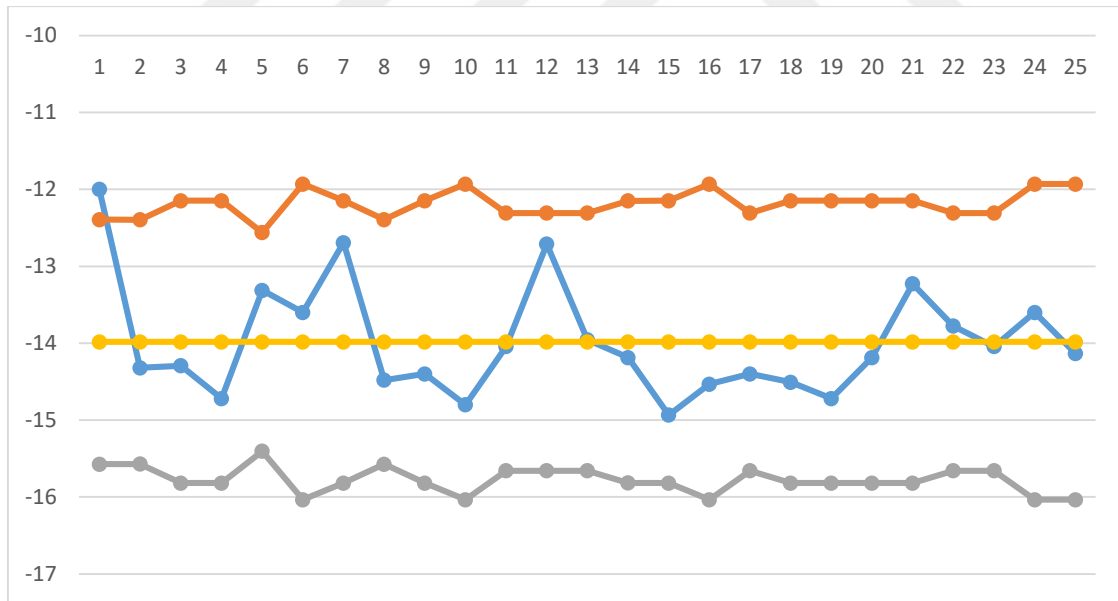
AT2BS karşılaştırmaya yarayan uzaklık yöntemi p-kontrol grafiğinin oluşturulması için kullanılmıştır. Hesaplamalar sonunda Çizelge 6.72 ve Şekil 6.70 elde edilmiştir.

$\bar{p}$ değerine karşılık gelen uzaklık değeri -13.99 olarak hesaplanmıştır. Buradaki sayıların negatif sayılar çıkmasının nedeni Denklem (4.11)'de verilen formül $\widetilde{1}_1$ sayısına uzaklığına bakıyor. p oran değerleri 1 değerinin altında bir değer olduğu için ve formüldeki “-16” ifadesinden dolayı uzaklık değerleri negatif ifadeler olarak hesaplanmıştır. Ancak bu

durum, değerlerden ve şekilden görüldüğü üzere herhangi bir olumsuzluk yaratmamakta ve diğer yöntemlerle benzer sonuçlar çıkarmaktadır.

Çizelge 6. 72. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	-12.00	-12.39	-15.57	14	-14.19	-12.15	-15.82
2	-14.32	-12.39	-15.57	15	-14.93	-12.15	-15.82
3	-14.29	-12.15	-15.82	16	-14.53	-11.93	-16.03
4	-14.72	-12.15	-15.82	17	-14.40	-12.31	-15.66
5	-13.31	-12.56	-15.40	18	-14.51	-12.15	-15.82
6	-13.60	-11.93	-16.04	19	-14.72	-12.15	-15.82
7	-12.69	-12.15	-15.82	20	-14.19	-12.15	-15.82
8	-14.48	-12.39	-15.57	21	-13.23	-12.15	-15.82
9	-14.40	-12.15	-15.82	22	-13.78	-12.31	-15.66
10	-14.80	-11.93	-16.04	23	-14.04	-12.31	-15.66
11	-14.04	-12.31	-15.66	24	-13.60	-11.93	-16.03
12	-12.71	-12.31	-15.66	25	-14.13	-11.93	-16.03
13	-13.96	-12.31	-15.66				



Şekil 6. 70. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği

6.5.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri

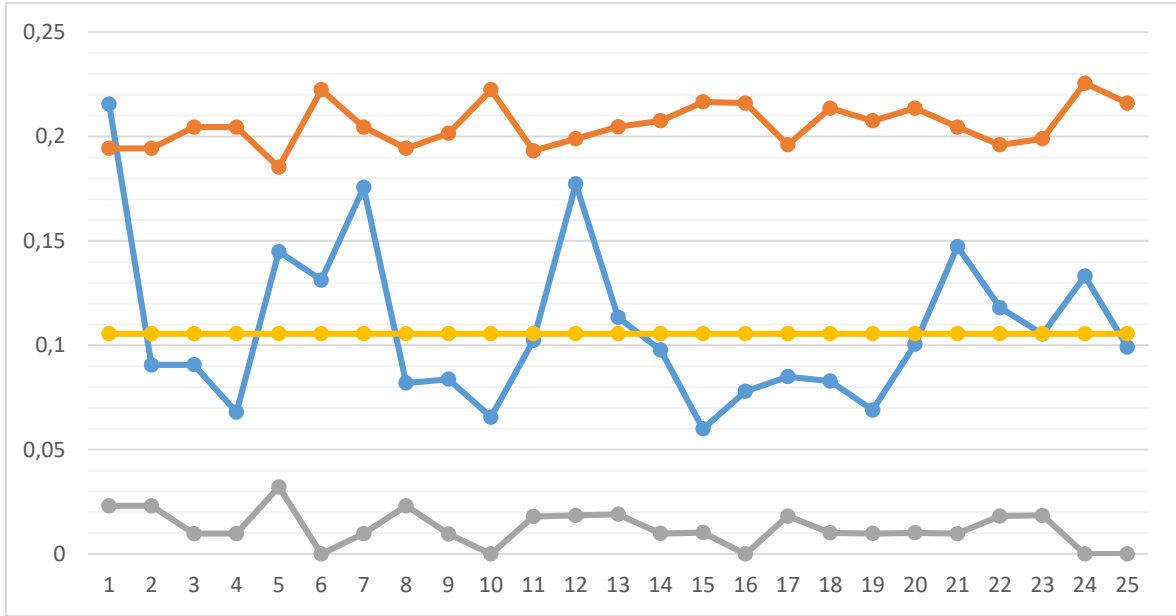
p-kontrol grafikleri için kullanılacak son yöntemler durulaştırma ile ilgili olan yöntemlerdir. Yine önceki aralık tip-2 p-kontrol grafiklerine benzer şekilde hem limitler hem de veri değerleri için hesaplamalar yapılmıştır. İlk durulaştırma yöntemi olarak kullanılan ve Denklem (4.13)'te verilen yöntem Ek Açıklama-D mevcut p değerleri için uygulanmış ve Çizelge 6.73 ve Şekil 6.71'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Durulaştırma yöntemi ile elde edilen ortalama değer 0.105 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.73 değerleri ve Şekil 6.71'deki kontrol grafiği incelendiğinde 1 nolu verinin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir. AKL için bazı değerler negatif çıkmıştır ve bu değerler 0 olarak değiştirilmiştir. Bunun nedeni durulaştırma yöntemi, sıralama ve uzaklık yöntemlerinden farklı olarak sayının kendisini temsil ettiği ve kusurlu oranı değerinin de negatif olması mümkün olmadığı için bu değerler düzeltilmiştir.

Çizelge 6. 73. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.216	0.194	0.023	14	0.098	0.208	0.010
2	0.091	0.194	0.023	15	0.060	0.217	0.010
3	0.091	0.205	0.010	16	0.078	0.216	0
4	0.068	0.205	0.010	17	0.085	0.196	0.018
5	0.145	0.185	0.032	18	0.083	0.214	0.010
6	0.131	0.222	0	19	0.069	0.208	0.010
7	0.176	0.205	0.010	20	0.101	0.214	0.010
8	0.082	0.194	0.023	21	0.147	0.205	0.010
9	0.084	0.202	0.010	22	0.118	0.196	0.018
10	0.066	0.222	0	23	0.105	0.199	0.018
11	0.102	0.193	0.018	24	0.133	0.226	0
12	0.177	0.199	0.018	25	0.099	0.216	0
13	0.113	0.205	0.019				

Diğer bir durulaştırma yöntemi olan ve Denklem (4.14)- (4.18)'da verilen ağırlık merkezi yaklaşımı kullanılarak p-kontrol grafiği oluşturulduğunda Çizelge 6.74 elde edilmiştir.

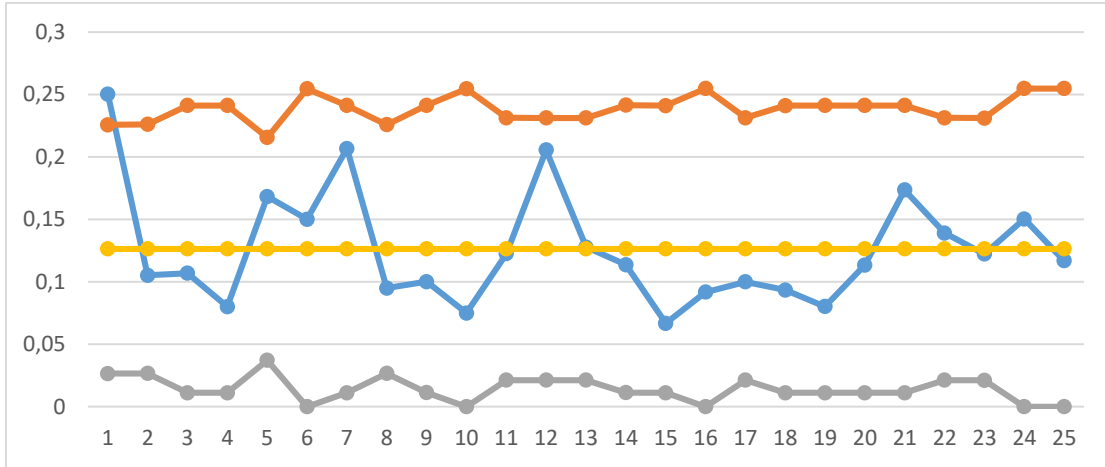


Şekil 6. 71. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği

Ağırlık merkezi yöntemi ile hesaplanan ortalama değer ise 0.126'dır. Bu değer ve Çizelge 6.74 değerlerine göre çizilen kontrol grafiği Şekil 6.72'de verilmiştir.

Çizelge 6. 74. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.250	0.226	0.027	14	0.114	0.242	0.011
2	0.105	0.226	0.027	15	0.067	0.241	0.011
3	0.107	0.241	0.011	16	0.092	0.255	0
4	0.080	0.241	0.011	17	0.100	0.231	0.021
5	0.168	0.216	0.037	18	0.093	0.241	0.011
6	0.150	0.255	0	19	0.080	0.241	0.011
7	0.207	0.241	0.011	20	0.113	0.241	0.011
8	0.095	0.226	0.027	21	0.174	0.241	0.011
9	0.100	0.241	0.011	22	0.139	0.231	0.021
10	0.075	0.255	0	23	0.122	0.231	0.021
11	0.123	0.231	0.021	24	0.150	0.255	0
12	0.206	0.231	0.021	25	0.117	0.255	0
13	0.128	0.231	0.021				



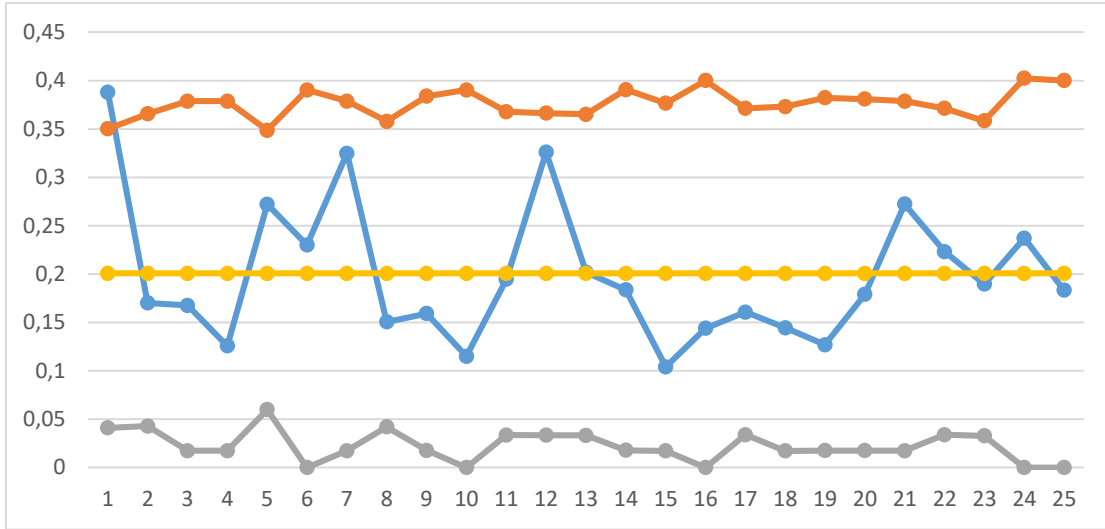
Şekil 6. 72. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği

Çizelge 6.74 ve Şekil 6.72 incelendiğinde 1 numaralı verinin kontrol dışında olduğu görülmektedir. Yine ağırlık merkezi yöntemleri durulaştırma yöntemi gibi sayıyı temsil eden bir yöntemdir. Bu nedenle AKL değerleri negatif olamayacağı için sıfır olarak düzeltilmiştir.

Diğer bir ağırlık merkezi yöntemi olan ve Denklem (4.19)- (4.21)'de verilen yönteme göre veriler ve kontrol limitleri hesaplamaları yapıldığında Çizelge 6.75 elde edilmiştir. Ortalama değer 0.125 olarak hesaplanmış ve kontrol grafiği çizilmiştir. Çizelge 6.75 ve Şekil 6.73 incelendiğinde diğer yöntemlere benzer şekilde 1 numaralı verinin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 75. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.250	0.226	0.041	14	0.113	0.241	0.018
2	0.105	0.226	0.043	15	0.067	0.241	0.017
3	0.107	0.241	0.017	16	0.092	0.255	0
4	0.080	0.241	0.017	17	0.100	0.231	0.034
5	0.168	0.215	0.060	18	0.093	0.241	0.017
6	0.150	0.255	0	19	0.080	0.241	0.018
7	0.207	0.241	0.017	20	0.113	0.241	0.018
8	0.095	0.226	0.042	21	0.173	0.241	0.017
9	0.100	0.241	0.018	22	0.139	0.231	0.034
10	0.075	0.255	0	23	0.122	0.231	0.033
11	0.122	0.231	0.034	24	0.150	0.255	0
12	0.206	0.231	0.033	25	0.117	0.255	0
13	0.128	0.231	0.033				

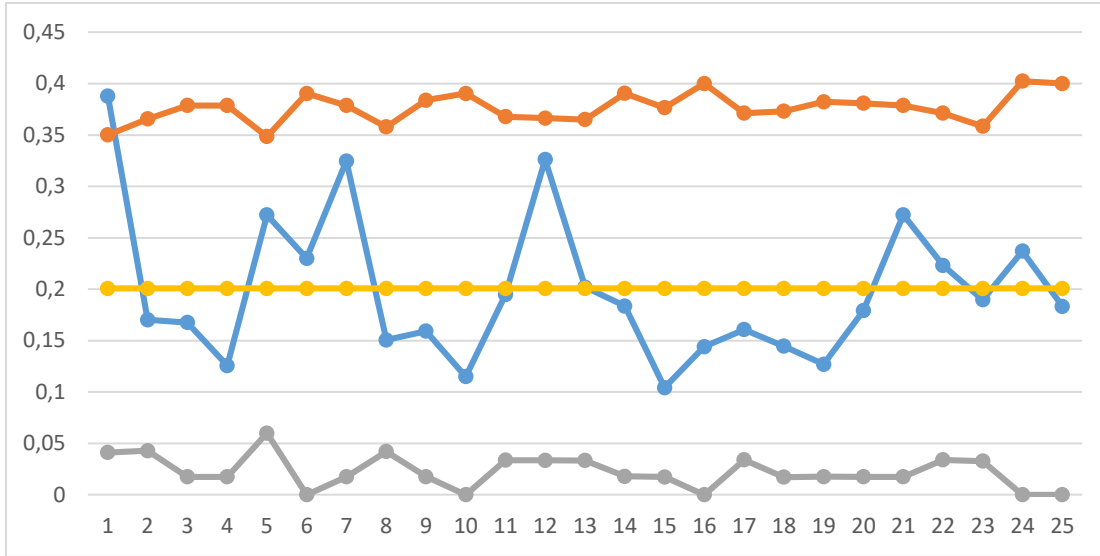


Şekil 6. 73. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği

Denklem (4.22)'deki tip indirgeme yöntemi mevcut aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri verilerine uygulanmıştır. Kontrol limitleri için elde edilen değerler hesaplanmış ve Çizelge 6.76'da gösterilmiştir. Ortalama değere karşılık gelen tip indirgeme değeri ise 0.199 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen grafik ve Çizelge 6.76 incelendiğinde 1 numaralı verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 76. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.388	0.350	0.041	14	0.184	0.391	0.018
2	0.170	0.366	0.043	15	0.104	0.377	0.017
3	0.168	0.379	0.017	16	0.144	0.400	0
4	0.126	0.379	0.017	17	0.161	0.371	0.034
5	0.272	0.349	0.060	18	0.145	0.373	0.017
6	0.230	0.390	0	19	0.127	0.382	0.018
7	0.325	0.379	0.017	20	0.179	0.381	0.018
8	0.151	0.358	0.042	21	0.272	0.379	0.017
9	0.159	0.384	0.018	22	0.223	0.371	0.034
10	0.115	0.390	0	23	0.190	0.358	0.033
11	0.195	0.368	0.034	24	0.237	0.402	0
12	0.326	0.366	0.033	25	0.183	0.400	0
13	0.202	0.365	0.033				

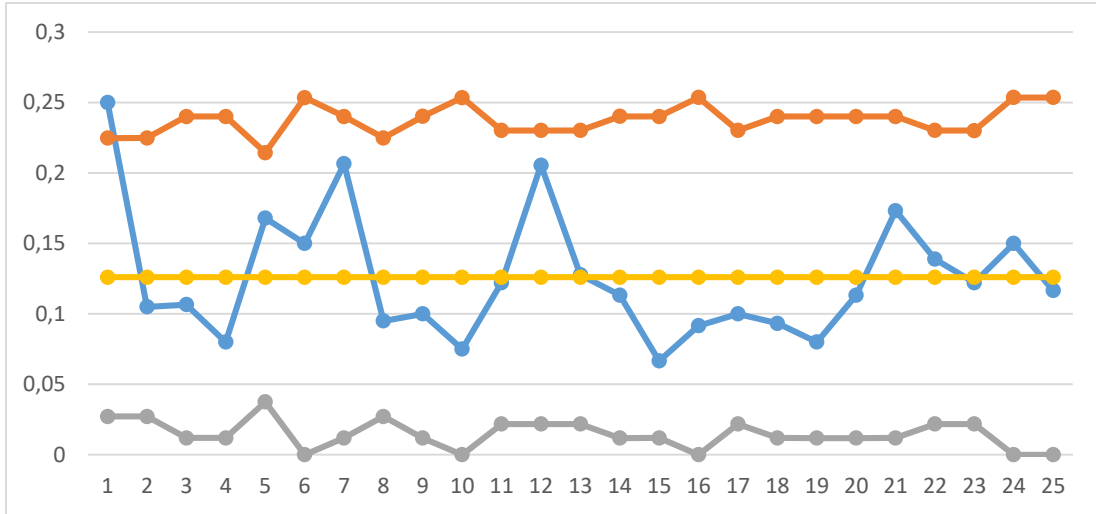


Şekil 6. 74. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği

Son olarak AT2BS'in ağırlık merkezini hesaplamayı sağlayan ve Denklem (4.23)'te verilen formül ile aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Elde edilen veriler Çizelge 6.77'de gösterilmiştir. Ortalama değer için ağırlık merkezi değeri 0.127 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.77 değerleri ile elde edilen grafik Şekil 6.75'te gösterilmiştir. Hem grafik hem de çizelge incelendiğinde 1 numaralı verinin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 77. Aralık tip-2 bulanık p-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.250	0.225	0.027	14	0.113	0.240	0.012
2	0.105	0.225	0.027	15	0.067	0.240	0.012
3	0.107	0.240	0.012	16	0.092	0.254	0
4	0.080	0.240	0.012	17	0.100	0.230	0.022
5	0.168	0.215	0.038	18	0.093	0.240	0.012
6	0.150	0.254	0	19	0.080	0.240	0.012
7	0.207	0.240	0.012	20	0.113	0.240	0.012
8	0.095	0.225	0.027	21	0.173	0.240	0.012
9	0.100	0.240	0.012	22	0.139	0.230	0.022
10	0.075	0.254	0	23	0.122	0.230	0.022
11	0.122	0.230	0.022	24	0.150	0.254	0
12	0.206	0.230	0.022	25	0.117	0.254	0
13	0.128	0.230	0.022				



Şekil 6. 75. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık p-kontrol grafiği

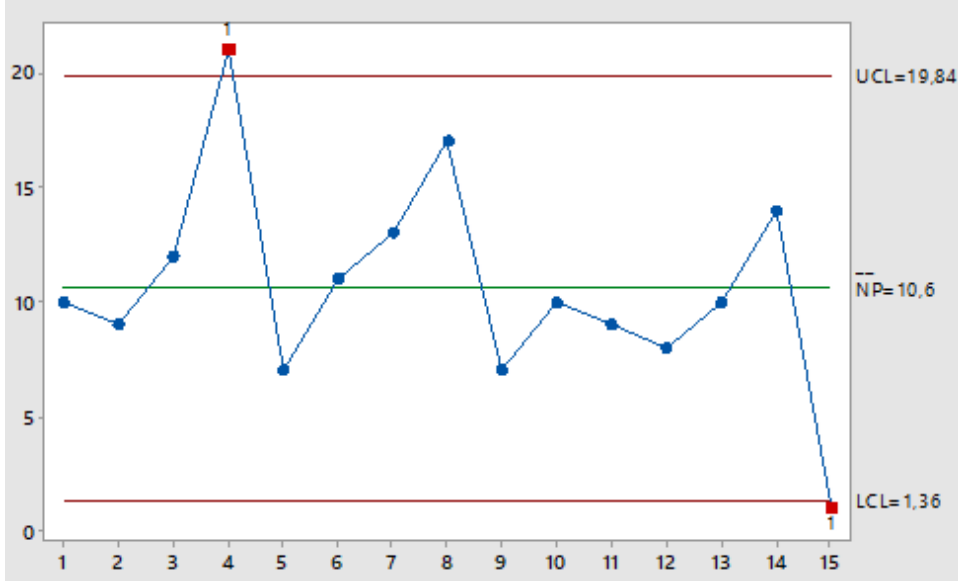
6.6. Aralık Tip-2 Bulanık np-Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri bölümünde bahsedildiği gibi np-kontrol grafikleri birim sayısının sabit olduğu durumlarda işlemleri kolaylaştırmak için kullanılan kontrol grafikleridir. Kusurlu sayıları ile ilgilenen np-kontrol grafikleri için AT2BS kullanılarak sonuçlar değerlendirilecektir.

p-kontrol grafiğinde bahsedildiği üzere, bazen gerçek hayat verilerinde hatalı/hatasız ayırımı yapmak zor olabilir. Bu sebeple bulanık küme teorilerinden yararlanmak gerekebilir.

Önceki bölümlerde yapıldığı gibi ilk önce kesin sayılar ile oluşturulan np-kontrol grafikleri çizilmiş, ardından aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiklerinin limitlerinin hesaplanması için gereken formüller verilmiş ve son olarak çalışma kapsamında kullanılan karşılaştırma yöntemleri ile aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri elde edilmiştir.

Parti sayıları sabit ve 100 olan kusurlu sayıları Çizelge 6.78’de verilmiştir ve bununla ilgili klasik np-kontrol grafiği Şekil 6.76’daki gibi çizilmiştir. Kesin veriler için çizilen np-kontrol grafiği incelendiğinde 4 ve 15 nolu verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 76. Kesin veriler ile oluşturulan np-kontrol grafiği

Çizelge 6. 78. np-kontrol grafikleri için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	10	6	11	11	9
2	9	7	13	12	8
3	12	8	17	13	10
4	21	9	7	14	14
5	7	10	10	15	1

AT2BS için np-kontrol grafiklerinin oluşturulabilmesi için öncelikli olarak aralık tip-2 np-kontrol limitleri belirlenmelidir. Aralık tip-2 $n\bar{p}$ değerinin hesaplanması için, her bir partinin p_i kusurlu oranı AT2BS biçiminde hesaplanır. Daha sonrasında tüm p_i değerlerinin ortalaması alınır ve n partideki birim sayısı ile çarpılarak MÇ değeri bulunur. Ardından bu değer kullanılarak her bir parti grubu için ÜKL ve AKL değerleri hesaplanır. Bu hesaplamaları gösteren Denklem (6.23)-(6.25)'te sıralanmıştır.

$$\begin{aligned}
 \widehat{MC}_{np} = & \left(\left(n\bar{p}_1^U, n\bar{p}_2^U, n\bar{p}_3^U, n\bar{p}_4^U; \min(H_1(\widetilde{A}_l^U)), \min(H_2(\widetilde{A}_l^U)) \right), \left(n\bar{p}_1^L, n\bar{p}_2^L, n\bar{p}_3^L, n\bar{p}_4^L; \min(H_1(\widetilde{A}_l^L)), \right. \right. \\
 & \left. \left. \min(H_2(\widetilde{A}_l^L)) \right) \right) = \\
 & \left(\left(\left(n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i1}^U}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i2}^U}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i3}^U}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i4}^U}{m}; \min(H_1(\widetilde{A}_l^U)), \min(H_2(\widetilde{A}_l^U)) \right), \right. \right. \\
 & \left. \left(n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i1}^L}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i2}^L}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i3}^L}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m p_{i4}^L}{m}; \min(H_1(\widetilde{A}_l^L)), \min(H_2(\widetilde{A}_l^L)) \right) \right) \right) \quad (6.23)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ÜKL}_{np} = & \left(\left(np_1^{\overline{U}} + 3\sqrt{n * \overline{p}_1^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_4^{\overline{U}})}, np_2^{\overline{U}} + 3\sqrt{n * \overline{p}_2^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_3^{\overline{U}})}, np_3^{\overline{U}} + \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{p}_3^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_2^{\overline{U}})}, np_4^{\overline{U}} + \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{p}_4^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_1^{\overline{U}})}; \min(H_1(\widetilde{A}_l^{\overline{U}})), \min(H_2(\widetilde{A}_l^{\overline{U}})) \right), \left(np_1^{\overline{L}} + 3\sqrt{n * \overline{p}_1^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_4^{\overline{L}})}, \right. \right. \\ & \left. \left. np_2^{\overline{L}} + 3\sqrt{n * \overline{p}_2^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_3^{\overline{L}})}, np_3^{\overline{L}} + 3\sqrt{n * \overline{p}_3^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_2^{\overline{L}})}, np_4^{\overline{L}} + \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{p}_4^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_1^{\overline{L}})}; \min(H_1(\widetilde{A}_l^{\overline{L}})), \min(H_2(\widetilde{A}_l^{\overline{L}})) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.24)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL}_{np} = & \left(\left(np_1^{\overline{U}} - 3\sqrt{n * \overline{p}_1^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_4^{\overline{U}})}, np_2^{\overline{U}} - 3\sqrt{n * \overline{p}_2^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_3^{\overline{U}})}, np_3^{\overline{U}} - \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{p}_3^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_2^{\overline{U}})}, np_4^{\overline{U}} - \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{p}_4^{\overline{U}} * (1 - \overline{p}_1^{\overline{U}})}; \min(H_1(\widetilde{A}_l^{\overline{U}})), \min(H_2(\widetilde{A}_l^{\overline{U}})) \right), \left(np_1^{\overline{L}} - 3\sqrt{n * \overline{p}_1^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_4^{\overline{L}})}, \right. \right. \\ & \left. \left. np_2^{\overline{L}} - 3\sqrt{n * \overline{p}_2^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_3^{\overline{L}})}, np_3^{\overline{L}} - 3\sqrt{n * \overline{p}_3^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_2^{\overline{L}})}, np_4^{\overline{L}} - \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{p}_4^{\overline{L}} * (1 - \overline{p}_1^{\overline{L}})}; \min(H_1(\widetilde{A}_l^{\overline{L}})), \min(H_2(\widetilde{A}_l^{\overline{L}})) \right) \right) \end{aligned} \quad (6.25)$$

Burada aralık tip-2 p-kontrol grafiklerine benzer şekilde (1-p) hesaplamasına ve AKL için yapılan çıkarma işlemine dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu formüller ve veriler kullanılarak aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği için elde edilen $\widetilde{M\zeta}_{np}$, $\widetilde{AKL}_{np}$ ve $\widetilde{ÜKL}_{np}$ AT2BS şu şekildedir;

$$\begin{aligned} \widetilde{M\zeta}_{np} = & \\ & ((8.067, 10.067, 11.4, 13.4; 0.7, 0.7), (9.133, 10.533, 10.933, 12.333; 0.55, 0.55)) \end{aligned}$$

$$\widetilde{AKL}_{np} = ((0.138, 1.107, 1.794, 2.870; 0.7, 0.7), (0.644, 1.344, 1.551, 2.290; 0.55, 0.55))$$

$\widetilde{ÜKL}_{np}$

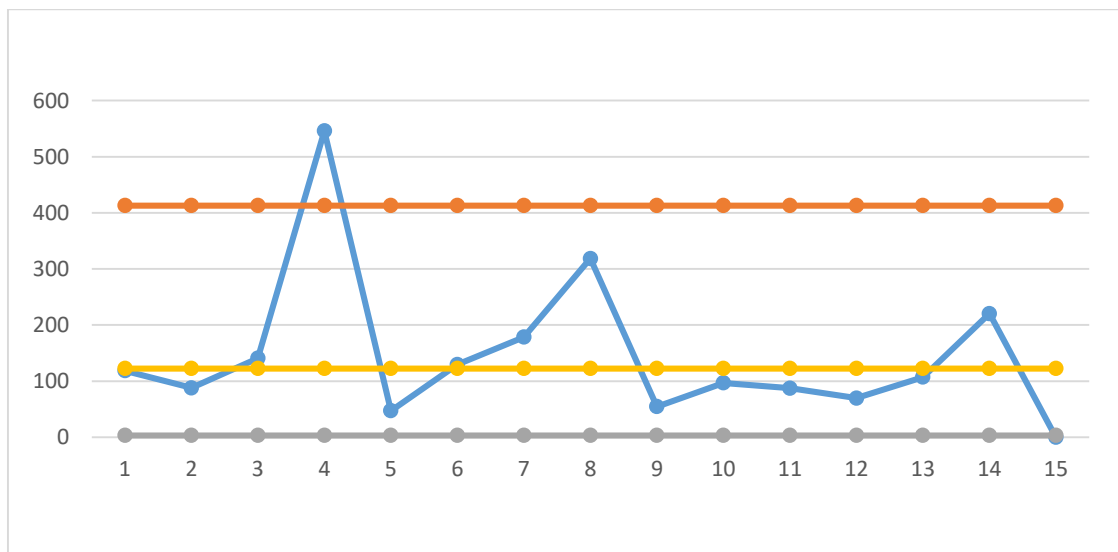
$$= ((15.996, 19.026, 21.006, 23.930; 0.7, 0.7), (17.622, 19.722, 20.316, 22.376; 0.55, 0.55))$$

6.6.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri

AT2BS için kullanılan ve çalışma kapsamında bahsedilen sıralama yöntemi aralık tip-2 bulanık np verileri ve kontrol limitleri için uygulanarak Çizelge 6.79 ve Şekil 6.77 elde edilmiştir. Denklem (4.1)'de verilen sıralama yöntemi ile veriler incelendiğinde 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir. Ayrıca hesaplanmış olan aralık tip-2 yamuk kontrol limitleri için sıralama yöntemi uygulandığında $M\check{C}$, AKL ve $\widetilde{ÜKL}$ değerleri sırasıyla $SY1_{M\check{C}-np} = 122.45$, $SY1_{AKL-np} = 3.20$ ve $SY1_{\widetilde{ÜKL}-np} = 412.74$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 79. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	118.388	6	129.525	11	87.300
2	87.975	7	178.425	12	69.800
3	140.588	8	318.500	13	107.000
4	545.675	9	54.600	14	220.400
5	47.125	10	96.663	15	0

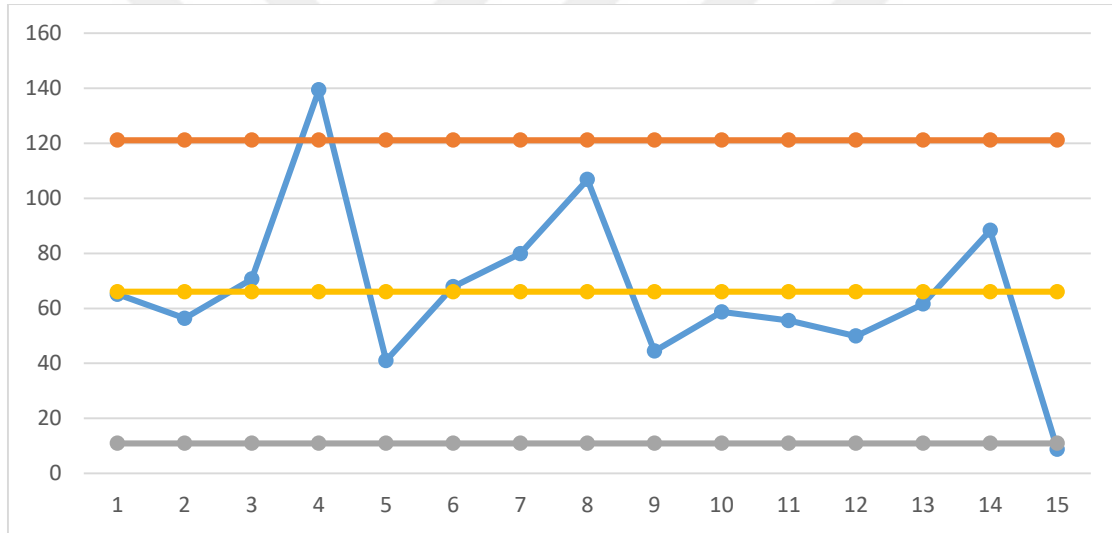


Şekil 6. 77. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

İkinci sıralama yöntemi olan ve Denklem (4.2)'de verilen sıralama yöntemi mevcut np-verilerine uygulandığında Çizelge 6.80 ve Şekil 6.78 elde edilmiş ve MÇ, AKL ve ÜKL için değerleri sırasıyla şöyle hesaplanmıştır; $SY2_{MÇ-np} = 66.03$, $SY2_{AKL-np} = 10.92$ ve $SY2_{ÜKL-np} = 121.15$.

Çizelge 6. 80. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	65.100	6	67.850	11	55.550
2	56.350	7	79.900	12	49.900
3	70.650	8	106.800	13	61.550
4	139.400	9	44.450	14	88.300
5	41.000	10	58.700	15	8.800

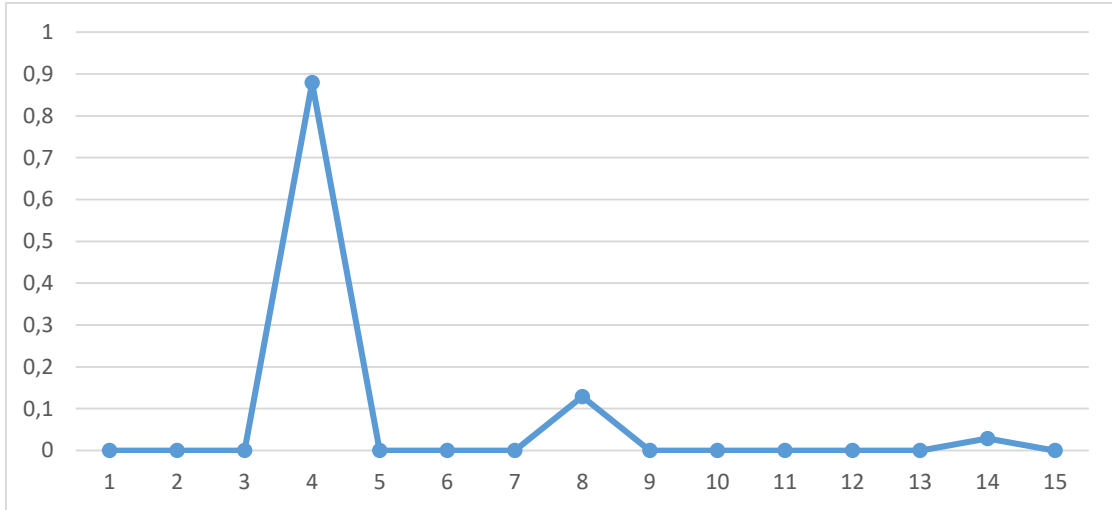


Şekil 6. 78. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

Şekil 6.78 ve Çizelge 6.80 incelendiğinde 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

6.6.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri

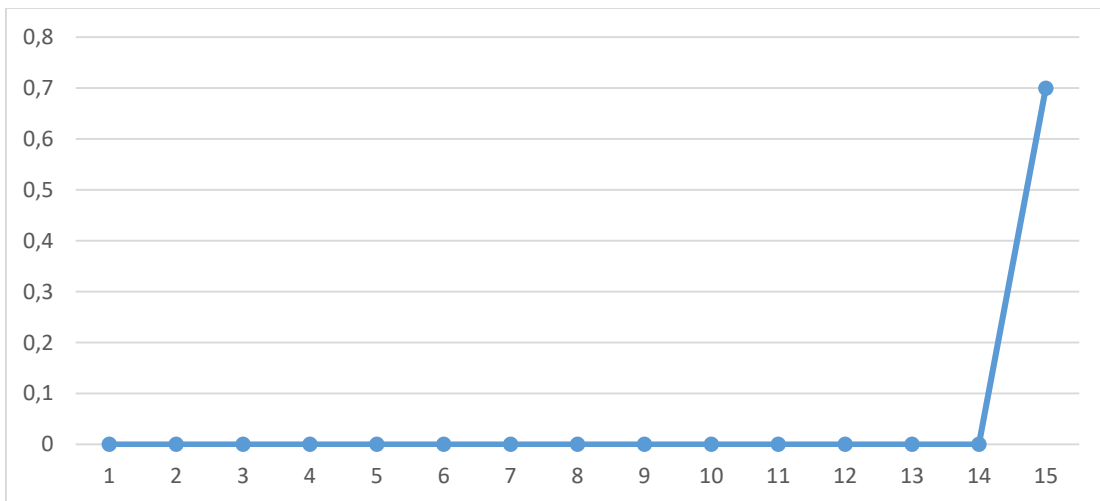
Olasılık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri değerleri Çizelge 6.81 ile Çizelge 6.82 verilmiştir ve Şekil 6.79 ile Şekil 6.80 çizilmiştir.



Şekil 6.79. np-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği

Çizelge 6.81. Aralık tip-2 bulanık verilerin np- değerinin aralık tip-2 bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

No	$A_i^U > P_{ÜKL}^U$	$A_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}	No	$A_i^U > P_{ÜKL}^U$	$A_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}
1	0	0	0	9	0	0	0
2	0	0	0	10	0	0	0
3	0	0	0	11	0	0	0
4	0.825	0.934	0.879	12	0	0	0
5	0	0	0	13	0	0	0
6	0	0	0	14	0.057	0	0.028
7	0	0	0	15	0	0	0
8	0.175	0.083	0.129				



Şekil 6.80. np-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

Çizelge 6. 82. Aralık tip-2 bulanık AKL'nin aralık tip-2 bulanık np- değerinden büyük olma olasılıkları

No	$PA_i^U > P_{ÜKL}^U$	$PA_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}	No	$PA_i^U > P_{ÜKL}^U$	$PA_i^L > P_{ÜKL}^L$	P_{ort}
1	0	0	0	9	0	0	0
2	0	0	0	10	0	0	0
3	0	0	0	11	0	0	0
4	0	0	0	12	0	0	0
5	0	0	0	13	0	0	0
6	0	0	0	14	0	0	0
7	0	0	0	15	0.699	0.701	0.7
8	0	0	0				

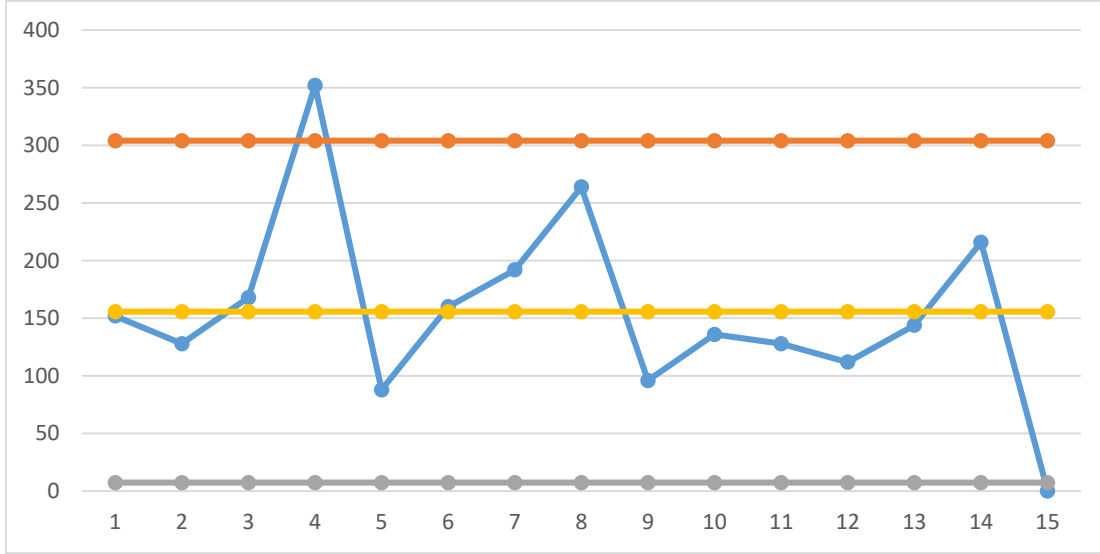
Çizelge 6.81 ve Çizelge 6.82 ile Şekil 6.79 ve Şekil 6.80 incelendiğinde ÜKL'den 0.879 olasılıkla büyük olduğu görülen 4 numaralı veri kontrol dışında diye söylenebilirken, 0.7 olasılıkla AKL'den küçük olduğu görülen 15 numaralı veri de yine kontrol dışında şeklinde tanımlanabilir.

6.6.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri

Denklem (4.11)'de verilen ve AT2BS için geliştirilen uzaklık yöntemi Ek Açıklama-E'deki mevcut kusurlu sayısı verileri için uygulanmıştır. Veriler için bulunan uzaklık değerleri Çizelge 6.83'te verilmiştir. Kontrol limitleri için uzaklık yöntemi uygulandığında değerler; $UY_{MÇ-np} = 155.73$, $UY_{AKL-np} = 7.44$ ve $UY_{ÜKL-np} = 304.02$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 83. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	152	6	160	11	128
2	128	7	192	12	112
3	168	8	264	13	144
4	352	9	96	14	216
5	88	10	136	15	0



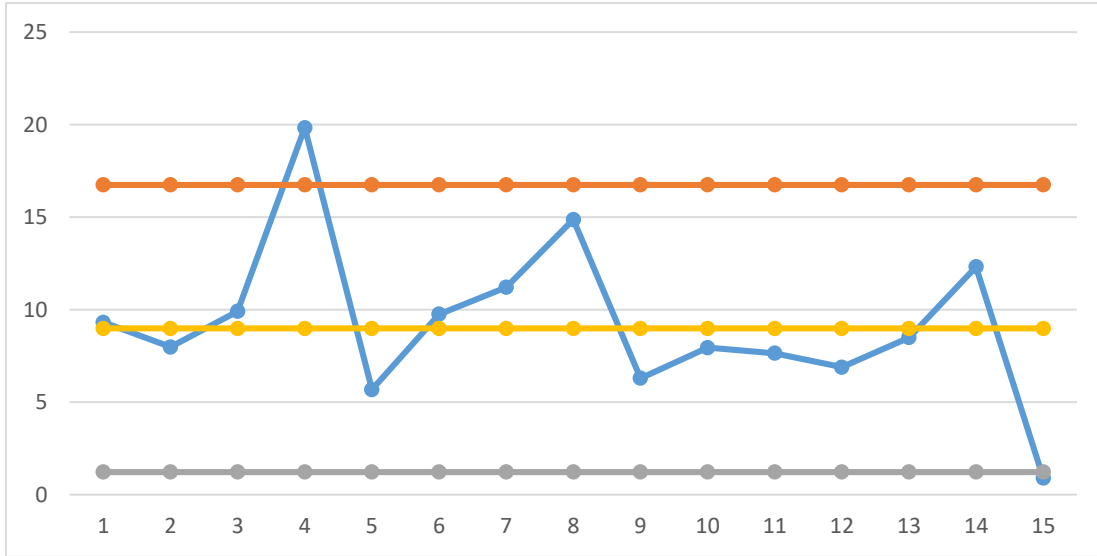
Şekil 6.81. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

Veriler ve limit değerleri dikkate alındığında elde edilen aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği Şekil 6.81’de görülmekte ve bu değerlere göre 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitlerinin dışında olduğu söylenebilmektedir.

6.6.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri

Bu çalışma kapsamında, karşılaştırma yöntemi olarak kullanılan durulaştırma yöntemleri ile aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Yine benzer şekilde her veri ve kontrol limitleri için durulaştırılmış değer bulunmuş ve grafikler bu bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur.

İlk kullanılan durulaştırma yöntemi Denklem (4.13)’te verilmiştir. Bu yöntemle göre aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği için hesaplanan kontrol limitleri; $DY_{MÇ-np} = 8.99$, $DY_{AKL-np} = 1.23$ ve $DY_{ÜKL-np} = 16.75$ olarak hesaplanmıştır. Veriler için hesaplanan durulaştırılmış değerler ise Çizelge 6.84’te ve Şekil 6.82’de görülmektedir.



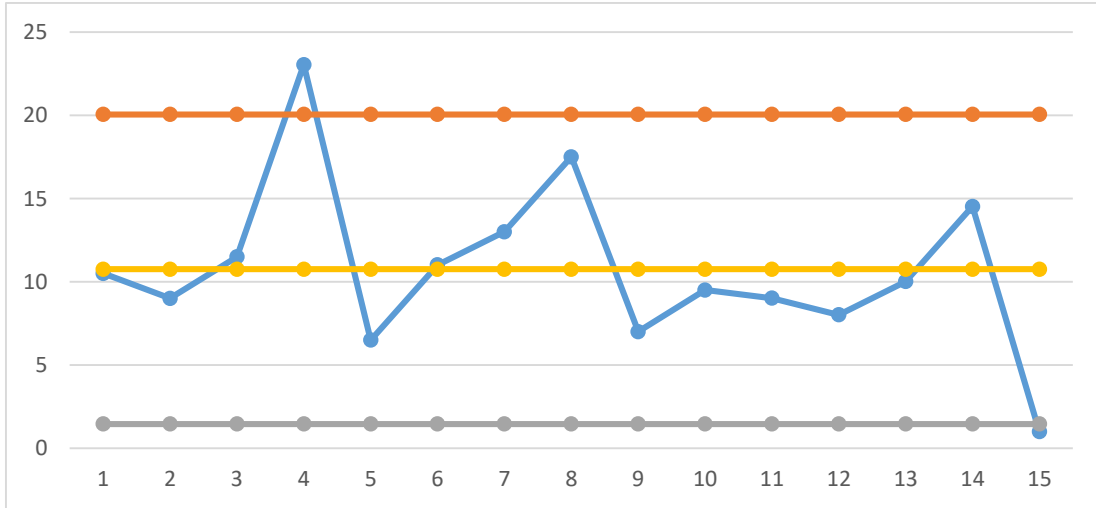
Şekil 6. 82. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

Aralık tip-2 kontrol limitlerinin durulaştırılması sonucunda değerler; elde edilmiştir. Çizelge 6.84 değerleri ve kontrol limitleri ile aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği Şekil 6.82'deki gibi oluşturulmuştur. Şekil 6.82 ve Çizelge 6.84 incelendiğinde 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 84. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	9.319	6	9.763	11	7.650
2	7.988	7	11.213	12	6.900
3	9.919	8	14.875	13	8.500
4	19.838	9	6.300	14	12.325
5	5.688	10	7.956	15	0.913

Denklem (4.14)- (4.18)'de verilen ağırlık merkezi yaklaşımı-1 ile np-kontrol grafiği oluşturulduğunda Çizelge 6.85 elde edilmiştir. Bunun yanında kontrol limit değerleri ise şöyledir; $AMY1_{MÇ-np} = 10.77$, $AMY1_{AKL-np} = 1.47$ ve $AMY1_{ÜKL-np} = 20.07$. Ağırlık merkezi yöntemi-1 kullanılarak elde edilen tablo değerleri ve kontrol limiti değerleri ile Şekil 6.83'te görülen aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği çizilmiştir.



Şekil 6.83. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

Çizelge 6.85 ve Şekil 6.83 birlikte incelendiğinde 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

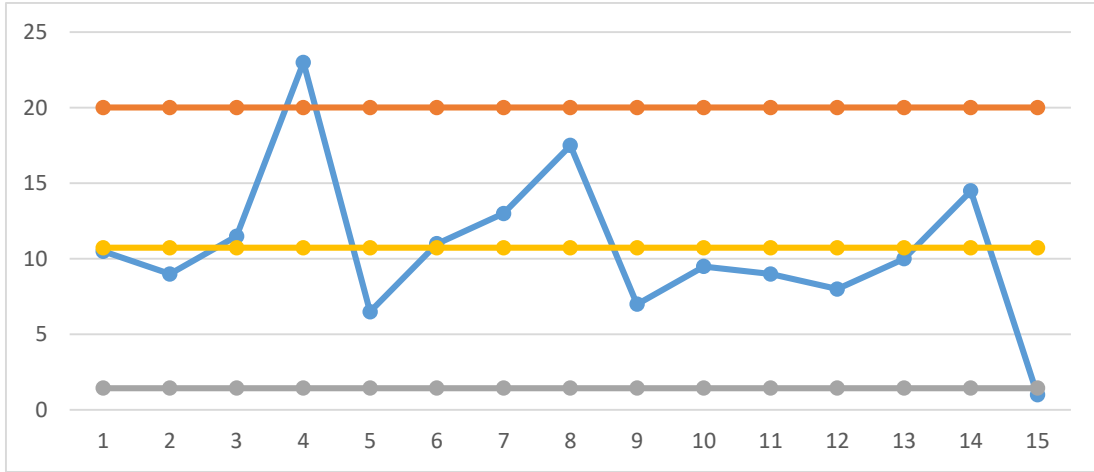
Çizelge 6. 85. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	10.510	6	11.024	11	9.021
2	9.009	7	13.013	12	8.023
3	11.506	8	17.508	13	10.021
4	23.052	9	7.012	14	14.528
5	6.503	10	9.513	15	1.002

Diğer bir ağırlık merkezi yöntemi olan ve Denklem (4.19)- (4.21)'de verilen yönteme göre veriler ve kontrol limitleri hesaplandığında veriler Çizelge 6.86'da verilmiştir.

Çizelge 6. 86. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	10.500	6	11.000	11	9.000
2	9.000	7	13.000	12	8.000
3	11.500	8	17.500	13	10.000
4	23.000	9	7.000	14	14.500
5	6.500	10	9.500	15	1.000



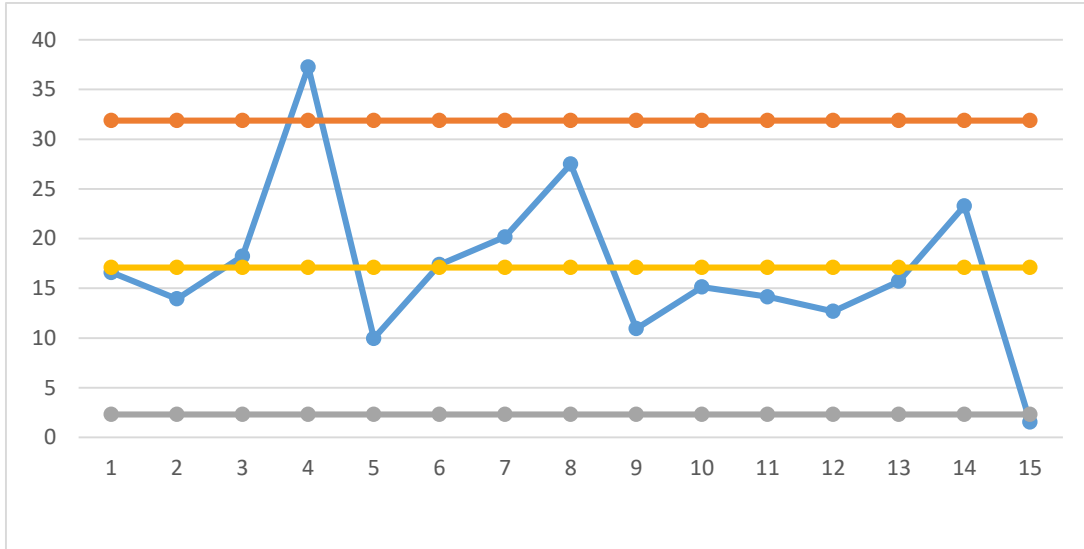
Şekil 6. 84. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

Kontrol grafiklerinin ağırlık merkezine göre bulunan değerleri ise; $AMY2_{MÇ-np} = 10.73$, $AMY2_{AKL-np} = 1.45$ ve $AMY2_{ÜKL-np} = 20.02$ şeklinde hesaplanmıştır. Çizelge 6.86 ve grafik incelendiğinde diğer yöntemlere benzer şekilde 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Denklem (4.22)'deki tip indirgeme yöntemi mevcut aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri verilerine uygulanmıştır. Kontrol limitleri için elde edilen değerler $TİY_{MÇ-np} = 17.09$, $TİY_{AKL-np} = 2.31$ ve $TİY_{ÜKL-np} = 31.88$ olarak hesaplanmıştır. Veriler ile ilgili tip indirgeme değerleri ise Çizelge 6.87'de gösterilmektedir. Elde edilen Şekil 6.85 ve Çizelge 6.87 incelendiğinde 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 87. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için tip indirgeme yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	16.597	6	17.387	11	14.143
2	13.935	7	20.172	12	12.690
3	18.241	8	27.500	13	15.714
4	37.276	9	10.938	14	23.304
5	9.967	10	15.130	15	1.545

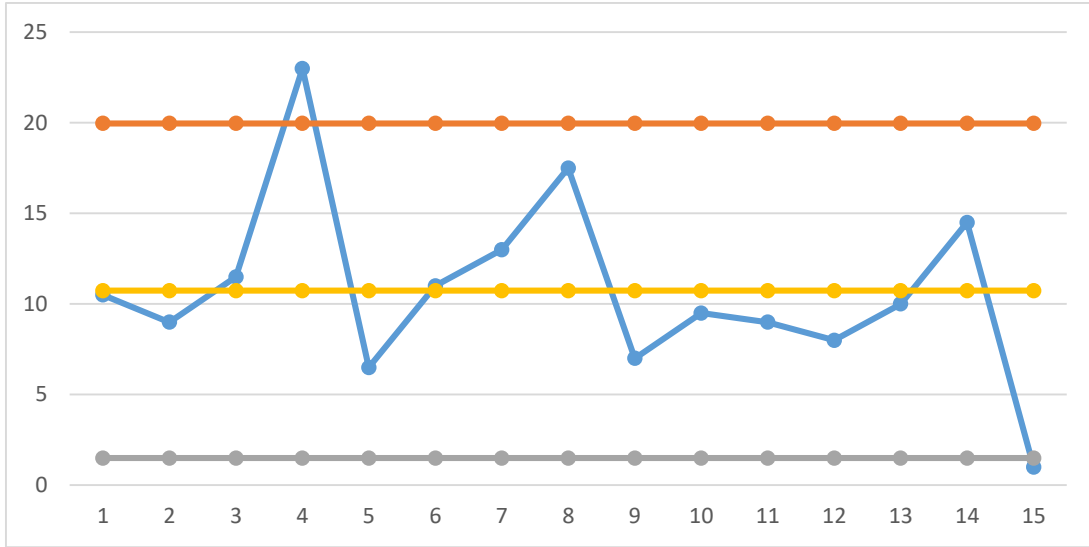


Şekil 6. 85. Tip indirgeme yöntemi ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

Son olarak AT2BS'in ağırlık merkezini hesaplamayı sağlayan ve Denklem (4.23) kullanılarak aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Kontrol limitleri için yapılan hesaplamalar sonrasında $AMY3_{MÇ-np} = 10.73$, $AMY3_{AKL-np} = 1.50$ ve $AMY3_{ÜKL-np} = 19.97$ değerleri elde edilmiştir. Verilerin ağırlık merkezi değerleri ise Çizelge 6.88'de verilmiştir. Çizelge 6.88 değerleri ile elde edilen grafik Şekil 6.86'da gösterilmiştir. Hem grafik hem de Çizelge 6.88 incelendiğinde 4 ve 15 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 88. Aralık tip-2 bulanık np-verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	10.500	6	11.000	11	9.000
2	9.000	7	13.000	12	8.000
3	11.500	8	17.500	13	10.000
4	23.000	9	7.000	14	14.500
5	6.500	10	9.500	15	1.000



Şekil 6. 86. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan aralık tip-2 bulanık np-kontrol grafiği

Dördüncü bölümde kontrol grafikleri için kullanılması düşünülen bazı yöntemlerden bahsedilmiştir. Aralık tip-2 bulanık kontrol grafiklerinde olduğu gibi, karşılaştırma yöntemleri kullanılarak kontrol grafikleri çizilmeden önce her bir kontrol grafiği türü için kontrol limitlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Burada çalışmanın önemli katkılarından bir diğeri de niteliksel ve niceliksel kontrol grafikleri için sezgisel yamuk bulanık sayılar ile kontrol limitleri belirlenmesidir. Yine AT2BS'a benzer şekilde SBS için kullanılan yöntemler kontrol limitleri belirlendikten sonra uygulanmıştır. Böylece kontrol grafiklerinin bulanıklaştırılma sürecinde bulanıklık mümkün olduğunca son aşamaya kadar taşınmıştır.

Eğer bir verinin kümeyi temsil etme ve kümeyi temsil etmeme durumları ifade edilebiliyorsa bu durumda SBS kullanılabilir. Bir örnek ile açıklamak gerekirse, bir ölçüm cihazının doğru ölçmesinin yanında hatalı ölçtüğünü de bildiğimiz durumlarda hatalı ölçümden kaynaklı bir üye olmama durumu söz konusudur. Bu ve buna benzer nedenlerden dolayı hem niceliksel hem de niteliksel kontrol grafikleri için SBS kullanılmıştır.

6.7. Sezgisel Bulanık $\bar{X}$ -R Kontrol Grafikleri

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri ölçülebilen veriler için çoğunlukla tercih edilen kontrol grafiklerinden biridir. Ağırlık, uzunluk, çap ölçüsü gibi ölçümler ölçüm aletleri ile ölçülebilir olmasına rağmen çeşitli nedenlerle ölçümlerin kesin

doğru olacağı söylenemez. Belirtildiği gibi insanlardan kaynaklı hataların olabileceği, ölçüm aletlerinden kaynaklı ölçüm hatalarının oluşabileceği ve daha pek çok nedenlerle ölçümlerin kesinliği ile ilgili şüpheler bulunmaktadır. Bu nedenle $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri için daha makul sonuçlar elde etmek için bulanık mantık yaklaşımı kullanılabilir.

$\bar{X}$ -R kontrol grafiklerinin kontrol limitleri sezgisel yamuk bulanık sayılar kullanılarak yeniden oluşturulmuştur. Bu noktada klasik $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri için kullanılan Denklem (2.3)-(2.8) sezgisel yamuk bulanık işlem operatörleri Denklem (3.5)-(3.8) yardımı ile Denklem (6.26)-(6.31)'da gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \widetilde{M\bar{C}_X} = & \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}', \bar{c}', \bar{d}'); \mu_{M\bar{C}_X}; v_{M\bar{C}_X} \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}_i}{m} \right), \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}'_i}{m} \right); \mu_{M\bar{C}_X}; v_{M\bar{C}_X} \right) \end{aligned} \quad (6.26)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{M\bar{C}_R} = & \left((\bar{a}_R, \bar{b}_R, \bar{c}_R, \bar{d}_R), (\bar{a}'_R, \bar{b}'_R, \bar{c}'_R, \bar{d}'_R); \mu_{M\bar{C}_R}; v_{M\bar{C}_R} \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}_{Ri}}{m} \right), \left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}'_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}'_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}'_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}'_{Ri}}{m} \right); \mu_{M\bar{C}_R}; v_{M\bar{C}_R} \right) \end{aligned} \quad (6.27)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL_X} = & \left((\bar{a} - A_2 \bar{d}_R, \bar{b} - A_2 \bar{c}_R, \bar{c} - A_2 \bar{b}_R, \bar{d} - A_2 \bar{a}_R), (\bar{a}' - A_2 \bar{d}'_R, \bar{b}' - A_2 \bar{c}'_R, \bar{c}' - A_2 \bar{b}'_R, \bar{d}' - A_2 \bar{a}'_R); \mu_{AKL_X}; v_{AKL_X} \right) \end{aligned} \quad (6.28)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{\dot{U}KL_X} = & \left((\bar{a} + A_2 \bar{a}_R, \bar{b} + A_2 \bar{b}_R, \bar{c} + A_2 \bar{c}_R, \bar{d} + A_2 \bar{d}_R), (\bar{a}' + A_2 \bar{a}'_R, \bar{b}' + A_2 \bar{b}'_R, \bar{c}' + A_2 \bar{c}'_R, \bar{d}' + A_2 \bar{d}'_R); \mu_{\dot{U}KL_X}; v_{\dot{U}KL_X} \right) \end{aligned} \quad (6.29)$$

$$\widetilde{AKL_R} = \left((D_3 \bar{a}_R, D_3 \bar{b}_R, D_3 \bar{c}_R, D_3 \bar{d}_R), (D_3 \bar{a}'_R, D_3 \bar{b}'_R, D_3 \bar{c}'_R, D_3 \bar{d}'_R); \mu_{AKL_R}; v_{AKL_R} \right) \quad (6.30)$$

$$\widetilde{\dot{U}KL_R} = \left((D_4 \bar{a}_R, D_4 \bar{b}_R, D_4 \bar{c}_R, D_4 \bar{d}_R), (D_4 \bar{a}'_R, D_4 \bar{b}'_R, D_4 \bar{c}'_R, D_4 \bar{d}'_R); \mu_{\dot{U}KL_R}; v_{\dot{U}KL_R} \right) \quad (6.31)$$

AT2BS'dan farklı olarak SBS'da μ ve v değerlerinin hesaplanması farklılık göstermektedir. $\bar{X}$ ve R değerleri için üye olma ve olmama değerleri aynı olduğu için birbirine eşittir, ancak AKL ve ÜKL değerleri hesaplanırken $\bar{X}$ ve R değerleri farklı şekilde hesaplandığından onlar farklılık göstermektedir. Her bir değer için ayrı μ ve v değerleri hesaplanmıştır. Bunlar Denklem (6.32)-(6.33)'te görülmektedir.

$$\mu_{M\check{C}} = \mu_{M\check{C}\bar{X}} = \mu_{M\check{C}R} = 1 - (1 - \mu'_m)^{1/m} \quad (6.32)$$

$$v_{M\check{C}} = v_{M\check{C}\bar{X}} = v_{M\check{C}R} = (v'_m)^{1/m} \quad (6.33)$$

SBS için verilen hesaplama operatörleri en fazla iki SBS için hesaplama yapmaktadır. Ancak ortalama veya limit değerleri hesaplayabilmek için örneklemdaki tüm SBS'a ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle μ'_m ve v'_m değerleri ise birer seri olarak hesaplanan değerlerdir ve Denklem (6.34)-(6.35)'teki gibi hesaplanmıştır:

$$\mu'_m = \mu_m + \mu'_{m-1} - \mu_m * \mu'_{m-1}, m = 2, \dots, m \text{ ve } \mu'_1 = \mu_1 \quad (6.34)$$

$$v'_m = \prod_{i=1}^m v_i \quad (6.35)$$

Denklemler incelendiğinde $M\check{C}$ için önce toplama işlemi daha sonra bölme işlemi yapıldığı görülmektedir. Hem $\bar{X}$ ve hem de R için ortalama değerler hesaplandıktan sonra sırasıyla $\bar{X}$ ve R için AKL ve ÜKL'nin üye olma ve olmama derecelerinin hesaplama denklemleri Denklem (6.36)-(6.41)'de verilmiştir.

$$\mu_{AKL\bar{X}} = \mu_{ÜKL\bar{X}} = \mu_{M\check{C}} + \left(1 - (1 - \mu_{M\check{C}})^{A_2}\right) - \mu_{M\check{C}} * \left(1 - (1 - \mu_{M\check{C}})^{A_2}\right) \quad (6.36)$$

$$v_{AKL\bar{X}} = v_{ÜKL\bar{X}} = v_{M\check{C}} * (v_{M\check{C}})^{A_2} \quad (6.37)$$

$$\mu_{AKLR} = 1 - \left(1 - \mu_{M\check{C}}\right)^{D_3} \quad (6.38)$$

$$v_{AKLR} = (v_{M\check{C}})^{D_3} \quad (6.39)$$

$$\mu_{\bar{U}KL^R} = 1 - (1 - \mu_{M\check{C}})^{D_4} \quad (6.40)$$

$$v_{\bar{U}KL^R} = (v_{M\check{C}})^{D_4} \quad (6.41)$$

SBS'daki limit hesaplamalarına bakıldığında MÇ, AKL ve ÜKL değerleri için farklı μ ve v değerleri hesaplanmaktadır. Bu durumda bir çelişki olacağı tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile aynı veriler ile hesaplanan MÇ değeri için farklı üye olma ve üye olmama derecesi hesaplanırken, AKL ve ÜKL değerleri için farklı üye olma ve üye olmama dereceleri hesaplanmaktadır. Bu durumda SBS için MÇ ve AKL-ÜKL hesaplarırken aynı üye olma ve üye olmama değerlerine sahip olmaları için μ ve v değerleri düzenlenmiştir. Bu düzenleme sonucunda yeni sezgisel bulanık MÇ, AKL ve ÜKL değerlerinin formülleri Denklem (6.42)-(6.47)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \widetilde{M\check{C}_X} = & \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}', \bar{c}', \bar{d}'); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}_i}{m} \right), \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}'_i}{m} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.42)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{M\check{C}_R} = & \left((\bar{a}_R, \bar{b}_R, \bar{c}_R, \bar{d}_R), (\bar{a}'_R, \bar{b}'_R, \bar{c}'_R, \bar{d}'_R); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}_{Ri}}{m} \right), \left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}'_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}'_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}'_{Ri}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}'_{Ri}}{m} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.43)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL_X} = & \left((\bar{a} - A_2 \bar{d}_R, \bar{b} - A_2 \bar{c}_R, \bar{c} - A_2 \bar{b}_R, \bar{d} - A_2 \bar{a}_R), (\bar{a}' - A_2 \bar{d}'_R, \bar{b}' - A_2 \bar{c}'_R, \bar{c}' - \right. \\ & \left. A_2 \bar{b}'_R, \bar{d}' - A_2 \bar{a}'_R); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.44)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{\bar{U}KL_X} = & \left((\bar{a} + A_2 \bar{a}_R, \bar{b} + A_2 \bar{b}_R, \bar{c} + A_2 \bar{c}_R, \bar{d} + A_2 \bar{d}_R), (\bar{a}' + A_2 \bar{a}'_R, \bar{b}' + A_2 \bar{b}'_R, \bar{c}' + \right. \\ & \left. A_2 \bar{c}'_R, \bar{d}' + A_2 \bar{d}'_R); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.45)$$

$$\widetilde{AKL_R} = \left((D_3 \bar{a}_R, D_3 \bar{b}_R, D_3 \bar{c}_R, D_3 \bar{d}_R), (D_3 \bar{a}'_R, D_3 \bar{b}'_R, D_3 \bar{c}'_R, D_3 \bar{d}'_R); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.46)$$

$$\widetilde{ÜKL}_R = \left((D_4 \overline{a}_R, D_4 \overline{b}_R, D_4 \overline{c}_R, D_4 \overline{d}_R;), (D_4 \overline{a}'_R, D_4 \overline{b}'_R, D_4 \overline{c}'_R, D_4 \overline{d}'_R); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.47)$$

Sezgisel yamuk bulanık sayı olarak belirlenen $\bar{X}$ -R kontrol limitleri ve çalışma kapsamındaki çeşitli karşılaştırma yöntemleri kullanılarak kontrol grafikleri çizilmiştir. AT2BSI'da olduğu gibi SBS'da da karşılaştırma yapabilmek için öncelikle kesin veriler kullanılarak kontrol grafikleri çizilmiştir.

Her biri 5 birim içeren 20 adet gözlem ile ilgili kesin veriler Çizelge 6.89 ve Çizelge 6.90'da verilmiştir. Ardından Şekil 6.87 Minitab programı yardımıyla çizilmiştir.

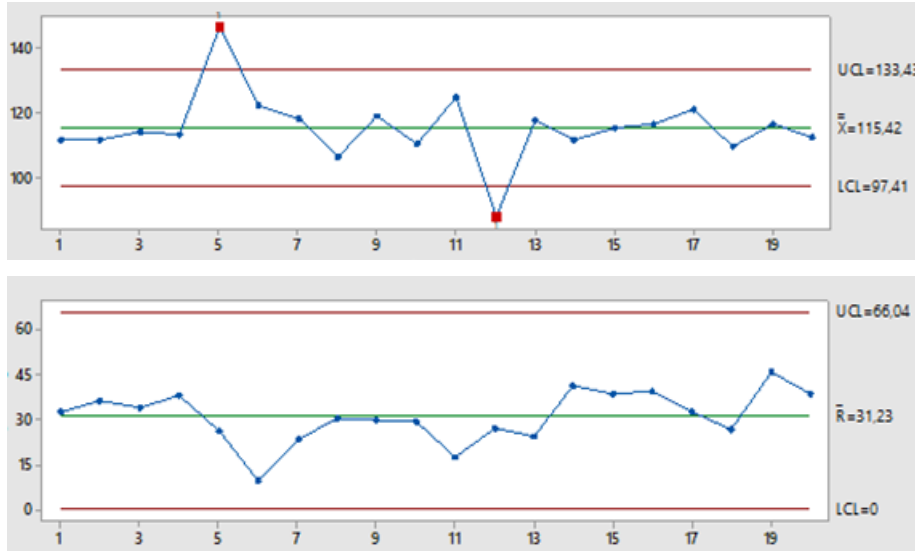
Çizelge 6. 89. $\bar{X}$ için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	111.72	6	122.46	11	124.68	16	116.7
2	111.84	7	118.14	12	88.02	17	121.02
3	114.12	8	106.44	13	117.9	18	109.86
4	113.28	9	119.1	14	111.72	19	116.52
5	146.46	10	110.46	15	115.32	20	112.62

Çizelge 6. 90. R için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	33	6	9.6	11	17.7	16	39.6
2	36.3	7	23.4	12	27.3	17	32.7
3	34.2	8	30.3	13	24.3	18	27
4	38.4	9	30	14	41.4	19	45.9
5	26.4	10	29.7	15	38.7	20	38.7

Şekil 6.87 incelendiğinde zaman sürecinde değişkenlik yönüyle herhangi bir uygunsuzluk yokken, ortalamalar grafiği sürecin 5. ve 12. örnek için kontrol limitleri dışında olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. 87. Kesin veriler için $\bar{X}$ -R kontrol grafiği

Kesin veriler kullanılarak rassal olarak SBS türetilmiştir. SBS için kontrol grafikleri çizilmeden önce sezgisel bulanık kontrol limitleri Denklem (6.42)-(6.47) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. 5 birimlik örnek alındığı için A_2 : 0.577; D_3 : 0 ve D_4 : 2.115 şeklinde alınmıştır.

Burada R değerinin hesaplanması için her birimin kendi içinde enbüyük ve enküçük değerine ihtiyaç vardır. Bunun için R değerleri hesaplanmadan önce DY kullanılmış ve sayıların enbüyük ve enküçük olanları kendi içerisinde SBS olarak çıkarılmıştır.

$$\widetilde{M\check{C}_{\bar{X}}} =$$

$$((114.50, 115.15, 115.46, 116.12), (114.18, 115.15, 115.46, 116.44); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{M\check{C}_R} = ((27.78, 29.17, 29.68, 31.08), (27.04, 29.17, 29.68, 31.81); 0.59, 0.32))$$

$$\widetilde{AKL_{\bar{X}}} = ((96.56, 98.02, 98.63, 100.09), (95.82, 98.02, 98.63, 100.83); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{\check{U}KL_{\bar{X}}} =$$

$$((130.53, 131.99, 132.59, 134.05), (129.78, 131.99, 132.59, 134.79); 0.59; 0.32)$$

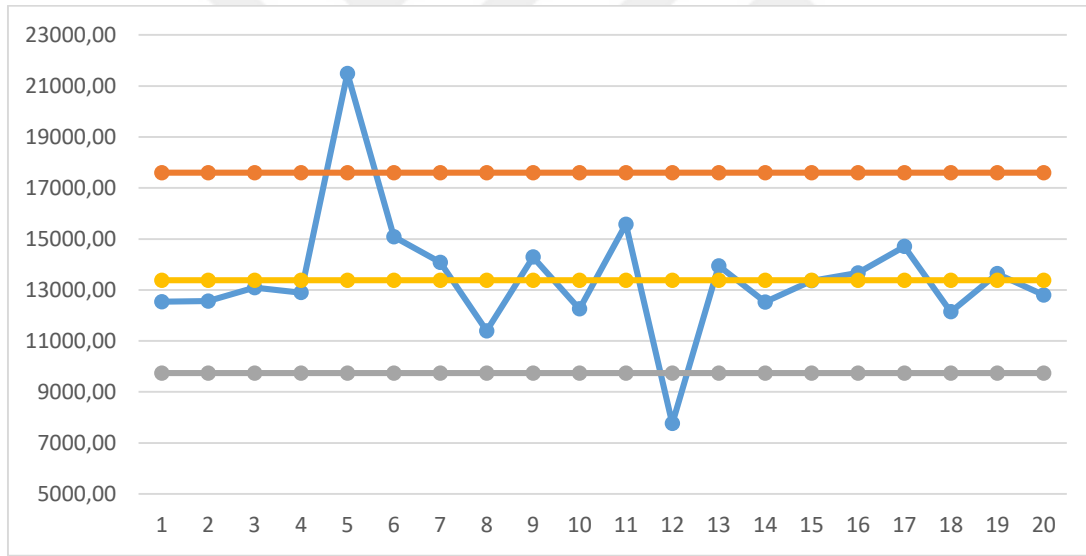
$$\widetilde{AKL_R} = ((0, 0, 0, 0;), (0, 0, 0, 0); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{ÜKL}_R = ((58.75, 61.71, 62.78, 65.73), (57.20, 61.71, 62.78, 67.29); 0.59, 0.32)$$

6.7.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri

Denklem (4.3)'te bahsedilen yöntem olan sıralama yöntemi sezgisel yamuk bulanık sayı olarak tanımlanan beşer birimlik 20 veri için uygulanmış ve hem $\bar{X}$ hem de R için değerler Çizelge 6.91 ve Çizelge 6.92'te verilmiştir.

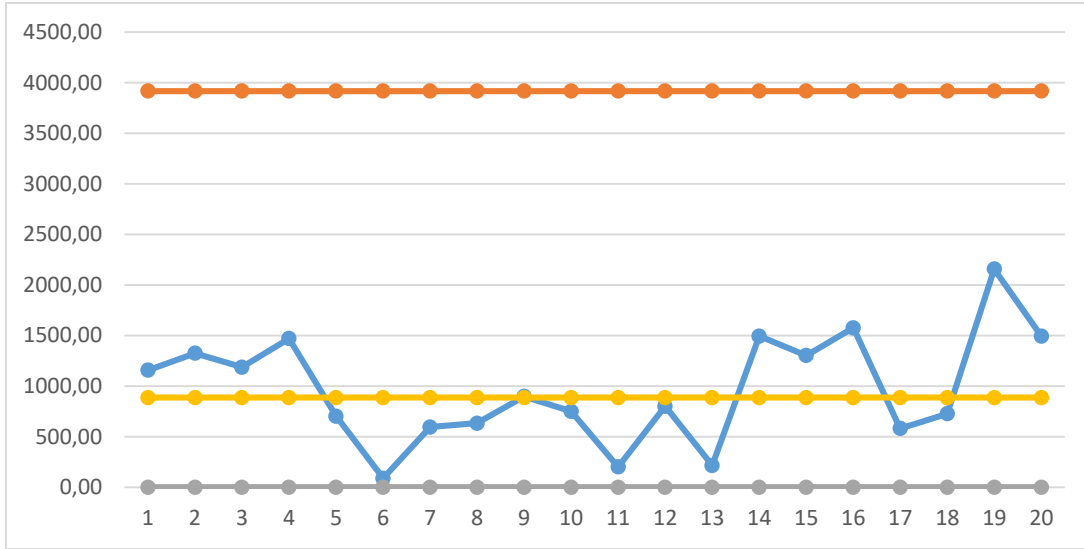
Çizelge 6.91 ve Çizelge 6.92'de verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri elde edilmiştir ve Şekil 6.88 ve Şekil 6.89'da gösterilmiştir.



Şekil 6. 88. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

Çizelge 6. 91. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	12538.26	6	15087.02	11	15571.82	16	13666.65
2	12559.52	7	14080.01	12	7759.71	17	14700.23
3	13090.10	8	11395.43	13	13940.99	18	12138.37
4	12894.04	9	14286.05	14	12522.60	19	13637.42
5	21490.68	10	12257.12	15	13362.05	20	12797.66



Şekil 6. 89. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği

Çizelge 6. 92. Sezgisel bulanık R verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	1154.16	6	91.59	11	203.46	16	1584.31
2	1336.47	7	603.99	12	807.56	17	585.28
3	1193.75	8	638.44	13	217.51	18	734.52
4	1479.23	9	907.34	14	1502.59	19	2169.55
5	708.88	10	757.35	15	1313.54	20	1506.62

Kontrol limitleri için hesaplanan sıralama değerleri ise şu şekilde $SY1_{M\check{C}-\bar{X}} = 13369.16$, $SY1_{M\check{C}-R} = 884.81$, $SY1_{AKL-\bar{X}} = 9730.61$, $SY1_{\check{U}KL-\bar{X}} = 17584.41$, $SY1_{AKL-R} = 0$ ve $SY1_{\check{U}KL-R} = 3913.90$ hesaplanmıştır.

Kullanılan sıralama yöntemi ile değişim aralığı grafiği ile ilgili herhangi bir limit dışı durum gözlenmezken ortalamalar grafiği yönüyle 5. ve 12. verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

Sezgisel yamuk bulanık sayılar için kullanılan ikinci sıralama yöntemi için yukarıda bahsedilen tüm adımlar sırasıyla gerçekleştirilmiş ve Denklem (4.4) kullanılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen veriler Çizelge 6.93 ve Çizelge 6.94'te verilmiştir.

Kontrol limitleri için hesaplanan sıralama değerleri ise şu şekilde; $SY2_{M\check{C}-\bar{X}} = 693.9$, $SY2_{M\check{C}-R} = 178.11$, $SY2_{AKL-\bar{X}} = 591.43$, $SY2_{\check{U}KL-\bar{X}} = 795.21$, $SY2_{AKL-R} = 2.54$

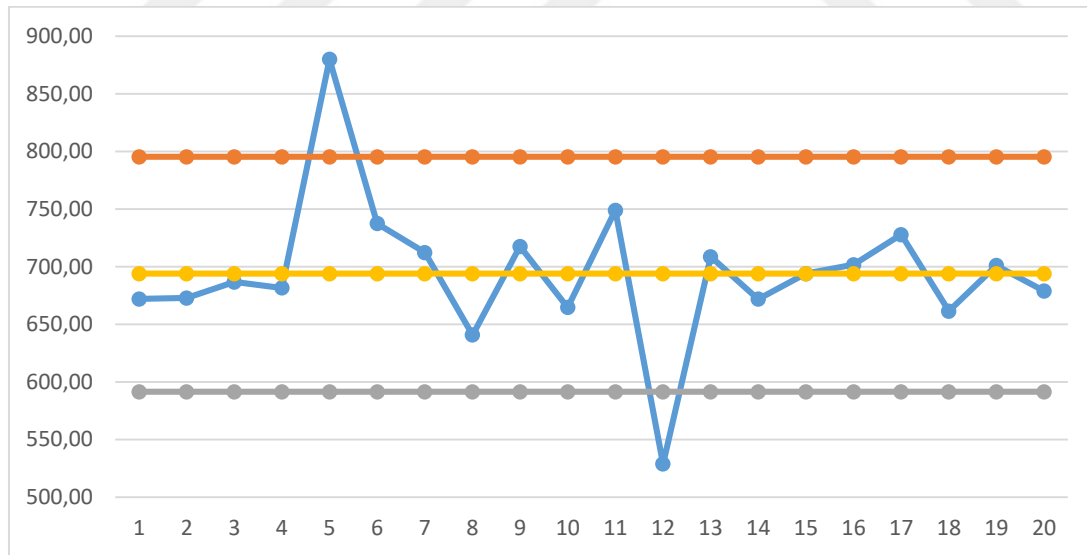
ve $SY2_{\bar{U}_{KL-R}} = 373.87$ hesaplanmıştır. Çizelgelerde verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri elde edilmiştir ve Şekil 6.90 ve Şekil 6.91’de gösterilmiştir.

Çizelge 6. 93. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

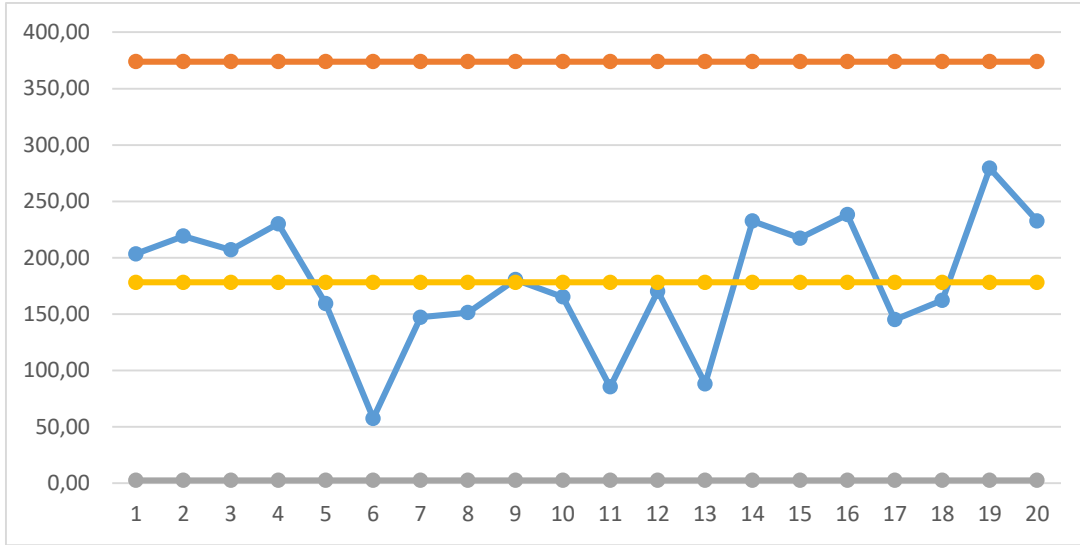
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	672.00	6	737.33	11	748.85	16	701.69
2	672.81	7	712.25	12	528.82	17	727.73
3	686.70	8	640.72	13	708.68	18	661.44
4	681.46	9	717.51	14	671.83	19	700.99
5	879.91	10	664.63	15	693.90	20	678.93

Çizelge 6. 94. Sezgisel bulanık R verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	203.48	6	57.51	11	85.42	16	238.27
2	219.21	7	147.14	12	170.14	17	145.04
3	206.97	8	151.39	13	88.17	18	162.32
4	230.08	9	180.63	14	232.57	19	279.42
5	159.40	10	165.28	15	217.29	20	232.62



Şekil 6. 90. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 91. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği

Kullanılan sıralama yöntemi-2'ye göre değişim aralığı grafiği ile ilgili herhangi bir limit dışı durum gözlenmezken ortalamalar grafiği yönüyle 5. ve 12. verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

6.7.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri

Bir diğer karşılaştırma yöntemi olarak olasılık yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem sayesinde karar verme daha esnek olabilmektedir. Belirli bir olasılık değerinin üzerinde olduğu zaman süreçteki veriler için kontrol limitleri dışındadır şeklinde yorumlanırken, daha düşük olasılık değerine sahip olanlar için ise “tercihen kontrol dışında” denilebilir. Benzer şekilde düşük olasılık değeri ile veriler kontrol altındadır derken, biraz daha yüksek olan değerlere “tercihen kontrol içinde” denilebilir.

Olasılık yönteminin anlatıldığı önceki bölümde karar şeması da verilmiştir. Bu formüller SBS’da, AT2BS’da olduğu gibi, kontrol limitleri ile veriler arasında uygulanmıştır. Bu aşamada olasılık hesaplaması limitlerin dışında olma olasılığını hesaplamaktadır. Başka bir ifade ile, verilerin ÜKL’den büyük olma olasılığı ve AKL’nin veriden büyük olma olasılığı hesaplanarak karar verilir.

Denklem (4.8)- (4.10) ile sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri için limit dışında olma olasılıkları Çizelge 6.95-Çizelge 6.99 verilmiştir. Çizelgelerdeki değerler kullanılarak çizilen grafikler ise Şekil 6.92-Şekil 6.95'te verilmiştir.

Çizelge 6. 95. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

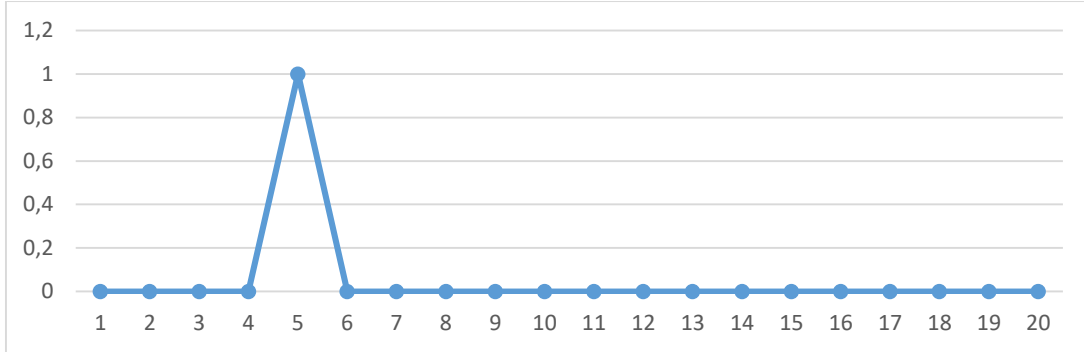
No	$PA_i^U > P_{ÜKL}^U$	$PA_i^L > P_{ÜKL}^L$	$\bar{P}$	No	$PA_i^U > P_{ÜKL}^U$	$PA_i^L > P_{ÜKL}^L$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	1	1	1	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Çizelge 6. 96. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık $\bar{X}$ değerinden büyük olma olasılıkları

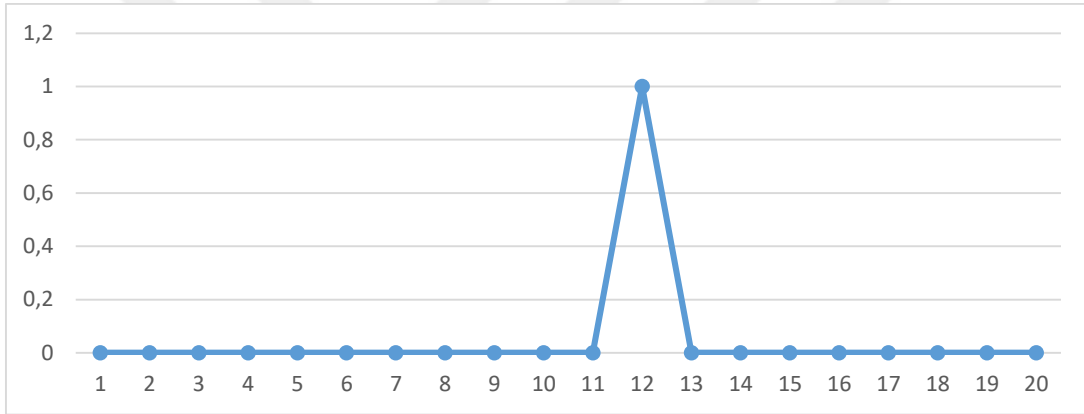
No	$PA_{KL}^U > PA_i^U$	$PA_{KL}^L > PA_i^L$	$\bar{P}$	No	$PA_{KL}^U > PA_i^U$	$PA_{KL}^L > PA_i^L$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	1	1	1
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Şekiller ve çizelgeler incelendiğinde R değerleri ile ilgili ÜKL ve AKL'nin dışında olma olasılıkları “0” olarak görülmektedir. Diğer bir ifade ile R kontrol grafiği yönüyle herhangi bir kontrol dışı durum gözlenmemektedir. Bunun yanında şekil ve çizelgeler incelendiğinde 5. verinin ÜKL'nin üzerinde olduğunu ve 12. verinin AKL'nin altında

olduğunu gösteren olasılık değeri “1”dir. $\bar{X}$ değerleri için bu iki verinin kontrol dışında olduğu söylenebilir.



Şekil 6. 92. ÜKL'ye göre sezgisel bulanık $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği



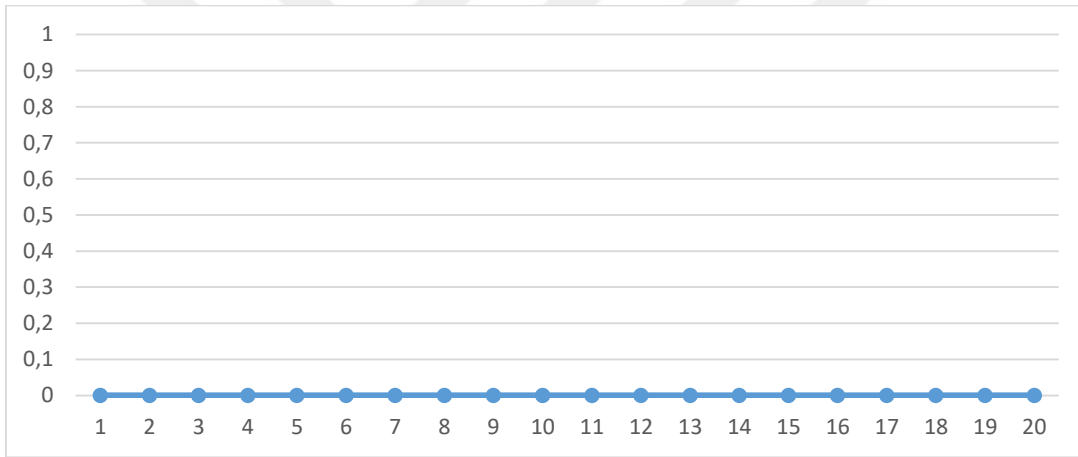
Şekil 6. 93. AKL'ye göre sezgisel bulanık $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği

Çizelge 6. 97. Sezgisel bulanık R değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

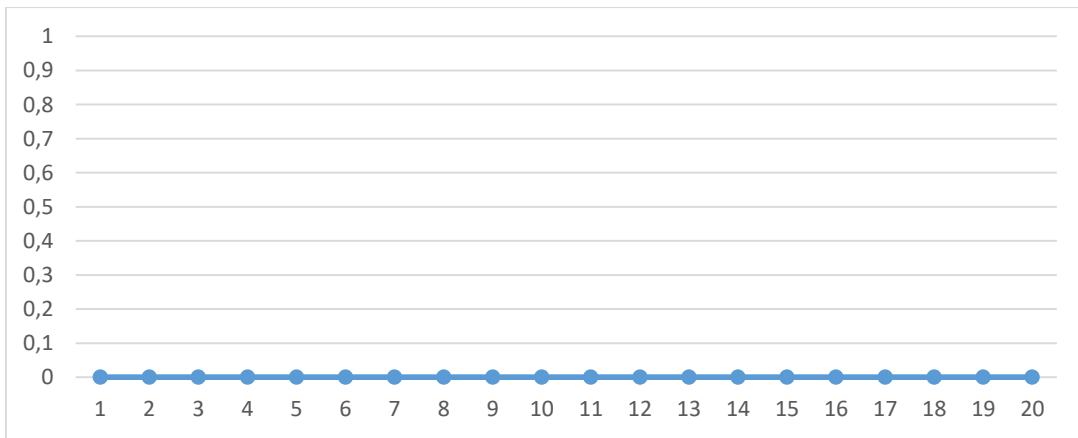
No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$	No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Çizelge 6. 98. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık R değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$	No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0



Şekil 6. 94. ÜKL'ye göre sezgisel bulanık R olasılık değerleri grafiği



Şekil 6.95. AKL'ye göre sezgisel bulanık R olasılık değerleri grafiği

Olasılık yönteminin diğer yöntemlerden bir diğer farkı da görsel olarak kontrol grafiklerini andırmayan bir sonuç çıkarmasıdır. Bu yönü ile diğer yöntemlere nazaran ve karşılaştırma yönüyle zayıf kalmaktadır. Ancak önce de belirtildiği gibi, her ne kadar bu örnek için fark edilmese de, “tercihen” ifadesi farklı olasılık sınırları için kullanılabilir.

6.7.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri

Uzaklık yönteminin sezgisel bulanık kontrol grafikleri için kullanılması farklı yaklaşımlardan biridir. Burada hem veriler hem de kontrol limitlerinin belirli bir noktaya uzaklığı tespit edilmiştir. Daha sonrasında ise AKL'den daha yakın veya ÜKL'den daha uzak değerlerin limitler dışında olacağı düşünülmüştür. Bu düşünce çerçevesinde Denklem (4.12) Ek Açıklama-F'de verilen örnek için $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri çizilmiştir.

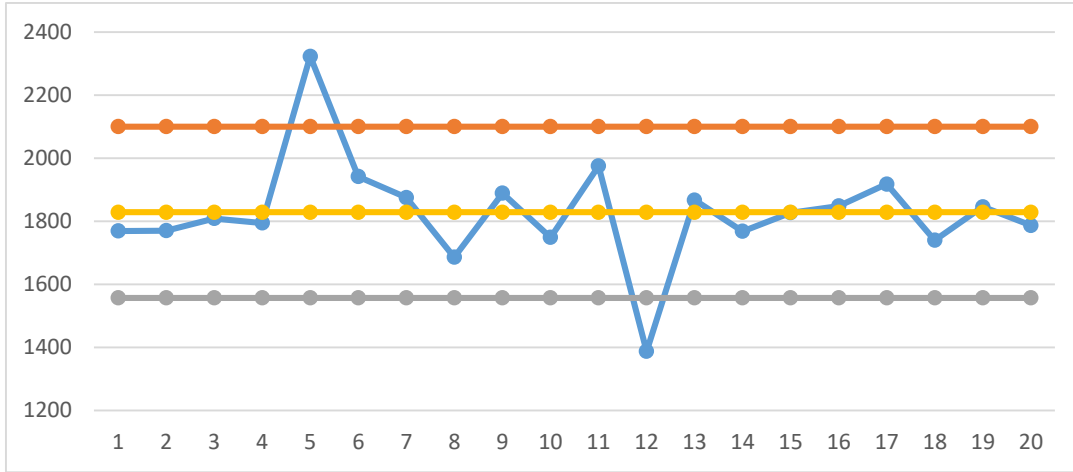
$\bar{X}$ kontrol limitleri için uzaklık değerleri; $UY_{\widehat{M\check{C}-\bar{X}}} = 1828.93$, $UY_{\widehat{AKL-\bar{X}}} = 1557.23$, $UY_{\widehat{\check{U}KL-\bar{X}}} = 2100.63$, ve R kontrol limitleri için uzaklık değerleri; $UY_{\widehat{M\check{C}-R}} = 454.88$, $UY_{\widehat{AKL-R}} = -16$, $UY_{\widehat{\check{U}KL-R}} = 979.91$. Çizelgeler 6.99 ve Çizelge 6.100 ile Şekil 6.96 ve Şekil 6.97 incelendiğinde R değişim aralığı için herhangi bir limit dışı durum görülmezken $\bar{X}$ kontrol grafikleri incelendiğinde 5. ve 12. verilerin kontrol limitleri dışında olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 6. 99. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için uzaklık yöntemi değerleri

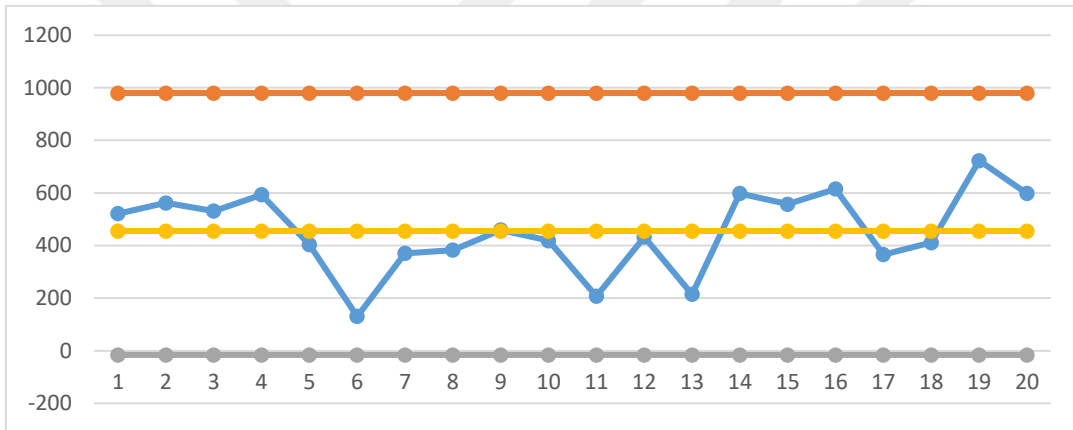
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	1769.6	6	1942.4	11	1975.52	16	1848.8
2	1770.56	7	1875.68	12	1387.52	17	1918.4
3	1808.96	8	1686.08	13	1867.52	18	1740.32
4	1795.04	9	1889.6	14	1768.64	19	1846.4
5	2323.52	10	1749.44	15	1827.2	20	1787.36

Çizelge 6. 100. Sezgisel bulanık R verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	521.6	6	130.4	11	207.2	16	615.2
2	562.4	7	370.4	12	432.8	17	365.6
3	531.2	8	382.4	13	214.4	18	411.2
4	593.6	9	459.2	14	598.4	19	723.2
5	404	10	418.4	15	557.6	20	598.4



Şekil 6. 96. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ için kontrol grafiği



Şekil 6. 97. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık R için kontrol grafiği

6.7.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ - R kontrol grafikleri

Durulaştırma ve tip indirgeme yöntemleri bir diğer karşılaştırma yöntemidir ve en çok kullanılan yöntemlerdendir. Çalışma kapsamında kullanılan durulaştırma yöntemleri sırasıyla uygulanmıştır.

Denklem (4.24) Ek Açıklama-F'de mevcut sezgisel bulanık verilere uygulandığında Çizelge 6.101 ve Çizelge 6.102 ve Şekil 6.98 ve Şekil 6.99 elde edilmiştir. Verilerden elde edilen kontrol limitlerinin durulaştırılmış değerleri $\bar{X}$ kontrol grafikleri için; $DY_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 94.26$, $DY_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 80.38$, $DY_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 108.15$, ve R kontrol grafikleri için; $DY_{\widetilde{M\check{C}-R}} =$

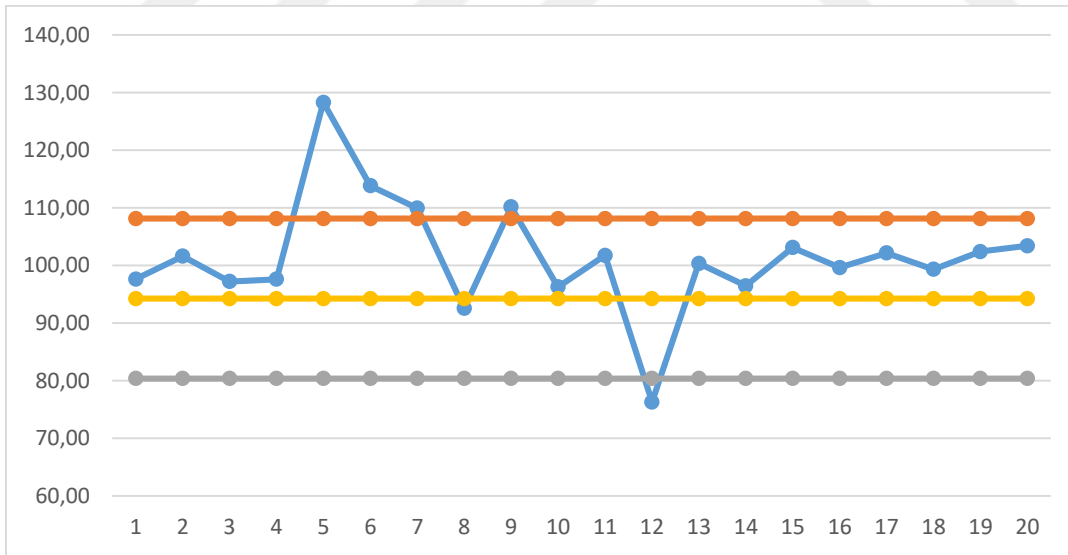
24.06, $DY_{\widetilde{AKL-R}} = 0$, $DY_{\widetilde{ÜKL-R}} = 50.88$ 'dir. $\bar{X}$ kontrol grafiği için 5, 6, 7, 9 ve 12. verilerin kontrol limitleri dışında olduğu ancak R kontrol grafiği yönüyle herhangi bir limit dışı değerin olmadığı söylenebilir.

Çizelge 6. 101. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

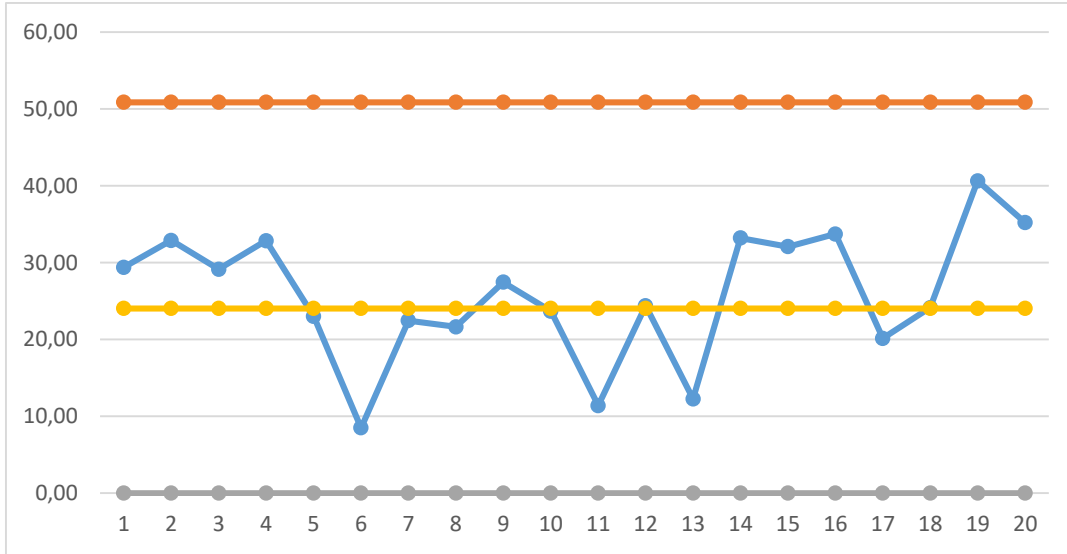
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	97.65	6	113.83	11	101.75	16	99.65
2	101.61	7	109.95	12	76.32	17	102.16
3	97.24	8	92.55	13	100.36	18	99.34
4	97.63	9	110.17	14	96.48	19	102.43
5	128.31	10	96.27	15	103.10	20	103.41

Çizelge 6. 102. Sezgisel bulanık R verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	29.40	6	8.51	11	11.40	16	33.73
2	32.90	7	22.46	12	24.40	17	20.15
3	29.16	8	21.66	13	12.28	18	24.16
4	32.86	9	27.47	14	33.22	19	40.66
5	23.03	10	23.69	15	32.09	20	35.23



Şekil 6. 98. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 99. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği

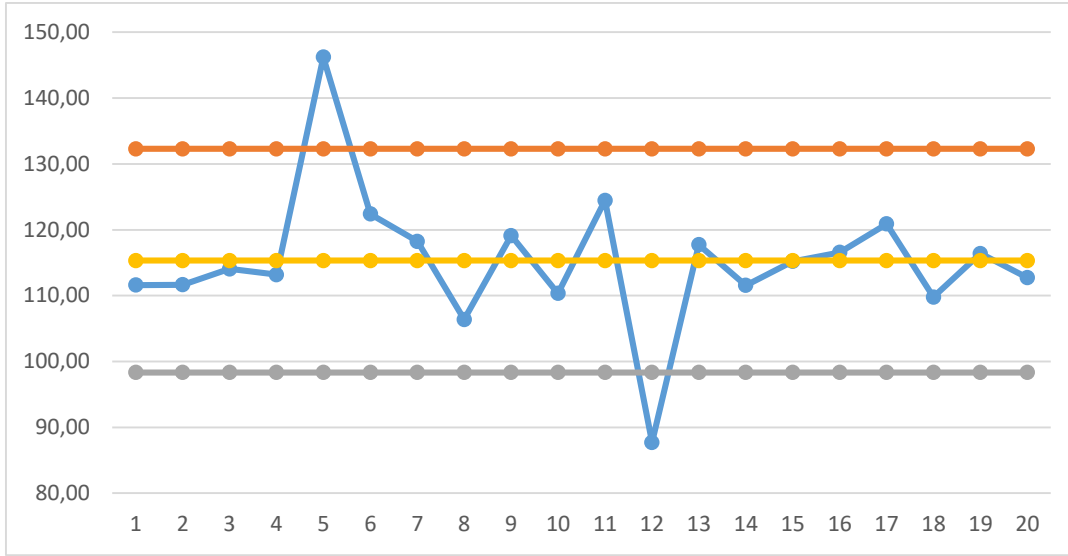
Denklem (4.25)- (4.27)'de verilen ağırlık merkezi yöntemi SBS'a uygulanmıştır ve Çizelge 6.104 ve Çizelge 6.105 elde edilmiş, ardından Şekil 6.100 ve Şekil 6.101'de grafikler çizilmiştir. Veriler için hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY1_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 115.31$, $AMY1_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 98.34$, $AMY1_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 132.30$ ve R için; $AMY1_{\widetilde{M\check{C}-R}} = 29.44$, $AMY1_{\widetilde{AKL-R}} = 0$, $AMY1_{\widetilde{\check{U}KL-R}} = 62.26$ 'dir.

Çizelge 6. 103. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	111.60	6	122.41	11	124.47	16	116.55
2	111.66	7	118.24	12	87.73	17	120.90
3	114.06	8	106.38	13	117.73	18	109.77
4	113.19	9	119.11	14	111.55	19	116.40
5	146.22	10	110.34	15	115.20	20	112.72

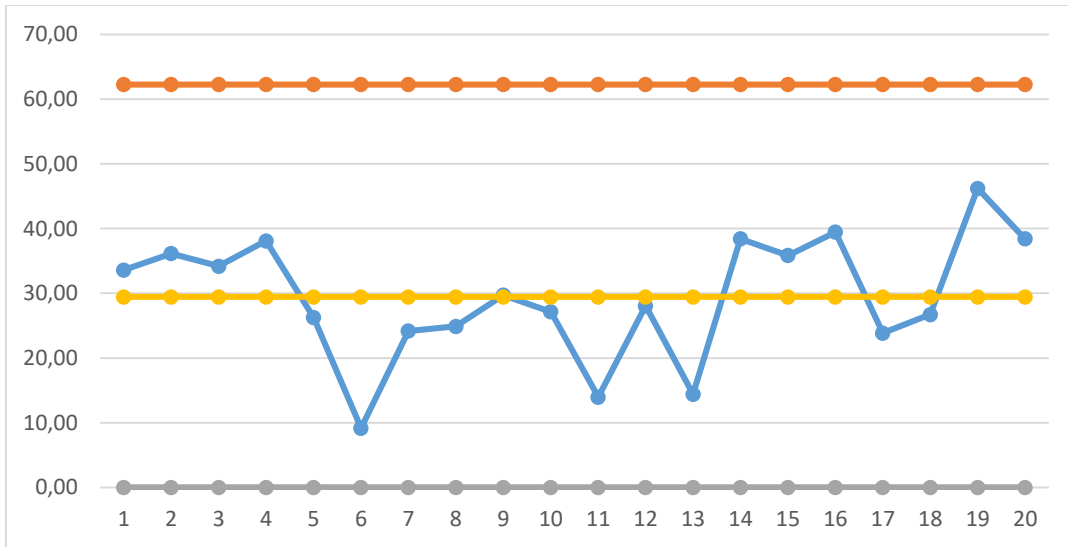
Çizelge 6. 104. Sezgisel bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	33.60	6	9.16	11	13.96	16	39.46
2	36.16	7	24.17	12	28.07	17	23.86
3	34.20	8	24.90	13	14.41	18	26.72
4	38.10	9	29.72	14	38.41	19	46.21
5	26.25	10	27.15	15	35.86	20	38.42



Şekil 6. 100. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

R değişim aralığı için ağırlık merkezi yöntemi-1 kullanılarak oluşturulan kontrol grafiğinde limit dışında bir durumun gözlenmemesine rağmen $\bar{X}$ ortalamalar için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak oluşturulan kontrol grafiğinde 5. ve 12. verinin kontrol limitleri dışına çıktığı gözlenmektedir.



Şekil 6. 101. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği

Denklem (4.28)- (4.30)'a göre veriler ve limit değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamaya göre yine tek bir sayı değeri verilmiş ve veriler kontrol altında veya dışında

diye nitelendirilmiştir. Mevcut veriler için ağırlık merkezi yöntemi-2 $\bar{X}$ ve R değerlerine uygulandığında Çizelge 6.106 ve Çizelge 6.107 elde edilmiştir.

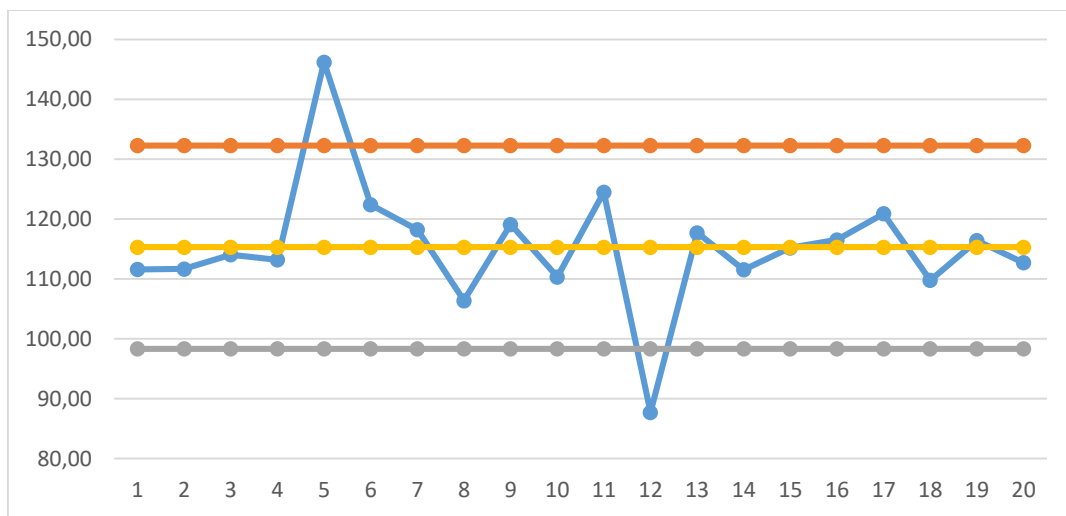
Çizelge 6. 105. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	111.60	6	122.40	11	124.47	16	116.55
2	111.66	7	118.23	12	87.72	17	120.90
3	114.06	8	106.38	13	117.72	18	109.77
4	113.19	9	119.10	14	111.54	19	116.40
5	146.22	10	110.34	15	115.20	20	112.71

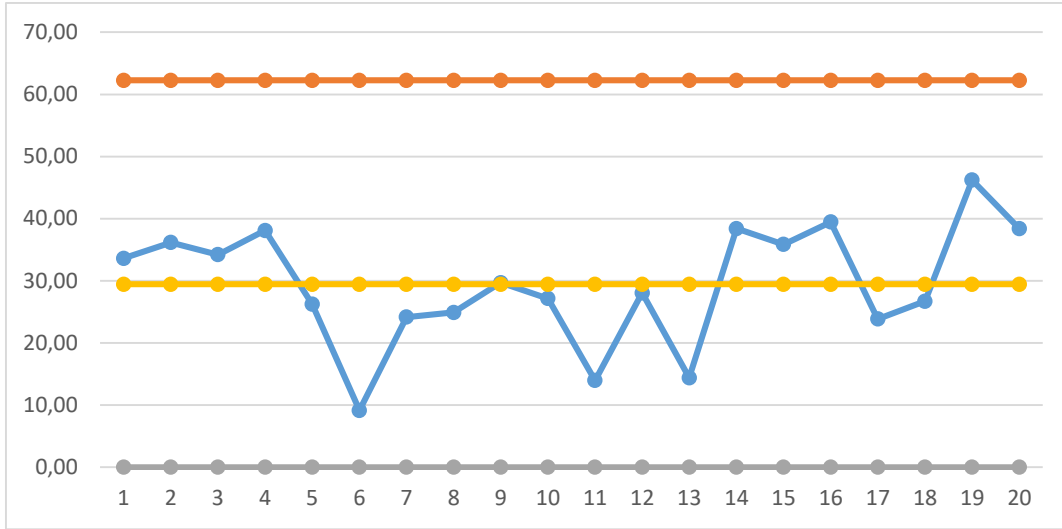
Çizelge 6. 106. Sezgisel bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	33.60	6	9.15	11	13.95	16	39.45
2	36.15	7	24.15	12	28.05	17	23.85
3	34.20	8	24.90	13	14.40	18	26.70
4	38.10	9	29.70	14	38.40	19	46.20
5	26.25	10	27.15	15	35.85	20	38.40

Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY2_{\widetilde{M\bar{C}-\bar{X}}} = 115.31$, $AMY2_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 98.33$, $AMY2_{\widetilde{\bar{U}KL-\bar{X}}} = 132.29$ ve R için; $AMY2_{\widetilde{M\bar{C}-R}} = 29.43$, $AMY2_{\widetilde{AKL-R}} = 0$, $AMY2_{\widetilde{\bar{U}KL-R}} = 62.24$ 'dir. Bu değerler ve veriler kullanılarak Şekil 6.102 ve Şekil 6.103'teki kontrol grafikleri çizilmiştir.



Şekil 6. 102. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 103. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği

Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde R değerleri için herhangi bir kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 5. ve 12. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir

Geliştirilen diğer ağırlık merkezi yöntemi-3 önceki bölümde Denklem (4.31) olarak bahsedilmiştir. Bu denklem mevcut veriler ve kontrol limitleri için uygulanmış ve Çizelge 6.108 ve Çizelge 6.109 değerleri ile Şekil 6.104 ve Şekil 6.105 grafikleri elde edilmiştir.

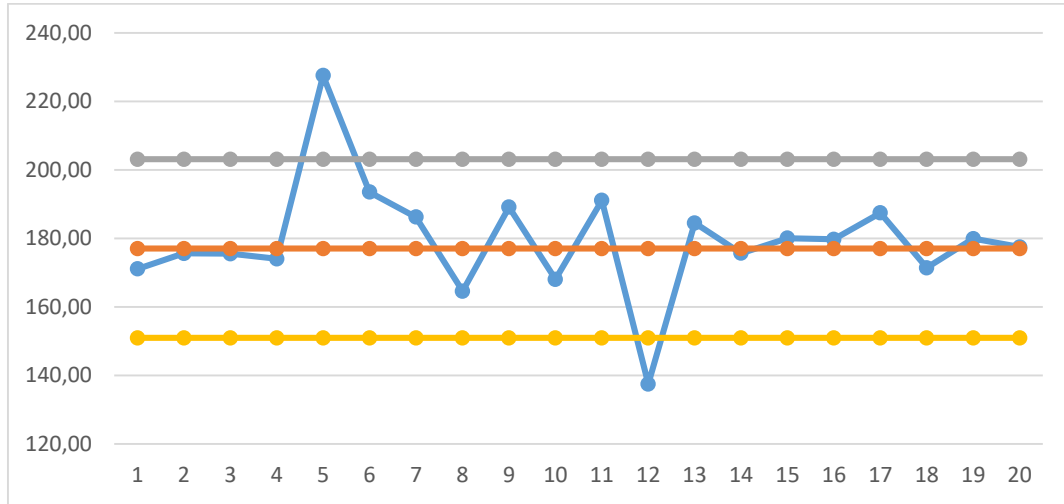
Çizelge 6. 107. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	171.12	6	193.56	11	191.12	16	179.75
2	175.66	7	186.28	12	137.51	17	187.48
3	175.54	8	164.60	13	184.51	18	171.43
4	174.08	9	189.16	14	175.71	19	179.96
5	227.56	10	168.10	15	180.09	20	177.50

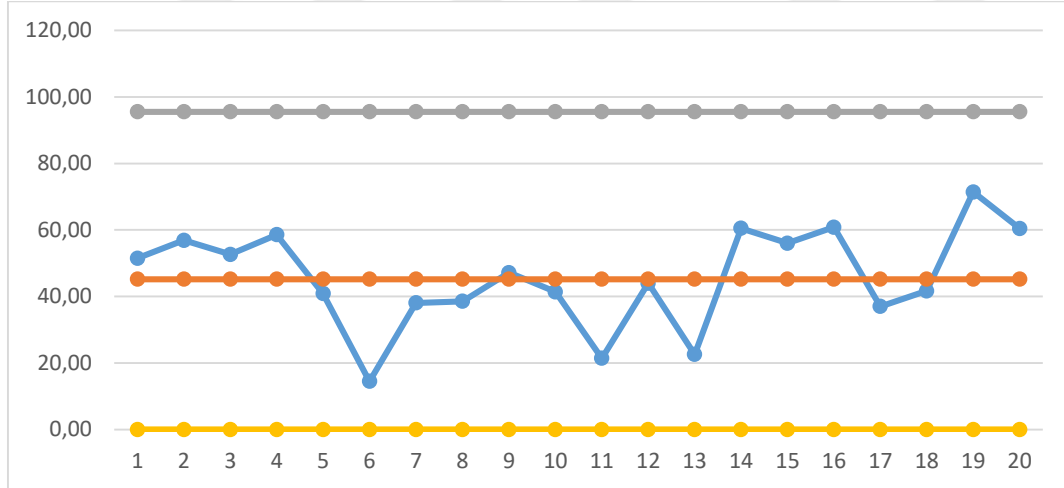
Çizelge 6. 108. Sezgisel bulanık R verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	51.52	6	14.47	11	21.42	16	60.84
2	56.87	7	38.05	12	43.97	17	36.98
3	52.63	8	38.53	13	22.57	18	41.70
4	58.60	9	47.17	14	60.49	19	71.43
5	40.85	10	41.36	15	56.04	20	60.47

Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile hesaplanan kontrol limiti değerleri $\bar{X}$ için; $AMY3_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 177.05$, $AMY3_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 150.97$, $AMY3_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 203.12$ ve R için; $AMY3_{\widetilde{M\check{C}-R}} = 45.19$, $AMY3_{\widetilde{AKL-R}} = 0$, $AMY3_{\widetilde{\check{U}KL-R}} = 95.57$ 'dir.



Şekil 6. 104. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 105. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık R kontrol grafiği

Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde R değerleri için herhangi bir kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 5. ve 12. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

6.8. Sezgisel Bulanık $\bar{X}$ -s Kontrol Grafikleri

$\bar{X}$ -s kontrol grafikleri ölçülebilen veriler için tercih edilen diğer kontrol grafikleridir. Ağırlık, uzunluk, çap ölçüsü vb ölçümler ölçüm aletleri ile ölçülebilir olmasına rağmen çeşitli nedenlerle ölçümlerin kesin doğru olacağı garanti edilemez. İnsanların yapmış olduğu ölçümler için hataların olabileceği, ölçüm aletlerinden kaynaklı ölçüm hatalarının oluşabileceği ve daha pek çok nedenlerle ölçümlerin kesinliği ile ilgili şüpheler bulunmaktadır. Bu nedenle $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri için daha gerçek sonuçlara yakın değerler elde etmek için bulanık mantık yaklaşımı kullanılabilir.

$\bar{X}$ -s kontrol grafiklerinin kontrol limitleri sezgisel yamuk bulanık sayılar kullanılarak yeniden oluşturulmuştur. Bu noktada klasik kontrol grafikleri için kullanılan Denklem (2.10)-(2.15) sezgisel yamuk bulanık işlem operatörleri yardımı ile Denklem (6.47)-(6.52)'ye dönüştürülmüştür.

$$\begin{aligned} \widetilde{M\bar{C}_{\bar{X}}} &= \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}', \bar{c}', \bar{d}'); \mu_{M\bar{C}_{\bar{X}}}; v_{M\bar{C}_{\bar{X}}} \right) = \\ &\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}_i}{m} \right), \right. \\ &\left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}'_i}{m} \right); \mu_{M\bar{C}_{\bar{X}}}; v_{M\bar{C}_{\bar{X}}} \right) \end{aligned} \quad (6.47)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{M\bar{C}_s} &= \left((s_a, s_b, s_c, s_d), (s_{a'}, s_{b'}, s_{c'}, s_{d'}); \mu_{M\bar{C}_s}; v_{M\bar{C}_s} \right) = \\ &\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m s_{ai}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{bi}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{ci}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{di}}{m} \right), \left(\frac{\sum_{i=1}^m s_{a'i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{b'i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{c'i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{d'i}}{m} \right); \mu_{M\bar{C}_s}; v_{M\bar{C}_s} \right) \end{aligned} \quad (6.48)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL_{\bar{X}}} &= \left((\bar{a} - A_3 \bar{d}_s, \bar{b} - A_3 \bar{c}_s, \bar{c} - A_3 \bar{b}_s, \bar{d} - A_3 \bar{a}_s), (\bar{a}' - A_3 \bar{d}'_s, \bar{b}' - A_3 \bar{c}'_s, \bar{c}' - A_3 \bar{b}'_s, \bar{d}' - A_3 \bar{a}'_s); \mu_{AKL_{\bar{X}}}; v_{AKL_{\bar{X}}} \right) \end{aligned} \quad (6.49)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ÜKL_{\bar{X}}} &= \left((\bar{a} + A_3 \bar{a}_s, \bar{b} + A_3 \bar{b}_s, \bar{c} + A_3 \bar{c}_s, \bar{d} + A_3 \bar{d}_s), (\bar{a}' + A_3 \bar{a}'_s, \bar{b}' + A_3 \bar{b}'_s, \bar{c}' + A_3 \bar{c}'_s, \bar{d}' + A_3 \bar{d}'_s); \mu_{ÜKL_{\bar{X}}}; v_{ÜKL_{\bar{X}}} \right) \end{aligned} \quad (6.50)$$

$$\widetilde{AKL_s} = \left((B_3 \bar{s}_a, B_3 \bar{s}_b, B_3 \bar{s}_c, B_3 \bar{s}_d), (B_3 \bar{s}_{a'}, B_3 \bar{s}_{b'}, B_3 \bar{s}_{c'}, B_3 \bar{s}_{d'}); \mu_{AKL_s}; v_{AKL_s} \right) \quad (6.51)$$

$$\widetilde{ÜKL}_s = ((B_4\overline{s}_a, B_4\overline{s}_b, B_4\overline{s}_c, B_4\overline{s}_d;), (B_4\overline{s}_{a'}, B_4\overline{s}_{b'}, B_4\overline{s}_{c'}, B_4\overline{s}_{d'}); \mu_{AKL^s}; \nu_{AKL^s}) \quad (6.52)$$

$\bar{X}$ için limit hesaplamaları $\bar{X}$ -R grafiklerine benzer bir hesaplama yapılmıştır. Sadece A2 olarak kullanılan tablo değeri A3 olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Buna karşın standart sapma hesaplaması AT2BS'da olduğu gibi kolay hesaplanamamaktadır. AT2BS'da olduğu gibi sezgisel bulanık sayılarda da çıkarma işlemi, en küçük değerli referans noktasından en büyük değere sahip referans noktasının çıkarılması ve en büyük değerli referans noktasından en küçük değere sahip referans noktasının çıkarılması sonucunda elde edilmektedir. Tepe noktası değerleri ise daha dar bir aralıkta sapma göstermektedir. Varyans hesaplamasında tüm bu sapmaların kareleri alındığında aradaki sapma değerleri daha da artmaktadır. Bu durumda hesaplanan standart sapma değerleri sezgisel bulanık sayı özelliğini taşımamaktadır. Kahraman ve Kabak tarafından tip-1 bulanık sayılar için varyans ve standart sapma hesaplamaları Denklem (6.10)'da verilmiştir (Kahraman ve Kabak, 2016).

Geliştirilen bu yaklaşım çalışma kapsamında SBS'a uyarlanmak istenmiştir. Çok çeşitli SBS ile yapılan hesaplamalar sonucunda bu yaklaşım ile elde edilen sayıların bazılarının sezgisel bulanık sayı özelliklerini göstermediği görülmüştür. Örneğin, en küçük referans noktaları arasındaki sapmalar(kendi içlerinde) büyük olabilirken, tepe noktalar olarak ifade edilen noktalar çok küçük sapmalar göstermiş olabilir. Bu durumda elde edilen standart sapma değerleri sezgisel bulanık sayı şeklinde ifade edilemeyecektir.

Standart sapma hesaplamasında buna benzer bir durum ile karşılaşmamak adına, hesaplanan standart sapmalar kendi içerisinde sezgisel bulanık sayı olacak şekilde düzenlenmiştir.

Ortalama standart sapma değeri hesaplandıktan sonra AKL ve ÜKL değerleri R kontrol limitlerine benzer şekilde hesaplanmıştır. Sadece D3 ve D4 yerine B3 ve B4 tablo değerleri kullanılmıştır.

Sezgisel bulanık $\bar{X}$ - R kontrol grafiklerinde olduğu gibi bu limitlerde de μ ve ν değerlerinin hesaplanması farklılık göstermektedir. $\bar{X}$ ve s değerleri için üye olma ve olmama değerleri de farklılık göstermektedir. Denklemler incelendiğinde MÇ için önce toplama işlemi daha sonra sabit bir sayı ile çarpma işlemi yapıldığı görülmektedir. Standart sapma

hesaplamalarında ise sırasıyla çıkarma, çarpma, toplama ve sabit sayı ile çarpma işlemleri olduğu için bu işlemler μ ve v değerlerini değiştirmektedir. AKL ve ÜKL değerlerinin hesaplanmasında da bu değerler kullanılacaktır.

$$\mu_{M\check{C}} = \mu_{M\check{C}\bar{x}} = 1 - (1 - \mu'_m)^{1/m} \quad (6.53)$$

$$\mu_{M\check{C}^s} = 1 - (1 - \mu'_s)^{1/(m-1)} \quad (6.54)$$

$$v_{M\check{C}} = v_{M\check{C}\bar{x}} = (v'_m)^{1/m} \quad (6.55)$$

$$v_{M\check{C}^s} = (v'_s)^{1/(m-1)} \quad (6.56)$$

SBS için verilen hesaplama operatörleri en fazla iki SBS için hesaplama yapmaktadır. Ancak ortalama veya limit değerleri hesaplayabilmek için örneklemdaki tüm SBS'a ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle μ'_m , v'_m , μ'_s ve v'_s değerleri ise birer seri olarak hesaplanan değerlerdir ve şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\mu'_m = \mu_m + \mu'_{m-1} - \mu_m * \mu'_{m-1}, m = 2, \dots, m \text{ ve } \mu'_1 = \mu_1 \quad (6.57)$$

$$v'_m = \prod_{i=1}^m v_i \quad (6.58)$$

$$\mu'_s = (\mu_s + \mu_{M\check{C}} - \mu_s * \mu_{M\check{C}})^2 + (\mu'_{s-1} + \mu_{M\check{C}} - \mu'_{s-1} * \mu_{M\check{C}})^2 - (\mu_s + \mu_{M\check{C}} - \mu_s * \mu_{M\check{C}})^2 * (\mu'_{s-1} + \mu_{M\check{C}} - \mu'_{s-1} * \mu_{M\check{C}})^2, s = 2, \dots, m \text{ ve } \mu'_1 = \mu_1 \quad (6.59)$$

$$v'_s = \prod_{i=1}^m (2 * v_i * v_{M\check{C}} - v_i^2 * v_{M\check{C}}^2) \quad (6.60)$$

Hem $\bar{X}$ ve hem de s için ortalama değerler hesaplandıktan sonra sırasıyla $\bar{X}$ ve s için AKL ve ÜKL için üye olma ve olmama değerlerinin hesaplama denklemleri Denklem (6.61)-(6.66)'daki gibi sıralanmıştır.

$$\mu_{AKL\bar{X}} = \mu_{ÜKL\bar{X}} = \mu_{M\check{C}} + \left(1 - (1 - \mu_{M\check{C}^s})^{A_3}\right) - \mu_{M\check{C}} * \left(1 - (1 - \mu_{M\check{C}^s})^{A_3}\right) \quad (6.61)$$

$$v_{AKL\bar{X}} = v_{\bar{U}KL\bar{X}} = v_{M\check{C}} * (v_{M\check{C}^s})^{A_3} \quad (6.62)$$

$$\mu_{AKL^s} = 1 - (1 - \mu_{M\check{C}^s})^{B_3} \quad (6.63)$$

$$v_{AKL^s} = (\mu_{M\check{C}^s})^{B_3} \quad (6.64)$$

$$\mu_{\bar{U}KL^s} = 1 - (1 - \mu_{M\check{C}^s})^{B_4} \quad (6.65)$$

$$v_{\bar{U}KL^s} = (\mu_{M\check{C}^s})^{B_4} \quad (6.66)$$

Sezgisel bulanık $\bar{X}$ ve R kontrol grafiklerinde olduğu gibi $\bar{X}$ ve s grafiklerinde de μ ve v değerleri farklılık göstermektedir. Bu durumda SBS için MÇ ve AKL-ÜKL hesaplarırken aynı üye olma ve üye olmama değerlerine sahip olmaları adına μ ve v değerleri düzenlenmiştir. Bu düzenleme sonucunda yeni sezgisel bulanık MÇ, AKL ve ÜKL değerlerinin formülleri Denklem (6.67)- (6.72)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \widetilde{M\check{C}_{\bar{X}}} = & \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}', \bar{c}', \bar{d}'); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}_i}{m} \right), \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{b}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{c}'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{d}'_i}{m} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.67)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{M\check{C}_s} = & ((s_a, s_b, s_c, s_d), (s_{a'}, s_{b'}, s_{c'}, s_{d'}); \min(\mu_i); \max(v_i)) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m s_{ai}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{bi}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{ci}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{di}}{m} \right), \left(\frac{\sum_{i=1}^m s_{a'i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{b'i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{c'i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m s_{d'i}}{m} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.68)$$

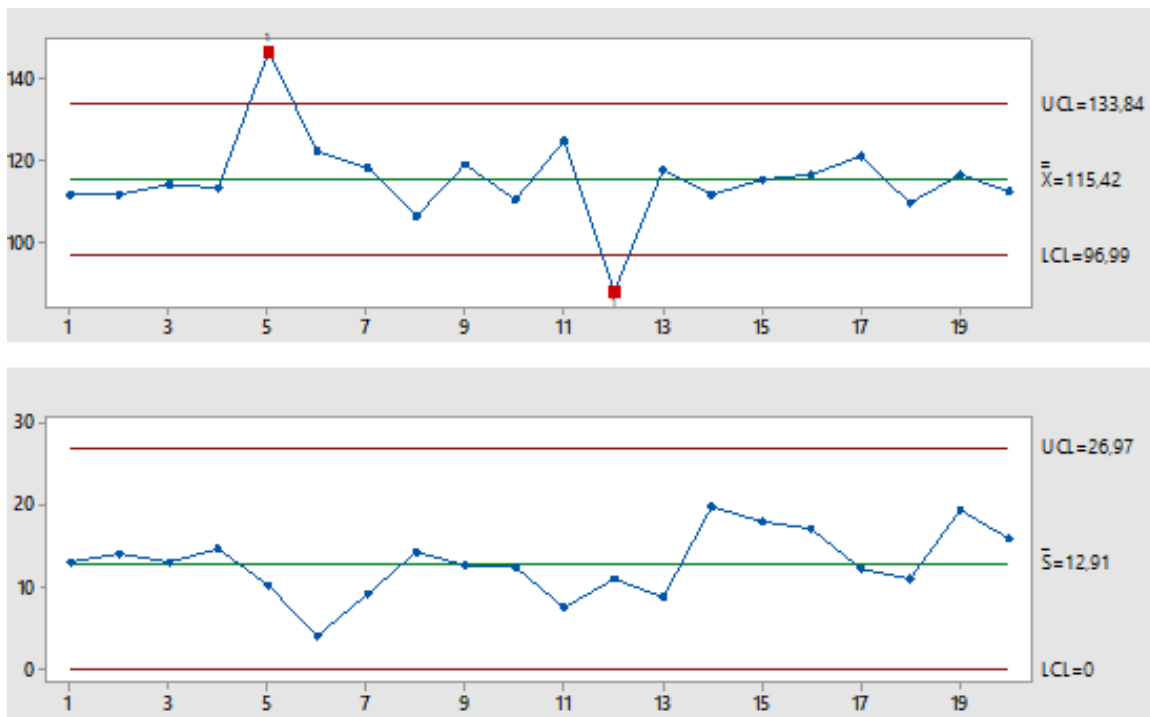
$$\begin{aligned} \widetilde{AKL_{\bar{X}}} = & \left((\bar{a} - A_3 \bar{d}_R, \bar{b} - A_3 \bar{c}_R, \bar{c} - A_3 \bar{b}_R, \bar{d} - A_3 \bar{a}_R), (\bar{a}' - \right. \\ & \left. A_3 \bar{d}'_R, \bar{b}' - A_3 \bar{c}'_R, \bar{c}' - A_3 \bar{b}'_R, \bar{d}' - A_3 \bar{a}'_R); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.69)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{\bar{U}KL_{\bar{X}}} = & \left((\bar{a} + A_3 \bar{a}_R, \bar{b} + A_3 \bar{b}_R, \bar{c} + A_3 \bar{c}_R, \bar{d} + A_3 \bar{d}_R), (\bar{a}' + A_3 \bar{a}'_R, \bar{b}' + A_3 \bar{b}'_R, \bar{c}' + \right. \\ & \left. A_3 \bar{c}'_R, \bar{d}' + A_3 \bar{d}'_R); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.70)$$

$$\widetilde{AKL}_s = ((B_3\bar{s}_a, B_3\bar{s}_b, B_3\bar{s}_c, B_3\bar{s}_d); (B_3\bar{s}_{a'}, B_3\bar{s}_{b'}, B_3\bar{s}_{c'}, B_3\bar{s}_{d'}); \min(\mu_i); \max(v_i)) \quad (6.71)$$

$$\widetilde{ÜKL}_s = ((B_4\bar{s}_a, B_4\bar{s}_b, B_4\bar{s}_c, B_4\bar{s}_d); (B_4\bar{s}_{a'}, B_4\bar{s}_{b'}, B_4\bar{s}_{c'}, B_4\bar{s}_{d'}); \min(\mu_i); \max(v_i)) \quad (6.72)$$

Sezgisel bulanık $\bar{X}$ -R kontrol grafikleri için kullanılan veriler sezgisel bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri oluşturmak için de kullanılmıştır. Kesin veriler de aynı olup Çizelge 6.110 ve Çizelge 6.111’de verilmiş ve kontrol grafikleri çizilmiştir. Çizilen kontrol grafikleri Şekil 6.106’da gösterilmiştir.



Şekil 6. 106. Kesin veriler için $\bar{X}$ -s kontrol grafiği

Çizelge 6. 109. $\bar{X}$ için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	111.72	6	122.46	11	124.68	16	116.7
2	111.84	7	118.14	12	88.02	17	121.02
3	114.12	8	106.44	13	117.9	18	109.86
4	113.28	9	119.1	14	111.72	19	116.52
5	146.46	10	110.46	15	115.32	20	112.62

Çizelge 6. 110. s için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	13.02	6	4.02	11	7.45	16	17.03
2	14.09	7	9.15	12	11.10	17	12.31
3	13.03	8	14.25	13	8.84	18	11.01
4	14.71	9	12.56	14	19.68	19	19.43
5	10.24	10	12.46	15	17.86	20	15.98

Aynı veriler için $\bar{X}$ -R kontrol grafiklerine benzer şekilde sapma yönüyle kontrol dışı bir durum gözlenmezken $\bar{X}$ grafiğinde 5. ve 12. veriler kontrol dışındadır.

Sezgisel bulanık veriler kullanılarak $\bar{X}$ -s grafikleri için limit değerleri hesaplanmıştır. 5 birimlik örnek alındığı için $A_3= 1.427$; $B_3= 0$ ve $B_4= 2,089$ şeklinde alınmıştır.

$$\widetilde{M\check{C}_{\bar{X}}} = ((114.50, 115.15, 115.46, 116.12), (114.18, 115.15, 115.46, 116.44); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{M\check{C}_s} = ((12.74, 12.84, 13.00, 13.10), (12.64, 12.84, 13.00, 13.20); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{A\check{K}L_{\bar{X}}} = ((95.81, 96.60, 97.14, 97.94), (95.35, 96.60, 97.14, 98.39); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{\check{U}KL_{\bar{X}}} = ((132.68, 133.47, 134.02, 134.81), (132.22, 133.47, 134.02, 135.27); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{A\check{K}L_s} = ((0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0); 0.59; 0.32)$$

$$\widetilde{\check{U}KL_s} = ((26.62, 26.82, 27.16, 27.36), (26.41, 26.82, 27.16, 27.56); 0.59, 0.32)$$

6.8.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

Denklem (4.2)'de verilen sıralama yöntemi sezgisel yamuk bulanık sayı olarak tanımlanan beşer birimlik 20 veri için uygulanmış ve hem $\bar{X}$ hem de s için değerler Çizelge 6.112 ve Çizelge 6.113'te verilmiştir.

Çizelge 6. 111. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

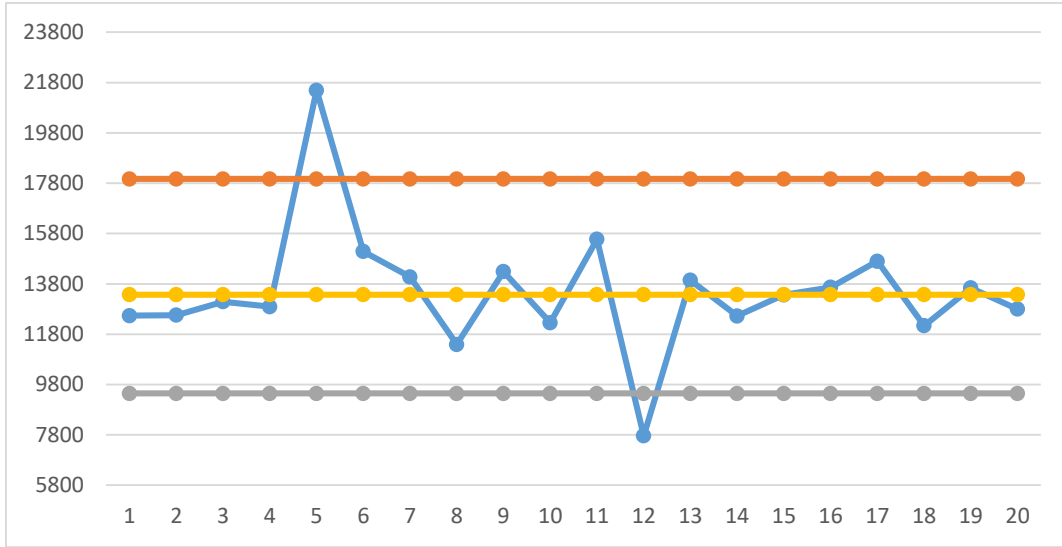
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	12538.26	6	15087.02	11	15571.82	16	13666.65
2	12559.52	7	14080.01	12	7759.711	17	14700.23
3	13090.1	8	11395.43	13	13940.99	18	12138.37
4	12894.04	9	14286.05	14	12522.6	19	13637.42
5	21490.68	10	12257.12	15	13362.05	20	12797.66

Çizelge 6. 112. Sezgisel bulanık s verileri için sıralama yöntemi-1 değerleri

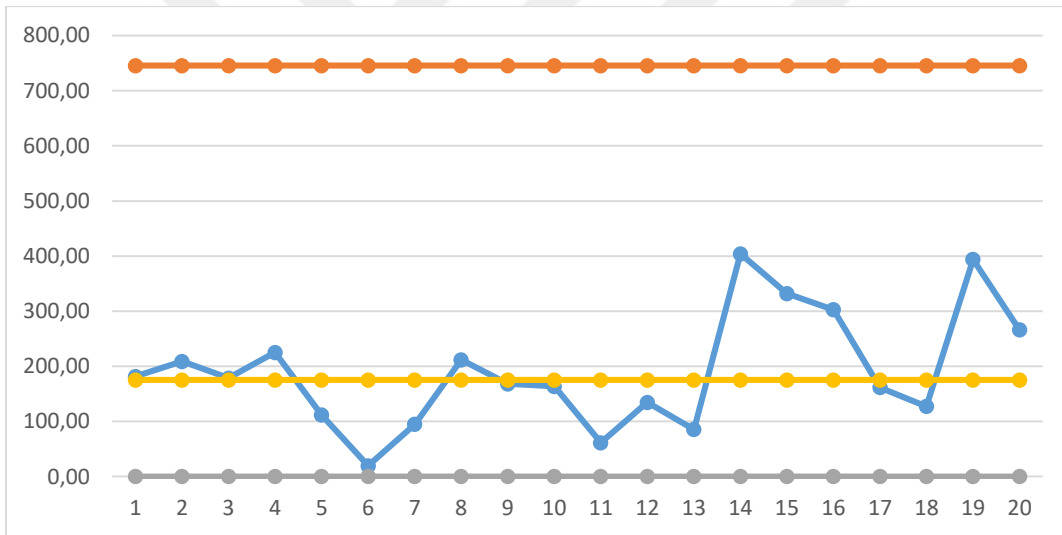
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	181.73	6	19.49	11	61.31	16	302.66
2	208.85	7	94.68	12	134.53	17	161.70
3	178.67	8	211.72	13	85.41	18	127.34
4	225.06	9	168.16	14	404.16	19	393.86
5	111.68	10	163.55	15	331.95	20	266.00

Kontrol limitleri için hesaplanan sıralama değerleri ise şu şekilde $SY1_{M\check{C}-\bar{X}} = 13369.16$, $SY1_{M\check{C}-s} = 175.11$, $SY1_{AKL-\bar{X}} = 9445.74$, $SY1_{ÜKL-\bar{X}} = 17972.33$, $SY1_{AKL-s} = 0$ ve $SY1_{ÜKL-s} = 745.51$ hesaplanmıştır. Çizelgelerde verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri Şekil 6.107 ve Şekil 6.108'de gösterilmiştir.

Sıralama yöntemine göre oluşturulan kontrol grafiklerine bakıldığında sapmalar için herhangi bir kontrol dışı durum görülmemekle birlikte ortalamalar grafiğinde 5. ve 12. verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

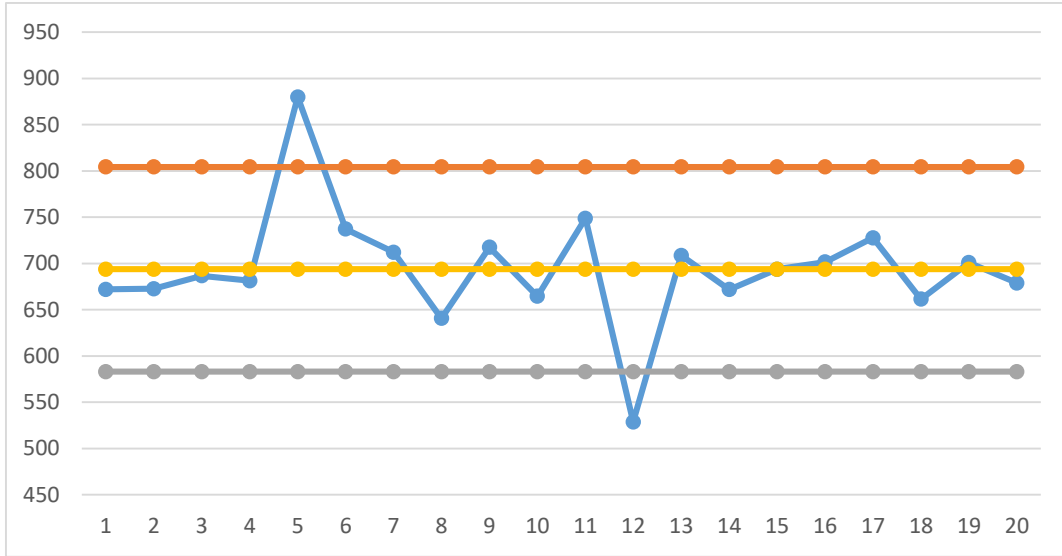


Şekil 6. 107. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği

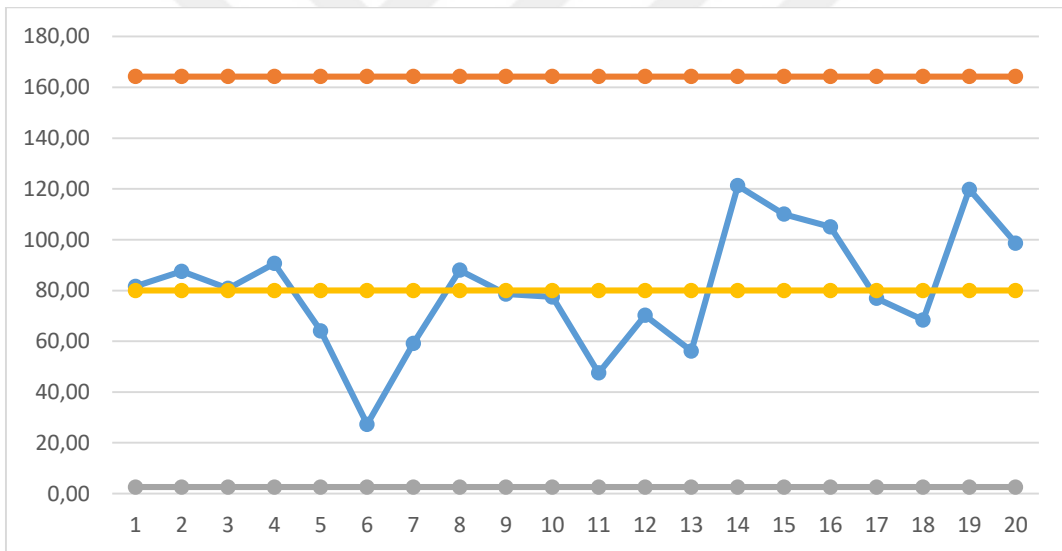


Şekil 6. 108. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği

Denklem (4.4)'te verilen sıralama yöntemi-2 ile elde edilen veriler Çizelge 6.114 ve Çizelge 6.115'de verilmiştir. Kontrol limitleri için hesaplanan sıralama değerleri ise şu şekilde; $SY2_{M\check{C}-\bar{X}} = 693.90$, $SY2_{M\check{C}-s} = 79.94$, $SY2_{AKL-\bar{X}} = 583.13$, $SY2_{ÜKL-\bar{X}} = 804.36$, $SY2_{AKL-s} = 2.54$ ve $SY2_{ÜKL-R} = 164.23$ hesaplanmıştır. Çizelgelerde verilen veriler ve hesaplanan kontrol limitleri için belirlenen sıralama değerleri ile kontrol grafikleri elde edilmiştir ve Şekil 6.109 ve Şekil 6.110'da gösterilmiştir.



Şekil 6. 109. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6.110. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği

Çizelge 6. 113. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	672.00	6	737.33	11	748.85	16	701.69
2	672.81	7	712.25	12	528.82	17	727.73
3	686.70	8	640.72	13	708.68	18	661.44
4	681.45	9	717.51	14	671.83	19	700.99
5	879.91	10	664.63	15	693.90	20	678.93

Çizelge 6. 114. Sezgisel bulanık s verileri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	81.60	6	27.27	11	47.48	16	105.03
2	87.54	7	59.10	12	70.21	17	76.91
3	80.78	8	88.00	13	56.15	18	68.39
4	90.61	9	78.61	14	121.27	19	119.81
5	64.06	10	77.43	15	110.04	20	98.63

Kullanılan 2. sıralama yöntemi ile s kontrol grafiği ile ilgili herhangi bir limit dışı durum gözlenmezken ortalamalar grafiği yönüyle 5. ve 12. verilerin kontrol dışında olduğu gözlenmektedir.

6.8.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

Denklem (4.8)- (4.10)'da verilen olasılık yöntemi Ek Açıklama-F'deki örnek verilere uyarlanarak $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri için limit dışında olma olasılıkları Çizelge 6.116- Çizelge 6.119'da verilmiştir. Çizelgelerdeki değerler kullanılarak çizilen grafikler ise Şekil 6.111- Şekil 6.114'te verilmiştir.

Çizelge 6. 115. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

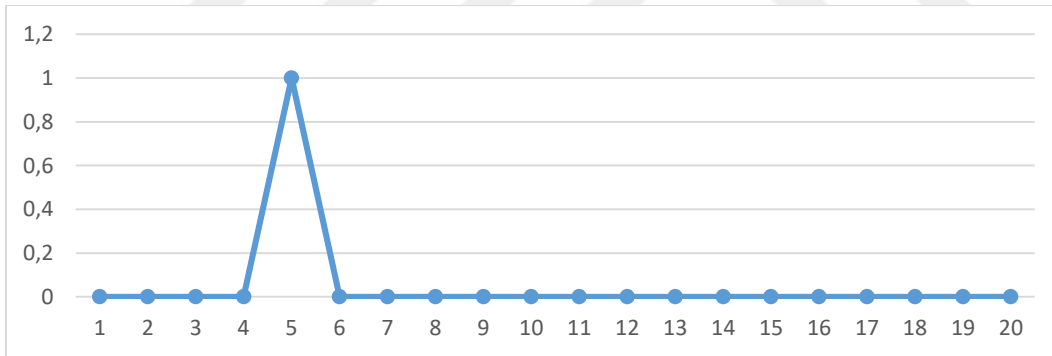
No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$	No	$P(A_i^U > P_{ÜKL}^U)$	$P(A_i^L > P_{ÜKL}^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	1	1	1	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Şekiller ve çizelgeler incelendiğinde s değerleri ile ilgili ÜKL ve AKL'nin dışında olma olasılıkları "0" olarak görülmektedir. Diğer bir ifade ile s kontrol grafiği yönüyle herhangi bir kontrol dışı durum gözlenmemektedir. Bunun yanında şekil ve çizelgeler

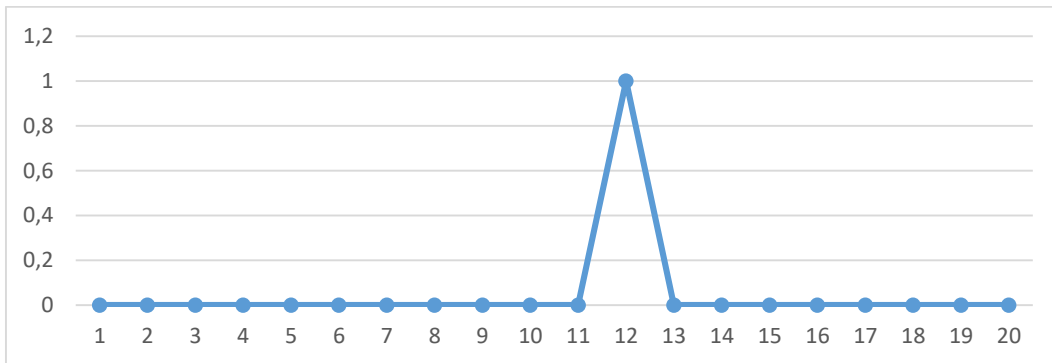
incelendiğinde 5. verinin ÜKL'nin üzerinde olduğu ve 12. verinin AKL'nin altında olduğunu gösteren olasılık değeri "1"dir. $\bar{X}$ değerleri için bu iki verinin kontrol dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 116. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık $\bar{X}$ değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$	No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	1	1	1
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0



Şekil 6. 111. ÜKL'ye göre sezgisel bulanık $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği



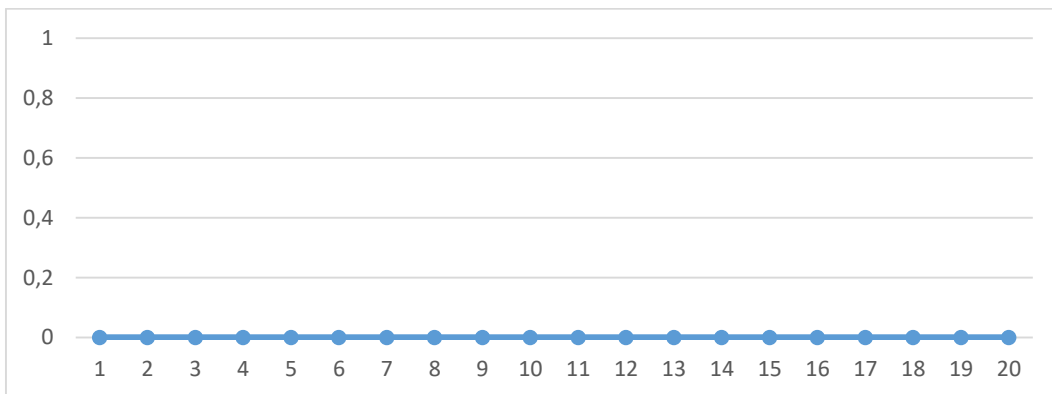
Şekil 6. 112. AKL'ye göre sezgisel bulanık $\bar{X}$ olasılık değerleri grafiği

Çizelge 6. 117. Sezgisel bulanık s değerinin sezgisel bulanık $\ddot{U}KL$ 'den büyük olma olasılıkları

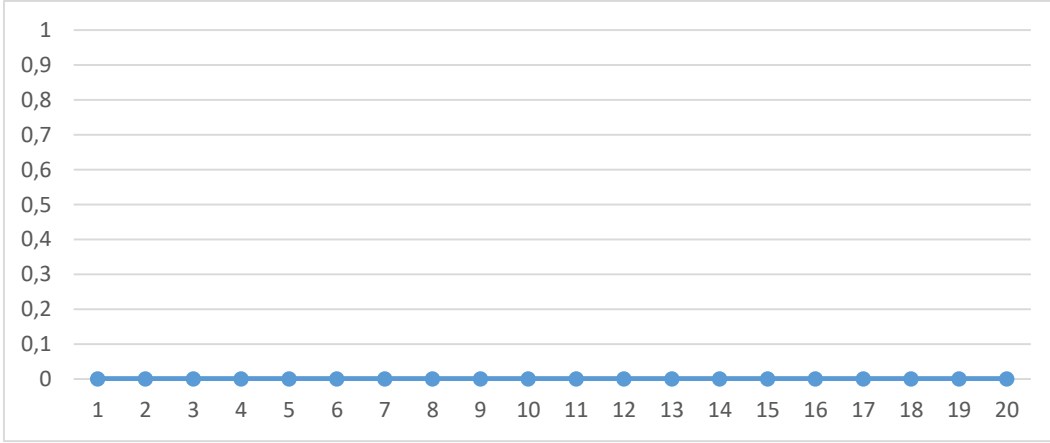
No	$P(A_i^U > P_{\ddot{U}KL}^U)$	$P(A_i^L > P_{\ddot{U}KL}^L)$	$\bar{P}$	No	$P(A_i^U > P_{\ddot{U}KL}^U)$	$P(A_i^L > P_{\ddot{U}KL}^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0

Çizelge 6. 118. Sezgisel bulanık AKL 'nin sezgisel bulanık s değerinden büyük olma olasılıkları

No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$	No	$P(P_{AKL}^U > A_i^U)$	$P(P_{AKL}^L > A_i^L)$	$\bar{P}$
1	0	0	0	11	0	0	0
2	0	0	0	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0	0	0
7	0	0	0	17	0	0	0
8	0	0	0	18	0	0	0
9	0	0	0	19	0	0	0
10	0	0	0	20	0	0	0



Şekil 6. 113. $\ddot{U}KL$ 'ye göre sezgisel bulanık s olasılık değerleri grafiği



Şekil 6. 114. AKL'ye göre sezgisel bulanık s olasılık değerleri grafiği

6.8.3. Uzaklık Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Sezgisel Bulanık $\bar{X}$ -s Kontrol Grafikleri

Denklem (4.12)'de geliştirilen uzaklık yönteminde, hem veriler hem de kontrol limitlerinin belirli bir noktaya uzaklığı tespit edilmiştir. Daha sonrasında ise AKL'den daha yakın veya ÜKL'den daha uzak değerlerin limitler dışında olacağı düşünülmüştür.

Hesaplamalar sonucunda $\bar{X}$ -s için kontrol limitleri şu şekildedir; $DY_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 1828.93$, $DY_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 1533.96$, $DY_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 2123.90$ ve $DY_{\widetilde{M\check{C}-s}} = 190.71$, $DY_{\widetilde{AKL-s}} = -16$, $DY_{\widetilde{\check{U}KL-s}} = 415.81$. Sezgisel bulanık veriler için $\bar{X}$ ve s uzaklık hesaplamaları Çizelge 6.120 ve Çizelge 6.121'de verilmiştir.

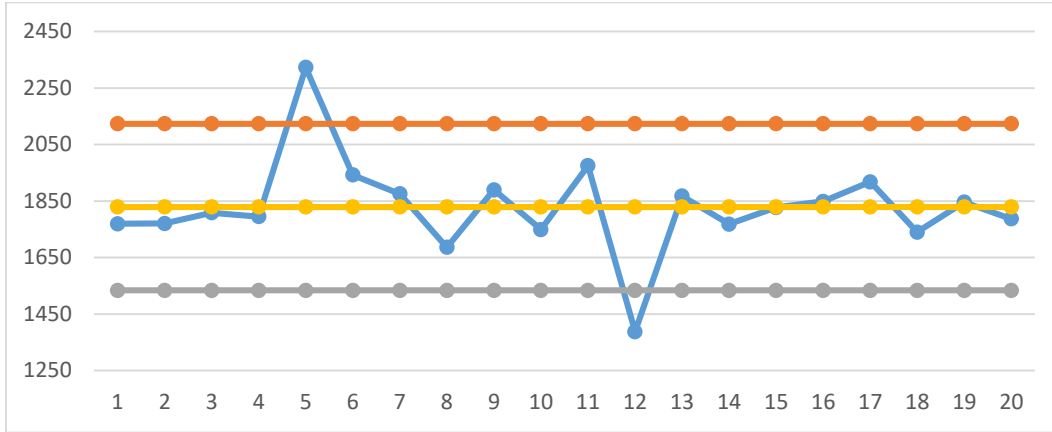
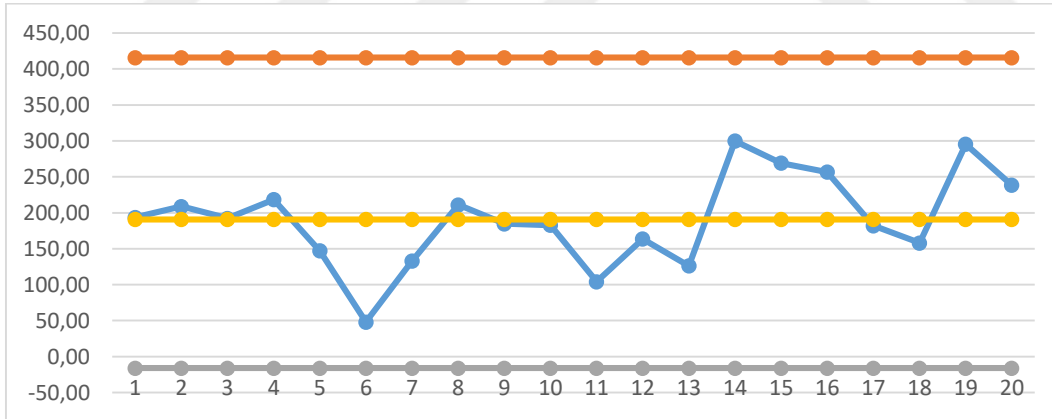
Çizelgeler ile Şekil 6.115 ve Şekil 6.116 incelendiğinde standart sapma için herhangi bir limit dışı durum görülmezken $\bar{X}$ kontrol grafikleri incelendiğinde 5. ve 12. verilerin kontrol limitleri dışında olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 6. 119. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	1769.60	6	1942.40	11	1975.52	16	1848.80
2	1770.56	7	1875.68	12	1387.52	17	1918.40
3	1808.96	8	1686.08	13	1867.52	18	1740.32
4	1795.04	9	1889.60	14	1768.64	19	1846.40
5	2323.52	10	1749.44	15	1827.20	20	1787.36

Çizelge 6. 120. Sezgisel bulanık s verileri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	193.78	6	48.09	11	104.30	16	256.73
2	208.76	7	132.95	12	163.75	17	182.02
3	192.30	8	210.96	13	126.34	18	158.19
4	218.30	9	184.79	14	299.87	19	295.51
5	147.15	10	182.74	15	269.26	20	238.36

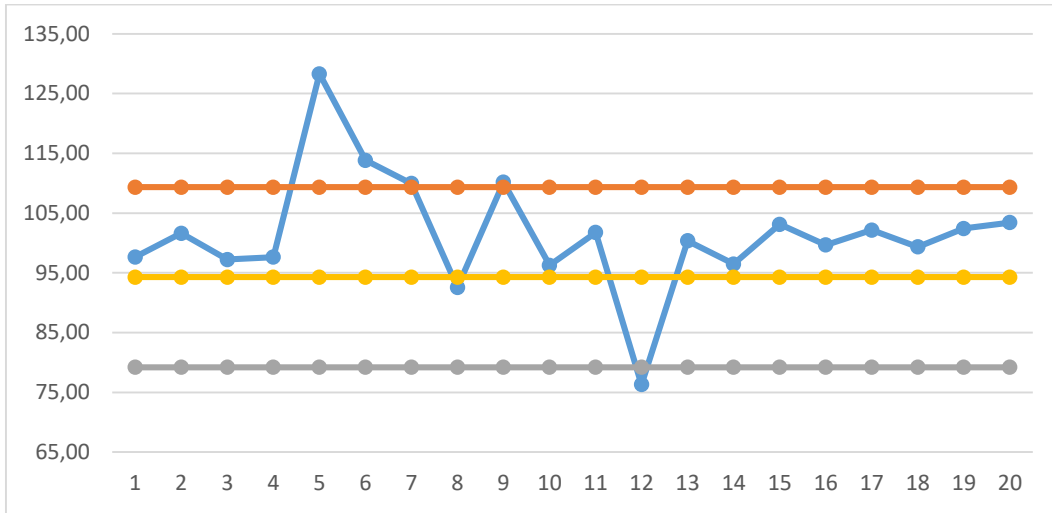
Şekil 6.115. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ için kontrol grafiği

Şekil 6.116. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık s için kontrol grafiği

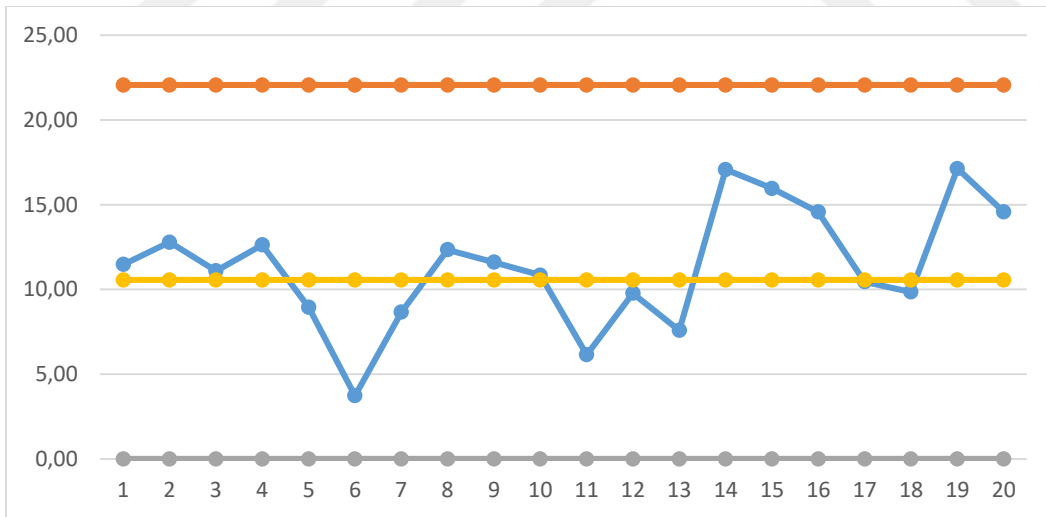
6.8.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ -s kontrol grafikleri

Denklem (4.24)'te verilen durulaştırma yaklaşımı mevcut verilere uygulandığında Çizelge 6.122 ve Çizelge 6.123 ile Şekil 6.117 ve Şekil 6.118 elde edilmiştir. Verilerden elde edilen kontrol limitlerinin durulaştırılmış değerleri $\bar{X}$ kontrol grafikleri için; $DY_{\widehat{M\hat{C}-\bar{X}}} =$

94.26 , $DY_{\widehat{AKL}-\bar{X}} = 79.19$, $DY_{\widehat{ÜKL}-\bar{X}} = 109.34$, ve s kontrol grafikleri için; $DY_{\widehat{MÇ}-s} = 10.56$, $DY_{\widehat{AKL}-s} = 0$, $DY_{\widehat{ÜKL}-s} = 22.06$ 'dir. $\bar{X}$ kontrol grafiği için 5, 6, 7, 9 ve 12 verilerin kontrol limitleri dışında olduğu ancak s kontrol grafiği yönüyle herhangi bir limit dışı verinin olmadığı söylenebilir.



Şekil 6.117. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6.118. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği

Bir diğer karşılaştırma yöntemi Denklem (4.25)- (4. 27)'de verilen ağırlık merkezi yöntemidir. Ek Açıklama-F'deki veriler için Çizelge 6.124 ve Çizelge 6.125 ile grafikler elde edilmiştir. Grafikler Şekil 6.119 ve Şekil 6.120'de görülmektedir.

Çizelge 6. 121. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	97.65	6	113.83	11	101.75	16	99.65
2	101.61	7	109.95	12	76.32	17	102.16
3	97.24	8	92.55	13	100.36	18	99.34
4	97.63	9	110.17	14	96.48	19	102.43
5	128.31	10	96.27	15	103.10	20	103.41

Çizelge 6. 122. Sezgisel bulanık s verileri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	11.47	6	3.73	11	6.15	16	14.57
2	12.78	7	8.66	12	9.77	17	10.46
3	11.10	8	12.34	13	7.58	18	9.85
4	12.63	9	11.61	14	17.08	19	17.13
5	8.95	10	10.84	15	15.96	20	14.59

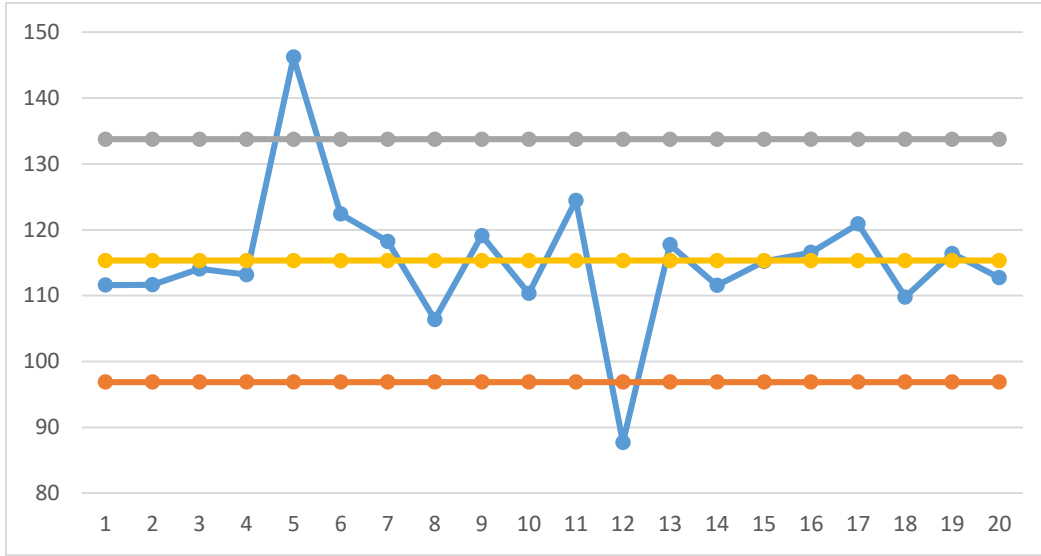
Veriler için hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY1_{\widehat{M\bar{C}-\bar{X}}} = 115.31$, $AMY1_{\widehat{AKL-\bar{X}}} = 96.88$, $AMY1_{\widehat{\bar{U}KL-\bar{X}}} = 133.75$ ve s için; $AMY1_{\widehat{M\bar{C}-s}} = 12.92$, $AMY1_{\widehat{AKL-s}} = 0$, $AMY1_{\widehat{\bar{U}KL-s}} = 26.99$ 'dir.

Çizelge 6. 123. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

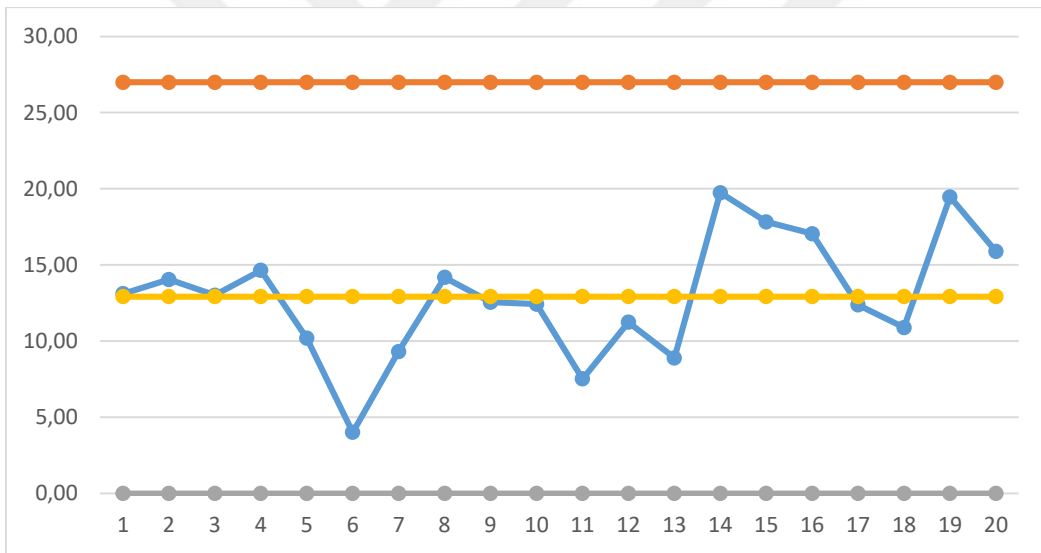
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	111.60	6	122.41	11	124.47	16	116.55
2	111.66	7	118.24	12	87.73	17	120.90
3	114.06	8	106.38	13	117.73	18	109.77
4	113.19	9	119.11	14	111.54	19	116.4
5	146.22	10	110.34	15	115.20	20	112.72

Çizelge 6. 124. Sezgisel bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	13.11	6	4.01	11	7.52	16	17.04
2	14.05	7	9.31	12	11.24	17	12.37
3	13.02	8	14.19	13	8.90	18	10.89
4	14.64	9	12.55	14	19.74	19	19.47
5	10.20	10	12.42	15	17.83	20	15.90



Şekil 6.119. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 120. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile sezgisel bulanık s kontrol grafiği

Standart sapma için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık kontrol grafiğinde limit dışında bir durumun gözlenmemesine rağmen $\bar{X}$ ortalamalar için ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak oluşturulan kontrol grafiğinde 5. ve 12. verinin kontrol limitleri dışına çıktığı gözlenmektedir.

Bir diğer ağırlık merkezi yöntemi Denklem (4.28)- 4.30)'da verilmiştir. Ek Açıklama-F'deki veriler ve limit değerleri hesaplanmıştır. Mevcut veriler için ağırlık

merkezi yöntemi-2 değerleri hesaplandığında Çizelge 6.126 ve Çizelge 6.127 elde edilmiştir. Ardından kontrol grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 6.121 ile Şekil 6.122 elde edilmiştir.

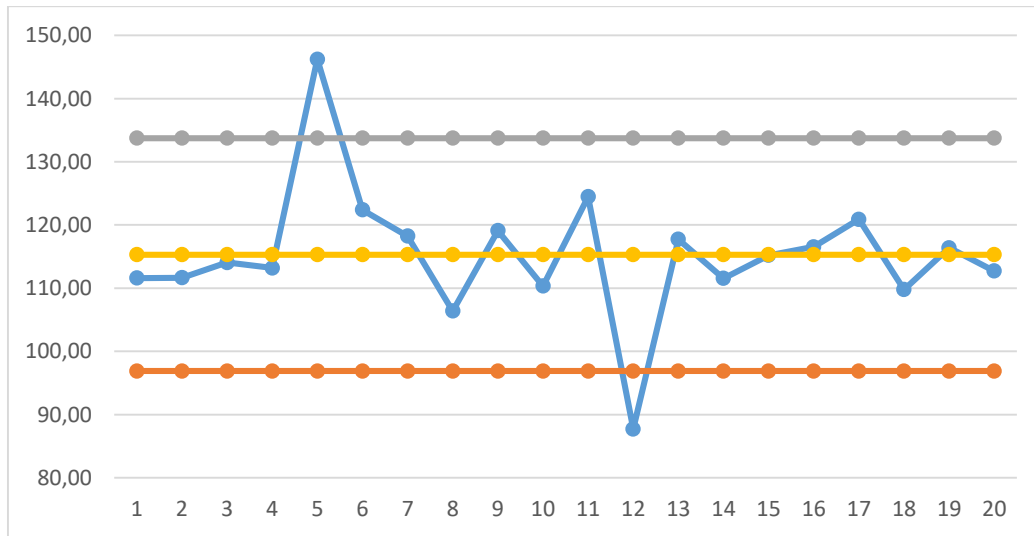
Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile hesaplanan kontrol limiti değerleri ise şu şekildedir; $AMY2_{\widehat{M\check{C}-\bar{X}}} = 115.31$, $AMY2_{\widehat{AKL-\bar{X}}} = 96.87$, $AMY2_{\widehat{\check{U}KL-\bar{X}}} = 133.74$ ve s için; $AMY2_{\widehat{M\check{C}-s}} = 12.92$, $AMY2_{\widehat{AKL-s}} = 0$, $AMY2_{\widehat{\check{U}KL-s}} = 26.99$. Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde s değerleri için herhangi kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 2. ve 15. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 125. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

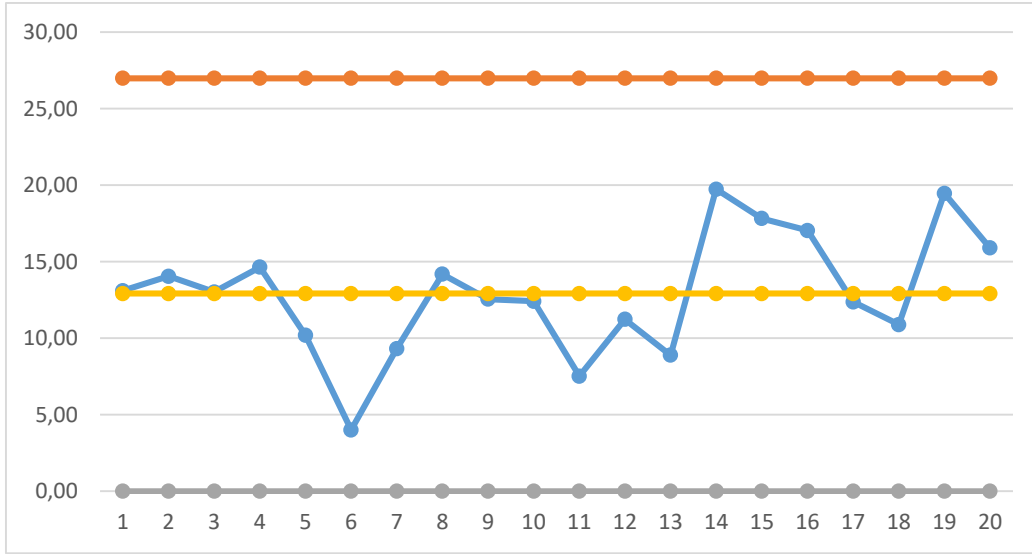
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	111.60	6	122.40	11	124.47	16	116.55
2	111.66	7	118.23	12	87.72	17	120.90
3	114.06	8	106.38	13	117.72	18	109.77
4	113.19	9	119.10	14	111.54	19	116.40
5	146.22	10	110.34	15	115.20	20	112.71

Çizelge 6. 126. Sezgisel bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	13.11	6	4.01	11	7.52	16	17.05
2	14.05	7	9.31	12	11.23	17	12.38
3	13.02	8	14.19	13	8.90	18	10.89
4	14.64	9	12.55	14	19.74	19	19.47
5	10.20	10	12.42	15	17.83	20	15.90



Şekil 6.121. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 122. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği

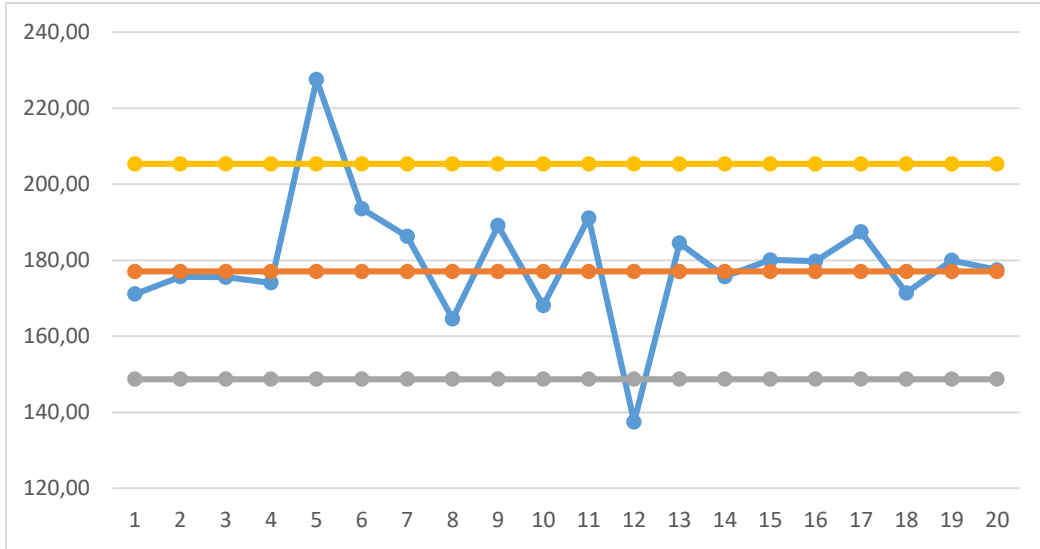
Son olarak geliştirilen ve Denklem (4.31)'de verilen ağırlık merkezi yöntemi-3 ile değerler elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 6.128 ve Çizelge 6.129'da görülmektedir. Bu yöntem ile çizilen kontrol grafikleri Şekil 6.123 ve Şekil 6.124'te görülmektedir. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile hesaplanan kontrol limiti değerleri $\bar{X}$ için; $AMY3_{\widetilde{M\check{C}-\bar{X}}} = 177.05$, $AMY3_{\widetilde{AKL-\bar{X}}} = 148.74$, $AMY3_{\widetilde{\check{U}KL-\bar{X}}} = 205.35$ ve s için; $AMY3_{\widetilde{M\check{C}-s}} = 19.84$, $AMY3_{\widetilde{AKL-s}} = 0$, $AMY3_{\widetilde{\check{U}KL-s}} = 41.44$ 'dir.

Çizelge 6. 127. Sezgisel bulanık $\bar{X}$ verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

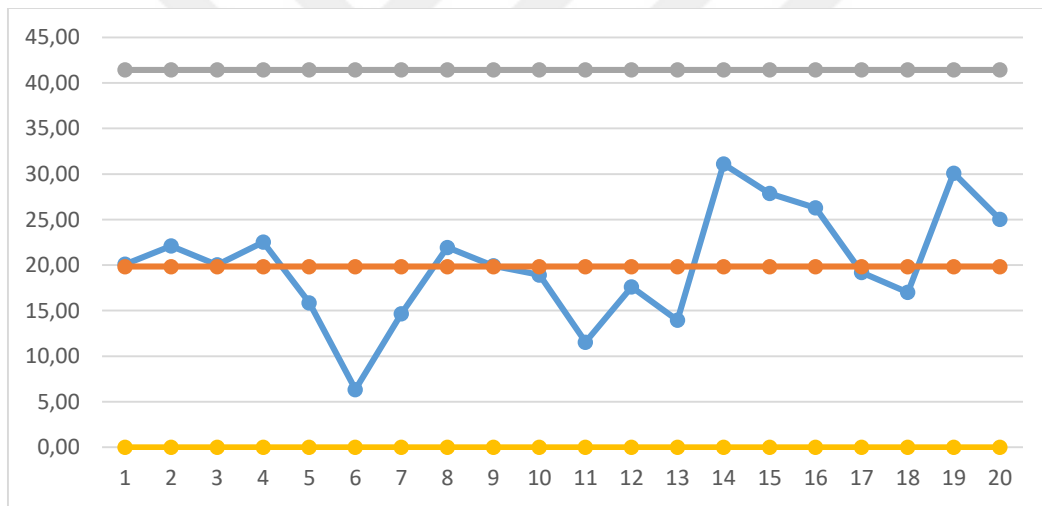
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	171.12	6	193.56	11	191.12	16	179.75
2	175.66	7	186.28	12	137.51	17	187.48
3	175.54	8	164.60	13	184.51	18	171.43
4	174.08	9	189.16	14	175.71	19	179.96
5	227.56	10	168.10	15	180.09	20	177.50

Çizelge 6. 128. Sezgisel bulanık s verileri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	20.10	6	6.33	11	11.54	16	26.29
2	22.10	7	14.67	12	17.61	17	19.19
3	20.04	8	21.95	13	13.94	18	17.00
4	22.52	9	19.93	14	31.10	19	30.10
5	15.87	10	18.92	15	27.87	20	25.04



Şekil 6. 123. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık $\bar{X}$ kontrol grafiği



Şekil 6. 124. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık s kontrol grafiği

Hesaplanan değerler ve limit değerleri incelendiğinde s değerleri için herhangi bir kontrol dışı bir durum görülmemektedir, ancak $\bar{X}$ değerleri için 5. ve 12. verinin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

6.9. Sezgisel Bulanık c-Kontrol Grafikleri

Ölçülebilen veriler ile elde edilen verilerin kesinliği ölçülemeyen verilere göre daha fazladır. Bu nedenle ölçülemeyen verilerdeki bilgi kayıplarını azaltmak için bulanık mantık

yaklaşımın kullanılmasından bahsedilebilir. Ölçülemeyen veriler için kullanılan c-kontrol grafiği kusur sayıları ile ilgilenir. Bir ürüne bakıldığında bazen net bir şekilde kusur sayısı tespit edilemeyebilir. Bu durumda özellikle insanlar tarafından yapılan kontrollerden kaynaklı hataları aza indirmek amacıyla SBS'in kullanılmasının daha gerçekçi sonuçlara olanak sağlayacağı varsayılmıştır.

Klasik kontrol grafikleri için kullanılan Denklem (2.22)-(2.24) sezgisel yamuk bulanık sayılara göre düzenlenmiştir. Sezgisel bulanık c-kontrol grafikleri için limit değerleri Denklem (6.73)- (6.77) ile hesaplanabilir;

$$\begin{aligned} \widetilde{M\check{C}_c} = & \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}'); \mu_{M\check{C}^c}; v_{M\check{C}^c} \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right), \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m a'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d'_i}{m} \right); \mu_{M\check{C}^c}; v_{M\check{C}^c} \right) \end{aligned} \quad (6.73)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ÜKL_c} = & \left((\bar{a} + 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} + 3\sqrt{\bar{d}}), (\bar{a}' + 3\sqrt{\bar{a}'}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}' + \right. \\ & \left. 3\sqrt{\bar{d}'}); \mu_{ÜKL^c}; v_{ÜKL^c} \right) \end{aligned} \quad (6.74)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL_c} = & \left((\bar{a} - 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} - 3\sqrt{\bar{d}}), (\bar{a}' - 3\sqrt{\bar{a}'}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}' - \right. \\ & \left. 3\sqrt{\bar{d}'}); \mu_{AKL^c}; v_{AKL^c} \right) \end{aligned} \quad (6.75)$$

$$\mu_{M\check{C}^c} = 1 - (1 - \mu'_m)^{1/m} \quad (6.76)$$

$$v_{M\check{C}^c} = (v'_m)^{1/m} \quad (6.77)$$

SBS için verilen hesaplama operatörleri en fazla iki sezgisel bulanık sayı için hesaplama yapmaktadır. Ancak ortalama veya limit değerleri hesaplayabilmek için örneklemdaki tüm SBS'a ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle μ'_m ve v'_m , değerleri ise birer seri olarak hesaplanan değerlerdir ve şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\mu'_m = \mu_m + \mu'_{m-1} - \mu_m * \mu'_{m-1}, m = 2, \dots, m \text{ ve } \mu'_1 = \mu_1 \quad (6.78)$$

$$v'_m = \prod_{i=1}^m v_i \quad (6.79)$$

c için ortalama değerler hesaplandıktan sonra sırasıyla AKL ve ÜKL için μ ve v hesaplama denklemleri aşağıda verilmiştir. Sezgisel bulanık kontrol grafiklerinde μ ve v değerleri MÇ, AKL ve ÜKL için farklılık gösterdiği için ortak bir μ ve v hesaplaması yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yeni MÇ, AKL ve ÜKL değerleri sırasıyla Denklem (6.80)-(6.82)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \widetilde{M\check{C}_c} = & \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}'); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right), \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m a'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d'_i}{m} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.80)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ÜKL_c} = & \left((\bar{a} + 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} + 3\sqrt{\bar{d}}), (\bar{a}' + 3\sqrt{\bar{a}'}, \bar{b} + 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}' + \right. \\ & \left. 3\sqrt{\bar{d}'}); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.81)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL_c} = & \left((\bar{a} - 3\sqrt{\bar{a}}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d} - 3\sqrt{\bar{d}}), (\bar{a}' - 3\sqrt{\bar{a}'}, \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \bar{d}' - \right. \\ & \left. 3\sqrt{\bar{d}'}); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \end{aligned} \quad (6.82)$$

Karşılaştırma yöntemleri c-kontrol grafikleri için de kullanılacaktır. Bulanık işlemler yapılmadan önce karşılaştırma yaparak analiz edebilmek adına kesin verilerin olduğu Çizelge 6.130 ve bu verilerden oluşturulan c-kontrol grafiği Şekil 6.125'teki gibidir.

Çizelge 6. 129. c-kontrol grafikleri için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	60	6	44	11	54	16	80	21	81
2	50	7	46	12	96	17	104	22	46
3	51	8	93	13	65	18	87	23	90
4	48	9	52	14	83	19	72	24	75
5	76	10	92	15	79	20	84	25	72

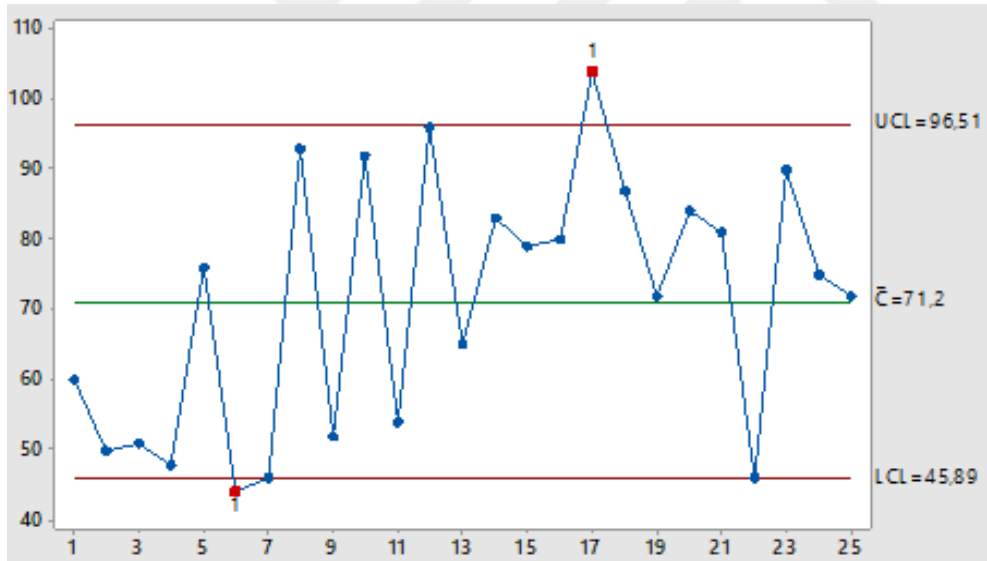
Şekilde görüldüğü üzere 6 ve 17 nolu veriler kontrol limitlerinin dışına çıkmıştır. Ayrıca 7, 12 ve 22 nolu veriler limit değerlerine çok yakın verilerdir. Bunlar ile ilgili karar verme aşamasındaki kararsızlık bulanık sayılar ile biraz azalacağı düşünülmektedir. Sezgisel bulanık yamuk sayılar ve bu sayılardan elde edilen sezgisel bulanık kontrol limit değerleri;

$$\widetilde{M\check{C}}_c = ((59.72, 68.16, 74.2, 82.64), (54.52, 68.16, 74.2, 87.84); 0.45; 0.37)$$

$$\widetilde{AKL}_c = ((32.37, 43.39, 48.36, 59.46), (36.54, 43.39, 48.36, 55.37); 0.45; 0.37)$$

$$\widetilde{ÜKL}_c = ((82.90, 92.93, 100.04, 109.91), (76.67, 92.93, 100.04, 115.96); 0.45; 0.37)$$

olarak hesaplanmıştır. Bu değerler belirlendikten sonra çalışma kapsamında kullanılacak yöntemler hem verilere hem de kontrol limitlerine uygulanıp grafikler çizilmiştir.



Şekil 6. 125. Kesin veriler ile oluşturulan c-kontrol grafiği

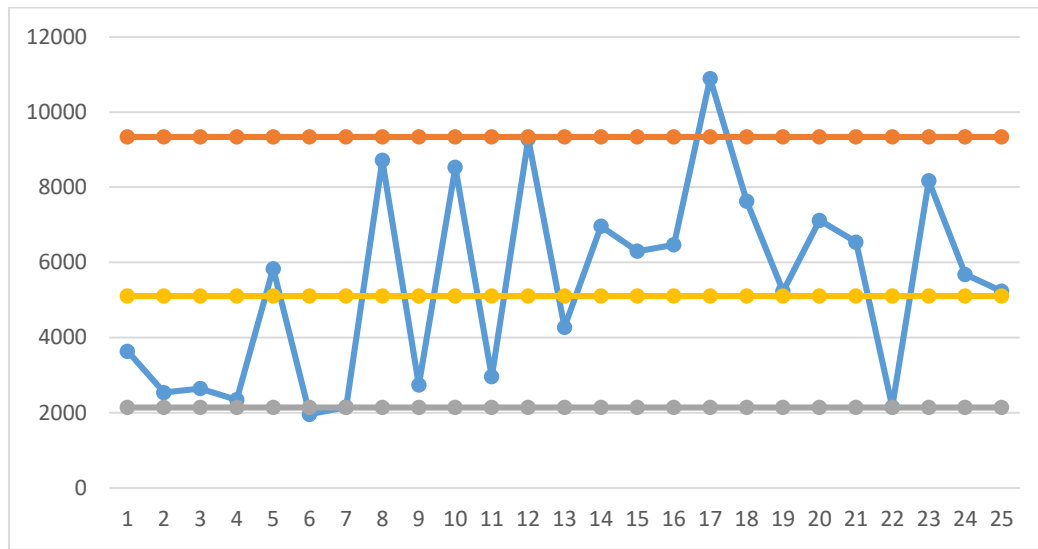
6.9.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafikleri

Sezgisel yamuk bulanık sayılar için kullanılan ve Denklem (4.3)'te kullanılan sıralama yöntemi c-kontrol grafiğine uygulandığında Çizelge 6.131 ve kontrol grafiği Şekil 6.126'da elde edilmiştir. Hesaplanmış olan değerlere göre 6 ve 17 nolu veriler kontrol limitlerinin dışındadır. Sezgisel bulanık kontrol limitleri için sıralama yöntemi-1

uygulandığında MÇ, AKL ve ÜKL değerleri sırasıyla $AY1_{MÇ-c} = 5105.03$, $SY1_{AKL-c} = 2140.02$ ve $SY1_{ÜKL-c} = 9338.95$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 130. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	3635	6	1960	11	2959	16	6467	21	6540
2	2539	7	2148	12	9285	17	10893	22	2154
3	2642	8	8717	13	4273	18	7633	23	8171
4	2346	9	2738	14	6962	19	5234	24	5679
5	5835	10	8532	15	6297	20	7122	25	5232



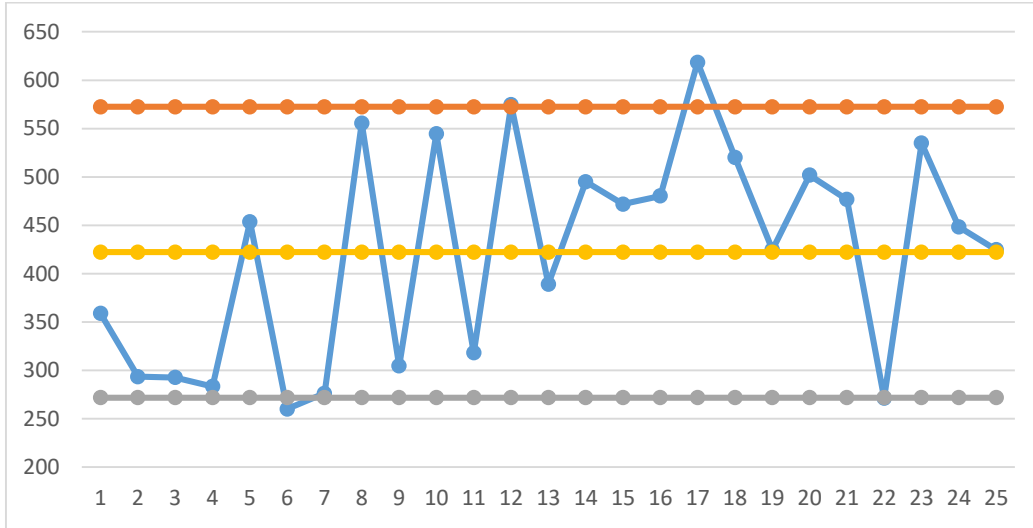
Şekil 6. 126. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği

Denklem (4.4)'teki sıralama yöntemi Ek Açıklama-G'deki verilere uygulandığında kontrol limitleri $SY2_{MÇ-c} = 422.21$, $SY2_{AKL-c} = 271.89$ ve $SY2_{ÜKL-c} = 572.53$ şeklinde hesaplanmıştır. Çizelge 6.132 ve Şekil 6.127 incelendiğinde 6, 12 ve 17 nolu veriler kontrol limitlerinin dışındadır.

Kesin sayılar ile çizilen kontrol grafiğinde 12 numaralı verinin neredeyse çizginin üzerinde olduğu ve bununla ilgili karar vermenin zor olabileceğinden bahsedilmiştir. Bu sıralama yönteminde görülmektedir ki 12 numaralı veri kontrol limitleri dışında kabul edilmektedir.

Çizelge 6. 131. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	359	6	260	11	318	16	480	21	477
2	294	7	276	12	575	17	618	22	271
3	293	8	556	13	389	18	520	23	535
4	283	9	305	14	495	19	425	24	448
5	454	10	544	15	472	20	502	25	425



Şekil 6. 127. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği

6.9.2. Olasılık Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Sezgisel c-Kontrol Grafikleri

Olasılık yönteminde limitlerin dışında olma olasılığı hesaplanmış ve bu değerlere göre karar verilmiştir. Bunun için Denklem (4.8)- (4.10) ve Ek açıklamalardaki veriler ile Çizelge 6.133 ve Çizelge 6.134'teki veriler ile Şekil 6.128 ve Şekil 6.129 elde edilmiştir.

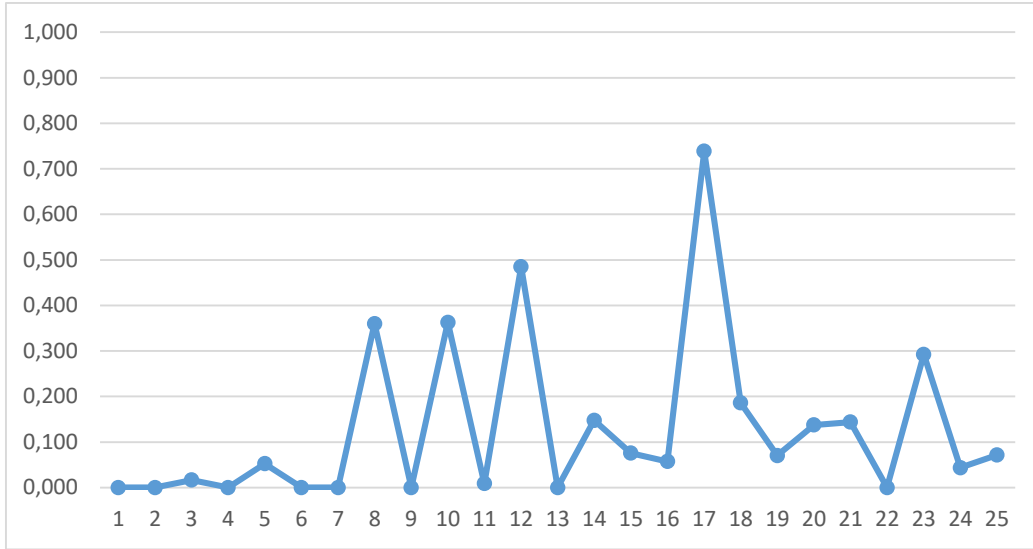
Grafik ve çizelgeler incelendiğinde 17 numaralı veri ÜKL'den 0.739 olasılıkla büyük çıkmıştır. Bu nedenle kontrol dışındadır. 8 ve 12 numaralı veriler ise sırasıyla 0.360 ve 0.485 olasılık değerleri ile ÜKL'nin üzerindedir. Bu değerler 0.3 ile 0.5 arasında olduğu için “tercihen kontrol içindedir” şeklinde yorumlanabilir. AKL değerlerine göre veriler incelendiğinde 0.606 olasılık değer ile 6 numaralı veri “tercihen kontrol dışındadır” şeklinde yorumlanabilirken, sırasıyla 0.358, 0.402, 0.395, 0.494, 0.303 ve 0.494 olasılık değerlerine sahip 2, 3, 4, 7, 9 ve 22 numaralı veriler ise “tercihen kontrol içindedir” şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 6. 132. Sezgisel bulanık c-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

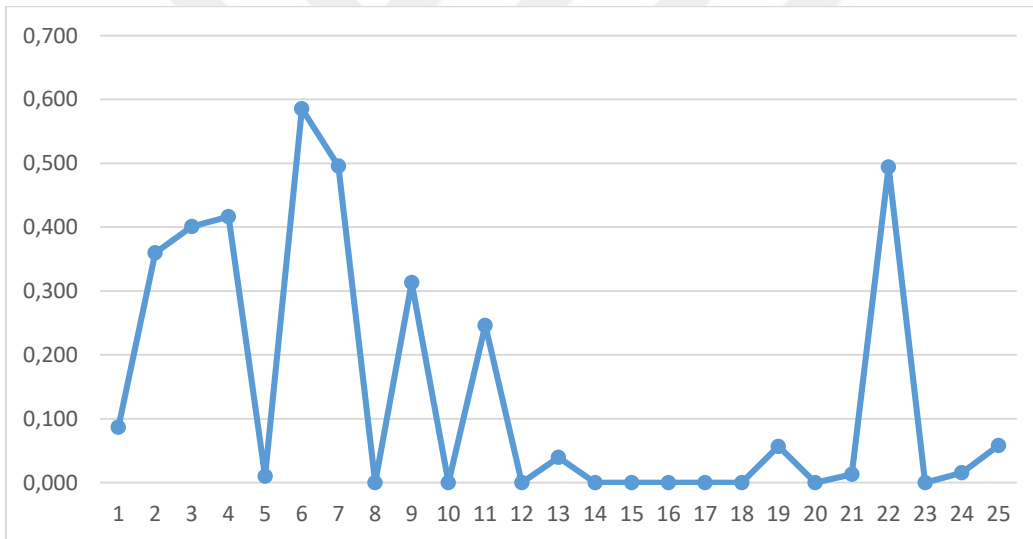
No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}	No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}
1	0	0	0	14	0.167	0.129	0.148
2	0	0	0	15	0.106	0.046	0.076
3	0.028	0.005	0	16	0.098	0.017	0.057
4	0	0	0	17	0.710	0.767	0.739
5	0.092	0.013	0.053	18	0.220	0.152	0.186
6	0	0	0	19	0.106	0.035	0
7	0	0	0	20	0.192	0.083	0.138
8	0.384	0.337	0.360	21	0.172	0.116	0.144
9	0	0	0	22	0	0	0
10	0.373	0.352	0	23	0.315	0.270	0.292
11	0.018	0	0	24	0.087	0	0
12	0.489	0.481	0.485	25	0.097	0.046	0.071
13	0	0	0				

Çizelge 6. 133. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık c-değerinden büyük olma olasılıkları

No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}	No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}
1	0.094	0	0.047	14	0	0	0
2	0.366	0.350	0.358	15	0	0	0
3	0.402	0.402	0.402	16	0	0	0
4	0.437	0.354	0.395	17	0	0	0
5	0	0	0	18	0	0	0
6	0.601	0.612	0.606	19	0.065	0	0.033
7	0.495	0.493	0.494	20	0	0	0
8	0	0	0	21	0	0	0
9	0.304	0.302	0.303	22	0.495	0.493	0.494
10	0	0	0	23	0	0	0
11	0.306	0.148	0.227	24	0	0	0
12	0	0	0	25	0.055	0.009	0.032
13	0.038	0	0.019				



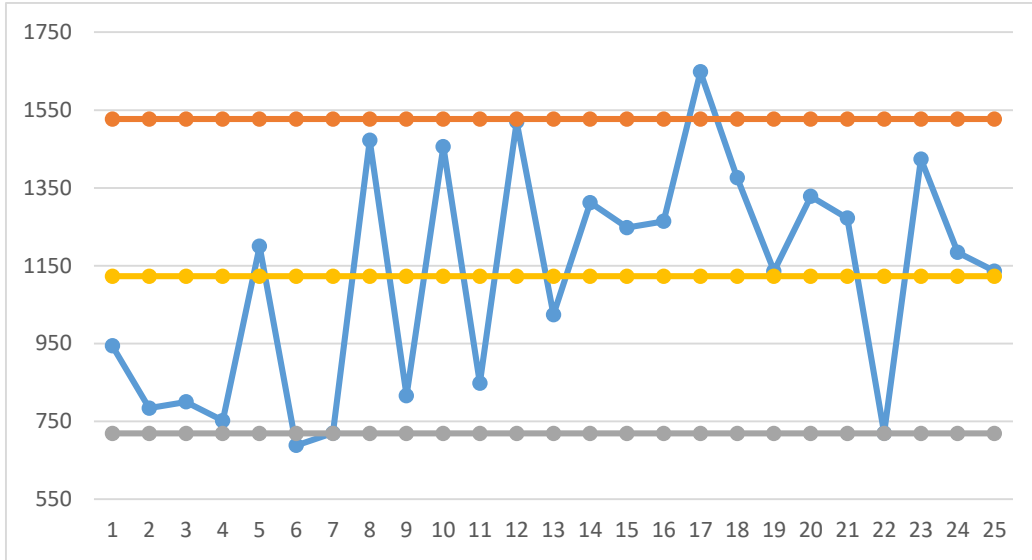
Şekil 6. 128. c-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği



Şekil 6. 129. c-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

6.9.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafikleri

Denklem (4.12)'deki uzaklık yöntemi ve Ek Açıklama-G'deki veriler kullanılarak c-kontrol grafiği elde edilmiştir. Buna göre uzaklık değerleri Çizelge 6.135 ve Şekil 6.130'da verilmiştir.



Şekil 6. 130. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği

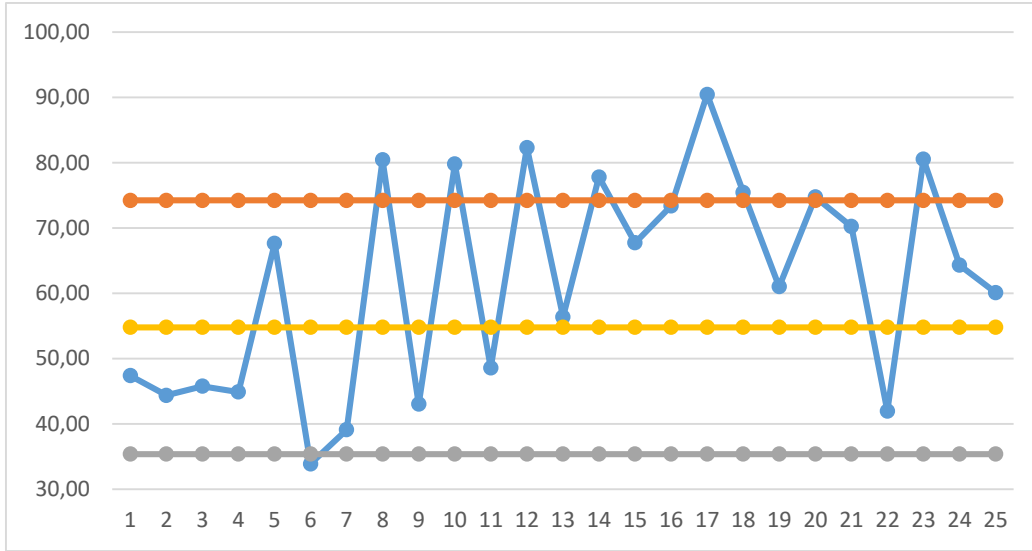
Çizelge 6. 134. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	944	6	688	11	848	16	1264	21	1272
2	784	7	720	12	1520	17	1648	22	720
3	800	8	1472	13	1024	18	1376	23	1424
4	752	9	816	14	1312	19	1136	24	1184
5	1200	10	1456	15	1248	20	1328	25	1136

Uzaklık yöntemine göre hesaplanan kontrol limit değerleri; $UY_{M\check{C}-c} = 1122.88$, $UY_{AKL-c} = 718.79$ ve $UY_{ÜKL-c} = 1526.97$ olarak hesaplanmıştır. Bu limit değerleri ve veri değerleri dikkate alındığından 6 ve 17 nolu veriler kontrol dışındadır.

6.9.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafikleri

Denklem (4.24)'te verilen durulaştırma yöntemi c-kontrol grafikleri için kullanılmış ve Çizelge 6.136 elde edilmiştir. Ek Açıklama-G'deki veriler kullanılarak sezgisel bulanık kontrol limitlerinin durulaştırılması sonucunda değerler; $DY_{M\check{C}-c} = 54.81$, $DY_{AKL-c} = 35.39$ ve $DY_{ÜKL-c} = 74.23$ olarak elde edilmiştir. Bu tablo değerleri ve kontrol limitleri baz alındığında Şekil 6.131 oluşturulmuştur. Kontrol grafiği incelendiğinde 6, 8, 10, 12, 14, 17 ve 23 numaralı veriler kontrol limitleri dışındadır.



Şekil 6. 131. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği

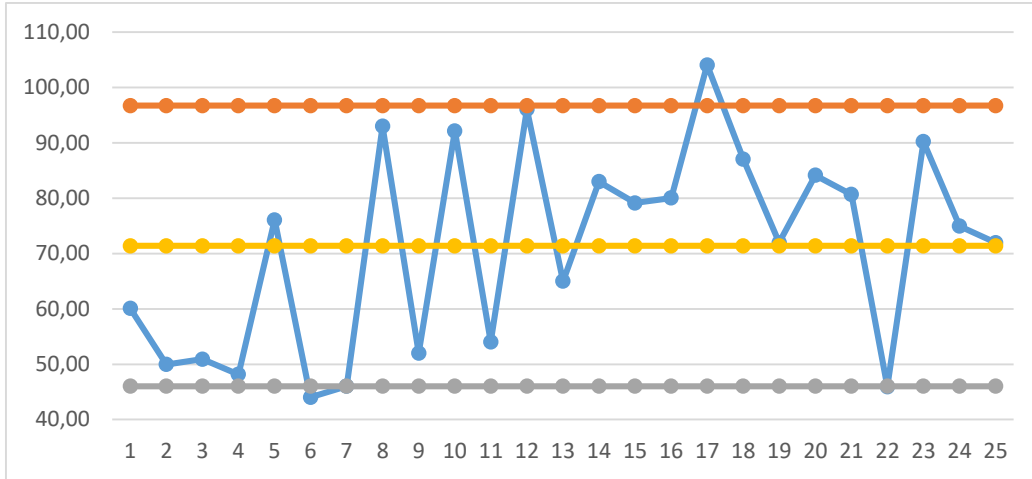
Çizelge 6. 135. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	47.40	6	33.88	11	48.60	16	73.40	21	70.24
2	44.38	7	39.10	12	82.32	17	90.48	22	41.98
3	45.77	8	80.45	13	56.39	18	75.47	23	80.55
4	44.88	9	43.03	14	77.81	19	61.02	24	64.31
5	67.64	10	79.81	15	67.74	20	74.76	25	60.12

Denklem (4.25)- (4.27) 'deki ağırlık merkezi yaklaşımı-1 ile sezgisel bulanık c-kontrol grafiği oluşturulduğunda Çizelge 6.137 ve Şekil 6.132 elde edilmiştir.

Çizelge 6. 136. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	47.40	6	33.88	11	48.60	16	73.40	21	70.24
2	44.38	7	39.10	12	82.32	17	90.48	22	41.98
3	45.77	8	80.45	13	56.39	18	75.47	23	80.55
4	44.88	9	43.03	14	77.81	19	61.02	24	64.31
5	67.64	10	79.81	15	67.74	20	74.76	25	60.12



Şekil 6. 132. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği

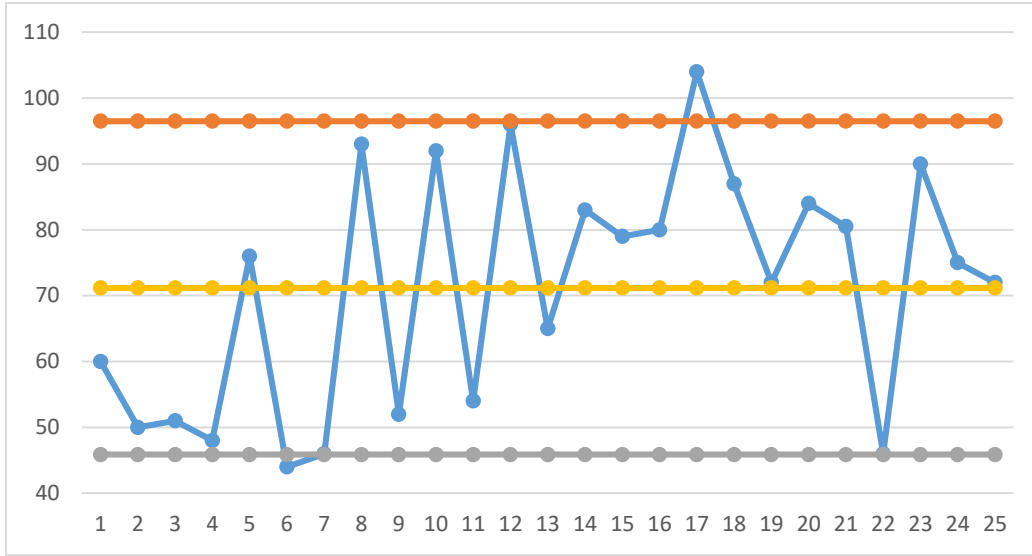
Ağırlık merkezi yöntemi-1'e göre hesaplanan kontrol limit değerleri; $AMY1_{MÇ-c} = 71.38$, $AMY1_{AKL-c} = 46.04$ ve $AMY1_{ÜKL-c} = 96.72$ olarak hesaplanmıştır. Grafik ve çizelge incelendiğinde 6, 7, 12 ve 22 numaralı veriler kontrol limitlerinin dışındadır.

Denklem (4.28)- (4.30)'a göre elde edilen veri değerleri Çizelge 6.138'de verilmiştir. Bu yöntem ile hesaplanan limit değerleri $AMY2_{MÇ-c} = 71.18$, $AMY2_{AKL-c} = 45.88$ ve $AMY2_{ÜKL-c} = 96.48$ şeklindedir.

Çizelge 6. 137. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

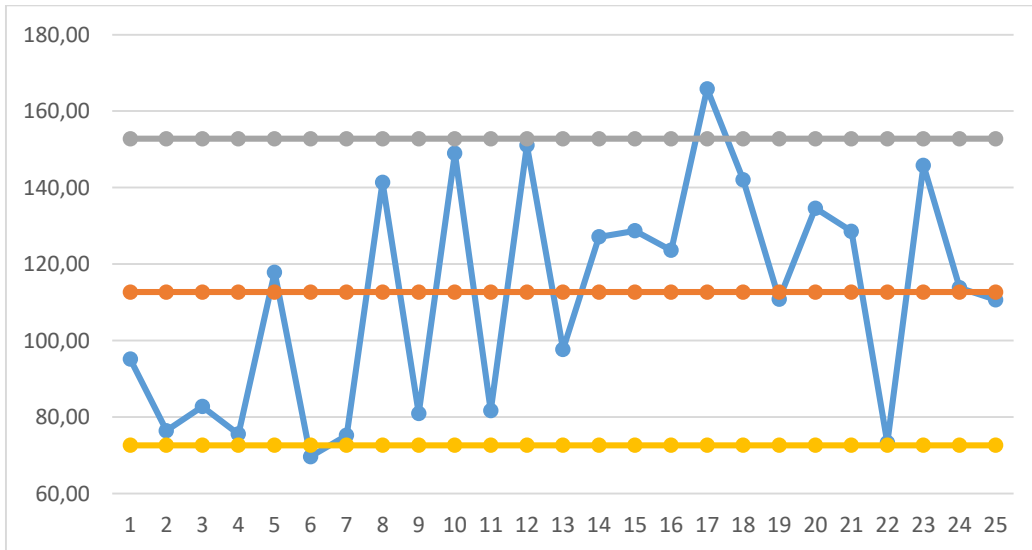
No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	60	6	44	11	54	16	80	21	81
2	50	7	46	12	96	17	104	22	46
3	51	8	93	13	65	18	87	23	90
4	48	9	52	14	83	19	72	24	75
5	76	10	92	15	79	20	84	25	72

Bu değerlere göre çizilen grafik ise Şekil 6.133'te gösterilmiştir. Grafik ve tablo değerleri değerlendirildiğinde 6 ve 17 nolu veriler kontrol limitleri dışındadır.



Şekil 6. 133. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği

Ağırlık merkezi yöntemi-3 c-kontrol grafiklerine Denklem (4.31) yardımıyla uygulanmıştır. Kontrol limitleri için elde edilen değerler $AMY3_{MÇ-c} = 112.70$, $AMY3_{AKL-c} = 72.64$ ve $AMY3_{ÜKL-c} = 152.77$ olarak hesaplanmıştır. Verilerin ağırlık merkezi yöntemi-3 ile elde edilen değerleri Çizelge 6.139'da verilmiştir ve ardından Şekil 6.134'teki grafik çizilmiştir. Grafik ve çizelge incelendiğinde 6 ve 17 numaralı veriler kontrol limitlerinin dışındadır.



Şekil 6. 134. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık c-kontrol grafiği

Çizelge 6. 138. Sezgisel bulanık c-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	95.17	6	69.67	11	81.68	16	123.59	21	128.58
2	76.45	7	75.24	12	151.05	17	165.84	22	73.32
3	82.75	8	141.41	13	97.72	18	142.04	23	145.82
4	75.59	9	80.98	14	127.11	19	110.85	24	113.81
5	117.90	10	148.95	15	128.72	20	134.62	25	110.69

6.10. Sezgisel Bulanık u-Kontrol Grafikleri

Eğer birim başına düşen kusur sayısı ile ilgileniliyorsa çizilmesi gereken kontrol grafiğinin u-kontrol grafiği olduğu önceki bölümde anlatılmıştı. Burada c-kontrol grafiklerinden farklı olarak her bir parti için birim sayıları değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle de her bir parti için farklı AKL ve ÜKL değerleri hesaplanması gerekmektedir.

İlk olarak klasik u-kontrol grafikleri için MÇ, AKL ve ÜKL limitlerini hesaplamayı sağlayan denklemler Denklem (2.25)- (2.27) sezgisel bulanık kümelerle uyarlanmış ve Denklem (6.83)- (6.85) elde edilmiştir.

$$\widetilde{M\check{C}}_u = \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}'); \mu_{M\check{C}}^u; \nu_{M\check{C}}^u \right) = \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right), \left(\frac{\sum_{i=1}^m a'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d'_i}{m} \right); \mu_{M\check{C}}^u; \nu_{M\check{C}}^u \right) \quad (6.83)$$

$$\widetilde{\check{U}KL}_{u_i} = \left(\left(\bar{a} + 3\sqrt{\frac{\bar{a}}{n_i}}, \bar{b} + 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} + 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d} + 3\sqrt{\frac{\bar{d}}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' + 3\sqrt{\frac{\bar{a}'}{n_i}}, \bar{b} + 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} + 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d}' + 3\sqrt{\frac{\bar{d}'}{n_i}} \right); \mu_{\check{U}KL}^{u_i}; \nu_{\check{U}KL}^{u_i} \right) \quad (6.84)$$

$$\widetilde{AKL}_{u_i} = \left(\left(\bar{a} - 3\sqrt{\frac{\bar{a}}{n_i}}, \bar{b} - 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} - 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d} - 3\sqrt{\frac{\bar{d}}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' - 3\sqrt{\frac{\bar{a}'}{n_i}}, \bar{b} - 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} - 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d}' - 3\sqrt{\frac{\bar{d}'}{n_i}} \right); \mu_{AKL}^{u_i}; \nu_{AKL}^{u_i} \right) \quad (6.85)$$

$$\mu_{M\zeta^u} = 1 - (1 - \mu'_m)^{1/m} \quad (6.86)$$

$$v_{M\zeta^u} = (v'_m)^{1/m} \quad (6.87)$$

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi SBS için verilen hesaplama operatörleri en fazla iki sezgisel sayı için hesaplama yapmaktadır. Ancak ortalama veya limit değerleri hesaplayabilmek için örneklemdaki tüm SBS'a ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle μ'_m ve v'_m , değerleri ise birer seri olarak hesaplanan değerlerdir ve şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\mu'_m = \mu_m + \mu'_{m-1} - \mu_m * \mu'_{m-1}, m = 2, \dots, m \text{ ve } \mu'_1 = \mu_1 \quad (6.88)$$

$$v'_m = \prod_{i=1}^m v_i \quad (6.89)$$

u için ortalama değerler hesaplandıktan sonra sırasıyla AKL ve ÜKL için μ ve v hesaplama denklemleri Denklem (6.90)- (6.91)'de verilmiştir.

$$\mu_{AKL}^{u_i} = \mu_{ÜKL}^{u_i} = \mu_{M\zeta^u} + \left[1 - \left(1 - \sqrt{1 - (1 - \mu_{M\zeta^u})^{1/n_i}} \right)^3 \right] - \mu_{M\zeta^u} * \left[1 - \left(1 - \sqrt{1 - (1 - \mu_{M\zeta^u})^{1/n_i}} \right)^3 \right] \quad (6.90)$$

$$v_{AKL}^{u_i} = v_{ÜKL}^{u_i} = v_{M\zeta^u} * \left(1 - \sqrt{1 - (v_{M\zeta^u})^{1/n_i}} \right)^3 \quad (6.91)$$

Burada n_i ifadesi her bir parti grubu için farklılık göstermektedir bu nedenle de her bir partinin μ ve v değerleri de farklılık gösterecektir. Ortak bir μ ve v hesaplaması için Denklem (6.92)- (6.94) kullanılmıştır.

$$\widetilde{M\mathcal{C}_u} = \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}'); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) =$$

$$\left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right), \right.$$

$$\left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m a'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d'_i}{m} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.92)$$

$$\widetilde{ÜKL_{u_i}} = \left(\left(\bar{a} + 3\sqrt{\frac{\bar{a}}{n_i}}, \bar{b} + 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} + 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d} + 3\sqrt{\frac{\bar{d}}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' + 3\sqrt{\frac{\bar{a}'}{n_i}}, \bar{b} + 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} + \right. \right.$$

$$\left. \left. 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d}' + 3\sqrt{\frac{\bar{d}'}{n_i}} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.93)$$

$$\widetilde{AKL_{u_i}} = \left(\left(\bar{a} - 3\sqrt{\frac{\bar{a}}{n_i}}, \bar{b} - 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} - 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d} - 3\sqrt{\frac{\bar{d}}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' - 3\sqrt{\frac{\bar{a}'}{n_i}}, \bar{b} - 3\sqrt{\frac{\bar{b}}{n_i}}, \bar{c} - \right. \right.$$

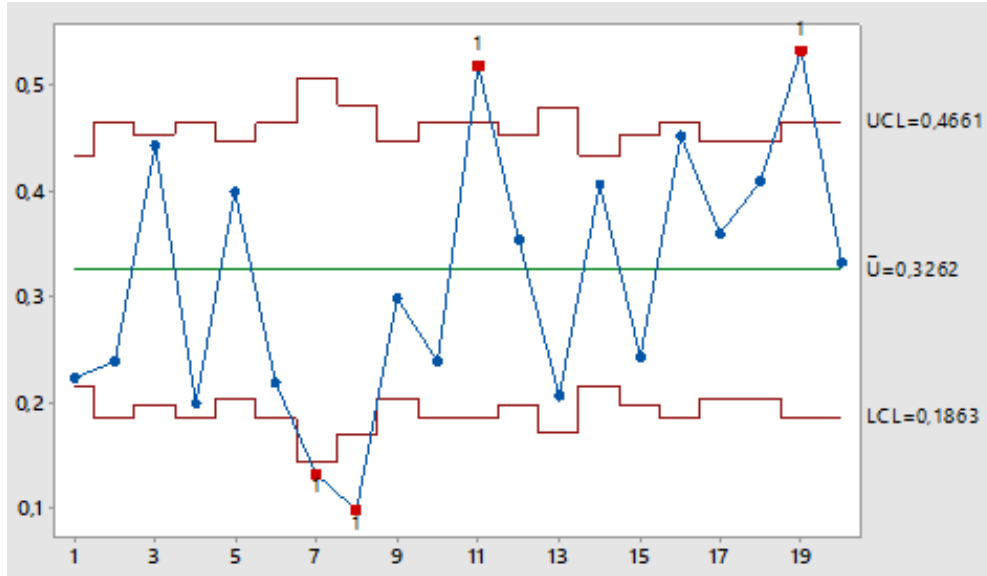
$$\left. \left. 3\sqrt{\frac{\bar{c}}{n_i}}, \bar{d}' - 3\sqrt{\frac{\bar{d}'}{n_i}} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.94)$$

Sezgisel bulanık u-kontrol limitleri bulunduktan sonra karşılaştırma yapmak için çalışma kapsamındaki yöntemler kullanılmıştır. Kesin sayılar ile klasik kontrol grafiği çizilmiş ardından önceki bölümlerde kullanılan yöntemler ile elde edilen sonuçlar klasik kontrol grafiği ile karşılaştırılmıştır. Kesin veriler Çizelge 6.140'ta gösterilmiştir.

Çizelge 6. 139. u-kontrol grafikleri için kesin veriler

No	Kusur Sayısı	Parti Miktarı	No	Kusur Sayısı	Parti Miktarı
1	56	250	11	78	150
2	36	150	12	64	180
3	80	180	13	26	125
4	30	150	14	102	250
5	80	200	15	44	180
6	33	150	16	68	150
7	12	90	17	72	200
8	12	120	18	82	200
9	60	200	19	80	150
10	36	150	20	50	150

Çizelge 6.140'taki değerler kullanılarak elde edilen u-kontrol grafiği Minitab paket programı kullanılarak çizilmiştir ve Şekil 6.135'te görülmektedir.



Şekil 6. 135. Kesin veriler ile oluşturulan u-kontrol grafiği

Kesin veriler ile oluşturulan u-kontrol grafiği sonunda 7, 8, 11 ve 19 nolu veriler kontrol limitleri dışındadır.

Kesin veriler ile kontrol grafiği oluşturulduktan sonra sezgisel bulanık kontrol limitleri u-kontrol grafiği için hesaplanmıştır. Kontrol limitleri her veri için ayrı ayrı hesaplanmıştır, çünkü her bir verinin parti miktarı farklıdır. Ancak $\widetilde{MC}_u$ değeri her bir veri için aynı olacaktır ve bu değer sezgisel bulanık sayı olarak şöyledir;

$$\widetilde{MC}_u = ((0.26, 0.30, 0.34, 0.38), (0.24, 0.30, 0.34, 0.40); 0.45; 0.37)$$

Daha sonra, sezgisel bulanık sayılar için kullanılan yöntemler sezgisel bulanık u-kontrol grafiği oluşturmak için kullanılmıştır.

6.10.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri

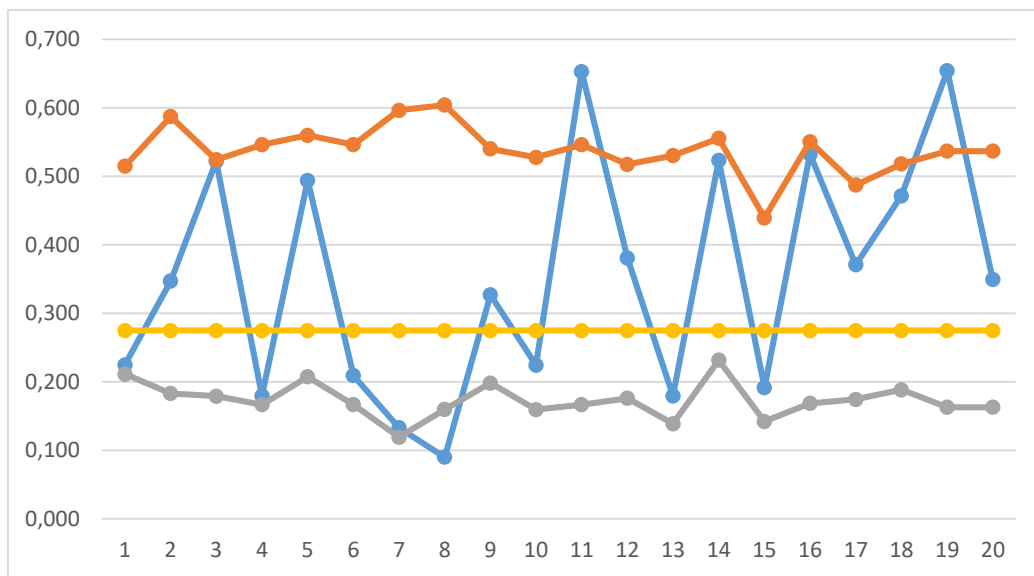
Daha önce bahsedilen kontrol grafikleri türlerine uygulandığı gibi Denklem (4.3)'teki sıralama yöntemi Ek Açıklama-H'deki sezgisel bulanık u-kontrol grafiği verilerine

uygulanmıştır. Ayrıca sıralama yöntemi her veri için ÜKL ve AKL değerini hesaplayabilmek için de kullanılmıştır. Geliştirilen sıralama formülü kullanılarak elde edilen veri değerleri ile AKL ve ÜKL değerleri Çizelge 6.141’de daha sonra ise Şekil 6.136’daki grafik çizilmiştir.

Çizelge 6. 140. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.225	0.515	0.211	11	0.653	0.546	0.167
2	0.347	0.587	0.183	12	0.381	0.517	0.176
3	0.522	0.524	0.179	13	0.180	0.530	0.139
4	0.179	0.546	0.167	14	0.523	0.555	0.232
5	0.494	0.560	0.207	15	0.192	0.439	0.142
6	0.209	0.546	0.167	16	0.532	0.551	0.168
7	0.133	0.596	0.119	17	0.371	0.487	0.174
8	0.090	0.604	0.160	18	0.472	0.518	0.188
9	0.327	0.540	0.198	19	0.654	0.537	0.163
10	0.224	0.528	0.159	20	0.349	0.537	0.163

Hem çizelge hem de grafiğe bakılarak süreç ile ilgili durum değerlendirilmiştir. MÇ olarak hesaplanan sıralama değeri ise 0.275 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.140 ve Şekil 6.136 incelendiğinde 8 numaralı veri AKL altında kalmıştır; 11 ve 19 numaralı veriler ÜKL değerlerinin üzerinde kaldığından sürecin kontrol dışında olduğu söylenebilir.



Şekil 6. 136. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği

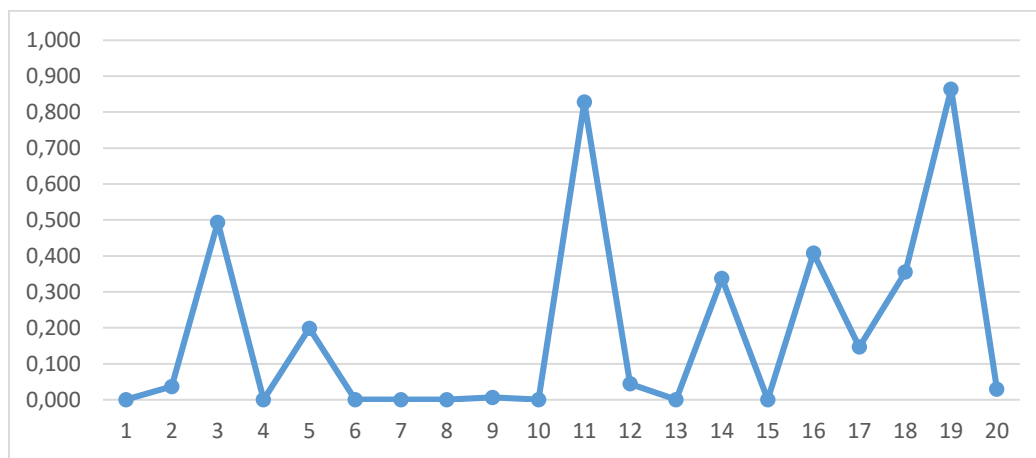
6.10.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri

Denklem (4.8)- (4.10)'da verilen olasılık yöntemi sezgisel bulanık u-kontrol grafiği oluşturmak için kullanılmıştır. ÜKL değerinden büyük olma olasılığı Çizelge 6.142 verilmiş ve grafik Şekil 6.138'de çizilmiştir. Benzer şekilde Çizelge 6.143 ve Şekil 6.139'da AKL değerinin u-kontrol grafiği verilerinden büyük olma olasılığı verilmiştir.

Veriler incelendiğinde 11 ve 19 numaralı veriler 0.7 olasılık değerinin üzerinde olduğu için ÜKL değerinin dışındadır şeklinde yorumlanır. 3, 14, 16 ve 18 numaralı veriler ise 0.3-0.5 olasılık değerleri arasında olduğu için 'tercihen kontrol içinde' olarak yorumlanır.

Çizelge 6. 142. Sezgisel bulanık u-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

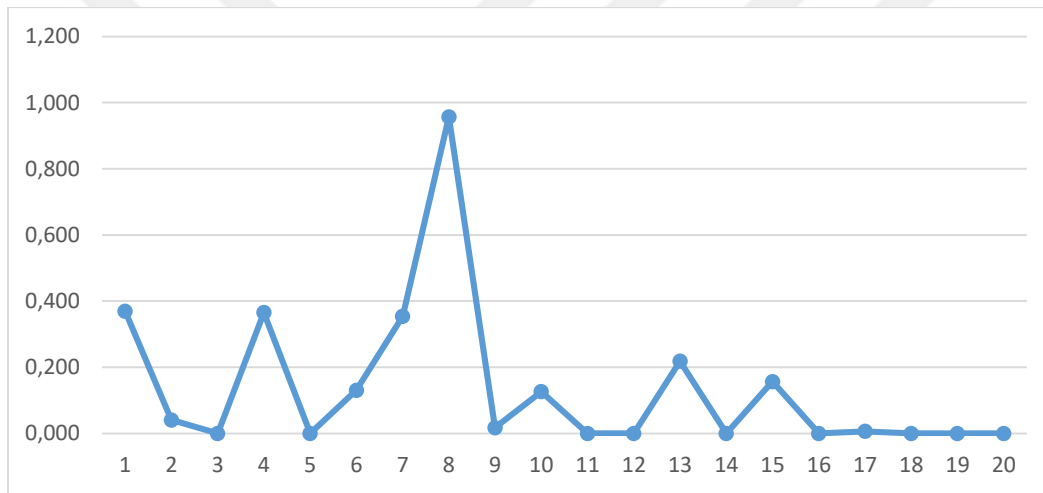
No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}	No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}
1	0	0	0	11	0.815	0.840	0.828
2	0.060	0.013	0.036	12	0.086	0.002	0.044
3	0.494	0.493	0.493	13	0	0	0
4	0	0	0	14	0.358	0.317	0.337
5	0.232	0.165	0.199	15	0	0	0
6	0	0	0	16	0.416	0.399	0.407
7	0	0	0	17	0.169	0.125	0.147
8	0	0	0	18	0.365	0.345	0.355
9	0.013	0	0.006	19	0.841	0.886	0.864
10	0	0	0	20	0.043	0.016	0.029



Şekil 6. 138. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği

Çizelge 6. 143. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık u-değerinden büyük olma olasılıkları

No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}	No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}
1	0.386	0.352	0.369	11	0	0	0
2	0.064	0.017	0.041	12	0	0	0
3	0	0	0	13	0.228	0.208	0.218
4	0.393	0.338	0.365	14	0	0	0
5	0	0	0	15	0.169	0.145	0.157
6	0.162	0.099	0.130	16	0	0	0
7	0.393	0.314	0.354	17	0.012	0	0.006
8	0.914	1.000	0.957	18	0	0	0
9	0.034	0	0.017	19	0	0	0
10	0.159	0.093	0.126	20	0	0	0



Şekil 6. 139. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

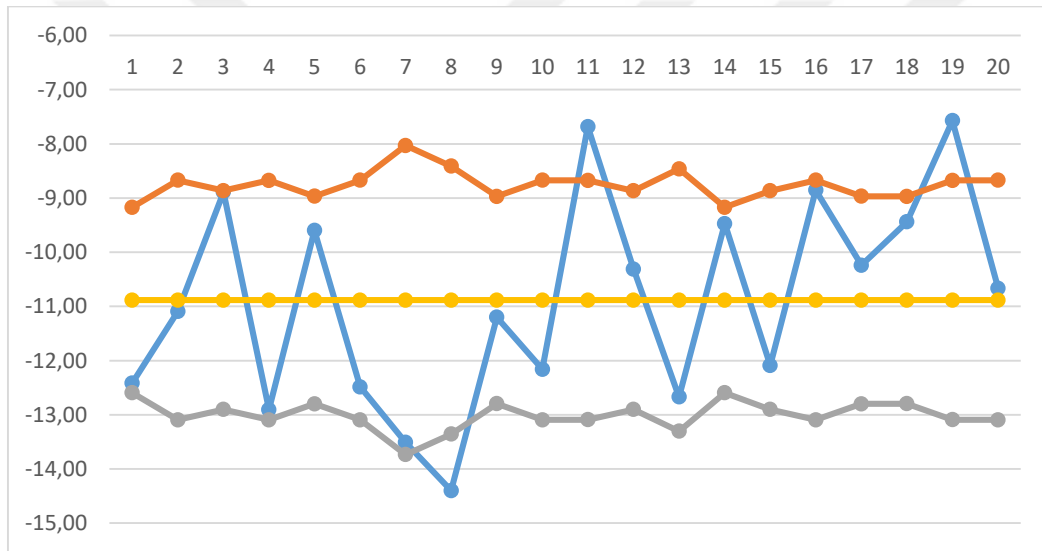
Çizelge 6.143 ve Şekil 6.139'a bakıldığında 8 numaralı veriler 0.7 olasılık değerinin üzerinde olduğu için kontrol dışında, 1, 4 ve 7 numaralı veriler ise “tercihen kontrol içinde” şeklinde yorumlanabilir.

6.10.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri

Denklem (4.12)'de verilen uzaklık yöntemi sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için uygulanmış ve elde edilen uzaklık değerleri Çizelge 6.144'te verilmiştir. Çizelge 6.144 ve Şekil 6.140'a bakıldığında 8, 11 ve 19 numaralı veriler kontrol limiti dışındadır. MÇ için uzaklık değeri ise -10.88 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 144. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	-12.42	-9.17	-12.60	11	-7.68	-8.67	-13.09
2	-11.09	-8.67	-13.09	12	-10.31	-8.86	-12.90
3	-8.89	-8.86	-12.90	13	-12.67	-8.46	-13.31
4	-12.91	-8.67	-13.09	14	-9.47	-9.17	-12.60
5	-9.60	-8.97	-12.80	15	-12.09	-8.86	-12.90
6	-12.49	-8.67	-13.10	16	-8.85	-8.67	-13.09
7	-13.51	-8.03	-13.74	17	-10.24	-8.97	-12.80
8	-14.40	-8.41	-13.36	18	-9.44	-8.97	-12.80
9	-11.20	-8.97	-12.80	19	-7.57	-8.67	-13.09
10	-12.16	-8.67	-13.09	20	-10.67	-8.67	-13.09



Şekil 6.140. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği

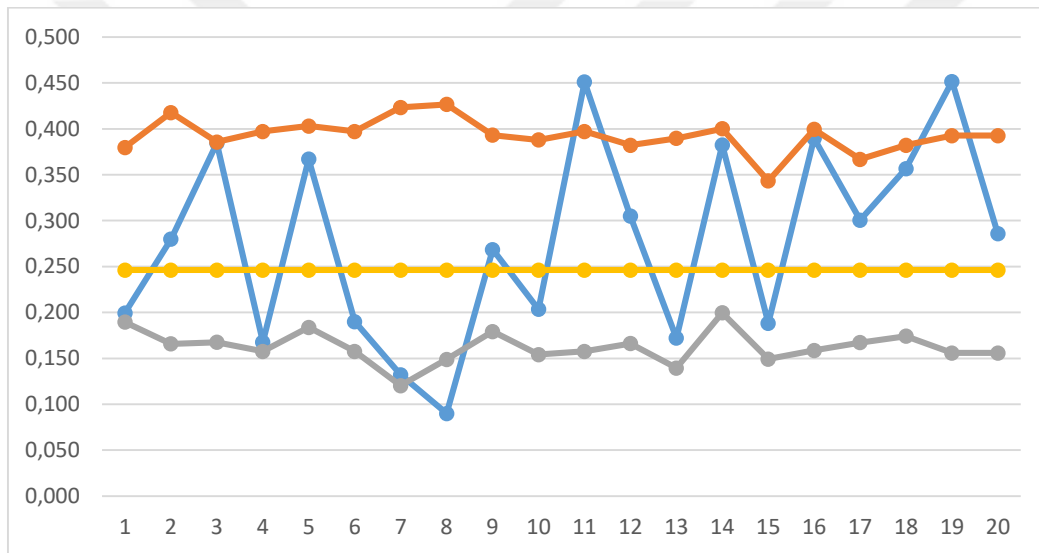
6.10.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafikleri

Sezgisel bulanık sayıların kıyaslayabilmek için kullanılan yöntemlerin başında durulaştırma ve ağırlık merkezi yöntemleri gelmektedir. Denklem (4.24)'de verilen durulaştırma yöntemi kullanılmış ve bu yöntem Ek Açıklama-H'deki sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için uygulanmıştır.

Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için hesaplanan durulaştırma değerleri Çizelge 6.146'da verilmiş ve Şekil 6.141'de grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 6. 145. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.199	0.380	0.189	11	0.451	0.397	0.158
2	0.280	0.418	0.166	12	0.305	0.382	0.166
3	0.384	0.386	0.168	13	0.172	0.390	0.140
4	0.168	0.397	0.158	14	0.383	0.400	0.200
5	0.367	0.403	0.184	15	0.188	0.343	0.149
6	0.190	0.397	0.158	16	0.390	0.399	0.159
7	0.132	0.423	0.120	17	0.301	0.367	0.167
8	0.090	0.427	0.149	18	0.357	0.382	0.174
9	0.269	0.393	0.179	19	0.452	0.393	0.156
10	0.203	0.388	0.154	20	0.286	0.393	0.156



Şekil 6. 141. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği

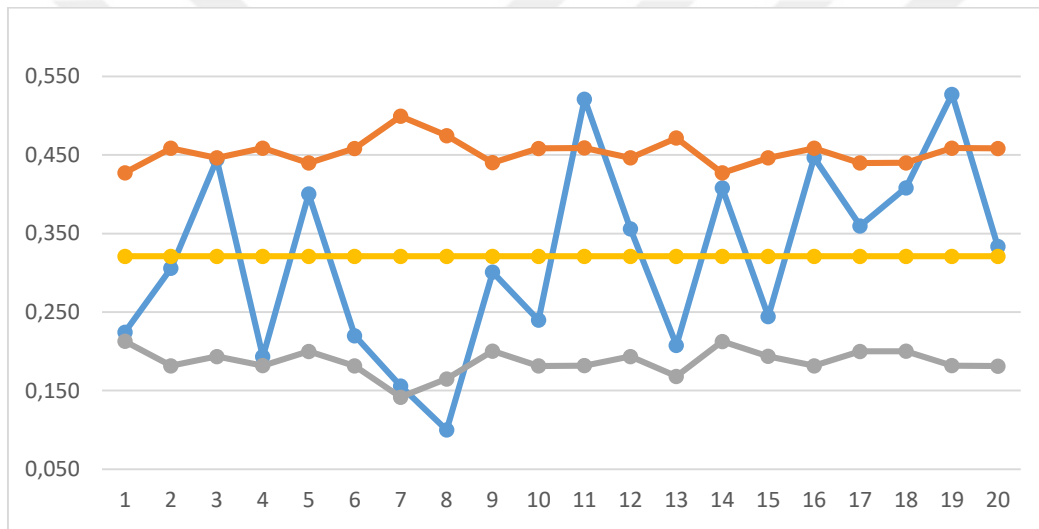
Çizelge 6.146 ve grafik incelendiğinde; 8, 11 ve 19 numaralı veriler kontrol limitleri dışındadır.

Kullanılan ikinci yöntem Denklem (4.25)- (4.27)'de verilen ağırlık merkezi-1 karşılaştırma yöntemidir. Geliştirilen formül kullanılarak Çizelge 6.147'deki değerler elde edilmiş ve ardından grafik çizilmiştir.

Çizelge 6.147 ve Şekil 6.142 incelendiği zaman 8, 11 ve 19 numaralı veriler kontrol limitleri dışında kalmıştır.

Çizelge 6. 146. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.224	0.427	0.213	11	0.521	0.459	0.182
2	0.306	0.458	0.182	12	0.356	0.446	0.194
3	0.444	0.446	0.193	13	0.208	0.472	0.168
4	0.193	0.459	0.182	14	0.408	0.427	0.213
5	0.400	0.440	0.200	15	0.244	0.446	0.194
6	0.220	0.458	0.181	16	0.447	0.459	0.182
7	0.156	0.499	0.142	17	0.360	0.440	0.200
8	0.100	0.475	0.165	18	0.408	0.440	0.200
9	0.301	0.440	0.200	19	0.527	0.459	0.182
10	0.240	0.458	0.181	20	0.333	0.458	0.181



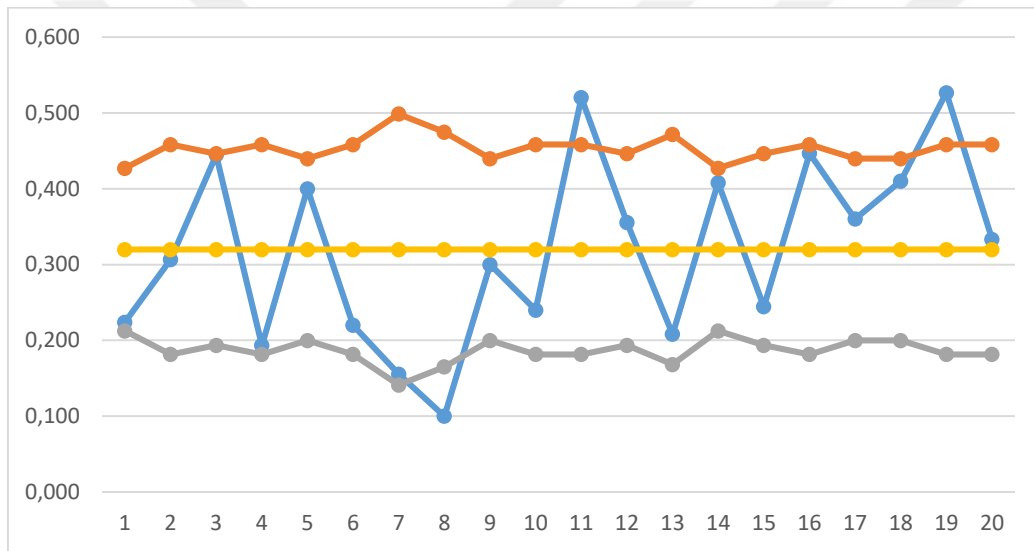
Şekil 6.142. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği

Denklem (4.28)- (4.30) ile sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için hesaplanan ağırlık merkezi değerleri Çizelge 6.148’de verilmiştir, daha sonra bu veriler kullanılarak grafik çizilmiştir. Şekil 6.143 ve Çizelge 6.147 incelendiğinden ağırlık merkezi yöntemi-2’ye göre 8, 11 ve 19 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Denklem (4.31) ve Ek Açıklama-H’deki veriler kullanılarak elde edilen değerler Çizelge 6.149’da verilmiştir. Bu veriler kullanılarak Şekil 6.144’teki grafik ve Çizelge 6.149 incelendiğinde 8, 11 ve 19 numaralı verilerin kontrol dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 147. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

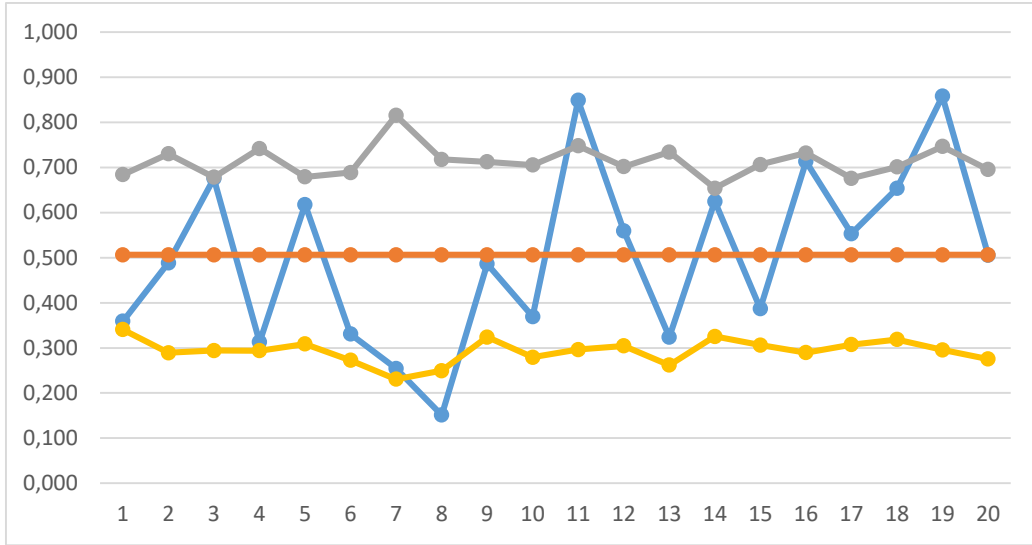
No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.224	0.427	0.213	11	0.520	0.458	0.181
2	0.307	0.458	0.181	12	0.356	0.446	0.193
3	0.444	0.446	0.193	13	0.208	0.471	0.168
4	0.193	0.458	0.181	14	0.408	0.427	0.213
5	0.400	0.440	0.200	15	0.244	0.446	0.193
6	0.220	0.458	0.181	16	0.447	0.458	0.181
7	0.156	0.499	0.141	17	0.360	0.440	0.200
8	0.100	0.475	0.165	18	0.410	0.440	0.200
9	0.300	0.440	0.200	19	0.527	0.458	0.181
10	0.240	0.458	0.181	20	0.333	0.458	0.181



Şekil 6. 143. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği

Çizelge 6. 148. Sezgisel bulanık u-kontrol grafiği için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.359	0.684	0.341	11	0.849	0.748	0.296
2	0.489	0.730	0.289	12	0.559	0.702	0.304
3	0.676	0.678	0.294	13	0.324	0.734	0.262
4	0.313	0.742	0.294	14	0.625	0.654	0.326
5	0.618	0.679	0.309	15	0.387	0.707	0.306
6	0.331	0.689	0.273	16	0.713	0.732	0.290
7	0.254	0.816	0.231	17	0.553	0.676	0.307
8	0.151	0.718	0.250	18	0.654	0.701	0.319
9	0.486	0.712	0.324	19	0.858	0.747	0.296
10	0.369	0.706	0.279	20	0.506	0.695	0.275



Şekil 6.144. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık u-kontrol grafiği

6.11. Sezgisel Bulanık p-Kontrol Grafikleri

Kusurlu oranı kontrol grafiği de denilen p-kontrol grafiği bir diğer niteliksel kontrol grafiğidir. Kusur tipi önemli olmaksızın alınan her bir partideki kusuru olan ürünlerin oranları hesaplanarak elde edilir. Hatalı/hatasız, red/kabul gibi ifadeler ile ürünün kalitesi ölçülmeye çalışılıyor ve aynı zamanda da alınan örnek büyüklükleri değişiyor ise p kontrol grafiği kullanılır.

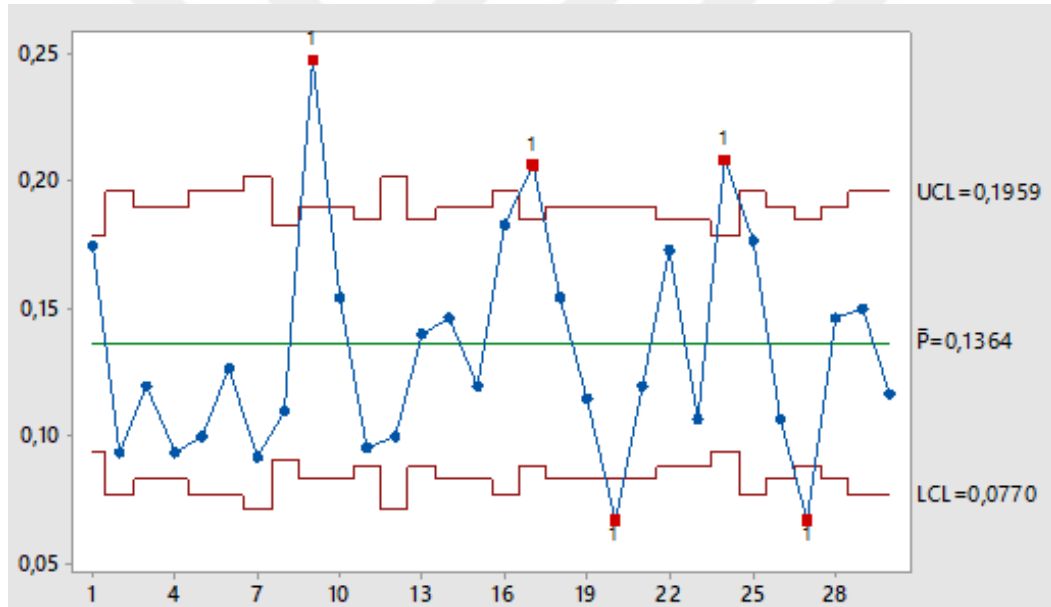
Gerçek hayat verilerinde kimi zaman hatalı/hatasız ayrımını yapmak çelişki yaratabilir. Bu nedenle bulanık küme teorisi ile p-kontrol grafiklerinin oluşturulması düşünülebilir. Önceki bölümlerde bahsedilen sezgisel bulanık küme karşılaştırma yöntemleri sırası ile sezgisel bulanık p-kontrol grafiğine uyarlanmıştır.

Öncelikli olarak parti sayıları ve kesin sayılar Çizelge 6.150’de verilmiştir ve bununla ilgili klasik p-kontrol grafiği Şekil 6.145’te görülmektedir.

Kesin veriler için çizilen p-kontrol grafiği incelendiğinde 9, 17, 20, 24 ve 27 nolu verilerin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 149. p-kontrol grafikleri için kesin veriler

No	Kusurlu Sayısı	Parti Miktarı	No	Kusurlu Sayısı	Parti Miktarı	No	Kusurlu Sayısı	Parti Miktarı
1	105	600	11	43	450	21	45	375
2	28	300	12	25	250	22	78	450
3	45	375	13	63	450	23	48	450
4	35	375	14	55	375	24	125	600
5	30	300	15	45	375	25	53	300
6	38	300	16	55	300	26	40	375
7	23	250	17	93	450	27	30	450
8	55	500	18	58	375	28	55	375
9	93	375	19	43	375	29	45	300
10	58	375	20	25	375	30	35	300



Şekil 6.145. Kesin veriler ile oluşturulan p-kontrol grafiği

Sezgisel bulanık kümeler için p-kontrol grafiklerinin oluşturulabilmesi için öncelikli olarak sezgisel bulanık kontrol limitleri belirlenmelidir. Sezgisel $\bar{p}$ değerinin hesaplanması için, her bir partinin p_i kusurlu oranı sezgisel bulanık sayı biçiminde hesaplanır. Daha sonrasında tüm p_i değerlerinin ortalaması alınarak MÇ değeri bulunur. Ardından bu değer kullanılarak her bir parti grubu için ÜKL ve AKL değerleri hesaplanır. Bu hesaplamaları gösteren denklemler Denklem (6.95)-(6.96) olarak sıralanmıştır.

$$\begin{aligned} \widetilde{M\zeta_p} = & \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}'); \mu_{M\zeta^p}; \nu_{M\zeta^p} \right) = \\ & \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right), \right. \\ & \left. \left(\frac{\sum_{i=1}^m a'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d'_i}{m} \right); \mu_{M\zeta^p}; \nu_{M\zeta^p} \right) \end{aligned} \quad (6.95)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{ÜKL_p} = & \left(\left(\bar{a} + \sqrt{\frac{\bar{a}*(1-\bar{d})}{n_i}}, \bar{b} + 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} + 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d} + 3\sqrt{\frac{\bar{d}*(1-\bar{a})}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' + \sqrt{\frac{\bar{a}'*(1-\bar{d}')}{n_i}}, \bar{b} + \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} + 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d}' + 3\sqrt{\frac{\bar{d}'*(1-\bar{a}')}{n_i}} \right); \mu_{ÜKL^p}; \nu_{ÜKL^p} \right) \end{aligned} \quad (6.96)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL_p} = & \left(\left(\bar{a} - \sqrt{\frac{\bar{a}*(1-\bar{d})}{n_i}}, \bar{b} - 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} - 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d} - 3\sqrt{\frac{\bar{d}*(1-\bar{a})}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' - \sqrt{\frac{\bar{a}'*(1-\bar{d}')}{n_i}}, \bar{b} - \right. \right. \\ & \left. \left. 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} - 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d}' - 3\sqrt{\frac{\bar{d}'*(1-\bar{a}')}{n_i}} \right); \mu_{AKL^p}; \nu_{AKL^p} \right) \end{aligned} \quad (6.97)$$

Burada, tıpkı aralık tip-2 bulanık p kontrol grafiklerinde olduğu gibi, belirtilmesi gereken önemli bir ayrıntı bulunmaktadır. (1-p) şeklinde ifade edilen kısım sezgisel bulanık küme içerisinde çıkarma işlemine göre çıkarılmalıdır.

Belirtilmesi gereken bir diğer nokta sezgisel bulanık kontrol grafikleri için μ ve ν değerlerinin hesaplamasındaki farklılıklardır. En fazla iki sezgisel bulanık sayı için kullanılan operatörler bir örneklem için kullanıldığında μ ve ν değerleri için hesaplamalar farklılık gösterir.

$$\mu_{M\zeta^p} = 1 - (1 - \mu'_m)^{1/m} \quad (6.98)$$

$$\nu_{M\zeta^p} = (\nu'_m)^{1/m} \quad (6.99)$$

Burada μ'_m ve ν'_m , değerleri ise birer seri olarak hesaplanan değerlerdir ve şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\mu'_m = \mu_m + \mu'_{m-1} - \mu_m * \mu'_{m-1}, m = 2, \dots, m \text{ ve } \mu'_1 = \mu_1 \quad (6.100)$$

$$\nu'_m = \prod_{i=1}^m \nu_i \quad (6.101)$$

p için ortalama değerler hesaplandıktan sonra sırasıyla AKL ve ÜKL için μ ve v hesaplama denklemleri Denklem(6.102)-(6.103)'te verilmiştir.

$$\mu_{AKL^p} = \mu_{ÜKL^p} = \mu_{MÇ^p} + \left(1 - \left(1 - \sqrt{1 - (1 - \mu_{MÇ^p}^2)^{1/n_i}} \right) \right)^3 - \mu_{MÇ^p} * \left(1 - \left(1 - \sqrt{1 - (1 - \mu_{MÇ^p}^2)^{1/n_i}} \right) \right)^3 \quad (6.102)$$

$$v_{AKL^p} = v_{ÜKL^p} = v_{MÇ^p} * \left(1 - \sqrt{1 - (2 * v_{MÇ^p} - v_{MÇ^p}^2)^{1/n_i}} \right)^3 \quad (6.103)$$

Bu hesaplamalarda görüldüğü üzere MÇ için üyelik ve üye olmama değerleri AKL ve ÜKL için üyelik ve üye olmama değerlerine eşit değildir. Bu durumu düzenlemek adına ve tüm limitlerin aynı üyelik ve üye olmama derecelerine sahip olması için denklemler Denklem (6.104)-(6.106)'daki gibi düzenlenmiştir;

$$\widetilde{MÇ_p} = \left((\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}), (\bar{a}', \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}'); \mu_{MÇ^p}; v_{MÇ^p} \right) = \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right), \left(\frac{\sum_{i=1}^m a'_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d'_i}{m} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.104)$$

$$\widetilde{ÜKL_p} = \left(\left(\bar{a} + \sqrt{\frac{\bar{a}*(1-\bar{d})}{n_i}}, \bar{b} + 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} + 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d} + 3\sqrt{\frac{\bar{d}*(1-\bar{a})}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' + \sqrt{\frac{\bar{a}'*(1-\bar{d}')}{n_i}}, \bar{b} + 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} + 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d}' + 3\sqrt{\frac{\bar{d}'*(1-\bar{a}')}{n_i}} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.105)$$

$$\widetilde{AKL_p} = \left(\left(\bar{a} - \sqrt{\frac{\bar{a}*(1-\bar{d})}{n_i}}, \bar{b} - 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} - 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d} - 3\sqrt{\frac{\bar{d}*(1-\bar{a})}{n_i}} \right), \left(\bar{a}' - \sqrt{\frac{\bar{a}'*(1-\bar{d}')}{n_i}}, \bar{b} - 3\sqrt{\frac{\bar{b}*(1-\bar{c})}{n_i}}, \bar{c} - 3\sqrt{\frac{\bar{c}*(1-\bar{b})}{n_i}}, \bar{d}' - 3\sqrt{\frac{\bar{d}'*(1-\bar{a}')}{n_i}} \right); \min(\mu_i); \max(v_i) \right) \quad (6.106)$$

Son olarak, bu hesaplamalar her bir parti için yapılacağından her partinin AKL ve ÜKL değerleri farklı çıkacaktır. Bu nedenle sezgisel bulanık sayı olarak ÜKL ve AKL'nin tek bir değeri olmadığı için verilmemiş, ancak $\tilde{p}$ ve $1 - \tilde{p}$ değerleri verilmiştir ve şu şekildedir;

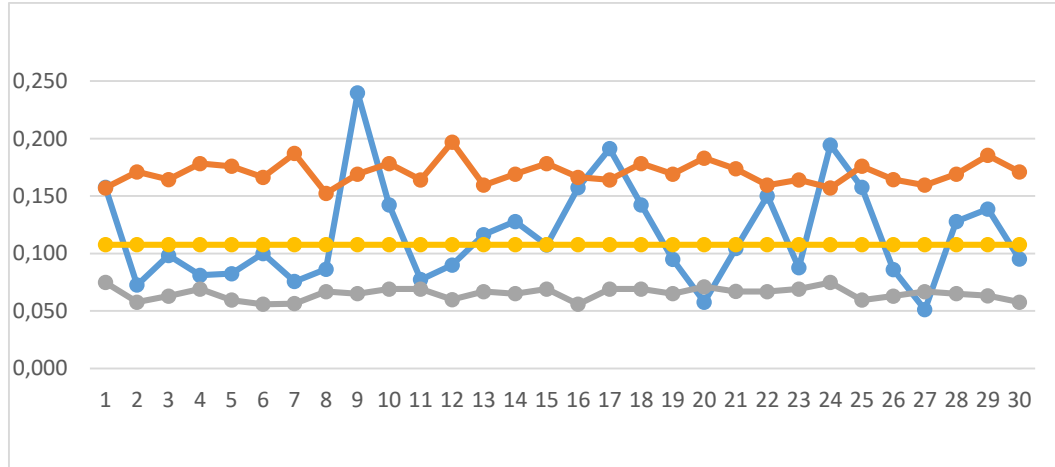
$$\tilde{p} = ((0.110, 0.130, 0.137, 0.157), (0.094, 0.130, 0.137, 0.173); 0.55, 0.2)$$

$$1 - \tilde{p} = ((0.843, 0.863, 0.870, 0.890), (0.827, 0.863, 0.870, 0.906); 0.55, 0.2)$$

6.11.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri

Sezgisel bulanık $\tilde{p}$ ve $1 - \tilde{p}$ hesaplandıktan sonra her bir veri için değişiklik gösterecek olan limit değerleri yine sezgisel bulanık sayı olarak hesaplanmıştır.

Denklem (4.3)'teki sıralama yöntemi sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için kullanılmış ve Ek Açıklama-I'daki veriler için elde edilen değerler Çizelge 6.150 ve Şekil 6.146'da verilmiştir.



Şekil 6. 146. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği

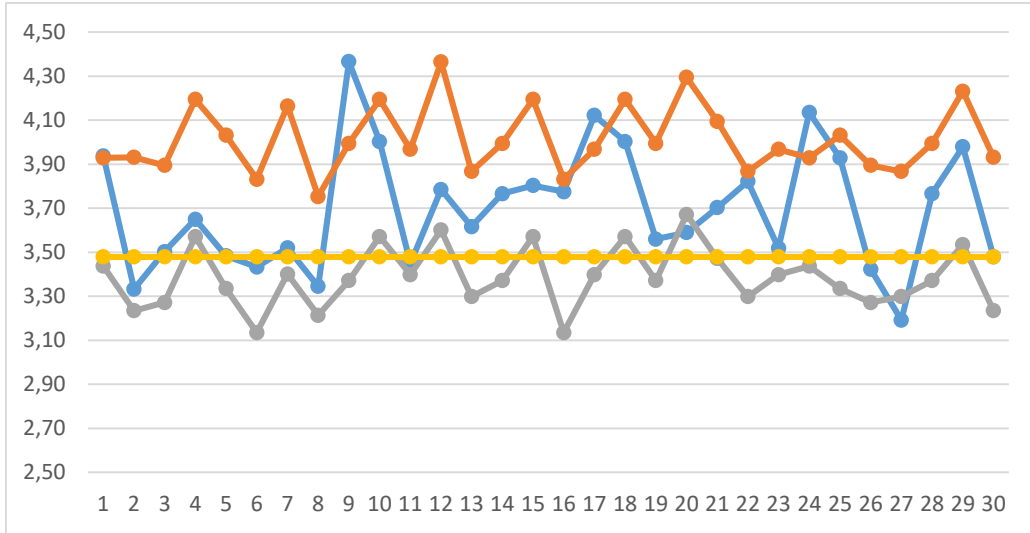
Çizelge 6. 150. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.158	0.157	0.075	16	0.157	0.166	0.056
2	0.073	0.171	0.058	17	0.191	0.164	0.069
3	0.098	0.164	0.063	18	0.142	0.178	0.069
4	0.081	0.178	0.069	19	0.095	0.169	0.065
5	0.083	0.176	0.060	20	0.058	0.183	0.071
6	0.100	0.166	0.056	21	0.104	0.174	0.067
7	0.076	0.187	0.056	22	0.150	0.160	0.067
8	0.086	0.152	0.067	23	0.088	0.164	0.069
9	0.240	0.169	0.065	24	0.194	0.157	0.075
10	0.142	0.178	0.069	25	0.158	0.176	0.060
11	0.077	0.164	0.069	26	0.086	0.164	0.063
12	0.090	0.197	0.060	27	0.051	0.160	0.067
13	0.117	0.160	0.067	28	0.128	0.169	0.065
14	0.128	0.169	0.065	29	0.139	0.185	0.063
15	0.107	0.178	0.069	30	0.095	0.171	0.058

$\bar{p}$ değeri için sıralama yöntemi-1 kullanılarak elde edilen değer 0.108 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.150 ve Şekil 6.146 incelendiğinde 9, 17, 20, 24 ve 27 nolu verilerin kontrol limitleri dışında olduğu, diğer verilerin kontrol limitleri arasında olduğu görülmektedir.

Denklem (4.4)'te verilen sıralama yöntemi-2 Ek Açıklama-I'daki sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için kullanılmıştır. Sıralama yöntemi-2 ile elde edilen $\bar{p}$ değeri ise 3.48 olarak hesaplanmış ve diğer limit değerleri ile veriler için hesaplamalar Çizelge 6.152 ve Şekil 6.147'de görülmektedir.

Şekil 6.147 ve Çizelge 6.152 incelendiğinde AKL değerlerinin bazıları ortalama çizgisinin üzerinde kaldığı için geliştirilen sıralama yöntemi-2 sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için uygun değildir.



Şekil 6.147. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği

Çizelge 6. 151. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-2 değerleri

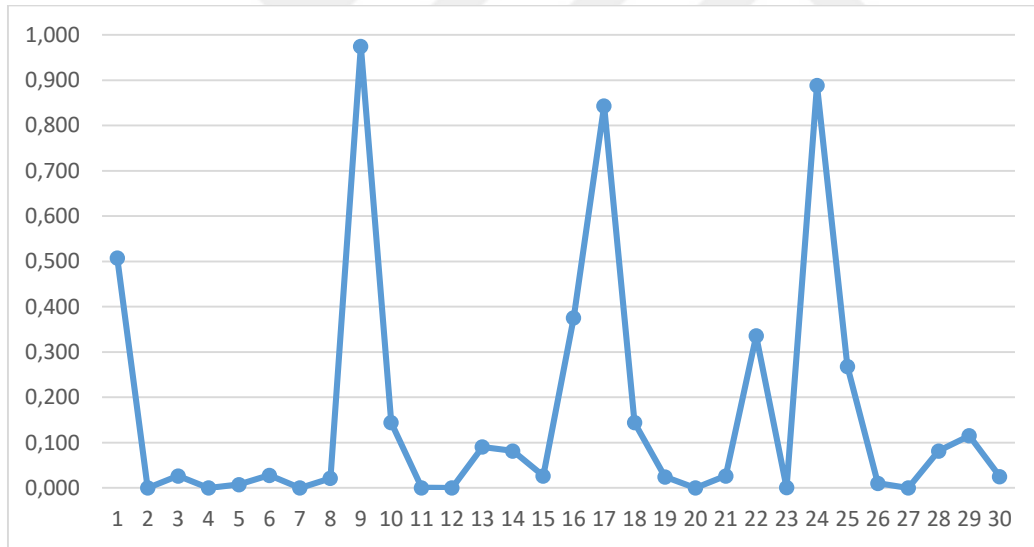
No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	3.94	3.93	3.44	16	3.78	3.83	3.13
2	3.33	3.93	3.23	17	4.12	3.97	3.40
3	3.50	3.89	3.27	18	4.00	4.19	3.57
4	3.65	4.19	3.57	19	3.56	3.99	3.37
5	3.48	4.03	3.33	20	3.59	4.29	3.67
6	3.43	3.83	3.13	21	3.70	4.09	3.47
7	3.52	4.16	3.40	22	3.82	3.87	3.30
8	3.35	3.75	3.21	23	3.52	3.97	3.40
9	4.37	3.99	3.37	24	4.14	3.93	3.44
10	4.00	4.19	3.57	25	3.93	4.03	3.33
11	3.45	3.97	3.40	26	3.42	3.89	3.27
12	3.79	4.36	3.60	27	3.19	3.87	3.30
13	3.62	3.87	3.30	28	3.77	3.99	3.37
14	3.77	3.99	3.37	29	3.98	4.23	3.53
15	3.80	4.19	3.57	30	3.48	3.93	3.23

6.11.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri

Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri ile ilgili yorum yapabilmek için kullanılan bir diğer yöntem Denklem (4.8)- (4.10)'da verilen olasılık yöntemi için değerler Çizelge 6.153 ve Çizelge 6.154'te verilmektedir. Ardından Şekil 6.148 ve Şekil 6.149 çizilmiş ve yorumlanmıştır.

Çizelge 6. 152. Sezgisel bulanık p-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}	No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}
1	0.507	0.508	0.507	16	0.412	0.339	0.375
2	0	0	0	17	0.796	0.891	0.843
3	0.053	0	0.026	18	0.170	0.117	0.144
4	0	0	0	19	0.049	0	0.024
5	0.014	0	0.007	20	0	0	0
6	0.055	0	0.028	21	0.053	0	0.026
7	0	0	0	22	0.375	0.297	0.336
8	0.042	0	0.021	23	0.001	0	0
9	0.949	1.000	0.975	24	0.825	0.952	0.889
10	0.170	0.117	0.144	25	0.323	0.213	0.268
11	0.001	0	0	26	0.020	0	0.010
12	0	0	0	27	0	0	0
13	0.131	0.049	0.090	28	0.150	0.013	0.082
14	0.150	0.013	0.082	29	0.159	0.071	0.115
15	0.053	0	0.026	30	0.050	0	0.025

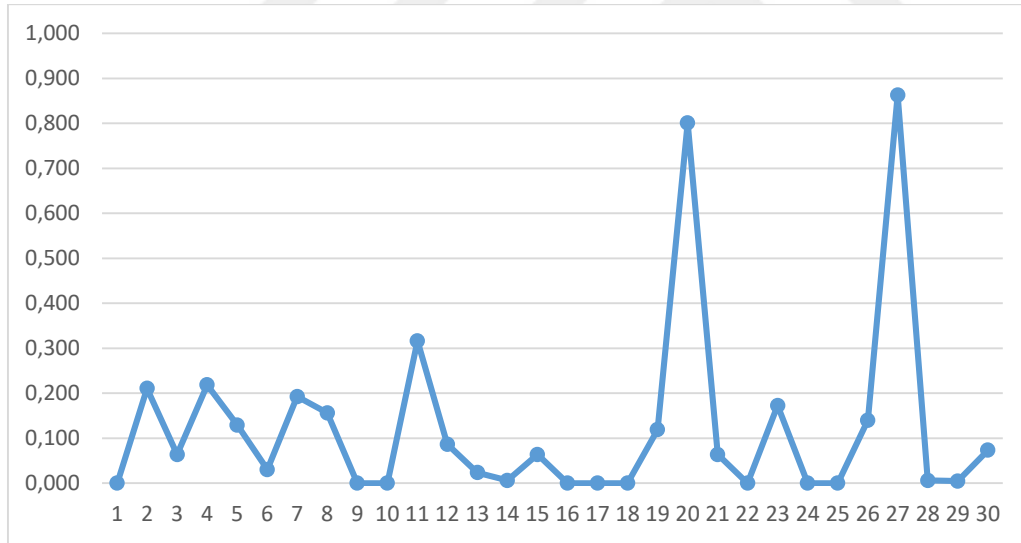


Şekil 6.148. Sezgisel bulanık p-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği

Çizelge 6.153 ve Şekil 6.148 incelendiğinde 9, 17 ve 24 numaralı veriler 0.7 olasılık değerinin üzerinde olup ÜKL değerinin dışındadır. Sadece 1 numaralı veri ÜKL değerlerine göre “tercihen kontrol dışındadır” ve 16 ile 22 numaralı verilerin olasılık değerleri –ÜKL’ye göre- 0.3 ile 0.5 olasılık değerleri arasında olduğu için “tercihen kontrol içindedir” şeklinde yorumlanır.

Çizelge 6. 153. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık p-değerinden büyük olma olasılıkları

No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}	No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}
1	0	0	0	16	0	0	0
2	0.257	0.164	0.211	17	0	0	0
3	0.105	0.022	0.064	18	0	0	0
4	0.272	0.165	0.218	19	0.157	0.080	0.119
5	0.208	0.050	0.129	20	0.749	0.853	0.801
6	0.061	0	0.030	21	0.105	0.022	0.064
7	0.241	0.144	0.193	22	0	0	0
8	0.214	0.099	0.156	23	0.196	0.149	0.173
9	0	0	0	24	0	0	0
10	0	0	0	25	0	0	0
11	0.346	0.286	0.316	26	0.183	0.097	0.140
12	0.144	0.029	0.087	27	0.809	0.917	0.863
13	0.047	0	0.024	28	0.012	0	0.006
14	0.012	0	0.006	29	0.009	0	0.005
15	0.105	0.022	0.064	30	0.115	0.032	0.073



Şekil 6.149. Sezgisel bulanık p-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

AKL değerlerine göre olasılık değerleri incelendiğinde ise 20 ve 27 numaralı veriler kontrol dışındadır. 11 numaralı veri ise 0.3-0.5 olasılık değerlerinin arasında olduğu için “tercihen kontrol içindedir” şeklinde yorumlanır.

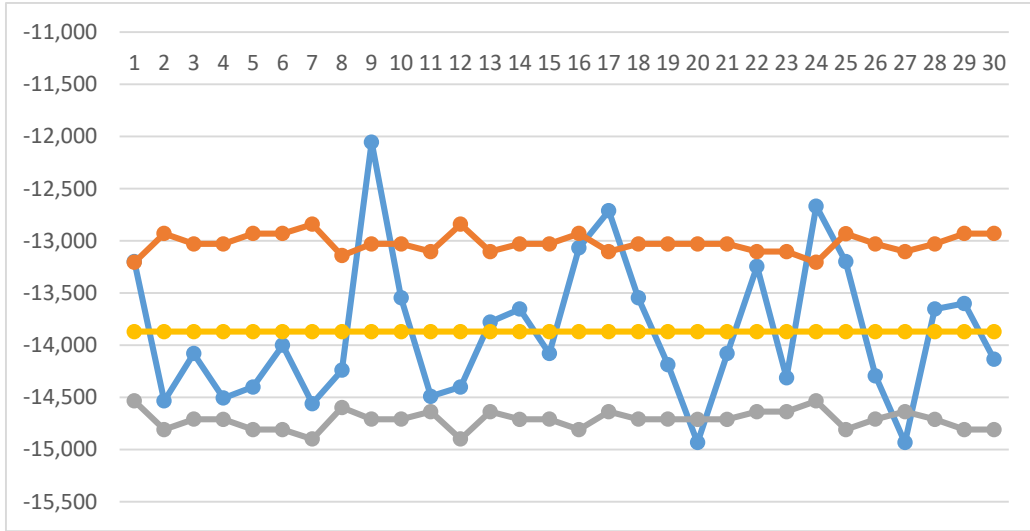
6.11.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri

Sezgisel bulanık sayılar için kullanılan ve Denklem (4.12)'de verilen uzaklık yöntemi Ek açıklamalardaki verilere uygulanmıştır. Ardından p-kontrol grafiğinin oluşturulması için hesaplamalar yapılmış ve Çizelge 6.154 ile Şekil 6.150 elde edilmiştir.

Veri, ÜKL ve AKL için hesaplanan değerlerin dışında hesaplanan $\bar{p}$ değerine karşılık gelen uzaklık değeri ise -13.87 olarak hesaplanmıştır. Buradaki sayıların negatif sayılar çıkmasının nedeni geliştirilen formül $\widetilde{T}_1$ sayısına uzaklığa bakıyor. p oran değerleri 1 değerinin altında bir değer olması ve formüldeki “-16” ifadesinden dolayı uzaklık değerleri negatif olarak hesaplanmıştır. Ancak bu durum, değerlerden ve şekilden görüldüğü üzere herhangi bir olumsuzluk yaratmamakta ve diğer yöntemlerle benzer sonuçlar çıkarmaktadır. Çizelge 6.154 ve Şekil 6.150 incelendiğinde 1, 9, 17, 20, 24 ve 27 numaralı veriler kontrol limitleri dışındadır.

Çizelge 6. 154. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için uzaklık yöntemi değerleri

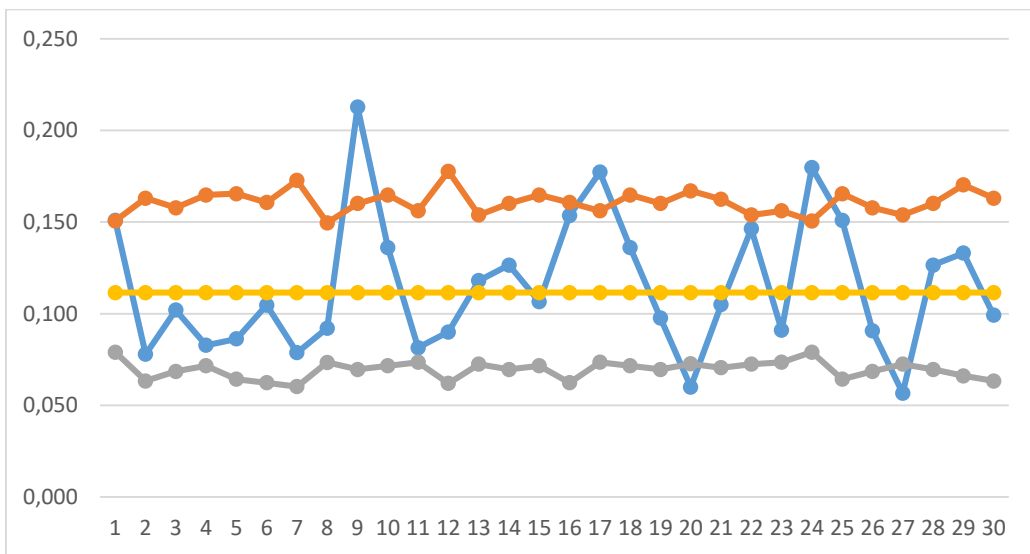
No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	-13.200	-13.205	-14.533	16	-13.067	-12.930	-14.809
2	-14.533	-12.930	-14.809	17	-12.711	-13.102	-14.636
3	-14.080	-13.029	-14.709	18	-13.547	-13.029	-14.710
4	-14.507	-13.029	-14.710	19	-14.187	-13.029	-14.709
5	-14.400	-12.930	-14.809	20	-14.933	-13.029	-14.710
6	-14.000	-12.930	-14.809	21	-14.080	-13.029	-14.710
7	-14.560	-12.840	-14.899	22	-13.244	-13.102	-14.636
8	-14.240	-13.142	-14.597	23	-14.311	-13.102	-14.636
9	-12.053	-13.029	-14.710	24	-12.667	-13.205	-14.534
10	-13.547	-13.029	-14.710	25	-13.200	-12.930	-14.808
11	-14.489	-13.103	-14.636	26	-14.293	-13.029	-14.710
12	-14.400	-12.840	-14.899	27	-14.933	-13.102	-14.636
13	-13.778	-13.102	-14.636	28	-13.653	-13.029	-14.710
14	-13.653	-13.029	-14.710	29	-13.600	-12.930	-14.809
15	-14.080	-13.029	-14.710	30	-14.133	-12.930	-14.809



Şekil 6.150. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği

6.11.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri

Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için kullanılacak son yöntemler durulaştırma ile ilgili olan yöntemlerdir. Yine önceki sezgisel bulanık p-kontrol grafiklerine benzer şekilde hem limitler hem de veri değerleri için hesaplamalar yapılmıştır. Denklem (4.24)'te verilen durulaştırma yöntemi Ek Açıklama-I'daki mevcut sezgisel bulanık p-değerleri için uygulanmıştır. Çizelge 6.155 ve Şekil 6.151'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.



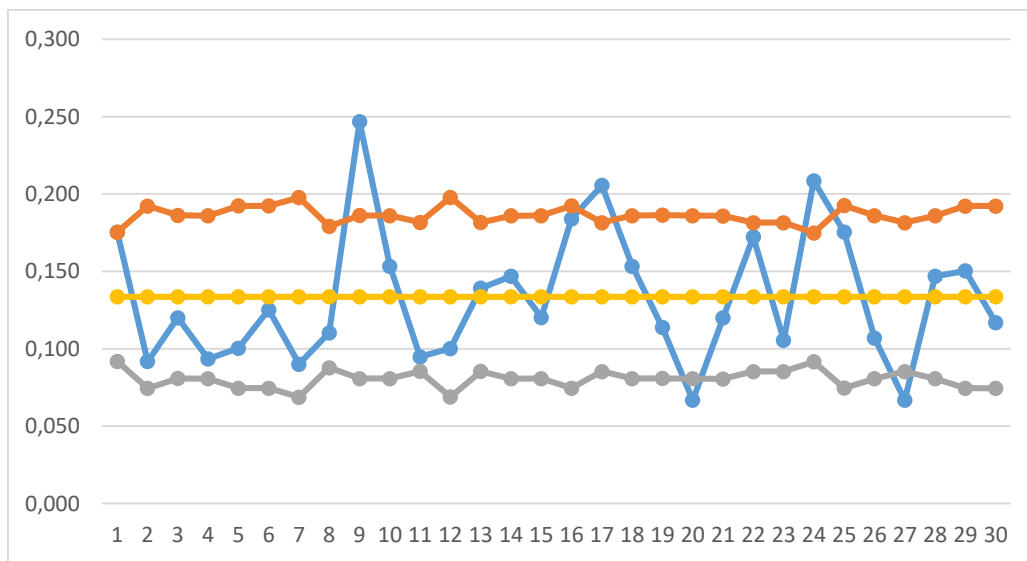
Şekil 6.151. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği

Çizelge 6. 155. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.151	0.151	0.079	16	0.154	0.161	0.062
2	0.078	0.163	0.063	17	0.177	0.156	0.074
3	0.102	0.158	0.069	18	0.136	0.165	0.072
4	0.083	0.165	0.072	19	0.098	0.160	0.070
5	0.086	0.165	0.064	20	0.060	0.167	0.073
6	0.105	0.161	0.062	21	0.105	0.162	0.071
7	0.079	0.173	0.060	22	0.146	0.154	0.072
8	0.092	0.150	0.073	23	0.091	0.156	0.074
9	0.213	0.160	0.070	24	0.180	0.151	0.079
10	0.136	0.165	0.072	25	0.151	0.165	0.064
11	0.081	0.156	0.074	26	0.091	0.158	0.069
12	0.090	0.178	0.062	27	0.057	0.154	0.072
13	0.118	0.154	0.072	28	0.127	0.160	0.070
14	0.127	0.160	0.070	29	0.133	0.170	0.066
15	0.107	0.165	0.072	30	0.099	0.163	0.063

Durulaştırma yöntemi ile elde edilen ortalama değer 0.112 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.156 değerleri ve kontrol grafiği incelendiğinde 1, 9, 17, 20, 24 ve 27 numaralı veriler kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Denklem (4.25)- (4.27) kullanılarak sezgisel bulanık p-kontrol grafiği oluşturulduğunda Çizelge 6.157 ve Şekil 6.152 elde edilmiştir.



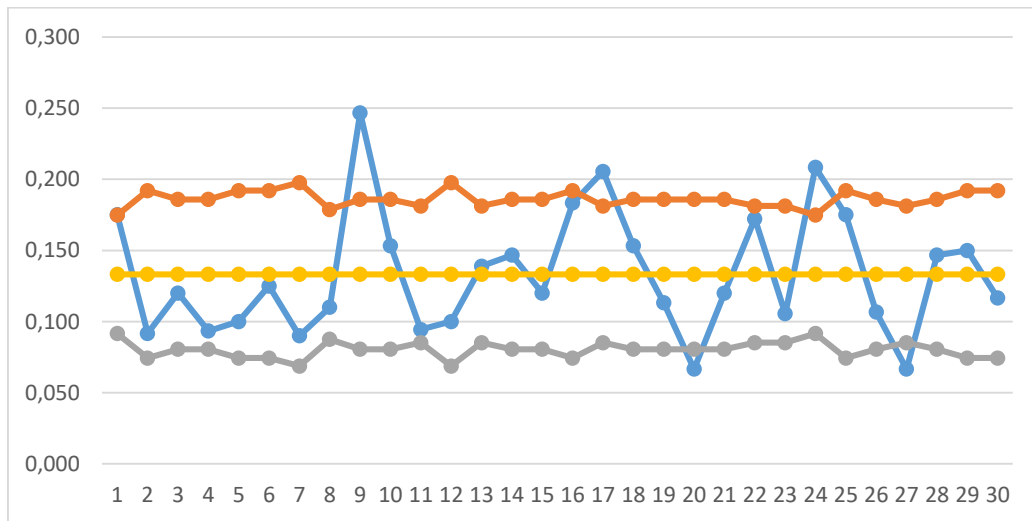
Şekil 6.152. Ağırılık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği

Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile hesaplanan ortalama değer ise 0.134 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.156 ve Şekil 6.152 incelendiğinde 1, 9, 17, 20, 24 ve 27 numaralı verilerin kontrol dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 156. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.175	0.175	0.092	16	0.184	0.192	0.074
2	0.092	0.192	0.074	17	0.206	0.182	0.085
3	0.120	0.186	0.081	18	0.153	0.186	0.081
4	0.093	0.186	0.081	19	0.114	0.186	0.081
5	0.100	0.192	0.074	20	0.067	0.186	0.081
6	0.125	0.192	0.074	21	0.120	0.186	0.081
7	0.090	0.198	0.069	22	0.172	0.181	0.085
8	0.110	0.179	0.088	23	0.106	0.182	0.085
9	0.247	0.186	0.081	24	0.209	0.175	0.092
10	0.153	0.186	0.081	25	0.175	0.193	0.074
11	0.095	0.182	0.085	26	0.107	0.186	0.081
12	0.100	0.198	0.069	27	0.067	0.181	0.085
13	0.139	0.182	0.085	28	0.147	0.186	0.081
14	0.147	0.186	0.081	29	0.150	0.192	0.074
15	0.120	0.186	0.081	30	0.117	0.192	0.074

Denklem (4.28)- (4.30)'a göre veriler ve kontrol limitleri hesaplamaları yapıldığında Çizelge 6.157 ve Şekil 6.153 elde edilmiştir.



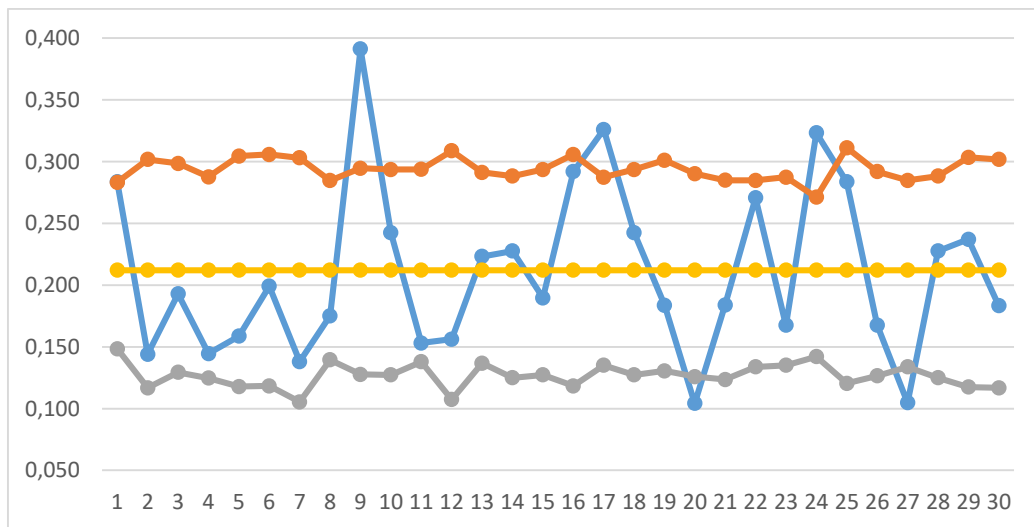
Şekil 6. 153. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile sezgisel bulanık oluşturulan p-kontrol grafiği

Çizelge 6. 157. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.175	0.175	0.092	16	0.183	0.192	0.074
2	0.092	0.192	0.074	17	0.206	0.181	0.085
3	0.120	0.186	0.081	18	0.153	0.186	0.081
4	0.093	0.186	0.081	19	0.113	0.186	0.081
5	0.100	0.192	0.074	20	0.067	0.186	0.081
6	0.125	0.192	0.074	21	0.120	0.186	0.081
7	0.090	0.198	0.069	22	0.172	0.181	0.085
8	0.110	0.179	0.088	23	0.106	0.181	0.085
9	0.247	0.186	0.081	24	0.208	0.175	0.092
10	0.153	0.186	0.081	25	0.175	0.192	0.074
11	0.094	0.181	0.085	26	0.107	0.186	0.081
12	0.100	0.198	0.069	27	0.067	0.181	0.085
13	0.139	0.181	0.085	28	0.147	0.186	0.081
14	0.147	0.186	0.081	29	0.150	0.192	0.074
15	0.120	0.186	0.081	30	0.117	0.192	0.074

Ortalama değer 0.133 olarak hesaplanmış ve kontrol grafiği çizilmiştir. Çizelge 6.157 ve Şekil 6.152 incelendiğinde diğer yöntemlere benzer şekilde 9, 17, 20, 24 ve 27 numaralı veriler kontrol limitleri dışındadır

Denklem (4.31) Ek Açıklama-I'da verilen mevcut sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri verilerine uygulanmış ve Şekil 6.154 çizilmiştir.



Şekil 6.154. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık p-kontrol grafiği

Çizelge 6. 158. Sezgisel bulanık p-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	ÜKL	AKL	No	Veri	ÜKL	AKL
1	0.284	0.283	0.148	16	0.292	0.306	0.118
2	0.144	0.302	0.117	17	0.326	0.287	0.135
3	0.193	0.299	0.129	18	0.242	0.294	0.127
4	0.145	0.288	0.125	19	0.184	0.301	0.131
5	0.159	0.305	0.118	20	0.104	0.290	0.126
6	0.199	0.306	0.118	21	0.184	0.285	0.123
7	0.138	0.303	0.105	22	0.271	0.285	0.134
8	0.175	0.285	0.139	23	0.167	0.287	0.135
9	0.391	0.295	0.128	24	0.323	0.271	0.142
10	0.242	0.294	0.127	25	0.284	0.311	0.120
11	0.153	0.294	0.138	26	0.168	0.292	0.127
12	0.156	0.309	0.107	27	0.105	0.285	0.134
13	0.223	0.291	0.137	28	0.228	0.288	0.125
14	0.228	0.288	0.125	29	0.237	0.304	0.117
15	0.190	0.294	0.127	30	0.183	0.302	0.117

Kontrol limitleri için elde edilen değerler hesaplanmış ve Çizelge 6.159’da gösterilmiştir. Ortalama değere karşılık gelen tip indirgeme değeri ise 0.212 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.154 ve Çizelge 6.158 incelendiğinde 1, 9, 17, 20, 24 ve 27 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

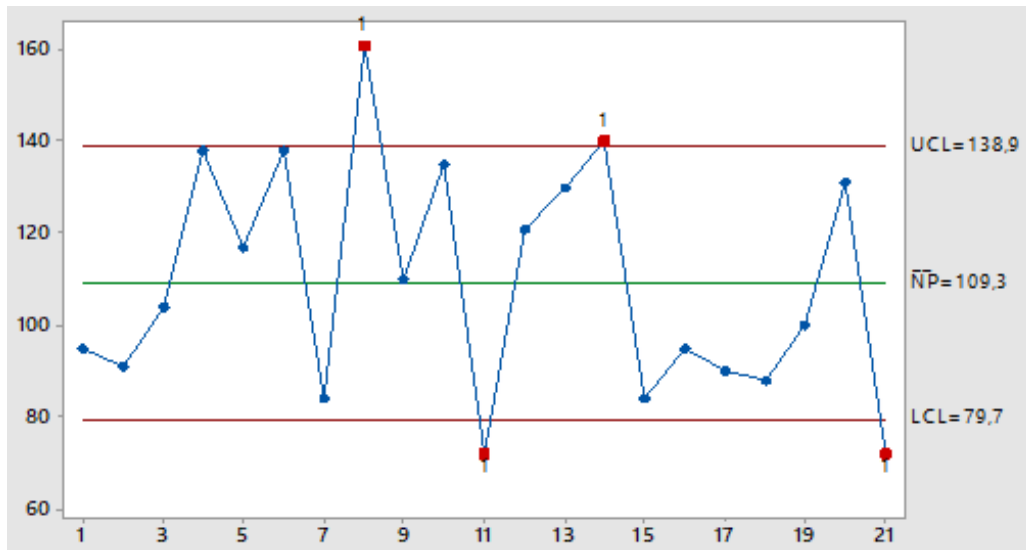
6.12. Sezgisel Bulanık np-Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri bölümünde bahsedildiği gibi np-kontrol grafikleri birim sayısının sabit olduğu durumlarda işlemleri kolaylaştırmak için kullanılan kontrol grafikleridir. Kusurlu sayıları ile ilgilenen np-kontrol grafikleri için SBS kullanarak sonuçlar değerlendirilecektir.

p-kontrol grafiğinde bahsedildiği üzere, bazen gerçek hayat verilerinde hatalı/hatasız ayırımını yapmak zor olabilir. Bu sebeple bulanık küme teorilerinden yararlanmak gerekebilir. Öncelikli olarak parti sayıları sabit ve 1000 olan kusurlu sayıları Çizelge 6.160’da verilmiştir ve bununla ilgili klasik np-kontrol grafiği Şekil 6.155’te çizilmiştir.

Çizelge 6. 159. np-kontrol grafikleri için kesin veriler

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	95	8	161	15	84
2	91	9	110	16	95
3	104	10	135	17	90
4	138	11	72	18	88
5	117	12	121	19	100
6	138	13	130	20	131
7	84	14	140	21	72



Şekil 6.155. Kesin veriler ile oluşturulan np-kontrol grafiği

Kesin veriler için çizilen np-kontrol grafiği incelendiğinde 8, 11, 14 ve 21 nolu verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Sezgisel bulanık kümeler için np-kontrol grafiklerinin oluşturulabilmesi için öncelikli olarak sezgisel np-kontrol limitleri belirlenmelidir. Sezgisel $n\bar{p}$ değerinin hesaplanması için, her bir partinin p_i kusurlu oranı sezgisel sayı biçiminde hesaplanır. Daha sonrasında tüm p_i değerlerinin ortalaması alınır ve n partideki birim sayısı ile çarpılarak merkez çizgi değeri bulunur. Ardından bu değer kullanılarak her bir parti grubu için ÜKL ve AKL değerleri hesaplanır. Bu hesaplamaları gösteren denklemler Denklem (6.107)-(6.109)'da sıralanmıştır.

$$\widetilde{M\zeta_{np}} = \left((n\overline{a_p}, n\overline{b_p}, n\overline{c_p}, n\overline{d_p}), (n\overline{a'_p}, n\overline{b_p}, n\overline{c_p}, n\overline{d'_p}); \mu_{M\zeta}, v_{M\zeta} \right) =$$

$$\left(\left(\left(n * \frac{\sum_{i=1}^m a_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m b_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m c_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m d_{ip}}{m} \right), \right. \right. \quad (6.107)$$

$$\left. \left. \left(n * \frac{\sum_{i=1}^m a'_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m b_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m c_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m d'_{ip}}{m} \right); \mu_{M\zeta^{np}}, v_{M\zeta^{np}} \right) \right)$$

$$\widetilde{\ddot{U}KL_{np}} = \left(\left(n\overline{a_p} + 3\sqrt{n * \overline{a_p} * (1 - \overline{d_p})}, n\overline{b_p} + 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} + \right. \right.$$

$$3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d_p} + 3\sqrt{n * \overline{d_p} * (1 - \overline{a_p})}, \left. \left(n\overline{a'_p} + 3\sqrt{n * \overline{a'_p} * (1 - \overline{d'_p})}, \right. \right.$$

$$n\overline{b_p} + 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} + 3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d'_p} +$$

$$3\sqrt{n * \overline{d'_p} * (1 - \overline{a'_p})} \left. \right); \mu_{\ddot{U}KL^{np}}, v_{\ddot{U}KL^{np}} \left. \right) \quad (6.108)$$

$$\widetilde{AKL_{np}} = \left(\left(n\overline{a_p} - 3\sqrt{n * \overline{a_p} * (1 - \overline{d_p})}, n\overline{b_p} - 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} - \right. \right.$$

$$3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d_p} - 3\sqrt{n * \overline{d_p} * (1 - \overline{a_p})}, \left. \left(n\overline{a'_p} - 3\sqrt{n * \overline{a'_p} * (1 - \overline{d'_p})}, \right. \right.$$

$$n\overline{b_p} - 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} - 3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d'_p} -$$

$$3\sqrt{n * \overline{d'_p} * (1 - \overline{a'_p})} \left. \right); \mu_{AKL^{np}}, v_{AKL^{np}} \left. \right) \quad (6.109)$$

Burada sezgisel p-kontrol grafiklerine benzer şekilde (1-p) hesaplamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca yine önceki sezgisel bulanık kontrol grafiklerinde olduğu gibi sezgisel np-kontrol grafikleri için de μ, v değerlerinin hesaplanması farklılık göstermektedir. Öncelikli olarak p değeri için μ_p ve v_p değerleri hesaplanır. Sadece iki sezgisel bulanık sayıdan oluşmayan bu değer için bir dizi işlemi uygulanır ve şu şekilde hesaplanır;

$$\mu_p = 1 - (1 - \mu'_m)^{1/m} \quad (6.110)$$

$$v_p = (v'_m)^{1/m} \quad (6.111)$$

Burada μ'_m ve v'_m , değerleri ise birer seri olarak hesaplanan değerlerdir ve Denklem (6.112)- (6.113)'teki gibi hesaplanmıştır:

$$\mu'_m = \mu_m + \mu'_{m-1} - \mu_m * \mu'_{m-1}, m = 2, \dots, m \text{ ve } \mu'_1 = \mu_1 \quad (6.112)$$

$$v'_m = \prod_{i=1}^m v_i \quad (6.113)$$

Ardından MÇ için üye olma ve olmama dereceleri Denklem (6.114)- (6.115)'teki gibi hesaplanır;

$$\mu_{M\check{C}}^{np} = 1 - (1 - \mu_p)^n \quad (6.114)$$

$$v_{M\check{C}}^p = (v_p)^n \quad (6.115)$$

Bu değerler hesaplandıktan sonra ÜKL ve AKL değerleri için üye olma ve olmama değerleri hesaplanmıştır. Bunun için klasik np-kontrol grafiklerinde yapılan dört işlem aşamaları sezgisel dört işlem operatörlerine uyarlanmış ve ardından Denklem (6.116)- (6.117) elde edilmiştir;

$$\mu_{AKL}^{np} = \mu_{ÜKL}^{np} = \mu_{M\check{C}}^{np} + \left(1 - \left(1 - \sqrt{1 - (1 - \mu_p^2)^n} \right)^3 \right) - \mu_{M\check{C}}^{np} * \left(1 - \left(1 - \sqrt{1 - (1 - \mu_p^2)^n} \right)^3 \right) \quad (6.116)$$

$$v_{AKL}^{np} = v_{ÜKL}^{np} = \left(1 - \sqrt{1 - (2v_p - v_p^2)^n} \right)^3 * v_{m\check{c}} \quad (6.117)$$

Bu işlemler dikkate alındığında aynı veriler için oluşturulan limitlerin üye olma ve olmama dereceleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle önceki sezgisel bulanık kontrol grafikleri bölümlerinde olduğu gibi bu bölümde de kontrol limitlerinin üye olma ve olmama

derecelerinin aynı olduğu denklemler geliştirilmiştir. Geliştirilen limit formülleri Denklem (6.118)- (6.120)'de verilmiştir.

$$\widetilde{M\zeta}_{np} = \left((n\overline{a_p}, n\overline{b_p}, n\overline{c_p}, n\overline{d_p}), (n\overline{a'_p}, n\overline{b_p}, n\overline{c_p}, n\overline{d'_p}); \mu_{M\zeta}, \nu_{M\zeta} \right) = \left(\left(\left(n * \frac{\sum_{i=1}^m a_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m b_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m c_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m d_{ip}}{m} \right), \left(n * \frac{\sum_{i=1}^m a'_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m b_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m c_{ip}}{m}, n * \frac{\sum_{i=1}^m d'_{ip}}{m} \right); \min(\mu_i), \max(\nu_i) \right) \right) \quad (6.118)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{\ddot{U}KL}_{np} = & \left(\left(n\overline{a_p} + 3\sqrt{n * \overline{a_p} * (1 - \overline{d_p})}, n\overline{b_p} + 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} + \right. \right. \\ & 3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d_p} + 3\sqrt{n * \overline{d_p} * (1 - \overline{a_p})} \Big), \left(n\overline{a'_p} + 3\sqrt{n * \overline{a'_p} * (1 - \overline{d'_p})}, n\overline{b_p} + \right. \\ & 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} + 3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d'_p} + \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{d'_p} * (1 - \overline{a'_p})} \right); \min(\mu_i), \max(\nu_i) \right) \end{aligned} \quad (6.119)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{AKL}_{np} = & \left(\left(n\overline{a_p} - 3\sqrt{n * \overline{a_p} * (1 - \overline{d_p})}, n\overline{b_p} - 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} - \right. \right. \\ & 3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d_p} - 3\sqrt{n * \overline{d_p} * (1 - \overline{a_p})} \Big), \left(n\overline{a'_p} - 3\sqrt{n * \overline{a'_p} * (1 - \overline{d'_p})}, n\overline{b_p} - \right. \\ & 3\sqrt{n * \overline{b_p} * (1 - \overline{c_p})}, n\overline{c_p} - 3\sqrt{n * \overline{c_p} * (1 - \overline{b_p})}, n\overline{d'_p} - \\ & \left. \left. 3\sqrt{n * \overline{d'_p} * (1 - \overline{a'_p})} \right); \min(\mu_i), \max(\nu_i) \right) \end{aligned} \quad (6.120)$$

Bu formüller ve veriler kullanılarak np kontrol grafiği için elde edilen $\widetilde{M\zeta}_{np}$, $\widetilde{AKL}_{np}$ ve $\widetilde{\ddot{U}KL}_{np}$ sezgisel bulanık sayılar şu şekildedir;

$$\widetilde{M\zeta}_{np} = ((93.14, 102.62, 115.76, 125.24), (82.14, 102.62, 115.76, 136.24; 0.55, 0.2))$$

$$\widetilde{AKL}_{np} = ((61.17, 72.04, 87.18, 98.16), (48.60, 72.04, 87.18, 110.97); 0.55, 0.2)$$

$$\widetilde{ÜKL}_{np}$$

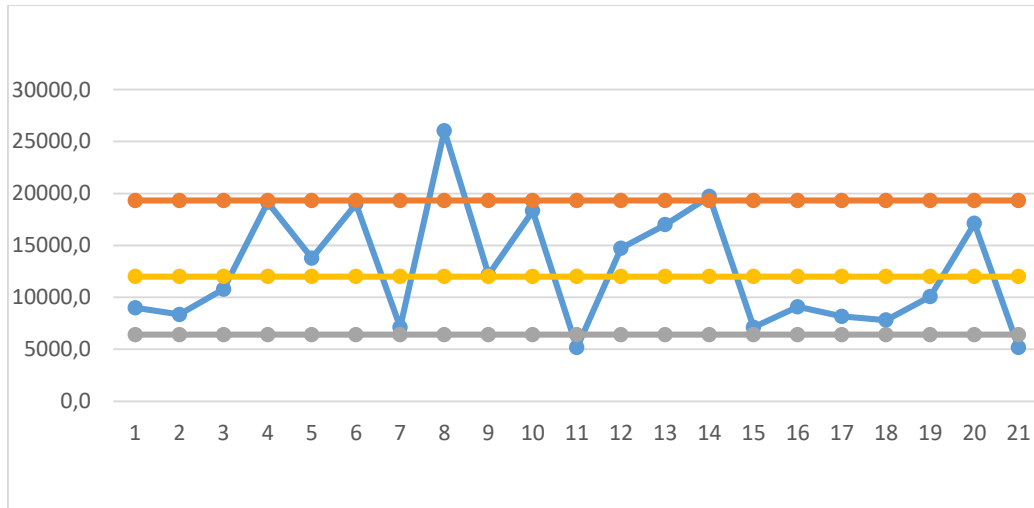
$$= ((120.22, 131.20, 146.34, 157.21), (107.41, 131.20, 146.34, 169, 79); 0.55, 0.2)$$

6.12.1. Sıralama yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri

SBS için kullanılan ve Denklem (4.3)'te bahsedilen sıralama yöntemi-1 Ek Açıklama-J'deki sezgisel bulanık np-kontrol grafiklerinin verileri ve kontrol limitleri için uygulanarak Çizelge 6.160 ve Şekil 6.156 elde edilmiştir.

Çizelge 6. 160. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	9003.5	8	26037.7	15	7123.2
2	8351.5	9	12177.0	16	9089.1
3	10787.3	10	18319.5	17	8163.0
4	19144.1	11	5165.9	18	7807.8
5	13773.8	12	14734.8	19	10070.0
6	19002.5	13	16994.3	20	17121.6
7	7123.2	14	19698.0	21	5171.2



Şekil 6.156. Sıralama yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği

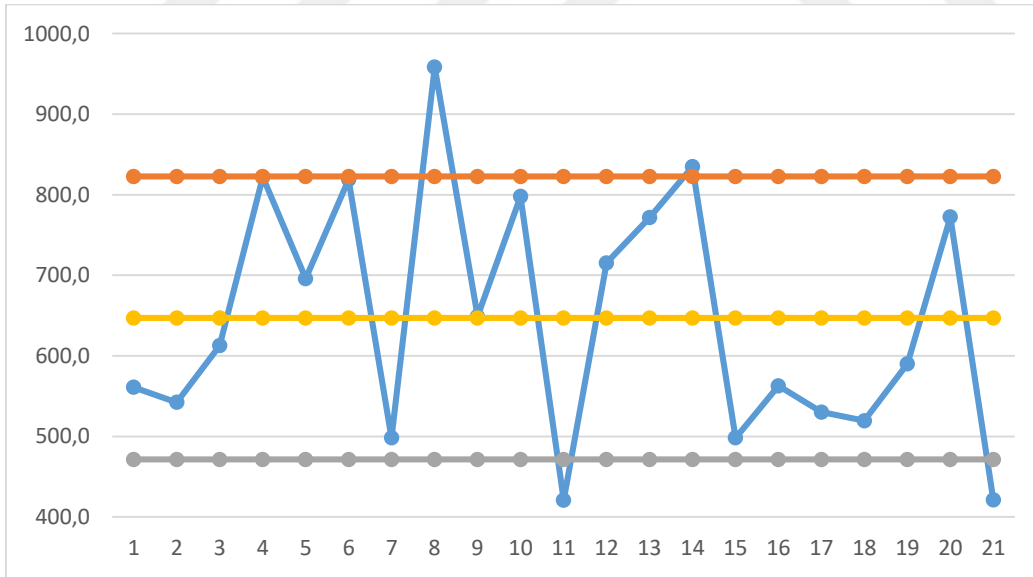
Sıralama yöntemi-1 ile veriler incelendiğinde 8, 11, 14 ve 21 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir. Ayrıca sezgisel bulanık np-kontrol limitleri

için sıralama yöntemi uygulandığında MÇ, AKL ve ÜKL değerleri sırasıyla $SY1_{MÇ-np} = 11996.3$, $SY1_{AKL-np} = 6409.9$ ve $SY1_{ÜKL-np} = 19319.1$ olarak hesaplanmıştır.

Denklem (4.4) Ek Açıklama-J'deki mevcut np-kontrol grafikleri verilerine uygulandığında Çizelge 6.161 ve Şekil 6.157 elde edilmiştir. MÇ, AKL ve ÜKL değerleri sırasıyla şöyle hesaplanmıştır; $SY2_{MÇ-np} = 647.1$, $SY2_{AKL-np} = 471.47$ ve $SY2_{ÜKL-np} = 822.67$.

Çizelge 6. 161. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için sıralama yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	561.1	8	958.4	15	498.2
2	542.4	9	649.1	16	562.7
3	612.7	10	797.8	17	530.3
4	821.9	11	421.0	18	519.4
5	695.9	12	715.4	19	590.3
6	818.8	13	771.7	20	772.3
7	498.2	14	834.8	21	421.3



Şekil 6.157. Sıralama yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği

Şekil 6.157 ve Çizelge 6.161 incelendiğinde 8, 11, 14 ve 21 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

6.12.2. Olasılık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri

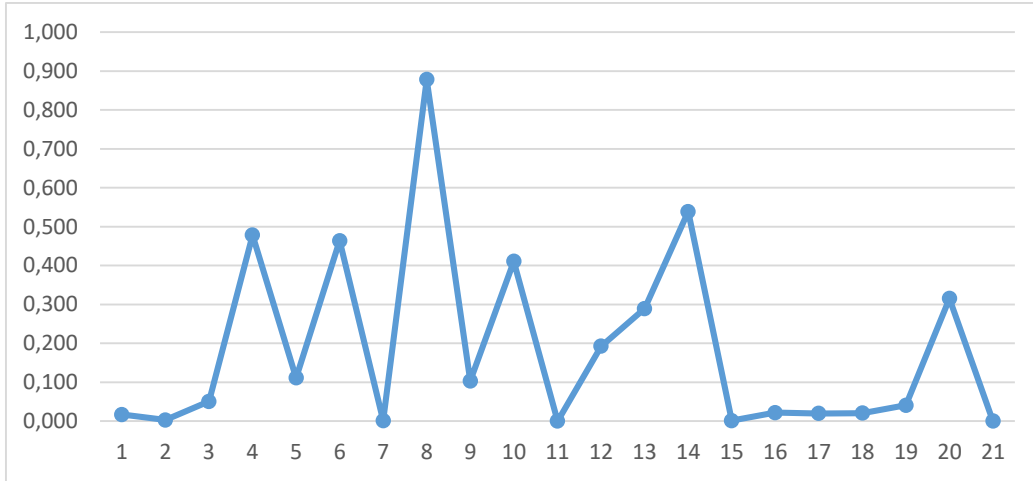
Denklem (4.8)- (4.10)'da verilen olasılık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri değerleri Çizelge 6.162-Çizelge 6.163 ve Şekil 6.158- Şekil 6.159'da verilmiştir.

Çizelge 6. 162. Sezgisel bulanık np-değerinin sezgisel bulanık ÜKL'den büyük olma olasılıkları

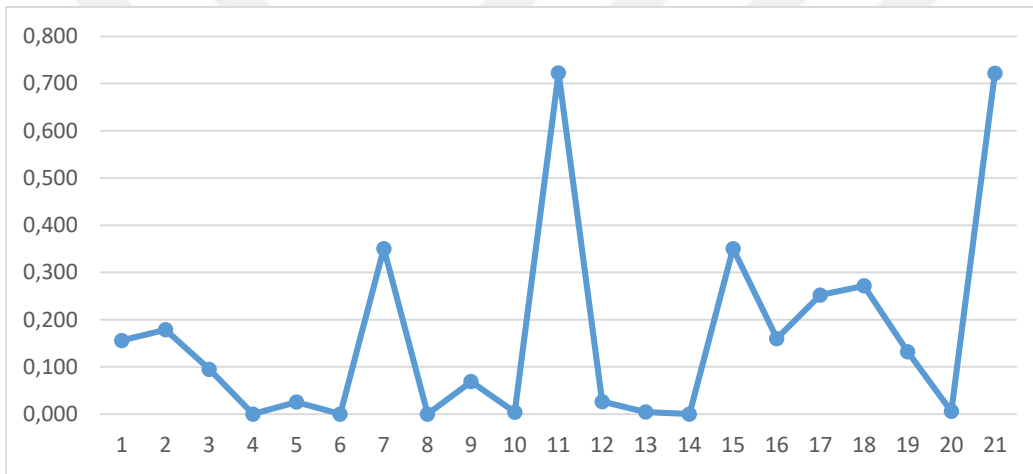
No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}	No	$A_i^{nmf} > P_{ÜKL}^{nmf}$	$A_i^{mf} > P_{ÜKL}^{mf}$	P_{ort}
1	0.034	0	0.017	12	0.235	0.151	0.193
2	0.006	0	0.003	13	0.335	0.245	0.290
3	0.075	0.026	0.051	14	0.531	0.547	0.539
4	0.485	0.471	0.478	15	0.002	0	0.001
5	0.180	0.042	0.111	16	0.044	0	0.022
6	0.474	0.455	0.464	17	0.040	0	0.020
7	0.002	0	0.001	18	0.041	0	0.021
8	0.823	0.934	0.878	19	0.082	0	0.041
9	0.146	0.061	0.103	20	0.346	0.285	0.315
10	0.426	0.396	0.411	21	0	0	0
11	0	0	0				

Çizelge 6. 163. Sezgisel bulanık AKL'nin sezgisel bulanık np-değerinden büyük olma olasılıkları

No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}	No	$A_{AKL}^{nmf} > A_i^{nmf}$	$A_{AKL}^{mf} > A_i^{mf}$	P_{ort}
1	0.204	0.108	0.156	12	0.053	0	0.026
2	0.234	0.124	0.179	13	0.009	0	0.004
3	0.117	0.073	0.095	14	0	0	0
4	0	0	0	15	0.386	0.315	0.351
5	0.051	0	0.025	16	0.208	0.112	0.160
6	0	0	0	17	0.290	0.214	0.252
7	0.386	0.315	0.351	18	0.333	0.211	0.272
8	0	0	0	19	0.175	0.089	0.132
9	0.110	0.027	0.069	20	0.012	0	0.006
10	0.008	0	0.004	21	0.684	0.760	0.722
11	0.685	0.761	0.723				



Şekil 6.158. Sezgisel bulanık np-kontrol grafiğinde ÜKL için olasılık grafiği



Şekil 6.159. Sezgisel bulanık np-kontrol grafiğinde AKL için olasılık grafiği

Çizelge 6.162- Çizelge 6.163 ve Şekil 6.158- Şekil 6.159 incelendiğinde ÜKL'den 0.878 olasılıkla büyük olduğu görülen 8 numaralı veri ile 0.723 olasılıkla AKL'den küçük olduğu görülen 11 numaralı veri ve 0.722 olasılıkla AKL'den küçük olduğu görülen 21 numaralı veri kontrol dışında diye söylenebilir. 0.539 olasılıkla ÜKL'den büyük olduğu hesaplanan 14 numaralı veri "tercihen kontrol dışında" şeklinde tanımlanabilir. Burada görülmektedir ki olasılık yöntemi esnek karar vermeyi sağlayabilmektedir. 0.3-0.5 olasılık değerleri arasında olan 4, 6, 7, 10, 15 ve 20 numaralı veriler de "tercihen kontrol içinde" şeklinde tanımlanabilir.

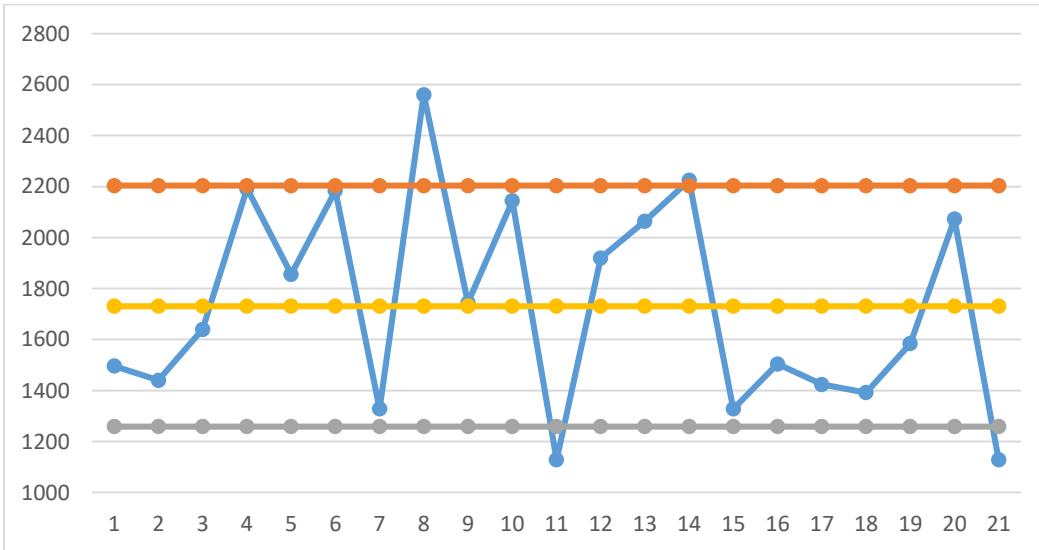
6.12.3. Uzaklık yöntemi kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri

Denklem (4.12)'de verilen uzaklık yöntemi Ek Açıklama-J'deki kusurlu sayısı verileri için uygulanmıştır. Veriler için bulunan uzaklık değerleri Çizelge 6.165'te verilmiştir. Kontrol limitleri için uzaklık yöntemi uygulandığında değerler; $UY_{M\check{C}-np} = 1731.05$, $UY_{AKL-np} = 1258.57$ ve $UY_{\check{U}KL-np} = 2203.52$ olarak hesaplanmıştır.

Veriler ve limit değerleri dikkate alındığında elde edilen np-kontrol grafiği Şekil 6.158'de görülmekte ve bu değerlere göre 8, 11, 14 ve 21 numaralı verilerin kontrol limitlerinin dışında olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 6. 164. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için uzaklık yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	1496	8	2560	15	1328
2	1440	9	1744	16	1504
3	1640	10	2144	17	1424
4	2192	11	1128	18	1392
5	1856	12	1920	19	1584
6	2184	13	2064	20	2072
7	1328	14	2224	21	1128



Şekil 6.160. Uzaklık yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği

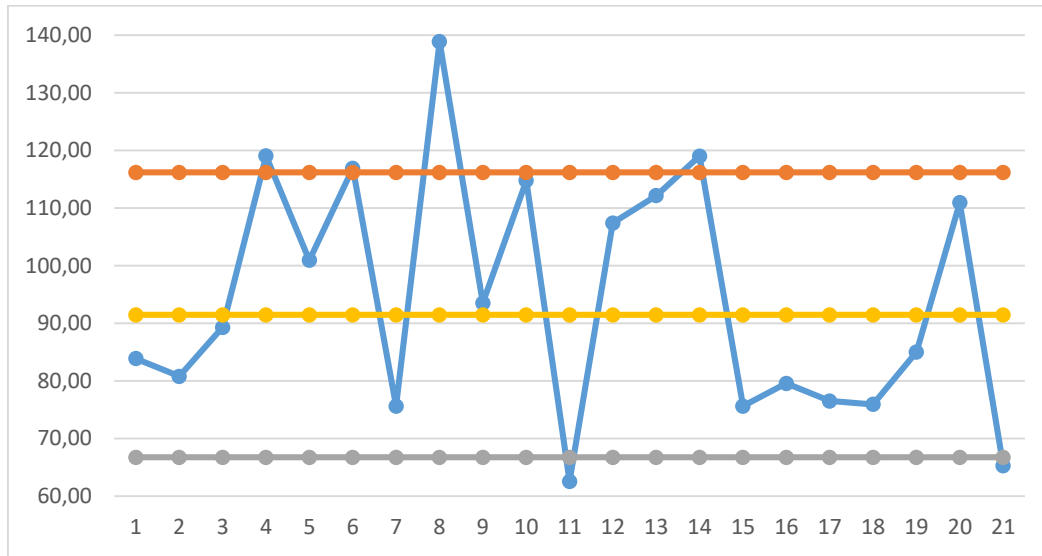
6.12.4. Durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri

Önceki bölümlerde olduğu gibi durulaştırma yöntemleri ile sezgisel np-kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Yine benzer şekilde her veri ve kontrol limitleri için durulaştırılmış değer bulunmuş ve grafikler bu bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur.

Denklem (4.24)'e göre sezgisel bulanık np-kontrol grafiği için hesaplanan kontrol limitleri; $DY_{MÇ-np} = 91.45$, $DY_{AKL-np} = 66.73$ ve $DY_{ÜKL-np} = 116.16$ olarak hesaplanmıştır. Veriler için hesaplanan durulaştırılmış değerler ise Çizelge 6.165'te görülmektedir. Grafik Şekil 6.161'de çizilmiştir.

Çizelge 6. 165. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için durulaştırma yöntemi değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	83.87	8	138.86	15	75.60
2	80.76	9	93.50	16	79.56
3	89.27	10	114.75	17	76.50
4	119.03	11	62.56	18	75.90
5	100.91	12	107.39	19	85.00
6	116.88	13	112.13	20	110.93
7	75.60	14	119.00	21	65.24



Şekil 6.161. Durulaştırma yöntemi ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği

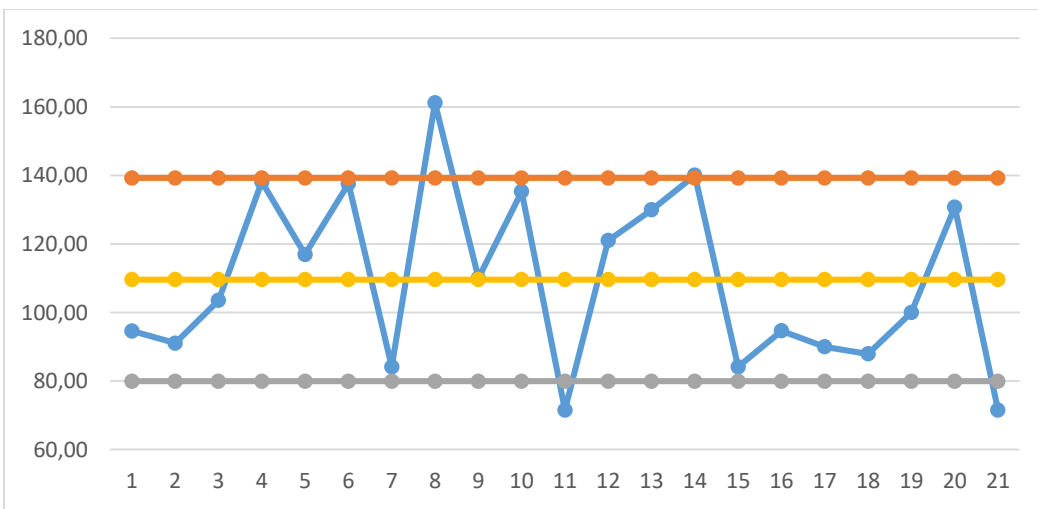
Şekil 6.161 ve Çizelge 6.167 incelendiğinde 4, 6, 8, 11, 14 ve 21 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Denklem (4.25)- (4.27) ile sezgisel bulanık np-kontrol grafiği oluşturulduğunda Çizelge 6.166 elde edilmiştir. Bunun yanında kontrol limit değerleri ise şöyledir; $AMY1_{MÇ-np} = 109.61$, $AMY1_{AKL-np} = 79.97$ ve $AMY1_{ÜKL-np} = 139.26$.

Çizelge 6. 166. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-1 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	94.59	8	161.14	15	84.15
2	91.08	9	110.00	16	94.66
3	103.55	10	135.28	17	90.00
4	138.12	11	71.53	18	87.92
5	116.91	12	121.01	19	100.00
6	137.58	13	129.97	20	130.75
7	84.15	14	140.07	21	71.55

Ağırlık merkezi yöntemi-1 kullanılarak elde edilen değerler ve kontrol limiti değerleri ile Şekil 6.162’de görülen sezgisel bulanık np-kontrol grafiği çizilmiştir. Çizelge 6.166 ve Şekil 6.162 birlikte incelendiğinde 8, 11, 14 ve 21 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

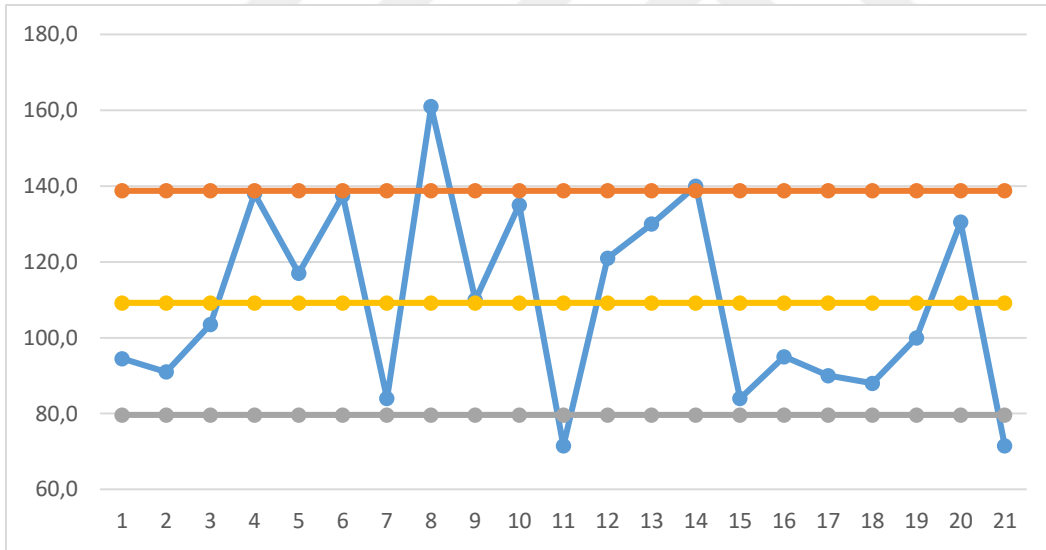


Şekil 6.162. Ağırlık merkezi yöntemi-1 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği

Denklem (4.28)- (4.30)'a göre veriler ve kontrol limitleri hesaplandığında veriler aşağıdaki Çizelge 6.168'de verilmiştir. Kontrol grafiklerinin ağırlık merkezine göre bulunan değerleri ise; $AMY2_{M\check{C}-np} = 109.19$, $AMY2_{AKL-np} = 79.61$ ve $AMY2_{ÜKL-np} = 138.77$ şeklinde hesaplanmıştır. Çizelge 6.167 ve Şekil 6.163 incelendiğinde diğer yöntemlere benzer şekilde 8, 11, 14 ve 21 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. 167. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-2 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	94.5	8	161.0	15	84.0
2	91.0	9	110.0	16	95.0
3	103.5	10	135.0	17	90.0
4	138.0	11	71.5	18	88.0
5	117.0	12	121.0	19	100.0
6	137.5	13	130.0	20	130.5
7	84.0	14	140.0	21	71.5



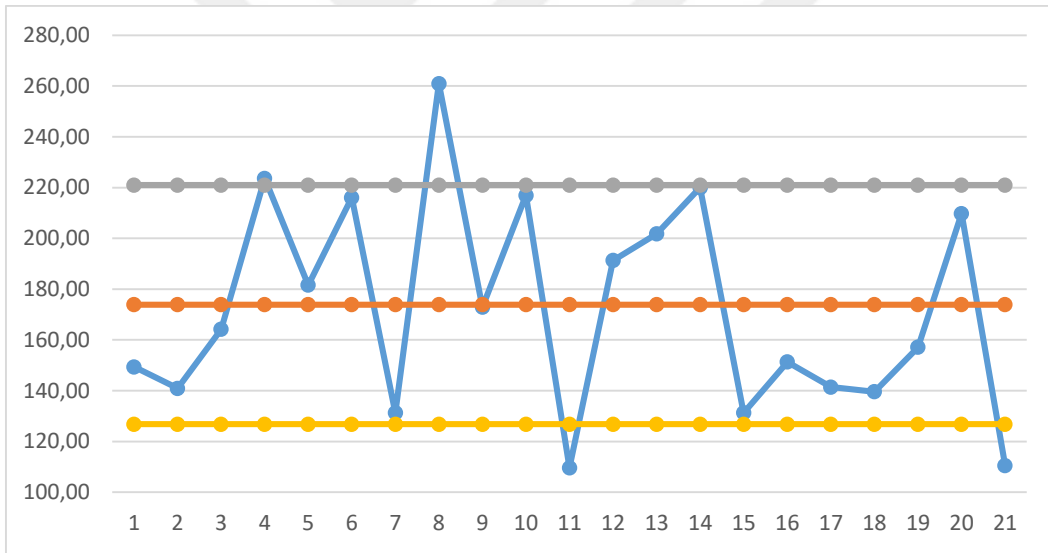
Şekil 6.163. Ağırlık merkezi yöntemi-2 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği

Ek açıklamalardaki veriler ve Denklem (4.31) kullanılarak elde edilen değerler Çizelge 6.168'de gösterilmektedir. Elde edilen Şekil 6.164 ve Çizelge 6.168 incelendiğinde 4, 8, 11 ve 21 numaralı verilerin kontrol limitleri dışında olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 168. Sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri için ağırlık merkezi yöntemi-3 değerleri

No	Veri	No	Veri	No	Veri
1	149.37	8	260.93	15	131.25
2	140.90	9	172.86	16	151.30
3	164.17	10	216.96	17	141.43
4	223.66	11	109.63	18	139.59
5	181.55	12	191.26	19	157.14
6	216.07	13	201.72	20	209.73
7	131.25	14	220.00	21	110.50

Ağırlık merkezi yöntemi-3 mevcut sezgisel bulanık np-kontrol grafikleri verilerine uygulanmıştır. Kontrol limitleri için elde edilen değerler $AMY3_{MÇ-np} = 173.90$, $AMY3_{AKL-np} = 126.79$ ve $AMY3_{ÜKL-np} = 221.00$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.164. Ağırlık merkezi yöntemi-3 ile oluşturulan sezgisel bulanık np-kontrol grafiği

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük hayattta pek çok alanda bulanık mantık teorisinin kullanıldığı, bu sayede veri kaybının azaldığı ile ilgili pek çok kaynak bulunmaktadır. Bahsedilen alanlardan biri de kontrol grafikleridir. Bulanık kontrol grafikleri ile ilgili bazı çalışmalar literatürde bulunsa da aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri ile ilgili çalışmalar az sayıda mevcuttur. Erişilebilen literatürde, sezgisel bulanık kontrol grafikleri ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Çalışma, bu iki bulanık sayı ile yapılan çalışmaların azlığından yola çıkmıştır. Ayrıca farklı karşılaştırma yöntemlerini kullanarak bulanık kontrol grafiklerinin elde edilebileceğini göstermiştir.

Karar vericinin süreç ile ilgili kararları bazen öznel olabilmektedir. Bunun en iyi örneği, “kontrol limitlerinin değeri ile aynı olan bir parti kabul mü edilmeli yoksa red mi edilmeli” ve “limit değerlerinin çok yakınlarında seyreden değerler için karar verici nasıl bir karar vermelidir” şeklindeki sorular ve kararlardır. Bu durumdaki kararsızlığı azaltabilmek adına bulanık kümelerden yararlanılabilir.

Klasik kontrol grafikleri nicel ve nitel olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Nicel kontrol grafikleri ölçülebilen verilerden oluştuğu için kesin sayılar ile ifade etmek daha kolaydır. Ancak yapılan her ölçümün doğru ölçüm olacağı ile ilgili varsayım üzerinde düşünmek gerekir. Ölçüm aletinin hata payları, kalibrasyonunun yapılmamış olması, ölçen kişinin yeteneği veya o andaki motivasyonu gibi etkenler ölçümlerde yanılmalar olabileceğini ifade eder. Bu durumda bulanık sayılar ölçüm hatalarını içine alabilecek bir sayı tanımlayabilir. Nitel kontrol grafiklerinde ise ölçülemeyen veriler kullanılır. Bu kontrol grafiklerinde veriler daha öznel ve gerçek verinin elde edilmesi daha zordur. Bu nedenlerden dolayı nitel kontrol grafiklerinde bulanık sayıların kullanılması veri kaybını azaltacaktır.

Çalışma kapsamında uzantılı bulanık sayılardan olan AT2BS ve SBS kullanılmasının nedeni, hem literatürde bu alanda eksiklik olması hem de bazı verileri tip-1 bulanık sayı yerine bu sayılarla ifade etmenin veri kaybını daha da azaltacağının düşünülmesidir. Yine çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin çoğu bulanık kontrol grafikleri için kullanılmamıştır. Genellikle α -kesimi, bulanık mod, bulanık medyan, bulanık orta kademe

ve durulaştırma yöntemleri tip-1 bulanık kontrol grafikleri için sıkça kullanılan yöntemlerdir. Sıralama, olasılık, uzaklık yöntemlerinin aralık tip-2 ve sezgisel bulanık kontrol grafiğinde kullanılacağı düşünülmüş ve bulanık sayıları temsil etme yöntemi olan durulaştırma, ağırlık merkezi yöntemleri gibi yöntemlerle sonuçlar karşılaştırılmış ve desteklenmiştir.

Çalışmanın önemli bir katkısı da aralık tip-2 ve sezgisel bulanık kontrol grafikleri için kontrol limitlerinin hesaplama denklemlerinin oluşturulmasıdır. Uzantılı bulanık sayı operatörleri ve klasik kontrol grafikleri denklemleri kullanılarak bulanık kontrol limit denklemleri elde edilmiştir. Bu noktada, veriler uzantılı bulanık sayılar olarak tanımlanmış ve aynı şekilde limit hesaplamaları da uzantılı bulanık sayı olarak ifade edilmiştir. Kullanılan yöntemler ise son aşamada dâhil edilerek bulanıklığın işlemlerde mümkün olan son noktaya kadar devam etmesi sağlanmıştır. Böylece veri kaybının en aza indirileceği düşünülmüştür.

Çalışmanın anlaşılabilirliğini artırmak adına her bir uzantılı bulanık kontrol grafiği için örnek bir çözüm yapılmıştır. Örneklerin sonuçları karşılaştırıldığında hem aralık tip-2 bulanık kontrol grafikleri sonuçlarının hem de sezgisel bulanık kontrol grafikleri sonuçlarının klasik kontrol grafikleri sonuçları ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Kullanılan bazı yöntemler farklı sonuçlar vermiştir, bu da beklenen bir sonuçtur. Çalışmanın çıkış noktalarından biri; bulanık kontrol grafiği kullanmanın, klasik kontrol grafiklerinde tereddüt içeren veriler ile ilgili farklı yorum yapabilme kabiliyetini desteklemesidir. Farklı sonuçlar çıkması bu hipotezi destekler niteliktedir. Diğer bir ifade ile kontrol limit değerlerinin yakınlarında bulunan bir veri için kontrol içinde veya kontrol dışında demek her zaman kolay olmaz. Kullanılan çeşitli yöntemlerle ve farklı sonuçların çıkması ile bu hipotez desteklenmiştir. Bunlara ek olarak olasılık yönteminin “tercihen kontrol dışı” ve “tercihen kontrol içi” ifadelerine yer veriyor olması karar vermede esneklik sağlamıştır.

Her ne kadar farklı sonuçlar çıkmış olsa da uzantılı bulanık kontrol grafiklerinin genel desenleri ile klasik kontrol grafiği deseninin benzediği görülmüştür. Bu durum aralık tip-2 ve sezgisel bulanık kontrol grafiklerinin klasik kontrol grafikleri yerine kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken sürecin verilerinin bulanıklık seviyesidir. Eğer verilerin bulanıklığı söz konusu değil ise bulanık

kontrol grafiklerini kullanmak işlem çokluğu ve karmaşıklığından dolayı dezavantaj sağlar. Böyle durumlarda klasik kontrol grafiklerinden yararlanmak daha avantajlıdır.

Bundan sonraki çalışmalarda, AT2BS ve SBS'nin farklı yöntemleri ile mevcut yöntemler karşılaştırılarak sonuçlar pekiştirilebilir. Olasılık yöntemine benzer bir yaklaşım ile veriler hakkında esnek karar verme sağlanabilir. Ayrıca farklı kontrol grafiği çeşitleri için (EWMA, CUSUM, T2 vs) kullanılan yöntemler ile uzantılı bulanık kontrol grafikleri elde edilebilir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akın, B., Çetin, C., Erol, V., 1998, Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000. Beta Basın Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- Alaeddini, A., Ghazanfari, M., & Nayeri, M. A. ,2009, A hybrid fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of changes in fixed and variable sampling control charts, *Information Sciences*, 179,11, 1769–1784.
- Alakoç, N.P., 2012, Bulanık Kalite Kontrol Grafiklerinde Yeni Bir Yaklaşım (Oran Yaklaşımı). Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Aliev, R.A., Pedrycz, W., Guirimov, B.G., Aliev, R.R., Ilhan, U., vd., 2011, Type-2 fuzzy neural network with fuzzy clustering and differential evolution optimization, *Information Sciences*, 181, 1591-1608.
- Alipour H., Noorassana R., 2010, Fuzzy multivariate exponentially weighted moving average control chart. *International Advanced Manufacturing Technology*, 48, 1001–1007.
- Alizadeh, H. M., Khamseh, A. R. A., Ghomi, S. M. T. F., 2010, Fuzzy Development of Multivariate Variable Control Charts Using the Fuzzy Likelihood Ratio Test, *Scientia Iranica*, 17,2, 150–163.
- Amirzadeh, V., Mashinchi, M., Parchami, A., 2009, Construction of p-charts using degree of nonconformity. *Information Sciences*, 179, 150–160.
- Amirzadeh, V., Mashinchi, M., Yaghoobi, M., 2008, Construction of Control Charts Using Fuzzy Multinomial Quality, *Journal of Mathematics and Statistics*, 4,1, 26-31.
- Asai, K., 1995, *Fuzzy Systems for Management*, IOS Press, Amsterdam.
- Aslangiray, A., 2011, İstatistiksel Süreç Kontrolünde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Atanassov, K., 1986, Intuitionistic fuzzy sets, *Fuzzy Sets Syst*, 20, 87-96.
- Boran, F.E., Genç, S., Kurt, M., and Akay, D., 2009, A Multi-criteria Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making for Supplier Selection with TOPSIS Method, *Expert Systems with Applications*, 36,8,11363-11368.
- Bustince, H., and Burillo, P., 1996, Vague sets are intuitionistic fuzzy sets, *Fuzzy Sets and Systems*, 79,3, 403-405.
- Çelik, E., Bilisik, O.N., Erdogan, M., Gumus, A.T., Baracli, H., 2013, An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul, *Transportation Research: Part E*, 58, 28-51.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çetin, C.; Akın, B., Erol, V., 2001, Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi (ISO 9000- 2000 Revizyonu) İlke- Süreç- Uygulama, 2.Baskı, Beta Yayınları, İstanbul.
- Chen, L. H., 2005, A demerit control chart with linguistic weights, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 16,3, 349–359.
- Chen S.J., Hwang C.L., 1992, Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. In: Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 375. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Chen, S.M., Tan J. M., 1994, Handling multicriteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory. *Fuzzy Sets Syst*, 67, 221-236
- Chen, S. M., Lee, L., 2010, Fuzzy multiple attributes group decision -making based on the interval type-2 TOPSIS method, *Expert Systems with Applications*, Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan, ROC.
- Chen, S.M., Lee, L.W., 2010, Fuzzy multiple attributes group decision-making based on interval type-2 TOPSIS method, *Expert Systems and Applications*, 37, 2790-2798.
- Chen, T.Y., 2013, A linear assignment method for multiplecriteria decision analysis with interval type-2 fuzzy sets, *Applied Soft Computing*, 13, 5, 2735-2748.
- Chen, T.Y., Chang, C.H., Jui-fen, R.L., 2013, The extended QUALIFLEX method for multiple criteria decision analysis based on interval type-2 fuzzy sets and applications to medical decision making, *European Journal of Operational Research*, 226, 3, 615-625.
- Chen, T.Y; Tsao, C.Y., 2008, The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis. *Fuzzy Sets and Systems* 159, 1410 -1428.
- Chen, Y. K., Chang, H. H., 2008, Economic design of variable parameters $\bar{X}$ control charts for processes with fuzzy mean shifts, *Journal of the Operational Research Society*, 59,8, 1128–1135.
- Chen, Y. K., Chang, H. H., Chiu, F. R., 2008, Optimization design of control charts based on minimax decision criterion and fuzzy process shifts, *Expert Systems with Applications*, 35,2, 207–213.
- Cheng, C. B., 2005, Fuzzy process control: Construction of control charts with fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems*, 154,2, 287–303.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chen, S. M., Munif, A., Chen, G. S., Liu H. S., Kuo, B. C., 2012, Fuzzy risk analysis based on ranking generalized fuzzy numbers with different heights and different spreads, *Expert Systems with Applications*, 39.
- Coupland S, John R., 2007, Geometric type-1 and type-2 fuzzy logic systems. *IEEE Trans Fuzzy Syst* 15, 3–15.
- Davarzani, H., Khorheh, M.A., 2013, A novel application of intuitionistic fuzzy sets theory in medical science: Bacillus colonies recognition. *Artif. Intell. Research*, 2, 1-17.
- Demirli, K., Vijayakumar, S., 2010, Fuzzy logic based assignable cause diagnosis using control chart patterns. *Information Sciences*, 180,17, 3258–3272.
- De Tre, G, de Caluwe, R. 2003, Level-2 fuzzy sets and their usefulness in object-oriented database models. *Mathware and Soft Computing*, 7, 2, 245-255.
- Elhomani, A, 2010, Novel approaches for statistical process control chart patterns recognition, *Doktora Tezi*. Southern Illinois University Carbondale, Illinois.
- El-Shal, S.M., Morris, A.S., 2000, A fuzzy rule-based algorithm to improve the performance of statistical process control in quality systems, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* 9, 207-223.
- Engin, O., Çelik, A., Kaya, I., 2008, A fuzzy approach to define sample size for attributes control chart in multistage processes: An application in engine valve manufacturing process, *Applied Soft Computing Journal*, 8,4, 1654–1663.
- Enke, D., Grauer, M., Mehdiyev, N., 2011, Stock Marker Prediction with Multiple Regression, Fuzzy Type-2 Clustering and Neural Networks, *Procedia Computer Science*, 6, 201-206.
- Ercan-Teksen H, Anagun AS (2017a) Type-2 fuzzy control charts using likelihood and defuzzification methods. *Advances in fuzzy logic and technology proceedings of EUSFLAT-2017-10th conference of the European society for fuzzy logic and technology*, Eylül 11–15, 2017, Varşova, Polonya.
- Ercan-Teksen H, Anagun AS (2017b) Type-2 fuzzy control charts using ranking methods. In: *The 5th international fuzzy systems symposium (FUZZYSS'17)* Ekim 14–15, 2017 Ankara, Türkiye.
- Ercan-Teksen, H., Anagün, A.S., 2018a, Interval type-2 fuzzy c-control charts using likelihood and reduction methods, *Soft Comput* (2018) 22: 4921

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ercan-Teksen, H., Anagün, A.S., 2018b, Different methods to fuzzy $\bar{X}$ -R control charts used in production: Interval type-2 fuzzy set example, *Journal of Enterprise Information Management*, 31,6, 848-866.
- Ercan-Teksen, H., Anagün, A.S., 2019, Interval type-2 fuzzy c-Control charts using ranking methods, *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 4,2, 510-520.
- Ertuğrul, I., Aytaç, E., 2009, Construction of quality control charts by using probability and fuzzy approaches and an application in a textile company, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20,2, 139–149.
- Faraz A., Baradaran Kazemzadeh R., Bameni Moghadam M., Bazdar A.A., 2010, Constructing a fuzzy Shewhart control chart for variables when uncertainty and randomness are combined. *Qual Quant*, 44, 905–914.
- Faraz, A., Kazemzadeh, R. B., Moghadam, M. B., & Bazdar, A., 2010, Constructing a fuzzy Shewhart control chart for variables when uncertainty and randomness are combined, *Quality and Quantity*, 44,5, 905–914.
- Faraz, A., Moghadam, M. B., 2007, Fuzzy control chart a better alternative for shewhart average chart, *Quality and Quantity*, 41,3, 375–385.
- Faraz, A., Shapiro, A. F., 2010, An application of fuzzy random variables to control charts, *Fuzzy Sets and Systems*, 161,20, 2684–2694.
- Feigenbaum, A.V., 1991, *Total Quality Control*, McGraw- Hill, Inc., New York, NY.
- Fonseca, D. J., Elam, M. E., Tibbs, L., 2007, Fuzzy Short-Run Control Charts, 14, 81–101.
- Franceschini, F., Romano, D., 1999, Control chart for linguistic variables: A method based on the use of linguistic quantifiers, *International Journal of Production Research*, 37,16, 3791–3801.
- Grant, E. L., Leavenworth, R. S., 1988, *Statistical Quality control*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Grzegorzewski, P., Hryniewicz, O., 2000, Soft methods in statistical quality control, *Control and Cybernetics*, 29,1, 119–140.
- Guiffrida, A. L., Nagi, R., 1998, Fuzzy Set Theory Applications in Production Management Research : A Literature Survey, (August). <https://doi.org/10.1023/A>
- Gülbay, M., Kahraman, C., 2007, An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach, *Information Sciences*, 177,6, 1463–1480.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gülbay, M., Kahraman, C., 2006, Development of fuzzy process control charts and fuzzy unnatural pattern analyses, *Computational Statistics and Data Analysis*, 51,1, 434–451.
- Gülbay, M., Kahraman, C., Ruan, D., 2004, α -cut fuzzy control charts for linguistic data, *International Journal of Intelligent Systems*, 19, 1173-1196.
- Hassen Taleb, M. L. K. H., 2006, Multivariate Fuzzy Multinomial Control Charts, *Quality Technology & Quantitative Management*, 3,4, 437–453.
- Hawkins, R. G., Phadia, E., Choy, L., Song, R. C., 1986, 1. Introduction, 431–445. [https://doi.org/10.1016/0165-4101\(89\)90017-7](https://doi.org/10.1016/0165-4101(89)90017-7)
- Hossein, M., Sabegh, Z., Mirzazadeh, A., Salehian, S., Weber, G.-W., 2014, A Literature Review on the Fuzzy Control Chart; Classifications Analysis, *International Journal of Supply and Operations Management IJSOM*, 1,2, 167–189.
- Hryniewicz, O., 2008, Statistics with fuzzy data in statistical quality control, *Soft Computing*, 12,3, 229–234.
- Hsu, H. M., Chen, Y. K., 2001, A fuzzy reasoning based diagnosis system for X control charts, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 12,1, 57–64.
- Jianqiang, W., Zhong, Z., 2009, Aggregation operators on intuitionistic trapezoidal fuzzy number and its application to multi-criteria decision making problems, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 20,2, 321-326.
- Kahraman, C., 2006, *Fuzzy Applications in Industrial Engineering*, Springer Berlin Heidelberg New York.
- Kahraman, C., Kabak, Ö., 2016, *Fuzzy Statistical Decision-Making*, Springer International Publishing AG Switzerland.
- Kahraman, C., Öztayşi, B., Sarı, İ.U, Turanoğlu, E., 2014, Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets, *Knowledge-Based Systems*, 59, 48-57.
- Kahraman, C., Tolga, E., Uluskan, Z., 1995, Using triangular fuzzy numbers in the tests of control charts for unnatural patterns, *Proceedings of INRIA/IEEE Congerence pn Emerging Technologies and Factory Automation*, Ekim, 10-13, Paris-Fransa, 291-298.
- Kahraman, C., Ulukan, Z., Tolga, E., 1998, A fuzzy weighted evaluation method using objective and subjective measures, *Proceedings of the International ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems*, 1, 57-63.
- Kanagawa, A., Tamaki, F., Ohta, H., 1993, Control charts for process average and variability based on linguistic data, *International Journal of Production Research* 2, 913-922.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Karnik N.N., Mendel J.M., 2001) Centroid of a type-2 fuzzy set, *Inform Sci* 132, 195–220.
- Kaya, İ., Erdoğan, M., Yıldız, C., 2017, Analysis and control of variability by using fuzzy individual control charts, *Applied Soft Computing Journal*, 51, 370–381.
- Kaya, I., Kahraman, C., 2010a, A new perspective on fuzzy process capability indices: Robustness, *Expert Systems with Applications*, 37,6, 4593–4600.
- Kaya, I., Kahraman, C., 2010b, Fuzzy process capability analyses with fuzzy normal distribution, *Expert Systems with Applications*, 37,7, 5390–5403.
- Kaya, H., Kahraman, C., 2011a, Process capability analyses based on fuzzy measurements and fuzzy control charts, *Expert Systems with Applications*, 38,4, 3172–3184.
- Kaya, H., Kahraman, C., 2011b, Process capability analyses with fuzzy parameters. *Expert Systems with Applications*, 38,9, 11918–11927.
- Kaya, İ., Kahraman, C., 2011c, Fuzzy process capability indices with asymmetric tolerances, *Expert Systems with Applications*, 38,12, 14882–14890.
- Kaya, İ., Kahraman, C., 2011d, A New Tool for Risk Assessment of Air Pollution: Fuzzy Process Capability Indices, *Human and Ecological Risk Assessment, Select Papers from the International Conference on Risk Analysis and Crisis Response (RACR) 2009*.
- Kumar, M., Yadav, S. P., 2012, A novel approach for analyzing fuzzy system reliability using different types of intuitionistic fuzzy failure rates of components, *ISA Transactions*, 288-297.
- Laviolette, M., Seaman, J.W., Barrett, J.D., Woodall, W.H., 1995, A probabilistic and statistical view of fuzzy methods, with discussion, *Technometrics* 37, 249-292.
- Li, D.F., 2008, Extension of the LINMAP for multiattribute decision making under Atanassov's intuitionistic fuzzy environment, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 7,1, 17-34.
- Li, D.F., Wang, Y.C., Liu, S., and Shan, F., 2009, Fractional programming methodology for multi-attribute group decision-making using IFS, *Applied Soft Computing*, 9,1, 219-225.
- Lin, L., Yuan, X.H., and Xia, Z.Q., 2007, Multicriteria fuzzy decision-making methods based on intuitionistic fuzzy sets, *Journal of Computer and System Sciences*, 73,1, 84-88.
- Liu, H.W., and Wang, G.J., 2007, Multi-criteria decision-making methods based on intuitionistic fuzzy sets, *European Journal of Operational Research*, 179,1 220-233.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lowry, C. A., Woodall, W. H., Champ, C. W., Rigdon, S. E., 1992, A multivariate exponentially weighted moving average control chart, *Technometrics*, 34,1, 46–53.
- Mendel JM, Hagrass H, John RI (2009) Standard background material about interval type-2 fuzzy logic systems that can be used by all authors ResearchGate Web.
- Mendel, J.M., John, R., 2002, Type-2 Fuzzy Sets Made Simple, *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 10,2, 117-127.
- Mendel, J.M., John, R.I., Liu, F., 2006, Interval type-2 fuzzy logic systems made simple, *IEEE T Fuzzy Syst*, 14, 808–821.
- Mendel, J.M., Liu, F., 2008, On new quasi-type-2 fuzzy logic systems. In: *Proceedings of 2008 international conference on fuzzy systems (FUZZ 2008)*, WCCI 2008, Hong Kong, China, June 1–6.
- Moameni, M., Saghaei, A., Ghorbani Salanghooch, M., 2012, The effect of measurement error on $\tilde{X}$ -R fuzzy control charts, *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 2,1, 173.
- Montgomery, D. C., 2005, *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons, Inc., 5th Edition, USA, p. 194-325.
- Morabi, Z. S., Owlia, M. S., Bashiri, M., Doroudyan, M. H., 2015, Multi-objective design of X control charts with fuzzy process parameters using the hybrid epsilon constraint PSO, *Applied Soft Computing Journal*, 30, 390–399.
- Noori, S., Bagherpour, M., Zareei, A., 2008, Applying Fuzzy Control Chart in Earned Value Analysis: A New Application, *World Applied Sciences Journal*, 3,4, 684–690.
- Onar, S.C., Oztaysi, B., Kahraman, C., 2014, Strategic Decision Selection Using Hesitant fuzzy TOPSISI and Interval Type-2 Fuzzy AHP: A case study, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 7,5, 1002-1021.
- Özkan, M., 2003, *Bulanık Hedef Programlama*, Ekin Kitabevi, Bursa.
- Özdemir, R., 2012, *Satış Gücü Yapısı Seçiminde Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS Yöntemi: Telekomünikasyon Sektörü Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Pandurangan, A., 2011, Fuzzy Multinomial Control Chart With Variable Sample Size, *Internastional Journal of Engineering Science and Technology*, 3,9, 6984–6991.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Qin, J. and Liu, X., 2015, Multi-attribute group decision making using combined ranking value under interval type-2 fuzzy environment. *Information Sciences*, 297, 293–315.
- Raz, T., Wang, J.H., 1990, Probabilistic and membership approaches in the construction of control charts for linguistic data, *Production Planning and Control*, 1, 147-157.
- Ross, T.J., 1995, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Sadiq, R., Tesfamariam, S., 2009, Environmental decision-making under uncertainty using intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process (IF-AHP), *Stoch Environ Res Risk Assess*, 23, 75-91.
- Shewhart, W. A., 1939, *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*, Graduate School, Department of Agriculture, Washington,
- Shraim, M. S., 1996, Development of cost-based multi-defect-type control chart using fuzzy set theory, *Doktora Tezi*. West Virginia University, Virginia.
- Shu, M.H., Cheng, C.H. and Chang, J.R., 2006, Using intuitionistic fuzzy sets for fault-tree analysis on printed circuit board assembly, *Microelectronics Reliability*, 46,12, 2139–2148.
- Shu, M. H., Wu, H. C., 2011, Fuzzy $\bar{X}$ and R control charts: Fuzzy dominance approach, *Computers and Industrial Engineering*, 61,3, 676–685.
- Şen, Z., 2001, *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*, 172 sayfa, Bilge Kültür Sanat Yayınevi, İstanbul. ISBN: 9758509233
- Senturk S., 2010, Fuzzy Regression Control Chart Based on α -cut Approximation. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3,1, 123-140.
- Şentürk, S., 2017, Construction of Fuzzy C Control Charts Based on Fuzzy Rule Method, *Anadolu University Journal Of Science And Technology A - Applied Sciences and Engineering*, 1–1.
- Şentürk, S., Antuchieviciene J., 2017, Interval type-2 fuzzy c-control charts: an application in a food company, *Informatica*, 28, 269–283.
- Şenturk, S., Erginel, N., 2009, Development of fuzzy X-R and X-S control charts using α -cuts. *Information Sciences*, 179,10, 1542–1551.
- Şentürk, S., Erginel, N., Kaya, I., Kahraman, C., 2014, Fuzzy exponentially weighted moving average control chart for univariate data with a real case application, *Applied Soft Computing Journal*, 22, 1–10.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Taleb, H., 2009, Control charts applications for multivariate attribute processes, *Computers and Industrial Engineering*, 56,1, 399–410.
- Taleb, H., Limam, M., 2002, On fuzzy and probabilistic control charts, *International Journal of Production Research*, 40,12, 2849–2863.
- Taleb H., Limam M., Hirota K., 2006, Multivariate Fuzzy Multinomial Control Charts. *Quality Technology & Quantitative Management*, 3,4, 437-453.
- Tannock, J. D. T., 2003, A fuzzy control charting method for individuals, *International Journal of Production Research*, 41,5, 1017–1032.
- Top, A., 2001, Üretim Sistemleri, Analizi, Planlama ve Kontrolü, Alfa Yayınları, İstanbul.
- TSE, 1994, TS-ISO 9000 Serisi Standartları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vijayakumar, S., 2006, Fuzzy Logic Based Assignable Cause Diagnosis Using Control Chart Patterns. Yüksek Lisans Tezi. Concordia University Montreal, Quebec, Canada.
- Wang, D., Li, P., Yasuda, M., 2014, Construction of fuzzy control charts based on weighted possibilistic mean, *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 43,15, 3186–3207.
- Wang, H. 2009. Comparison of p control charts for low defective rate. *Computational Statistics and Data Analysis*, 53(12), 4210–4220.
- Wang, J.H., Raz, T., 1990. On the construction of control charts using linguistic variables, *Internat. J. Production Res.* 28, 477-487
- Wang, P., 2009, QoS-aware web services selection with intuitionistic fuzzy set under consumer's vague perception, *Expert Systems with Applications*, 36,3, 4460-4466.
- Wang, R. C., & Chen, C. H. (1995). Economic statistical np-control chart designs based on fuzzy optimization. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 12,1, 82–92.
- Wang, W., Liu, X., and Qin, Y., 2012, Multi-attribute group decision making models under interval type-2 fuzzy environment, *Knowledge-Based Systems*, 30,121-128
- Wei, C.W., 2008, Maximizing deviation method for multiple attribute decision making in intuitionistic fuzzy setting, *Knowledge-Based Systems*, 21,8, 833-836.
- Woodall, W., Tsui, K.L., Tucker, G.L., A review of statistical and fuzzy control charts based on categorical data, *frontiers in statistical quality control*, 5, Physica-Verlag, Heidelberg, Germany, 1997.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wu, D., Mendel, J.M., 2009, Enhanced Karnik–Mendel algorithms. *IEEE Trans Fuzzy Syst* 17, 923–934.
- Xanthopoulos, P., & Razzaghi, T., 2014, A weighted support vector machine method for control chart pattern recognition. *Computers and Industrial Engineering*, 70,1, 134–149.
- Xu, Z., 2012, *Intuitionistic Fuzzy Aggregation and Clustering*, , studies in Fuzziness and Soft Computing, Springer- Verlag Berlin Heidelberg, p. 1-158.
- Xu, Z.H., 2007, Multi-person multi-attribute decision making models under intuitionistic fuzzy environment, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 6,3, 221-236,
- Xu, Z.S., 2007, Models for multiple attribute decision making with intuitionistic fuzzy information, *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 15,3, 285-297
- Xu, Z.S., and Yager, R.R., 2008, Dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making, *International Journal of Approximate Reasoning*, 48,1, 246-262.
- Xu, Z.S., Yager, R. R., 2006, Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets, *Int J General Syst*, 35, 417-433.
- Yue, J., Liu, L., 2017, Multivariate nonparametric control chart with variable sampling interval, *Applied Mathematical Modelling*, 52, 603–612.
- Zadeh, L. A., 1965, Fuzzy sets, *Information and control*, 8, 3, 338-353.
- Zadeh, L.A., 1973, Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-3, 28-44.
- Zadeh, L. A., 1974, Fuzzy logic and its application to approximate reasoning, *Information Processing*, 74, 591-594.
- Zadeh, L. A., 1975, The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, *Information Sciences*, 8,3, 199-249.
- Zarandi, M. H. F., Alaeddini, A., 2010, A general fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of change in variable sampling control charts. *Information Sciences*, 180,16, 3033–3044.
- Zarandi, M. H. F., Alaeddini, A., Turksen, I. B., 2008, A hybrid fuzzy adaptive sampling - Run rules for Shewhart control charts. *Information Sciences*, 178,4, 1152–1170.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zarandi M.H.F., Alaeddini A., Turksen I.B., Ghazanfari M., 2007, A Neuro-fuzzy Multi-objective Design of Shewhart Control Charts. In: Melin P., Castillo O., Ramírez E.G., Kacprzyk J., Pedrycz W. (eds) *Analysis and Design of Intelligent Systems using Soft Computing Techniques*. *Advances in Soft Computing*, vol 41. Springer, Berlin, Heidelberg.

Zimmermann, H.J., 1987. *Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems*, Kluwer Academic Publishers, Boston.



EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$, R , s Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-B: Aralık Tip-2 Bulanık c -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-C: Aralık Tip-2 Bulanık u -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-D: Aralık Tip-2 Bulanık p -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-E: Aralık Tip-2 Bulanık np -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-F: Sezgisel Bulanık $\bar{X}$, R , s Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-G: Sezgisel Bulanık c -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-H: Sezgisel Bulanık u -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-I: Sezgisel Bulanık p -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-J: Sezgisel Bulanık np -Kontrol Grafikleri İçin Veriler

Ek Açıklama-A: Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$, R, s Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	a1(U)	a2(U)	a3(U)	a4(U)	H1[A(U)]	H2[A(U)]	a1(L)	a2(L)	a3(L)	a4(L)	H1[A(L)]	H2[A(L)]
1	43,01	43,218	43,501	43,916	0,91	0,77	43,031	43,233	43,337	43,57	0,7	0,69
	44,124	44,374	44,859	44,971	0,66	0,78	44,195	44,718	44,824	44,895	0,61	0,69
	38,282	38,6	38,754	38,881	0,68	0,64	38,576	38,685	38,688	38,781	0,6	0,59
	39,123	39,473	39,77	39,985	1	1	39,471	39,485	39,544	39,848	0,8	0,75
	41,03	41,278	41,779	41,967	1	1	41,165	41,358	41,567	41,892	0,75	0,78
2	26,114	26,538	26,838	26,978	0,91	1	26,424	26,711	26,726	26,956	0,82	0,81
	35,232	35,521	35,677	35,9	1	1	35,32	35,564	35,6	35,887	0,88	0,88
	28,044	28,444	28,712	28,993	0,73	0,84	28,205	28,482	28,577	28,967	0,64	0,68
	29,006	29,198	29,578	29,981	1	0,91	29,114	29,219	29,466	29,651	0,75	0,81
	26,014	26,221	26,758	26,888	0,78	1	26,014	26,278	26,282	26,872	0,72	0,85
3	39,034	39,176	39,559	39,751	1	1	39,041	39,202	39,417	39,741	0,85	0,85
	42,13	42,61	42,844	42,879	0,71	0,91	42,599	42,701	42,723	42,875	0,61	0,65
	34,119	34,415	34,711	34,933	0,8	0,73	34,249	34,514	34,593	34,842	0,7	0,65
	39,03	39,543	39,68	39,935	0,71	0,82	39,344	39,552	39,583	39,912	0,65	0,75
	40,072	40,18	40,428	40,8	1	0,95	40,152	40,181	40,331	40,738	0,79	0,71
4	45,042	45,226	45,437	45,751	0,87	0,94	45,225	45,322	45,377	45,68	0,69	0,75
	43,138	43,365	43,543	43,986	1	1	43,355	43,393	43,409	43,892	0,78	0,68
	33,061	33,295	33,671	33,727	0,89	1	33,202	33,369	33,373	33,7	0,73	0,83
	31,087	31,459	31,635	31,976	1	0,91	31,312	31,478	31,587	31,675	0,86	0,82
	32,164	32,471	32,733	32,869	0,78	0,84	32,4	32,502	32,539	32,86	0,62	0,76
5	41,025	41,205	41,697	41,933	1	0,91	41,109	41,252	41,58	41,88	0,76	0,82
	31,192	31,551	31,765	31,993	1	1	31,32	31,623	31,643	31,808	0,82	0,8
	44,048	44,373	44,738	44,977	1	0,83	44,21	44,377	44,573	44,871	0,78	0,73
	42,007	42,052	42,425	42,785	1	1	42,05	42,144	42,302	42,434	0,88	0,81
	32,136	32,416	32,563	32,937	0,89	0,77	32,145	32,469	32,547	32,904	0,74	0,69
6	41,049	41,447	41,575	41,782	0,82	1	41,336	41,522	41,537	41,619	0,75	0,79
	45,08	45,557	45,821	45,965	0,7	0,77	45,418	45,619	45,726	45,934	0,65	0,65
	41,211	41,213	41,438	41,709	0,9	1	41,213	41,283	41,299	41,537	0,7	0,83
	33,166	33,287	33,719	33,909	1	1	33,275	33,291	33,652	33,765	0,81	0,74
	32,012	32,376	32,693	32,704	1	1	32,137	32,534	32,578	32,7	0,84	0,88
7	45,011	45,168	45,86	45,928	0,78	0,72	45,165	45,443	45,583	45,873	0,68	0,62
	42,162	42,344	42,592	42,994	1	1	42,299	42,431	42,551	42,674	0,81	0,76
	40,402	40,603	40,853	40,941	1	1	40,437	40,72	40,766	40,883	0,8	0,76
	34,345	34,491	34,718	34,916	0,77	0,79	34,391	34,512	34,557	34,779	0,75	0,72
	38,122	38,302	38,616	38,758	0,71	0,76	38,209	38,311	38,549	38,625	0,67	0,62
8	35,275	35,484	35,701	35,752	0,78	1	35,355	35,538	35,643	35,751	0,71	0,77
	34,038	34,191	34,593	34,664	0,91	0,88	34,166	34,399	34,571	34,649	0,79	0,72
	41,053	41,364	41,63	41,653	1	1	41,361	41,48	41,487	41,638	0,91	0,78
	32,066	32,435	32,665	32,967	1	1	32,074	32,562	32,571	32,671	0,87	0,83
	39,137	39,171	39,269	39,683	0,93	1	39,166	39,192	39,197	39,288	0,8	0,79
9	39,104	39,163	39,892	39,957	0,83	0,78	39,136	39,193	39,831	39,898	0,7	0,69
	44,08	44,258	44,456	44,909	0,87	0,94	44,089	44,272	44,399	44,808	0,77	0,84
	45,297	45,512	45,699	45,992	1	0,98	45,461	45,642	45,69	45,723	0,82	0,86
	34,079	34,319	34,702	34,894	1	1	34,216	34,56	34,586	34,882	0,79	0,83
	30,079	30,104	30,493	30,987	1	0,96	30,08	30,168	30,342	30,919	0,82	0,81
10	31,083	31,537	31,838	31,991	0,84	1	31,449	31,746	31,778	31,909	0,73	0,78
	34,038	34,132	34,835	34,988	0,96	0,8	34,078	34,654	34,746	34,945	0,79	0,73
	44,248	44,433	44,844	44,969	1	1	44,253	44,508	44,587	44,845	0,81	0,75
	35,083	35,394	35,588	35,656	1	1	35,172	35,441	35,501	35,628	0,82	0,86
	41,119	41,291	41,871	41,974	1	1	41,259	41,397	41,841	41,944	0,8	0,71
11	36,005	36,35	36,751	36,882	1	1	36,03	36,454	36,537	36,799	0,85	0,81
	30,007	30,151	30,606	30,97	1	1	30,07	30,176	30,395	30,655	0,88	0,81
	40,037	40,386	40,692	40,729	1	1	40,095	40,409	40,577	40,722	0,75	0,8
	41,051	41,062	41,73	41,943	0,79	1	41,057	41,278	41,621	41,863	0,7	0,85
	37,001	37,13	37,748	37,939	0,8	0,8	37,037	37,372	37,702	37,916	0,72	0,76
12	34,015	34,072	34,326	34,863	0,89	1	34,063	34,107	34,207	34,578	0,77	0,77
	31,121	31,444	31,67	31,875	1	0,85	31,173	31,516	31,597	31,836	0,78	0,7
	39,266	39,422	39,795	39,807	0,94	1	39,336	39,506	39,748	39,795	0,81	0,85
	37,006	37,214	37,77	37,798	0,94	0,88	37,034	37,278	37,422	37,784	0,79	0,82
	43,373	43,495	43,726	43,873	1	1	43,375	43,53	43,672	43,799	0,8	0,85

Ek Açıklama-A: Aralık Tip-2 Bulanık $\bar{X}$, R, s Kontrol Grafikleri İçin Veriler (devam)

	a1(U)	a2(U)	a3(U)	a4(U)	H1[A(U)]	H2[A(U)]	a1(L)	a2(L)	a3(L)	a4(L)	H1[A(L)]	H2[A(L)]
13	32,028	32,145	32,385	32,88	0,84	0,8	32,086	32,262	32,345	32,425	0,72	0,74
	43,127	43,412	43,8	43,87	1	1	43,205	43,64	43,759	43,818	0,83	0,86
	35,105	35,479	35,621	35,956	0,73	0,76	35,409	35,511	35,558	35,942	0,67	0,65
	39,032	39,325	39,477	39,757	1	1	39,11	39,357	39,395	39,574	0,86	0,82
	39,067	39,315	39,756	39,926	1	0,88	39,17	39,337	39,518	39,871	0,83	0,79
14	39,022	39,099	39,739	39,881	0,92	1	39,071	39,474	39,574	39,776	0,72	0,77
	38,134	38,244	38,702	38,915	1	0,98	38,163	38,271	38,574	38,846	0,81	0,85
	44,264	44,55	44,638	44,968	1	1	44,373	44,578	44,632	44,896	0,89	0,82
	34,221	34,342	34,709	34,933	0,78	0,75	34,245	34,452	34,503	34,816	0,72	0,67
	31,121	31,739	31,943	31,954	0,79	0,98	31,213	31,86	31,915	31,947	0,72	0,78
15	48,052	48,204	48,834	48,948	1	1	48,178	48,235	48,313	48,842	0,85	0,8
	48,067	48,163	48,43	48,494	0,81	0,84	48,143	48,314	48,351	48,451	0,71	0,76
	43,007	43,479	43,72	43,928	1	1	43,162	43,558	43,72	43,853	0,75	0,85
	52,109	52,261	52,633	52,803	1	1	52,111	52,306	52,482	52,786	0,82	0,81
	51,008	51,19	51,468	51,902	0,9	0,85	51,066	51,21	51,221	51,574	0,67	0,68
16	39,035	39,196	39,524	39,987	0,87	1	39,066	39,241	39,502	39,831	0,78	0,76
	39,155	39,504	39,769	39,845	1	0,94	39,293	39,638	39,708	39,79	0,89	0,83
	42,06	42,378	42,719	42,957	1	1	42,319	42,417	42,428	42,927	0,75	0,81
	41,026	41,171	41,667	41,995	1	1	41,044	41,224	41,444	41,784	0,73	0,9
	41,014	41,157	41,514	41,982	0,91	1	41,077	41,323	41,396	41,856	0,76	0,72
17	39,028	39,291	39,788	39,888	1	1	39,257	39,641	39,67	39,828	0,81	0,77
	44,122	44,366	44,777	44,883	1	1	44,138	44,728	44,756	44,859	0,8	0,77
	37,081	37,552	37,68	37,862	1	0,8	37,497	37,591	37,592	37,696	0,84	0,8
	36,325	36,635	36,735	36,959	0,91	0,99	36,623	36,669	36,714	36,957	0,79	0,79
	38,161	38,558	38,696	38,883	1	0,8	38,506	38,649	38,696	38,877	0,75	0,73
18	40,135	40,433	40,815	40,948	0,88	1	40,191	40,437	40,624	40,885	0,78	0,76
	40,237	40,369	40,693	40,765	0,83	0,76	40,242	40,514	40,594	40,7	0,73	0,71
	30,214	30,248	30,838	30,93	0,95	1	30,238	30,733	30,762	30,874	0,86	0,83
	32,082	32,211	32,307	32,677	0,81	0,74	32,093	32,247	32,275	32,357	0,71	0,67
	33,02	33,407	33,519	33,793	1	1	33,141	33,41	33,498	33,723	0,8	0,8
19	44,271	44,511	44,706	44,945	1	0,98	44,419	44,529	44,551	44,789	0,82	0,82
	37,149	37,474	37,718	37,991	1	1	37,428	37,636	37,637	37,975	0,72	0,78
	43,121	43,235	43,64	43,873	1	0,89	43,16	43,472	43,513	43,71	0,75	0,7
	34,022	34,444	34,796	34,971	1	1	34,245	34,511	34,758	34,883	0,81	0,86
	38,103	38,197	38,542	38,902	1	0,95	38,17	38,304	38,448	38,699	0,76	0,81
20	40,238	40,397	40,616	40,727	1	1	40,396	40,406	40,468	40,655	0,87	0,86
	34,151	34,19	34,623	34,918	1	0,97	34,184	34,424	34,451	34,861	0,84	0,8
	41,013	41,161	41,417	41,623	0,75	0,78	41,072	41,185	41,307	41,461	0,72	0,71
	31,152	31,32	31,456	31,85	0,92	0,87	31,177	31,356	31,418	31,495	0,79	0,8
	36,139	36,235	36,801	36,951	1	0,91	36,213	36,45	36,784	36,941	0,93	0,84

Ek Açıklama-B: Aralık Tip-2 Bulanık c-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	a1U	a2U	a3U	a4U	H1U	H2U	a1L	a2L	a3L	a4L	H1L	H2L
1	25	30	30	35	0,68	0,68	28	31	31	34	0,48	0,48
2	15	20	30	35	0,82	0,82	16	22	28	34	0,73	0,73
3	3	5	12	14	0,99	0,99	3	5	9	13	0,6	0,6
4	3	6	6	9	1	1	5	6	6	7	0,74	0,74
5	31	38	38	45	0,86	0,86	34	39	39	44	0,7	0,7
6	16	20	24	28	0,63	0,63	16	20	22	26	0,45	0,45
7	3	6	8	11	0,89	0,89	7	8	9	10	0,51	0,51
8	27	36	44	53	0,76	0,76	28	37	41	50	0,7	0,7
9	8	11	15	18	0,73	0,73	8	11	13	16	0,58	0,58
10	7	10	13	16	0,91	0,91	9	11	12	14	0,56	0,56
11	3	6	6	9	0,82	0,82	5	7	7	9	0,78	0,78
12	27	32	32	37	0,82	0,82	32	34	34	36	0,61	0,61
13	11	13	13	15	0,74	0,74	12	13	13	14	0,73	0,73
14	45	50	52	57	0,93	0,93	49	52	52	55	0,82	0,82
15	34	38	41	45	0,9	0,9	35	38	39	42	0,53	0,53
16	36	40	40	44	0,91	0,91	38	40	40	42	0,76	0,76
17	28	32	50	54	0,88	0,88	30	33	48	51	0,6	0,6
18	33	39	39	45	0,93	0,93	33	39	39	45	0,54	0,54
19	12	15	21	24	0,75	0,75	14	17	19	22	0,64	0,64
20	23	28	28	33	0,94	0,94	26	29	29	32	0,62	0,62
21	28	32	35	39	0,89	0,89	28	32	33	37	0,6	0,6
22	14	18	28	32	0,98	0,98	16	20	23	27	0,67	0,67
23	24	30	30	36	0,98	0,98	25	30	30	35	0,6	0,6
24	20	25	25	30	0,74	0,74	26	27	27	28	0,69	0,69
25	25	31	41	47	0,72	0,72	27	31	39	43	0,62	0,62
26	7	10	25	28	0,82	0,82	7	12	21	26	0,57	0,57
27	3	5	14	16	0,8	0,8	5	6	11	12	0,56	0,56
28	23	28	35	40	0,88	0,88	25	28	32	35	0,74	0,74
29	17	20	25	28	0,74	0,74	18	22	24	28	0,71	0,71
30	5	8	8	11	0,97	0,97	7	9	9	11	0,71	0,71

Ek Açıklama-C: Aralık Tip-2 Bulanık u-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	a1U	a2U	a3U	a4U	H1U	H2U	a1L	a2L	a3L	a4L	H1L	H2L
1	23	28	28	33	0,94	0,94	26	29	29	32	0,62	0,62
2	14	18	28	32	0,98	0,98	16	20	23	27	0,67	0,67
3	27	36	44	53	0,76	0,76	28	37	41	50	0,7	0,7
4	7	10	13	16	0,91	0,91	9	11	12	14	0,56	0,56
5	36	40	40	44	0,91	0,91	38	40	40	42	0,76	0,76
6	11	13	13	15	0,74	0,74	12	13	13	14	0,73	0,73
7	3	6	8	11	0,89	0,89	7	8	9	10	0,51	0,51
8	3	6	6	9	0,82	0,82	5	7	7	9	0,78	0,78
9	24	30	30	36	0,98	0,98	25	30	30	35	0,6	0,6
10	12	15	21	24	0,75	0,75	14	17	19	22	0,64	0,64
11	33	39	39	45	0,93	0,93	33	39	39	45	0,54	0,54
12	27	32	32	37	0,82	0,82	32	34	34	36	0,61	0,61
13	8	11	15	18	0,73	0,73	8	11	13	16	0,58	0,58
14	45	50	52	57	0,93	0,93	49	52	52	55	0,82	0,82
15	16	20	24	28	0,63	0,63	16	20	22	26	0,45	0,45
16	28	32	35	39	0,89	0,89	28	32	33	37	0,6	0,6
17	25	31	41	47	0,72	0,72	27	31	39	43	0,62	0,62
18	28	32	50	54	0,88	0,88	30	33	48	51	0,6	0,6
19	34	38	41	45	0,9	0,9	35	38	39	42	0,53	0,53
20	20	25	25	30	0,74	0,74	26	27	27	28	0,69	0,69

Ek Açıklama-D: Aralık Tip-2 Bulanık p-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	a1U	a2U	a3U	a4U	H1U	H2U	a1L	a2L	a3L	a4L	H1L	H2L	Parti sayısı
1	20	24	26	30	0,8	0,8	23	25	25	27	0,65	0,65	100
2	7	10	11	14	0,9	0,9	9	10	11	12	0,55	0,55	100
3	5	7	9	11	0,8	0,8	6	8	8	10	0,6	0,6	75
4	4	6	6	8	0,8	0,8	5	6	6	7	0,6	0,6	75
5	17	20	22	25	0,9	0,9	19	21	21	23	0,55	0,55	125
6	6	9	9	12	0,8	0,8	7	9	9	11	0,7	0,7	60
7	13	15	16	18	0,8	0,8	14	15	16	17	0,6	0,6	75
8	7	9	10	12	0,85	0,85	7	9	10	12	0,6	0,6	100
9	5	6	9	10	0,8	0,8	6	7	8	9	0,55	0,55	75
10	2	4	5	7	0,8	0,8	3	4	5	6	0,7	0,7	60
11	7	10	12	15	0,8	0,8	9	11	11	13	0,55	0,55	90
12	16	18	19	21	0,85	0,85	17	18	19	20	0,6	0,6	90
13	9	11	12	14	0,9	0,9	9	11	12	14	0,65	0,65	90
14	5	7	10	12	0,9	0,9	6	8	9	11	0,55	0,55	75
15	3	5	5	7	0,9	0,9	4	5	5	6	0,7	0,7	75
16	3	5	6	8	0,8	0,8	4	5	6	7	0,6	0,6	60
17	6	7	11	12	0,85	0,85	7	8	10	11	0,55	0,55	90
18	5	7	7	9	0,85	0,85	6	7	7	8	0,7	0,7	75
19	3	5	7	9	0,85	0,85	5	6	6	7	0,6	0,6	75
20	6	8	9	11	0,9	0,9	7	8	9	10	0,65	0,65	75
21	10	12	14	16	0,8	0,8	12	13	13	14	0,6	0,6	75
22	9	12	13	16	0,85	0,85	10	12	13	15	0,55	0,55	90
23	8	10	12	14	0,8	0,8	10	11	11	12	0,65	0,65	90
24	6	8	10	12	0,9	0,9	7	9	9	11	0,65	0,65	60
25	4	6	8	10	0,8	0,8	5	7	7	9	0,6	0,6	60

Ek Açıklama-E: Aralık Tip-2 Bulanık np-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	a1U	a2U	a3U	a4U	H1U	H2U	a1L	a2L	a3L	a4L	H1L	H2L
1	8	10	11	13	0,9	0,9	9	10	11	12	0,65	0,65
2	7	9	9	11	0,85	0,85	8	9	9	10	0,7	0,7
3	9	11	12	14	0,85	0,85	9	10	11	12	0,6	0,6
4	19	22	24	27	0,9	0,9	21	22	23	24	0,55	0,55
5	4	6	7	9	0,8	0,8	5	6	7	8	0,7	0,7
6	8	10	12	14	0,9	0,9	9	10	11	12	0,65	0,65
7	10	12	14	16	0,8	0,8	12	13	13	14	0,65	0,65
8	15	17	18	20	0,8	0,8	16	17	17	18	0,6	0,6
9	5	7	7	9	0,9	0,9	6	7	7	8	0,7	0,7
10	7	8	11	12	0,8	0,8	8	9	10	11	0,55	0,55
11	6	8	10	12	0,8	0,8	7	9	9	11	0,6	0,6
12	5	7	9	11	0,85	0,85	7	8	9	10	0,6	0,6
13	7	9	11	13	0,8	0,8	8	9	10	11	0,6	0,6
14	11	14	15	18	0,85	0,85	12	13	15	16	0,55	0,55
15	0	1	1	2	0,9	0,9	0	1	1	2	0,75	0,75

Ek Açıklama-F: Sezgisel Bulanık $\bar{X}$, R, s Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	Üye Olma						Üye Olmama					
1	38,5	38,6	38,6	38,7	0,59	0,59	38,2	38,6	38,7	39,1	0,68	0,68
	39,4	39,4	39,5	39,5	0,75	0,75	39,1	39,4	39,7	40	1	1
	44,1	44,7	44,8	45,4	0,61	0,61	44,1	44,3	44,8	45	0,78	0,78
	41,1	41,3	41,5	41,7	0,75	0,75	41	41,2	41,7	41,9	1	1
	43	43,2	43,3	43,5	0,69	0,69	43	43,2	43,5	43,7	0,91	0,91
2	26	26,2	26,2	26,4	0,72	0,72	26	26,2	26,7	26,9	1	1
	28,2	28,4	28,5	28,7	0,64	0,64	28	28,4	28,7	29,1	0,84	0,84
	26,4	26,7	26,7	27	0,81	0,81	26,1	26,5	26,8	27,2	1	1
	29,1	29,2	29,4	29,5	0,75	0,75	29	29,1	29,5	29,6	1	1
	35,3	35,5	35,6	35,8	0,88	0,88	35,2	35,5	35,6	35,9	1	1
3	34,2	34,5	34,5	34,8	0,65	0,65	34,1	34,4	34,7	35	0,8	0,8
	39,3	39,5	39,5	39,7	0,65	0,65	39	39,5	39,6	40,1	0,82	0,82
	40,1	40,1	40,3	40,3	0,71	0,71	40	40,1	40,4	40,5	1	1
	42,5	42,7	42,7	42,9	0,61	0,61	42,1	42,6	42,8	43,3	0,91	0,91
	39	39,2	39,4	39,6	0,85	0,85	39	39,1	39,5	39,6	1	1
4	32,4	32,5	32,5	32,6	0,62	0,62	32,1	32,4	32,7	33	0,84	0,84
	31,3	31,4	31,5	31,6	0,82	0,82	31	31,4	31,6	32	1	1
	33,2	33,3	33,3	33,4	0,73	0,73	33	33,2	33,6	33,8	1	1
	43,3	43,3	43,4	43,4	0,68	0,68	43,1	43,3	43,5	43,7	1	1
	45,2	45,3	45,3	45,4	0,69	0,69	45	45,2	45,4	45,6	0,94	0,94
5	32,1	32,4	32,5	32,8	0,69	0,69	32,1	32,4	32,5	32,8	0,89	0,89
	31,3	31,6	31,6	31,9	0,8	0,8	31,1	31,5	31,7	32,1	1	1
	41,1	41,2	41,5	41,6	0,76	0,76	41	41,2	41,6	41,8	1	1
	42	42,1	42,3	42,4	0,81	0,81	42	42	42,4	42,4	1	1
	44,2	44,3	44,5	44,6	0,73	0,73	44	44,3	44,7	45	1	1
6	32,1	32,5	32,5	32,9	0,84	0,84	32	32,3	32,6	32,9	1	1
	33,2	33,2	33,6	33,6	0,74	0,74	33,1	33,2	33,7	33,8	1	1
	41,2	41,2	41,2	41,2	0,7	0,7	41,2	41,2	41,4	41,4	1	1
	41,3	41,5	41,5	41,7	0,75	0,75	41	41,4	41,5	41,9	1	1
	45,4	45,6	45,7	45,9	0,65	0,65	45	45,5	45,8	46,3	0,77	0,77
7	34,3	34,5	34,5	34,7	0,72	0,72	34,3	34,4	34,7	34,8	0,79	0,79
	38,2	38,3	38,5	38,6	0,62	0,62	38,1	38,3	38,6	38,8	0,76	0,76
	40,4	40,7	40,7	41	0,76	0,76	40,4	40,6	40,8	41	1	1
	45,1	45,4	45,5	45,8	0,62	0,62	45	45,1	45,8	45,9	0,78	0,78
	42,2	42,4	42,5	42,7	0,76	0,76	42,1	42,3	42,5	42,7	1	1
8	32	32,5	32,5	33	0,83	0,83	32	32,4	32,6	33	1	1
	34,1	34,3	34,5	34,7	0,72	0,72	34	34,1	34,5	34,6	0,91	0,91
	35,3	35,5	35,6	35,8	0,71	0,71	35,2	35,4	35,7	35,9	1	1
	39,1	39,1	39,1	39,1	0,79	0,79	39,1	39,1	39,2	39,2	1	1
	41,3	41,4	41,4	41,5	0,78	0,78	41	41,3	41,6	41,9	1	1
9	30	30,1	30,3	30,4	0,81	0,81	30	30,1	30,4	30,5	1	1
	34,2	34,5	34,5	34,8	0,79	0,79	34	34,3	34,7	35	1	1
	39,1	39,1	39,8	39,8	0,69	0,69	39,1	39,1	39,8	39,8	0,83	0,83
	44	44,2	44,3	44,5	0,77	0,77	44	44,2	44,4	44,6	0,94	0,94
	45,4	45,6	45,6	45,8	0,82	0,82	45,2	45,5	45,6	45,9	1	1
10	31,4	31,7	31,7	32	0,73	0,73	31	31,5	31,8	32,3	1	1
	34	34,6	34,7	35,3	0,73	0,73	34	34,1	34,8	34,9	0,96	0,96
	35,1	35,4	35,5	35,8	0,82	0,82	35	35,3	35,5	35,8	1	1
	41,2	41,3	41,8	41,9	0,71	0,71	41,1	41,2	41,8	41,9	1	1
	44,2	44,5	44,5	44,8	0,75	0,75	44,2	44,4	44,8	45	1	1
11	30	30,1	30,3	30,4	0,81	0,81	30	30,1	30,6	30,7	1	1
	37	37,3	37,7	38	0,72	0,72	37	37,1	37,7	37,8	0,8	0,8
	36	36,4	36,5	36,9	0,81	0,81	36	36,3	36,7	37	1	1
	40	40,4	40,5	40,9	0,75	0,75	40	40,3	40,6	40,9	1	1
	41	41,2	41,6	41,8	0,7	0,7	41	41	41,7	41,7	1	1
12	31,1	31,5	31,5	31,9	0,7	0,7	31,1	31,4	31,6	31,9	1	1
	34	34,1	34,2	34,3	0,77	0,77	34	34	34,3	34,3	1	1
	37	37,2	37,4	37,6	0,79	0,79	37	37,2	37,7	37,9	0,94	0,94
	39,3	39,5	39,7	39,9	0,81	0,81	39,2	39,4	39,7	39,9	1	1
	43,3	43,5	43,6	43,8	0,8	0,8	43,3	43,4	43,7	43,8	1	1

Ek Açıklama-F: Sezgisel Bulanık $\bar{X}$, R, s Kontrol Grafikleri İçin Veriler (devam)

	Üye Olma						Üye Olmama					
13	32	32,2	32,3	32,5	0,72	0,72	32	32,1	32,3	32,4	0,84	0,84
	35,4	35,5	35,5	35,6	0,65	0,65	35,1	35,4	35,6	35,9	0,76	0,76
	39,1	39,3	39,5	39,7	0,79	0,79	39	39,3	39,7	40	1	1
	39,1	39,3	39,3	39,5	0,82	0,82	39	39,3	39,4	39,7	1	1
	43,2	43,6	43,7	44,1	0,83	0,83	43,1	43,4	43,8	44,1	1	1
14	31,2	31,8	31,9	32,5	0,72	0,72	31,1	31,7	31,9	32,5	0,98	0,98
	34,2	34,4	34,5	34,7	0,67	0,67	34,2	34,3	34,7	34,8	0,78	0,78
	38,1	38,2	38,5	38,6	0,81	0,81	38,1	38,2	38,7	38,8	1	1
	39	39,4	39,5	39,9	0,72	0,72	39	39	39,7	39,7	1	1
	44,3	44,5	44,6	44,8	0,82	0,82	44,2	44,5	44,6	44,9	1	1
15	43,1	43,5	43,7	44,1	0,75	0,75	43	43,4	43,7	44,1	1	1
	48,1	48,3	48,3	48,5	0,71	0,71	48	48,1	48,4	48,5	0,84	0,84
	51	51,2	51,2	51,4	0,67	0,67	51	51,1	51,4	51,5	0,9	0,9
	48,1	48,2	48,3	48,4	0,8	0,8	48	48,2	48,8	49	1	1
	52,1	52,3	52,4	52,6	0,81	0,81	52,1	52,2	52,6	52,7	1	1
16	39	39,2	39,5	39,7	0,76	0,76	39	39,1	39,5	39,6	1	1
	39,2	39,6	39,7	40,1	0,83	0,83	39,1	39,5	39,7	40,1	1	1
	41	41,3	41,3	41,6	0,72	0,72	41	41,1	41,5	41,6	1	1
	41	41,2	41,4	41,6	0,73	0,73	41	41,1	41,6	41,7	1	1
	42,3	42,4	42,4	42,5	0,75	0,75	42	42,3	42,7	43	1	1
17	36,6	36,6	36,7	36,7	0,79	0,79	36,3	36,6	36,7	37	0,99	0,99
	37,4	37,5	37,5	37,6	0,8	0,8	37	37,5	37,6	38,1	1	1
	38,5	38,6	38,6	38,7	0,73	0,73	38,1	38,5	38,6	39	1	1
	39,2	39,6	39,6	40	0,77	0,77	39	39,2	39,7	39,9	1	1
	44,1	44,7	44,7	45,3	0,77	0,77	44,1	44,3	44,7	44,9	1	1
18	32	32,2	32,2	32,4	0,67	0,67	32	32,2	32,3	32,5	0,81	0,81
	30,2	30,7	30,7	31,2	0,83	0,83	30,2	30,2	30,8	30,8	1	1
	33,1	33,4	33,4	33,7	0,8	0,8	33	33,4	33,5	33,9	1	1
	40,2	40,5	40,5	40,8	0,71	0,71	40,2	40,3	40,6	40,7	0,83	0,83
	40,1	40,4	40,6	40,9	0,76	0,76	40,1	40,4	40,8	41,1	1	1
19	34,2	34,5	34,7	35	0,81	0,81	34	34,4	34,7	35,1	1	1
	37,4	37,6	37,6	37,8	0,72	0,72	37,1	37,4	37,7	38	1	1
	38,1	38,3	38,4	38,6	0,76	0,76	38,1	38,1	38,5	38,5	1	1
	43,1	43,4	43,5	43,8	0,7	0,7	43,1	43,2	43,6	43,7	1	1
	44,4	44,5	44,5	44,6	0,82	0,82	44,2	44,5	44,7	45	1	1
20	31,1	31,3	31,4	31,6	0,79	0,79	31,1	31,3	31,4	31,6	0,92	0,92
	34,1	34,4	34,4	34,7	0,8	0,8	34,1	34,1	34,6	34,6	1	1
	36,2	36,4	36,7	36,9	0,84	0,84	36,1	36,2	36,8	36,9	1	1
	41	41,1	41,3	41,4	0,71	0,71	41	41,1	41,4	41,5	0,78	0,78
	40,3	40,4	40,4	40,5	0,86	0,86	40,2	40,3	40,6	40,7	1	1

Ek Açıklama-G: Sezgisel Bulanık c-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	Üye Olma						Üye Olmama					
1	56	66	68	78	0,6	0,6	56	66	68	78	0,11	0,11
2	32	38	54	60	0,67	0,67	28	38	54	64	0,02	0,02
3	50	60	60	70	0,6	0,6	48	60	60	72	0,02	0,02
4	52	50	50	48	0,69	0,69	40	50	50	60	0,26	0,26
5	10	12	12	14	0,78	0,78	6	12	12	18	0,18	0,18
6	64	64	64	64	0,61	0,61	54	64	64	74	0,18	0,18
7	24	26	26	28	0,73	0,73	22	26	26	30	0,26	0,26
8	98	102	102	106	0,82	0,82	90	102	102	114	0,07	0,07
9	70	78	80	88	0,53	0,53	68	78	80	90	0,1	0,1
10	76	80	80	84	0,76	0,76	72	80	80	88	0,09	0,09
11	60	66	98	104	0,6	0,6	56	66	98	108	0,12	0,12
12	66	78	78	90	0,54	0,54	66	78	78	90	0,07	0,07
13	28	32	40	44	0,64	0,64	24	32	40	48	0,25	0,25
14	52	56	56	60	0,62	0,62	46	56	56	66	0,06	0,06
15	68	76	76	84	0,7	0,7	62	76	76	90	0,14	0,14
16	32	42	46	56	0,45	0,45	32	42	46	56	0,37	0,37
17	14	14	14	14	0,51	0,51	6	14	14	22	0,11	0,11
18	56	74	86	104	0,7	0,7	54	74	86	106	0,24	0,24
19	16	24	28	36	0,58	0,58	16	24	28	36	0,27	0,27
20	18	22	24	28	0,56	0,56	14	22	24	32	0,09	0,09
21	54	64	80	90	0,62	0,62	50	64	80	94	0,28	0,28
22	14	22	48	56	0,57	0,57	14	22	48	56	0,18	0,18
23	10	12	26	28	0,56	0,56	6	12	26	32	0,2	0,2
24	50	58	68	76	0,74	0,74	46	58	68	80	0,12	0,12
25	36	42	48	54	0,71	0,71	34	42	48	56	0,26	0,26
26	14	16	16	18	0,71	0,71	10	16	16	22	0,03	0,03
27	56	60	60	64	0,48	0,48	50	60	60	70	0,32	0,32
28	32	42	58	68	0,73	0,73	30	42	58	70	0,18	0,18
29	6	12	22	28	0,6	0,6	6	12	22	28	0,01	0,01
30	10	12	12	14	0,74	0,74	6	12	12	18	0	0

Ek Açıklama-H: Sezgisel Bulanık u-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	Üye Olma						Üye Olmama						Parti Miktarı
1	52	56	56	60	0,62	0,62	46	56	56	66	0,06	0,06	250
2	32	36	56	60	0,67	0,67	28	36	56	64	0,02	0,02	150
3	56	72	88	104	0,7	0,7	54	72	88	106	0,24	0,24	180
4	23	25	33	35	0,56	0,56	18	25	33	40	0,09	0,09	150
5	76	80	80	84	0,76	0,76	72	80	80	88	0,09	0,09	200
6	30	33	33	35	0,73	0,73	28	33	33	38	0,26	0,26	150
7	10	12	16	18	0,51	0,51	6	12	16	22	0,11	0,11	90
8	10	12	12	14	0,78	0,78	6	12	12	18	0,18	0,18	120
9	50	60	60	70	0,6	0,6	48	60	60	72	0,02	0,02	200
10	28	30	42	44	0,64	0,64	24	30	42	48	0,25	0,25	150
11	66	78	78	90	0,54	0,54	66	78	78	90	0,07	0,07	150
12	60	64	64	68	0,61	0,61	54	64	64	74	0,18	0,18	180
13	16	22	30	36	0,58	0,58	16	22	30	36	0,27	0,27	125
14	98	100	104	106	0,82	0,82	90	100	104	114	0,07	0,07	250
15	32	40	48	56	0,45	0,45	32	40	48	56	0,37	0,37	180
16	56	64	70	78	0,6	0,6	56	64	70	78	0,11	0,11	150
17	54	62	82	90	0,62	0,62	50	62	82	94	0,28	0,28	200
18	60	64	100	104	0,6	0,6	56	64	100	108	0,12	0,12	200
19	70	76	82	88	0,53	0,53	68	76	82	90	0,1	0,1	150
20	40	50	50	60	0,69	0,69	40	50	50	60	0,26	0,26	150

Ek Açıklama-I: Sezgisel Bulanık p-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	Üye Olma						Üye Olmama						Parti Sayısı
1	95	105	105	115	0,55	0,55	85	105	105	125	0,1	0,1	600
2	20	25	30	35	0,6	0,6	15	25	30	40	0,2	0,2	300
3	35	40	50	55	0,55	0,55	30	40	50	60	0,15	0,15	375
4	30	35	35	40	0,7	0,7	25	35	35	45	0,15	0,15	375
5	25	30	30	35	0,6	0,6	15	30	30	45	0,15	0,15	300
6	30	35	40	45	0,55	0,55	25	35	40	50	0,2	0,2	300
7	15	20	25	30	0,7	0,7	10	20	25	35	0,2	0,2	250
8	45	55	55	65	0,55	0,55	35	55	55	75	0,2	0,2	500
9	85	90	95	100	0,6	0,6	80	90	95	105	0,15	0,15	375
10	45	55	60	70	0,65	0,65	45	55	60	70	0,1	0,1	375
11	30	40	45	55	0,55	0,55	25	40	45	60	0,1	0,1	450
12	20	25	25	30	0,7	0,7	15	25	25	35	0,1	0,1	250
13	50	60	65	75	0,55	0,55	45	60	65	80	0,15	0,15	450
14	50	55	55	60	0,65	0,65	40	55	55	70	0,2	0,2	375
15	35	45	45	55	0,65	0,65	30	45	45	60	0,1	0,1	375
16	45	55	55	65	0,55	0,55	35	55	55	75	0,2	0,2	300
17	85	90	95	100	0,6	0,6	80	90	95	105	0,15	0,15	450
18	45	55	60	70	0,65	0,65	45	55	60	70	0,1	0,1	375
19	30	40	45	55	0,55	0,55	25	40	45	60	0,1	0,1	375
20	20	25	25	30	0,7	0,7	15	25	25	35	0,1	0,1	375
21	35	45	45	55	0,7	0,7	30	45	45	60	0,2	0,2	375
22	70	75	80	85	0,6	0,6	65	75	80	90	0,2	0,2	450
23	35	45	50	60	0,6	0,6	35	45	50	60	0,15	0,15	450
24	115	125	125	135	0,65	0,65	100	125	125	150	0,2	0,2	600
25	45	50	55	60	0,55	0,55	35	50	55	70	0,1	0,1	300
26	30	40	40	50	0,6	0,6	25	40	40	55	0,2	0,2	375
27	25	30	30	35	0,6	0,6	20	30	30	40	0,2	0,2	450
28	50	55	55	60	0,65	0,65	40	55	55	70	0,2	0,2	375
29	35	45	45	55	0,65	0,65	30	45	45	60	0,1	0,1	300
30	25	35	35	45	0,6	0,6	20	35	35	50	0,2	0,2	300

Ek Açıklama-J: Sezgisel Bulanık np-Kontrol Grafikleri İçin Veriler

	Üye Olma						Üye Olmama					
1	81	90	99	108	0,65	0,65	72	90	99	117	0,1	0,1
2	82	91	91	100	0,7	0,7	73	91	91	109	0,15	0,15
3	81	99	108	126	0,6	0,6	81	99	108	126	0,15	0,15
4	126	132	144	150	0,55	0,55	114	132	144	162	0,1	0,1
5	108	108	126	126	0,65	0,65	90	108	126	144	0,2	0,2
6	124	133	142	151	0,6	0,6	115	133	142	160	0,2	0,2
7	72	84	84	96	0,7	0,7	60	84	84	108	0,1	0,1
8	147	154	168	175	0,55	0,55	133	154	168	189	0,1	0,1
9	88	99	121	132	0,6	0,6	77	99	121	143	0,2	0,2
10	110	130	140	160	0,55	0,55	100	130	140	170	0,15	0,15
11	55	66	77	88	0,7	0,7	44	66	77	99	0,2	0,2
12	99	110	132	143	0,65	0,65	88	110	132	154	0,1	0,1
13	115	120	140	145	0,65	0,65	100	120	140	160	0,2	0,2
14	128	136	144	152	0,6	0,6	120	136	144	160	0,2	0,2
15	72	84	84	96	0,7	0,7	60	84	84	108	0,1	0,1
16	80	80	110	110	0,55	0,55	70	80	110	120	0,2	0,2
17	70	80	100	110	0,6	0,6	60	80	100	120	0,2	0,2
18	75	77	99	101	0,6	0,6	55	77	99	121	0,15	0,15
19	80	90	110	120	0,6	0,6	70	90	110	130	0,2	0,2
20	108	126	135	153	0,55	0,55	99	126	135	162	0,15	0,15
21	55	66	77	88	0,75	0,75	44	66	77	99	0,1	0,1

ÖZGEÇMİŞ

Hatice Ercan Tekşen 1985 yılında Kahramanmaraş'ta dünyaya gelmiştir. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazanmış, 2008 yılında lisans derecesini almıştır. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2011 yılında yüksek lisans derecesini almıştır. 2013 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında doktora eğitimine başlamıştır.

Bulanık kontrol grafikleri alanında çalışmış ve çalışma kapsamında çeşitli uluslararası kongrelerde bildiriler sunmuştur. Aynı zamanda tez çalışması kapsamında SCI endeksli dergilerde yayınları bulunmaktadır.

Hatice Ercan Tekşen evli ve bir kız çocuğu annesidir. 2012 yılından beri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde öğretim elemanı olarak görev almaktadır.