

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK DEVRE KARTI ÜZERİNDEKİ KUSUR SAYILARI İÇİN
BULANIK c KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ UYGULAMASI

Bekir ELİTOK

ARALIK 2016



Saygıdeğer Babama
Fedakâr Anneme
Sevgili Kardeşlerime

ÖZET

ELEKTRONİK DEVRE KARTI ÜZERİNDEKİ KUSUR SAYILARI İÇİN BULANIK c KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ UYGULAMASI

Bekir ELİTOK

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi

Danışman: Prof. Dr. Sevgi YURT ÖNCEL

Aralık 2016, 85 sayfa

Kalite kontrol grafiği belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklemden elde edilen verilerin zaman içindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklerdir. Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için süreçteki kaymaları tespit eden bir istatistiksel süreç kontrol tekniğidir. Bu çalışmada kalite karakteristiği olarak dilsel eşikler kullanıldığında bulanık kalite kontrol grafiklerinin çizimi tartışılmıştır. Bulanık dönüştürme teknikleri olarak bulanık mod, α -seviyesinde bulanık orta aralık ve bulanık medyan değer yaklaşımları ele alınmıştır.

Uygulamada bir elektronik devre kartından alınan lehim hataları için hem klasik hem de bulanık c kontrol grafikleri çizilmiştir. Bu iki grafiğin karşılaştırması yapıldığında klasik c kontrol grafiklerinde “kontrol dışı” görünen noktalar bulanık mantık teorisine dayalı çizilen bulanık c kontrol grafiklerinde, “kontrol altında” görülmüştür. Bulanık kontrol grafiği sayesinde teknik personelinin mercek yardımıyla yaptığı kontrol sırasında ki dikkatsizliği sonucu sürecin kontrol dışına çıktığı tespit edilmiştir. Klasik kontrol grafiklerinde sürecin kontrol dışında olması problemini gidermenin bir yolu tolerans sınırlarını genişletmektir. Bu da hataları artırmaktadır.

Ancak bulanık kontrol grafikleri çizilirse gerçekte tolere edilebilecek ürünle tolere edilemeyecek ürünün ayrımı sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir. Bu nedenle üretim yapan işletmelere dilsel değişkenlerin kullanılabilirdiği durumlarda klasik kontrol grafikleri yerine bulanık kontrol grafiklerini kullanmaları önerilir.

Anahtar kelimeler: İstatistiksel Kalite Kontrol, Niteliksel Klasik Kontrol Grafikleri, Bulanık Mantık, Niteliksel Bulanık Kontrol Grafikleri, Elektronik Devre Kartı.



ABSTRACT

AN APPLICATION OF FUZZY c QUALITY CONTROL CHARTS FOR FAULTS ON ELECTRONIC CIRCUIT CARD

Bekir ELİTOK

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, M.Sc Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Sevgi YURT ÖNCEL

December 2016, 85 pages

Quality control charts are graphs showing changes in data from a specific sample obtained with equal periods. It is a statistical process control technique to detect process changes in order to satisfy customer needs. In this study, construction of fuzzy control charts are discussed when the quality characteristic is expressed by using linguistic thresholds. Fuzzy mode, a α -level fuzzy mid range and fuzzy median approaches are used as fuzzy transformation techniques.

As an application control charts for solder faults in an electronic circuit board are constructed using classical and fuzzy c control charts. When these two charts are compared, it can be seen that, while points in the classical c control chart identified as “out of control”, are actually identified as “under control” in the fuzzy control chart. By using the fuzzy control chart it has been observed that the process was out of control due to a negligence of technical personel when checking products using a lens. One way of overcoming the out of control problem in the classical control chart is to extend the tolerance limits, which results in an increased number of faults. On the other hand by using fuzzy control charts it is possible to distinguish between

products which may be tolerated and which should not be tolerated. Therefore, we suggest that companies producing items should prefer fuzzy control charts over classical control charts when linguistic variables are appropriate.

Key Words: Statistical Quality Control, Qualitative Classic Control Charts, Fuzzy Logic, Qualitative Fuzzy Control Charts, Electronic Circuit Card



TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında tüm akademik bilgi birikimi ve tecrübesi ile yanımda olup, hiçbir desteği esirgemeyen, lisans ve yüksek lisans hayatımda bilimsel açıdan gelişimim için tüm imkânı sağlayan, tez danışmanım hocam sayın Prof. Dr. Sevgi YURT ÖNCEL'e (Kırıkkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü- Öğretim Üyesi) sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım boyunca sorularımı geri çevirmeyerek desteklerini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN (İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü- Öğretim Üyesi) hocama sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamın uygulama kısmı boyunca büyük fedakârlıklarla desteklerini esirgemeyen mesai arkadaşlarıma ve Teknam Teknoloji Ve Enerji Aş' ye sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca Kırıkkale Üniversitesi İstatistik Bölümü'ndeki ve Endüstri Mühendisliği Bölümü'ndeki değerli hocalarıma, arkadaşlarıma ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iii |
| TEŞEKKÜR | v |
| TABLolar DİZİNİ | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI | 3 |
| 3. İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROLÜ | 6 |
| 3.1. Değişim ve Kalite | 8 |
| 3.3. Kalite Kontrol Grafiklerine Genel Bakış..... | 15 |
| 3.4. Kontrol Grafiklerinin Sınıflandırılması..... | 18 |
| 3.4.1. Niceliksel Ölçümler İçin Kalite Kontrol Grafikleri | 19 |
| 3.4.1.1. X ve R Kalite Kontrol Grafikleri: | 19 |
| 3.4.1.2. X ve S Kalite Kontrol Grafikleri..... | 21 |
| 3.4.2.1. p Kalite Kontrol Grafikleri | 22 |
| 3.4.2.2. np Kalite Kontrol Grafikleri | 24 |
| 3.4.2.3. c Kalite Kontrol Grafikleri..... | 24 |
| 3.4.2.4. u Kalite Kontrol Grafikleri | 25 |
| 3.4.3. Sürecin Kontrol Altında Olup Olmamasının İncelenmesi | 26 |
| 4. BULANIK MANTIK VE BULANIK KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ 28 | |
| 4.1 Bulanık Mantık Uygulama Örnekleri..... | 29 |
| 4.2. Bulanık Mantık ve Genel Tanımlar | 31 |
| 4.3. Üyelik Fonksiyonları | 35 |
| 4.4. Bulanık Sayılar ve Bulanık Kümeler Üzerine Aritmetik İşlemler | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4.1. Bulanık Sayılar..... | 42 |
| 4.4.2. Bulanık Kümeler Üzerine Aritmetik İşlemler..... | 43 |
| 4.5. Bulanık Kontrol Grafikleri | 46 |
| 4.5.1. Nitelikler için Bulanık Kontrol Grafikleri | 48 |
| 4.5.1.1. Bulanık p Kontrol Grafiği | 48 |
| 4.5.1.2. α -Kesim Bulanık p Kontrol Grafiği..... | 50 |
| 4.5.1.3. Bulanık np Kontrol Grafiği..... | 51 |
| 4.5.1.4. α -Kesim Bulanık np Kontrol Grafiği | 52 |
| 4.5.1.5. Bulanık c Kontrol Grafiği..... | 52 |
| 4.5.1.6. Bulanık u Kontrol Grafiği | 54 |
| 4.5.1.7. α -Kesim Bulanık u Kontrol Grafiği..... | 54 |
| 4.5.2.1. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Mod Yaklaşımı | 55 |
| 4.5.2.2. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık Yaklaşımı | 57 |
| 4.5.2.3. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Medyan (Orta) Değer Yaklaşımı..... | 56 |
| 5. NİTELİKSEL BULANIK KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNİN | 61 |
| BİR TEKNOLOJİ FİRMASINDA UYGULAMASI | 61 |
| 5.1. İzlenen Yöntem | 61 |
| 5.2. Firma ve Üretim Süreci | 62 |
| 5.3. c Kalite Kontrol Grafiği | 63 |
| 5.4. Bulanık c Kontrol Grafiği | 66 |
| 5.4.1. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Mod Yaklaşımı | 68 |
| 5.4.2. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık Yaklaşımı | 70 |
| 5.4.3. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Medyan (Orta) Değer Yaklaşımı | 73 |

| | |
|---|------------|
| 5.5. Sonuçların Karşılaştırılması | 76 |
| 6.SONUÇ VE TARTIŞMA..... | 79 |
| KAYNAKLAR | 830 |
| EKLER..... | 83 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 84 |



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 5.1. 30 Birimlik Örnekleme Ait Veri | 63 |
| 5.2. Verilere Ait Bulanık Sayılar..... | 67 |
| 5.3. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Mod Yaklaşım Sonuçları | 68 |
| 5.4. α -Seviyeli Bulanık Sayılar | 71 |
| 5.5. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık Yaklaşım Sonuçları | 72 |
| 5.6. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Medyan (Orta) Değer Yaklaşımı Sonuçları | 74 |
| 5.7. Klasik Kontrol Grafikleri ile Bulanık Kontrol Grafikleri Karşılaştırması | 76 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| 3.1. Kalite ve Değişim Eğrisi | 8 |
| 3.2. Klasik Neden Sınıflandırması | 12 |
| 3.3. Pareto Grafiği | 12 |
| 3.4. Kuvvetli Bir Korelasyon Olduğu Görünen Serpilme Diyagramı..... | 13 |
| 3.5. Zayıf Bir Korelasyon Olduğu Görünen Serpilme Diyagramı | 14 |
| 3.6. Korelasyonun Olmadığı Görünen Serpilme Diyagramı..... | 14 |
| 3.7. Shewhart Kontrol Grafiği..... | 17 |
| 3.8.Kontrol Sınırları İçerisinde Gözlemlenebilecek Durumlar | 27 |
| 4.1. α - Kesme Kümesi | 34 |
| 4.2. Üyelik Fonksiyonunun Kısımları..... | 36 |
| 4.3. Üçgen Üyelik Fonksiyonu | 37 |
| 4.4. Doğrusal Olmayan Üçgen Üyelik Fonksiyonu | 38 |
| 4.5.Yamuk Üyelik Fonksiyonu | 39 |
| 4.6. Gaussian Üyelik Fonksiyonu | 40 |
| 4.7. Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu | 41 |
| 4.8. Sigmodial Üyelik Fonksiyonu | 42 |
| 4.9. A ve B Bulanık Küme Birleşimleri..... | 44 |
| 4.10. A ve B Bulanık Küme Kesişimleri | 44 |
| 5.1. Rüzgâr Yön Sensörü Devre Kartı | 61 |
| 5.2. Üretim Akış Şeması | 62 |
| 5.3. Hata sayıları için c kontrol grafiği | 64 |
| 5.4. Devre Kartları Mercek Yardımıyla Kontrolü..... | 65 |
| 5.5. Bulanık Mod c Kontrol Grafiği..... | 70 |
| 5.6. α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık c Kontrol Grafiği | 73 |
| 5.7. α -Seviyeli Bulanık Medyan (Orta) Değer c Kontrol Grafiği..... | 75 |

1. GİRİŞ

Günümüz işletmelerinde üretilen mamullerin kalitesinin artırılması ve kabul edilebilir bir düzeye çıkarılması son derece önemlidir. Üretilen mamullerin ihraç edilebilmesi ve dış pazarlarda satılabilmesi bu pazarların kabul edileceği kalite ve standartlarda mamul üretilmesine bağlı olmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin yeni pazarlara girebilmesi ve bu pazarlarda rekabet edebilmeleri, ürettikleri mamullerin kalitesi ile ilgilidir. Sanayi işletmelerinde üretilen ürünlerinden elde edilen veriler, istatistiksel analizlerle değerlendirilerek ürünlerin kaliteleri hakkında sonuç çıkarılmaktadır.

Bu sayede üretimi kontrol altında tutmak ve hatalar oluşmadan önleyebilmek amaçlanmaktadır. Sadece ürünü imal ettikten sonra değil, imalat esnasında da üründen ya da ürünü etkileyen karakteristiklerden alınan verilerin incelenmesiyle, süreci kontrol eden yeni yöntemler ve grafikler geliştirmektedir.

Üretilen bir ürünün nitelikleri hakkında bir karar, ürün kontrolü yapan kişinin tecrübesiyle ilişkilidir. Bir ürünün niteliksel özellikleri hakkında kusurlu/kusursuz, uygun/uygun değil, çatlak var/çatlak yok gibi veya bir kusurun derecesi hakkında göreceli kararlar verilebilir.

Klasik mantıkta bir şey ya vardır ya da yoktur örneğin güzellik kavramını ele alırsak klasik mantıkta bir insan ya güzeldir ya da değildir. Ancak gerçek hayatta bir insanın güzelliği sorgulandığında az güzeli, çok güzel veya oldukça güzel gibi pekiştirici ifadeler kullanılır. Bulanık mantıkta bu gibi pekiştirici ifadelere dilsel eşikler denir. Bunun için bu tarz sözel ve pekiştirici ifadeler bulanık kümelerle işleyebilecek işlemler Zadeh (1965) tarafından geliştirilmiştir. (Zadeh,1965)

Bu çalışmada bir ürünün değerlendirilmesinde dilsel eşikler kullanıldığında istatistiksel süreç kontrolünün bulanık kontrol kartları ile takip edilmesi için gerekli yöntemler ele alınmıştır.

İlk bölümde istatistiksel kalite kontrol kavramı, kalite kontrol teknikleri ve klasik kalite kontrol grafiklerine yer verilmiştir. İstatistiksel kalite kontrol tekniklerinden klasik kalite kontrol grafikleri incelenmiştir.

İkinci bölümde bulanık mantık ve bulanık kalite kontrol grafikleri kavramlarına değinilmiş, bulanık mantığı hazırlayan gelişmeler, önemli avantajları ve bulanık mantığın kullanım alanları açıklanmıştır. Bulanık mantık ile ilgili temel kavramlara değinilerek niteliksel bulanık kalite kontrol grafikleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde çalışmada izlenen yöntem verilip; Ankara'daki TEKNAM TEKNOLOJİ VE ENERJİ AŞ. şirketinin ürettiği rüzgar yön sensörünün verileri kullanılarak bulanık c-kontrol grafikleri çizilmiştir. Kesin ve tam bilginin olmadığı durumlarda uzmanların tecrübelerine dayanılarak kararlar alınmaktadır. Süreçte mevcut olan belirsizliklerin ve dilsel eşiklerin tespit edilmesi ile bulanık küme teorisine dayanan bulanık kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Bulanık kontrol grafikleri çizilirken; bulanık mod değeri, bulanık orta değer, bulanık değişim aralığı yaklaşımları uygulanmıştır. Bu yaklaşımlar α -kesim ile geliştirilip; bulanık verilerin taşıdığı özelliklerin kaybolmaması için bulanık ortamda değerlendirilmiştir. Sonuç kısmında klasik kontrol kartları ile bulanık kontrol kartlarının karşılaştırmaları yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada, niteliksel bulanık gözlem verilerine sahip bir sürecin kontrol altında olup olmadığının belirlenmesinde bulanık c kontrol grafikleri kullanılmıştır. Bulanık gözlem değerleri ve bulanık dönüştürme teknikleri kullanılarak bulanık kontrol limitleri hesaplanmış ve uygun bir karar fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar klasik c kontrol grafiği sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Genellikle literatürdeki çalışmalara bakıldığında bulanık kontrol grafikleri yoğun olarak tekstil sektöründe uygulanmaktadır. Yapılan bu çalışmada ise bulanık dönüşüm teknikleri kullanılarak teknoloji sektöründe faaliyet gösteren bir firmada lehim hataları üzerinde uygulama yapılmıştır.

Wang ve Raz (1990) çalışmalarında bulanık teoriye dayanan alternatif yaklaşım önermişlerdir. Dilsel verilere dayanan değişkenler için kontrol şemaları oluşturmada iki yaklaşım göstermişlerdir. Bulanık ölçümlerde kullanılacak temsil değerleri için bulanık mod, α -kesim bulanık değişim aralığı, bulanık medyan ve bulanık ortalama yaklaşımlarını kullanmışlardır. (Raz & Wang, 1990)

Kanagawa vd. (1993) çalışmalarında olasılık yoğunluk dayanan dilsel değişkenler için kontrol şemalarını geliştirmişlerdir. (Kanagawa, Tamaki, & Ohta, 1993)

Kahraman vd. (1995) çalışmalarında doğal olmayan modeller için kontrol şemalarının testinde üçgen bulanık sayıları kullanmışlardır. (Kahraman, Tolga, & Ulukan, 1995)

Woodwall vd. (1995) çalışmalarında kategorik veriye dayanan istatistiksel ve bulanık kontrol şemalarının bir incelemesini vermiştir. (Woodall, Tsui, & Tucker, 1997)

Chang ve Aw (1995) çalışmalarında proses ortalaması kaymalarını tanımlamak için sinirsel bulanık (neural fuzzy,NF) kontrol şemalarını önermiştir. (Chang & Aw, 2002)

Wang ve Chen (1995) çalışmalarında istatistiksel kontrol şemalarının ekonomik tasarımları için sezgisel yöntem ve bulanık matematiksel programlama modeli göstermiştir. Çalışmalarında, tip-1 ve tip-2 hatalarındaki katsayıların daha ekonomik şekilde tahmin edilmesini sağlamışlardır. (Wang & Chen, 1995)

Talebs ve Limam (2002) çalışmalarında bulanık olasılıkçı yaklaşımı ve bulanık medyan dönüşüm yöntemlerini kullanmıştır. (Taleb & Limam, 2002)

Gülbay vd. (2004) muayene sıklığını düzenlemek için α -kesim bulanık kontrol grafiklerini geliştirmişlerdir. (Gülbay & Kahraman, 2004)

Taleb ve Limam (2005) çalışmalarında veriler dilsel biçimde gösterildiğinde çok değişkenli özellik süreçlerini gözlemlemek için kontrol şemasını oluşturmada iki yöntem önermişlerdir. (Taleb & Limam, 2005)

Gülbay ve Kahraman (2006) çalışmalarında direk bulanık yaklaşım önerilmiştir. Sayısal bir örnek verilerek önerilen bu direk bulanık yaklaşımla bulanık kontrol şeması gösterilmiştir. (Gülbay & Kahraman, 2006)

Aytaç (2006) çalışmalarında bulanık olasılıkçı yaklaşımı ve bulanık medyan dönüşüm yöntemleri ile çizilen bulanık kontrol grafikleri karşılaştırılmıştır. Denizli’de Taş ve Toprağa Dayalı Sanayinde faaliyet gösteren bir işletmenin ilgili sürecinden veriler alınmıştır. İlgili süreci temsil edilen farklı şekillerde üçgen üyelik fonksiyonları ve prosesteki ürünlerin tercih edilme derecelerini gösteren dilsel değişkenler belirlenmiştir. Belirlenen bu üyelik fonksiyonları yardımıyla farklı yöntemlerle bulanık kalite kontrol şemaları oluşturularak ilgili sürecin kontrol altında olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır. (Aytaç, 2006)

Çelik (2006) çalışmalarında niteliksel bulanık kontrol grafiklerine ve kabul örneklemesine yer vermiştir. (Çelik, 2006)

Hsieh, vd. (2007) çalışmalarında aynı anda iki yaklaşım kontrol etmek için bir kontrol şeması oluşturulmasında bulanık teoriyi kullanmıştır. (Hsieh, Tong, & Wang, 2007)

Gulbay ve Kahraman (2007) çalışmalarında veri kaybını azaltmak adına bulanık dönüştürme tekniği olarak “direk bulanık yaklaşım” kullanılmıştır. (Gülbay & Kahraman, 2007)

Çimen (2008) çalışmalarında kontrol grafiklerinin bulanık mantık ile MATLAB programında yorumlanması konusunda çalışmıştır. Bu amaçla, süreçteki sapmaların belirlenmesinde kullanılmak üzere bir bulanık model geliştirilmiştir. Model, ortalama ve/veya varyanstaki sapmaların dört aşamada belirlenmesi için kullanılan bes bulanık çıkarım sistemi ile besinci aşamada süreçte meydana gelebilecek özel durumları tespit etmek amacıyla dört bölge kuralını test eden dört çıkarım sisteminden oluşmaktadır. (Çimen, 2008)

Pekin Alakoç (2012) çalışmalarında "Oransal yaklaşım" adında yeni bir bulanık dönüşüm tekniği geliştirilmiştir. (Alakoç, 2012)

Aslangiray ve Akyüz (2014) çalışmalarında bulanık kontrol grafiklerini bir uygulaması verilmişlerdir. (Aslangiray & Akyüz, 2014)

3. İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROLÜ

Kalitenin birçok tanımı bulunmaktadır. Kalite; belirlenen şartlar altında ve belirlenen bir zaman süresi içinde istenilen fonksiyonları yerine getirebilme kabiliyetidir. Kalite, bir ürünün kullanım uygunluğunu belirleyen özelliklerinin tümüdür. Kalite, önceden tespit edilmiş olan spesifikasyonlara ya da standartlara göre üretim yapma olgusudur.

Kalitenin kısaca tanımına bakılacak olursa; müşteri beklentilerini karşılama düzeyidir.

İstatistiksel kalite kontrol bir ürünü ekonomik ve yararlı bir şekilde üreterek kalite standartlarına uygunluğunu sağlamak ve kusurlu üretimi en aza indirmek için istatistiksel yöntemlerin kullanılmasıdır. Ölçme, gözlem veya deney yolu ile elde edilen veriler değişken ve özellik olmak üzere iki gruba ayrılır. Değişken veriler belirli bir birim sistemi içinde ölçülebilen ve genelde sayılarla ifade edilen verilerdir; örneğin bir parça çapının ölçülmesi ve milimetre olarak ifade edilmesi gibi. Diğer taraftan özellik verileri “uygun” veya “uygun değil” örneğin masterlarla kontrol edilen “geçer/geçmez” veya “kusurlu/kusursuz” şeklinde ifade edilen verilerdir. Kontrol kartları hem değişken hem de özellik verilere uygulanan bir kontrol yöntemidir.

Niceliklere ilişkin olarak kullanılan \bar{X} , R, S kontrol grafiği ile niteliklere ilişkin olarak kullanılan c, u, n ve d grafikleri Walter A. Shewhart tarafından oluşturulmuştur. Bu nedenle bu grafikler “Shewhart Grafikleri” olarak bilinir.

Kontrol kartları sürecin kontrolü için en uygun kontrol araçları olmakla beraber amaçları genelde şu şekilde açıklanabilir.

- Süreçteki sapmaları ve sürecin kararlı olup olmadığını gösterir.
- Kontrol edilen ürün özelliğinin üst ve alt kontrol limitleri denilen iki çizgiye göre trendini gösterir.
- Özelliğin değeri kontrol limitlerini aştığı durumda bunun nedeninin tayin edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerektiğini gösterir.

- Kusurlu parçaların açığa çıkmasının yerine bunların önlenmesine yardımcı olur.

Bir kontrol kartı şu özelliklere sahiptir:

- Yatay ve dikey eksen; yatay eksen ölçme sırasına göre numune numarasını veya zamanı, dikey eksen ürünün kontrol edilen özelliğini gösterir
- Noktalar ölçülen değerleri temsil ederler. Zamana göre kontrolün nasıl geliştiğini daha iyi görüntülemek için bu noktalar genelde çizgi parçaları ile bağlanır.
- Merkez çizgisi, Üst Kontrol Limiti (ÜKL), Alt Kontrol Limiti (AKL); merkez çizgisi kontrol edilen ürün özelliğinin ortalamasını temsil eder. Üst ve alt kontrol limitleri kontrol edilen ürün özelliğinin durumlarını gösterir. Noktalar bu çizgiler arasında olduğu sürece, sürecin kontrol altında olduğu ve herhangi bir önlem alınmasına gerek olmadığı anlaşılır. Tüm noktaların kontrol limitleri arasında bulunduğu durumda dahi, eğer bunlar sistematik veya genelde rastgele olmayan bir şekilde yerleşmişse süreç kontrol dışıdır.

Pratikte \bar{X} (ortalama), R (aralık) , p gibi kontrol kartları kullanılmaktadır.

Kontrol grafiklerinin çizilmesinde izlenen aşamalar:

1. Kontrol edilecek ürün özelliğinin seçilmesi
2. Numune boyutlarının ve numune alma sıklığının tayin edilmesi
3. Numune içinde bireylerin seçimi
4. Verilerin toplanması
5. Merkezi çizgi ve kontrol limitlerinin hesaplanması
6. Kontrol kartlarının oluşturulması
7. Standart kontrol kartlarının oluşturulması

Dolayısıyla burada çözülmesi gereken soru kontrol hassasiyetinin yükselmesinin maliyet artışını haklı çıkaracak nitelikte olup olmadığıdır. Eğer süreç değişiklikleri oldukça büyükse küçük boyutlu numunelerin kullanılması daha doğru olur. Numune alma sıklığı ne kadar az olursa süreçteki değişiklikleri yakalanması artar. Ancak bu

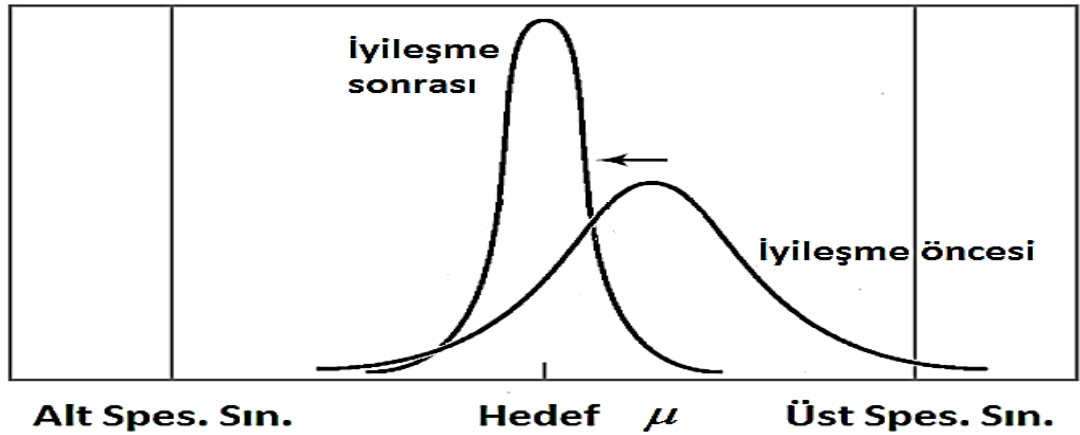
durumda kontrol maliyeti de artar. Genelde uygulama özellikle yüksek hacimli üretim sürecinde sık sık alınan küçük boyutlu numunelerden yanadır. Günümüzde otomatik ölçme tekniği ile numune alma sıklığı gittikçe artmaktadır. Hatta her parçanın kontrol edilmesi yani %100 kontrol imkânı vardır

Kontrol kartlarında seçilen ölçülerin zaman geçtikçe aldıkları değerler izlenerek sürecin kararlı olup olmadığı anlaşılmaya çalışılır.

3.1. Değişim ve Kalite

Kalite karakteristikleri bir rastgele değişkendir ve değişim kavramı bu değişkenliği ortaya koymaktadır.

Müşteri memnuniyetini artırmak adına bu kalite karakteristiklerindeki değişimin azaltılması, yani değişkenliğin azaltılması gerekmektedir. Nedenini Şekil 3.1' i tekrar ele alarak izah edebiliriz. Burada ölçülen karakteristiğin kalınlık gibi bir ebat olduğunu düşünelim.



Şekil 3.1. Kalite ve Değişim Eğrisi (Birgören, 2015)

İyileştirme öncesi grafiğin yayılımından değişimin yüksek olduğunu ve ortalamının istenilen değerden saptığını açıkça göre bilmekteyiz. Bu durum özellikle üst spesifikasyon sınırının sıkça ihlal edilmesine yol açacaktır.

İyileştirme sürecinde değişimi azaldığını ve ortalamının istenilen değere geldiğini görebilmekteyiz.

Bahsedilen bu değişimin kaynakları şu şekilde sıralayacak olursak;

- Ekipmanla ilgili kaynaklar
- Malzeme ile ilgili kaynaklar
- İnsanla ilgili kaynaklar
- Ölçümle ilgili kaynaklar

Ekipmanla İlgili Kaynaklar:

1. Bir tezgâhın sağlamlık özelliği
 - Tezgâhın yataklarıyla ilgili sorunlar titreşimi artırabilir
2. Bir ocağın ısı yalıtım düzeyi özelliği
 - Yalıtımla ilgili sorunlar ocağın içindeki farklı noktaların farklı sıcaklıklarda olmasına yol açabilir.
3. Ekipmanın enerji alışverişi ile ilgili kontrol düzeyi
 - Uygulanan kuvvet, basınç, akış hızı, viskozite, sıcaklık, voltaj gibi ayarlanabilir faktörler bunların içine girer.

Malzeme ile ilgili kaynaklar:

1. Malzeme İçerik ve Ebat Özellikleri
 - Malzemenin kompozisyonu (içeriğindeki bileşenlerin yüzdeleri) kalınlık gibi ebatları, işlenen bir malzemedan diğerine değişebilmektedir ya da ölçüm zorluğundan bilinmemektedir.
2. Malzeme Ölçüm Doğruluğu
 - Ölçüm ekipmanının kontrol düzeyi yüksek olsa da bunun malzeme üzerinde yansımalarının ne olduğu tam bilinmemektedir.

İnsanla İlgili Kaynaklar:

1. Operatör Faktörü
 - Kalite karakteristiği değerini ekipmandan ziyade operatörün etkilediği manüel işlerde öne çıkar.

Ölçümle ilgili kaynaklar:

1. Ölçüm Aletinin Hassasiyeti
 - Ölçüm aletlerinin de yanlış ölçüm yapabileceğini dikkate almak gerekir.
 - Ölçüm aletinin hassasiyeti, kalibre edilmemesi ya da operatör tarafından doğru kullanılmaması gibi nedenlerle gerçek değerden farklı ölçümler yapılabilir.

Shewhart' a göre değişkenliğin nedenleri iki grupta sınıflandırılabilir:

- Özel nedenler (belirlenebilir nedenler)
- Doğal nedenler (sistemden kaynaklanan nedenler)

Bir süreç sadece genel nedenlerin etkisi altında ise sürecin istatistiksel kontrol altında olduğu söylenir. Bu durumda süreç kararlı bir şekilde devam eder. Özel nedenlerin etkisi altında bir sürecin kontrol dışında olduğu söylenir. Bu kavramsal yaklaşım istatistiksel kalite kontrolü şemalarını geliştiren Shewhart tarafından 1920'li yıllarda ortaya atılmıştır ve güncelliğini korumaktadır.

Özel nedenler genel nedenlere nazaran dominant bir etkiye sahiptir; Zamanla özel nedenlerin tek tek belirlenmesi ile bu nedenlerin süreci nasıl etkilediği ve nasıl giderileceğine yönelik bilgi birikimi artacaktır. Böylece değişim de sürekli azaltılabilecektir.

3.2. İstatistiksel Süreç Kontrol Araçları Ve Teknikleri

Süreçleri geliştirmeyi amaçlayan istatistiksel kalite kontrol teknikleri, istatistiksel süreç kontrolünde önemli bir yere sahiptir. İstatistiksel süreç kontrolü hatalar en aza indirmeye odaklıdır. Bu sayede uygunluk kalitesi yüksek ürünler üretilebilir ve rekabet düzeyi artar.

Japon kalite hareketinin büyük düşünürlerinden Kaoru Ishikawa'ya göre;

Aşağıda sayılan yöntemler yardımıyla bir işletmedeki kaliteyle ilgili problemlerin %95' inin çözülebilir.

- Histogramlar,
- Beyin fırtınaları,
- Neden-sonuç diyagramları,
- Pareto diyagramları,
- Tabakalama analizi,
- Kontrol listeleri ve kayıt formları,
- Serpilme diyagramları,
- Akış diyagramları,
- Kontrol şemaları,

Histogramlar:

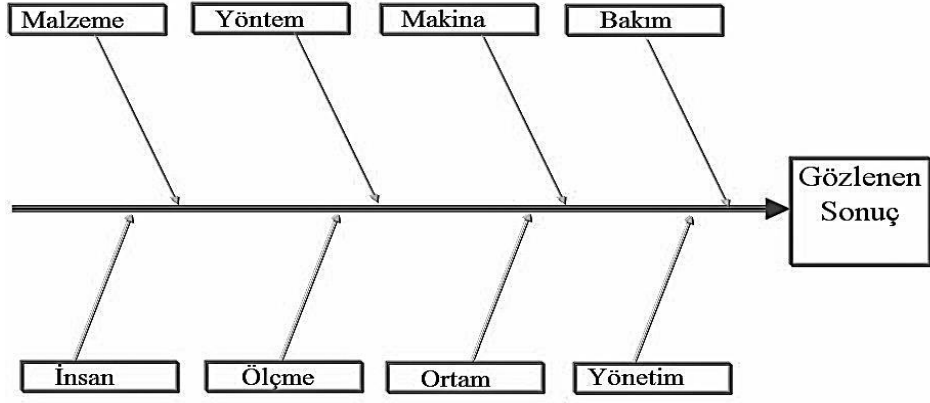
- Örneklemin olasılık dağılımı hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar.

Beyin fırtınaları:

- Beyin fırtınası bir sürekli iyileştirme aracıdır.
- Hataların altında yatan nedenlerin ortaya çıkarılması hedefler.
- Katılımcıların ilgili konunun uzmanı olması şartı aranmaz.

Neden-sonuç diyagramları:

- Balık kılıcı diyagramı olarak da adlandırılır.

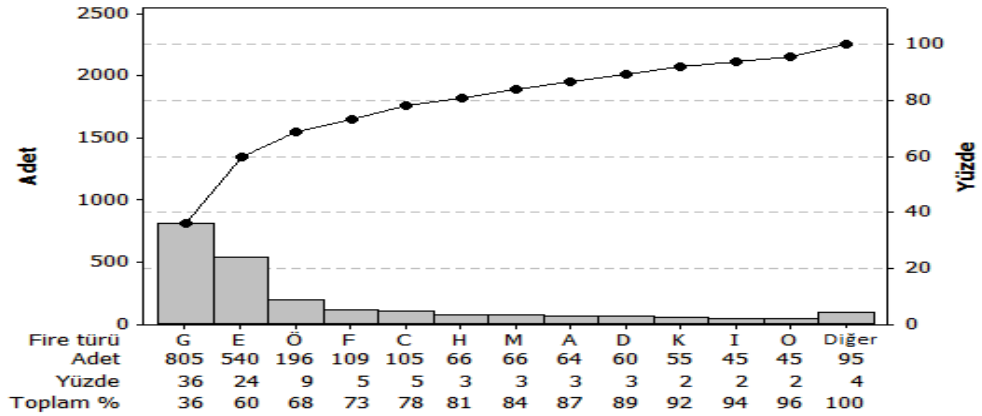


Şekil 3.2. Klasik Neden Sınıflandırması

- Klasik neden- sonuç sınıflandırmasına örnek olarak bir şablon Şekil 3.2’de verilmiştir.

Pareto Diyagramı:

- Pareto prensibi, bir sonucun % 80’inin, o sonuca yol açan nedenlerin % 20’sinden kaynaklandığını ifade eder; bu nedenle 80-20 kuralı olarak da bilinir.



Şekil 3.3. Pareto Grafiği

- Pareto diyagramı bir problemin altında yatan nedenlerin önem sıralarına göre sıralandığı grafikdir. Şekil 3.3 'te bir örneği verilmiştir.

Tabakalama Analizi:

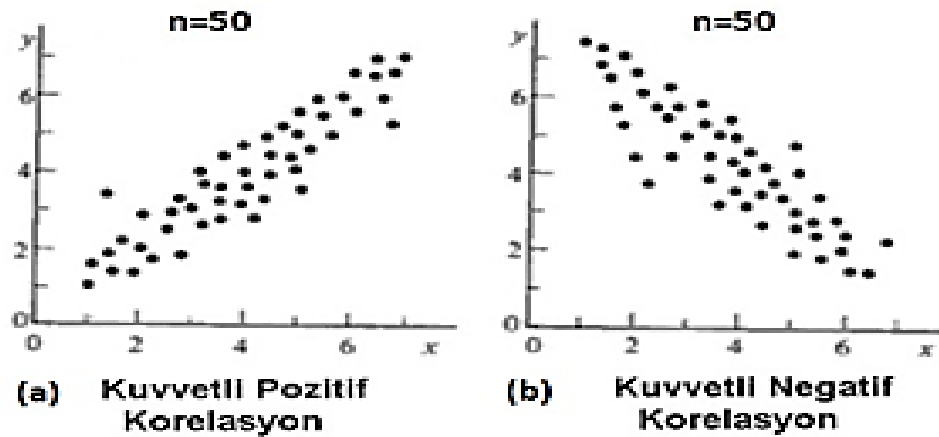
- Belli kategorilere ve özelliklere göre verilerin sınıflandırılmasıdır.
- Kalite ile ilgili verinin toplandığı koşullar gün, saat, işçi, makine, üretim hattı, parti numarası ve buna benzer kategori veya özellikler tabaka olarak adlandırılır.

Çetele, Kontrol Listeleri Ve Kayıt Formları:

- Verileri sınıflandırarak toplamaya yarar.
- Kalite listeleri kalite ile ilgili gözlemleri sınıflandırarak kaydetmek için kullanılan listelerdir.

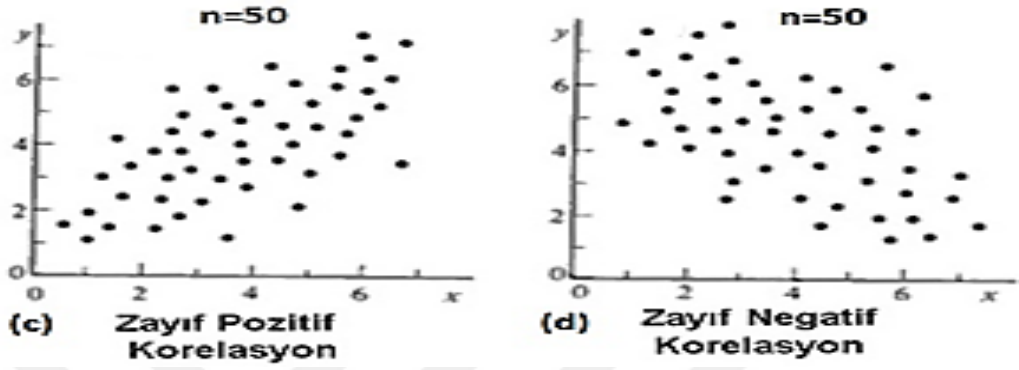
Serpilme Diyagramı:

- Serpilme diyagramları iki değişken arasında bir ilişki olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır.



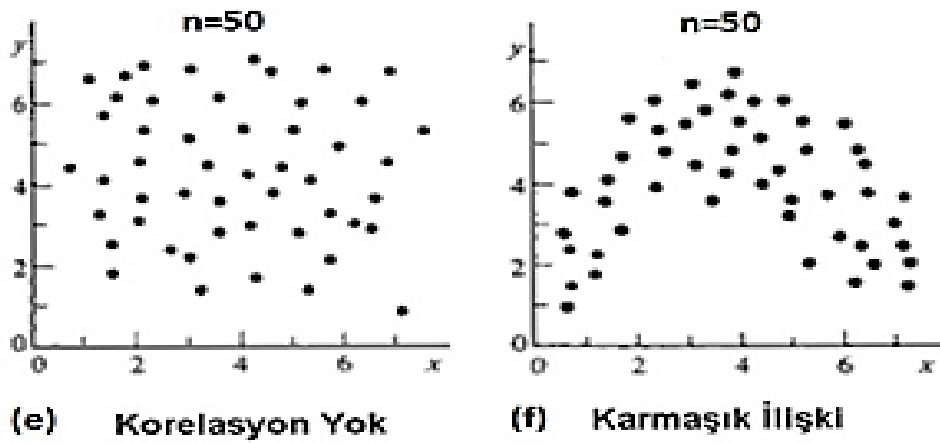
Şekil 3.4. Kuvvetli Bir Korelasyon Olduğu Görünen Serpilme Diyagramı

Şekil 3.4' deki gibi kuvvetli bir korelasyon varsa, noktalar hayali bir doğru etrafında, doğruya oldukça yakın dizilirler. Kuvvetli pozitif korelasyon varsa X arttıkça Y kuvvetli artma eğilimindedir; kuvvetli negatif korelasyon varsa Y kuvvetli azalma eğilimindedir.



Şekil 3.5. Zayıf Bir Korelasyon Olduğu Görünen Serpilme Diyagramı

Şekil 3.5' deki gibi zayıf bir korelasyon varsa, noktalar yine hayali doğrunun etrafında dizilirler ama doğruya yakın olmayabilirler. Dolayısıyla X arttıkça Y 'nin artma ya da azalma eğilimi vardır ama kuvvetli değildir.



Şekil 3.6. Korelasyonun Olmadığı Görünen Serpilme Diyagramı

Şekil 3.6' deki gibi bir korelasyon yoksa, noktalar bir yumak gibi dağıldıklarında korelasyon yoktur; noktaların etrafında dizildikleri bir hayali doğru çizilemez.

İstatistiksel Kalite Kontrol tekniklerinin temel amacı, üretim süreci içindeki hataları tanımlama ve üretim sürecindeki sapmaları ortaya çıkarmak ve hataları en aza indirmektir. Bu şekilde hatalar üretim aşamasında saptanıp düzeltilerek ürün kalitesinde ilerlemeler kaydedilmektedir.

Fakat çalışmanın konusu açısından “kontrol grafikleri” çok daha fazla önem kazanmaktadır. İşte bu nedenle ilerleyen bölümlerde bu konuya ayrıntısı ile yer verilecektir.

3.3. Kalite Kontrol Grafiklerine Genel Bakış

Kontrol grafikleri aynı zamanda bir istatistiksel süreç kontrol tekniği olduğu için istatistiksel süreç kontrol araçları ve teknikleri başlığı altında kısaca bahsedilmiştir.

İKK'nün temel amaçlarından biri, özel nedenlerin veya süreçteki sapmaların belirlenmek ve hatalı ürün veya hizmetin çıkarılmasını engellemektir. Kalite kontrol grafikleri bu amaç için en yaygın kullanılan istatistiksel süreç kontrolü tekniğidir. (Banks, 1989), (Çimen, 2008)

W. Shewhart tarafından 1930'lu yıllarda teorisi ortaya konmuş ama ilk yaygın uygulamaları 1950 ve sonrasında Japon sanayinde gerçekleştirilmiştir.

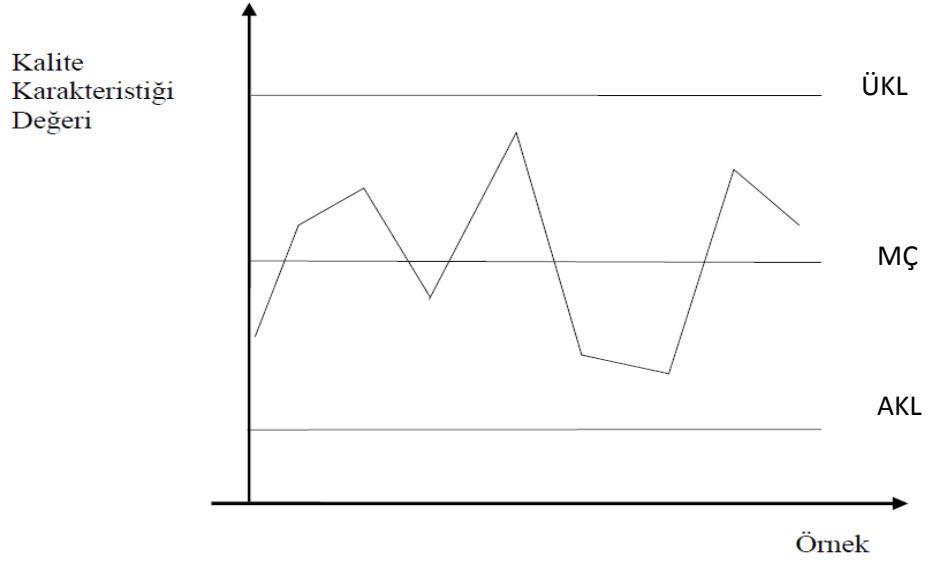
Kalite kontrol grafikleri;

- Bir üretim veya hizmet sürecinden düzenli veriler alınması ve bu verilerden elde edilen ortalama gibi istatistiksel değerlerin zamana bağlı grafiğinin elde edilmesiyle oluşturulur.
- Uygulamalarda kritik/önemli kalite karakteristikleri kullanılır.
- Verilerden elde edilen ölçümlerin grafiğe aktarılmasıyla sürecin kontrol dışına çıkıp çıkmadığı kontrol edilir;

- Sürecin kontrol dışına çıkma durumunda süreçteki sorun araştırılarak giderilmeye çalışılır. Özel nedenler yani baskın değişim kaynakları olup olmadığı araştırılır.

Üretimde kalite ölçümlerinin yapıldığı noktalara kalite kontrol noktaları adı verilir. Sürekli iyileştirme için bu noktalardan elde edilen verilerin analiz ve değerlendirmesi önerilir; en etkili yöntem de sürece uygun grafiklerle verilerin sürekli takip edilmesidir. Bu sayede süreç kontrol dışına çıktıysa bunun özel nedenlerini saptayarak düzeltici tedbirler almak ve böylelikle sürecin kısa vadede uygunsuz ürünler üretmesini engellemek mümkün olacaktır. Ancak kalite kontrol grafiklerinin uzun vade de amacı değişimi azaltmaktır. Kalite kontrol grafiklerinin etkili kullanımıyla süreçlerde kaliteyi etkileyen faktörlerle ilgili tecrübe (know-how) kazanılarak, sürekli iyileştirme imkânına kavuşulacaktır. (Birgören, 2015)

Kontrol grafiklerinin genel yapısına değinilecek olursak; süreç ortalamasını temsil eden bir merkezi çizgiden (*MÇ – çizgi*) ve süreç varyasyonu hakkında bilgi veren alt sınır (*AKL – alt kontrol limiti*), üst sınır (*ÜKL – üst kontrol limiti*) vardır. Belirli bir zaman aralığında elde edilmiş verilerin ortalaması alınarak, merkezi çizgi ile gösterilir. *AKL* ve *ÜKL* kontrol limitleri alınan veri setine bağlı olarak hesaplanır ve süreç kontrol altında olduğu zaman grafikteki hemen hemen tüm rasgele değişkenlerin aralarında olacağı alt ve üst limit değerleridir. Bu üç istatistik kalite karakteristiğinin zaman bağlı değişiminin anlaşılmasını sağlar. Kontrol grafiklerinde, yatay eksenle sırasıyla alt grup ya da veri numaraları, dikey eksenle ise ölçülen kalite karakteristiğinin gözlemlenen değerleri yer alır. Söz konusu grafiklerde sürecin zaman içerisindeki değişimleri gösterilir. (Montgomery, 2009)



Şekil 3.7. Shewhart Kontrol Grafiği (Montgomery, 2009).

Şekil 3.7’ de shewhart kontrol grafiği verilmiştir.

Bir kalite kontrol grafiği süreci “süreç kontrol altındadır” ya da “süreç kontrol dışındadır” olarak tanımlar. Sürecin kontrol altında olması üretim sürecinin durağan ve istenilen standartlarda üretim yapıldığı anlamına gelir. Sürecin kontrol altında olmaması ise sürecin müşteri beklentilerini karşılayabilmesi için geliştirilmeye ihtiyaç duyulduğuna işarettir. Sürecin kontrol dışında olması sonucu, özel bir nedenden ya da süreçteki bir işlemden dolayı olabilir . (Montgomery, 2009)

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

$$MÇ = \mu_x \quad (3.1)$$

$$ÜKL = \mu_x + L\sigma_x \quad (3.2)$$

$$AKL = \mu_x - L\sigma_x \quad (3.3)$$

biçiminde verilen eşitlikler ile hesaplanır.

Burada X, μ ve X sırasıyla kalite karakteristiğinin ortalaması ve standart sapmasıdır. L kontrol sınırlarının merkezi çizgiden olan uzaklıklarını gösterir. Bu değer sıklıkla 3 olarak alınır. Bu nedenle üst ve alt kontrol sınırları (3σ) kontrol sınırları olarak ifade edilir. (Montgomery, 2009)

Kalite kontrol grafikleri ile karar verme mekanizmasında hipotez testlerinden faydalanılır. Kalite kontrol grafiğinde H_0 yokluk hipotezi sürecin kontrol altında olması durumunu ifade eder. Sürecin kontrol grafiğinin çizilmesi süreçten istenilen boyutta alınan rasgele örneklemeler ile gerçekleşir. Bu örneklemelerden hesaplanan ortalama, standart sapma veya genişlik gibi istatistiksel değerler ile üretim süreciyle tanımlanan kitlenin parametre tahmini yapılır ve süreç hakkında bir karar verilir. Kalite kontrol grafiklerinde süreç tanımlanırken hipotez testlerinden yararlanılması, bize kontrol grafiklerinde hatalı karar verme durumlarının da olabileceğini ifade etmektedir. Birinci durum, süreç kontrol altında iken sürecin kontrol dışında olarak sonuçlandırılmasıdır. İkinci durum ise süreç kontrol dışında iken kontrol altında olarak da belirlenebilir. Bu durumlar istatistikte sırasıyla *tip – I* hata ve *tip – II* hata anlamına gelir. Kontrol grafiklerinde sınırlar hesaplanırken L değerinin küçük dolayısıyla kontrol sınırlarının birbirine yakın olması *tip – I* hata olasılığını artırır. L değerinin büyük olması ise *tip – II* hata olasılığını arttıracaktır. (Montgomery, 2009)

3.4. Kontrol Grafiklerinin Sınıflandırılması

Kontrol grafiklerinin sınıflandırılmasında kalite karakteristiğinin nicel veya nitel oluşu önem arz etmektedir. Nicel ve nitel ölçütleri kısaca tanımlayacak olursak; Ürünün; ağırlığı, uzunluğu, genişliği, yarıçapı vb. gibi kalite karakteristikleri niceliksel ölçülerdir. Kenar düzgünlüğü, renk tonu, desenin doğruluğu vb. kalite karakteristikleri ise niteliksel ölçülerdir. Niteliksel ölçütler ekseriyetle kusurlu / kusursuz, uygun / uygun değil ve bozuk / sağlam olarak tanımlanırlar.

Bu bağlamda kontrol grafikleri, kalite karakteristiklerine göre niceliksel ve niteliksel ölçüler için oluşturulan kontrol grafikleri olmak üzere ikiye ayrılırlar.

3.4.1. Niceliksel Ölçümler İçin Kalite Kontrol Grafikleri

Bir kalite kontrol grafiğinde kalite karakteristiği ölçülebilir ve sayılarla temsil edilebilir durumda ise, sürekli rasgele değişkenler için kontrol grafiği olarak adlandırılır. Uzunluk, genişlik, çap, sertlik, ağırlık gibi değişkenler için çizilen kalite kontrol grafikleri bu gruba girer. Uygulamalarda çok çeşitli kalite karakteristikleri ölçülebilirdir bu nedenle sürekli rasgele değişkenler için kalite kontrol grafikleri bir hayli yaygın olarak kullanılır. (Nelson, 1985)

Niceliksel ölçüler için düzenlenen kontrol grafiklerinden yaygın kullanılan birkaçını kısaca anlatacak olursak;

3.4.1.1. \bar{X} ve R Kalite Kontrol Grafikleri:

Üretim sürecinden alınan örneklem büyüklüğü 10' dan küçük olduğunda kullanılır. Süreç kontrol altında olduğunda X , μ ortalamalı ve σ^2 varyanslı normal dağılıma sahiptir. \bar{X} , n hacimli bir örneklemin ortalamasını göstermek üzere, süreç kontrol altındayken, μ ortalamalı σ^2/n varyanslı normal dağılıma sahip olur. Kontrol grafiği için 3σ sınırları, $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$ olur. (Kartal, 1999)

μ ve σ değerleri biliniyorsa bu limitler belirlenebilir. Genelde bu parametrelerin kesin değerleri bilinmediği için, değerler tahmin edilmelidir. Böylelikle süreçten n hacimli N tane örneklem seçilir. Her örneklem için X_i örneklem ortalaması değerleri hesaplanır. N tane örneklem ortalaması toplanarak $\bar{\bar{X}}$ eşitlik (3.4) yardımı ile bulunur;

$$\bar{\bar{X}} = \sum \bar{X}_i / N \quad (3.4)$$

Değişim aralıkları R_i , σ' yı tahmin etmek için kullanılır. Değişkenler için örneklem değişim aralığı R' nin beklenen değerinin standart sapmaya oranı, örneklem hacmine

bağlı olan bir sabite eşittir. Bu sabitse d_2 olarak adlandırılır. Yani; $d_2 = \bar{R}/\sigma$ dir.

d_2 ' nin uygun değerleri hali hazırda tablo değerlerinden elde edilebilir. Tüm bu bilgiler yardımıyla grafiği için tahmin edilen 3σ limitleri; $\mu \pm 3\sigma /$ iken $\mu \pm 3 / d_2 \sqrt{n}$ olacaktır. (Montgomery, 2009)

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

$$AKL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad (3.5)$$

$$\text{ÜKL}_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (3.6)$$

$$MÇ_{\bar{X}} = \bar{X} \quad (3.7)$$

olacaktır.

Değişen örnek hacimleri için $\bar{R} = \sum R_i / N$ olur.

\bar{R} kontrol grafiği için limitler,

$$AKL_R = \bar{R} D_3 \quad (3.8)$$

$$\text{ÜKL}_R = \bar{R} D_4 \quad (3.9)$$

$$MÇ_R = \bar{R} \quad (3.10)$$

Yukarıdaki eşitlikleri gibi hesaplanır. (Gümüšoğlu, 2000), (Aytaç, 2006)

Bu eşitliklerdeki D_3 ve D_4 değerleri,

$$D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2} \quad (3.11)$$

$$D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2} \quad (3.12)$$

formülleri ile hesaplanır. d_2 gibi d_3 de n örneklem büyüklüğüne bağlı bir katsayıdır (Smith, 2000), (Besterfield, 2001) , (Burr, 2005)

3.4.1.2. \bar{X} ve S Kalite Kontrol Grafikleri

Üretim sürecinden alınan örneklem büyüklüğü 10' dan büyük olduğunda kullanılır. \bar{X} ve R grafiğinde olduğu gibi, aritmetik ortalama grafiği kullanılır. S grafiği ise süreç değişkenliğinin izlenmesinde kullanılır. \bar{X} ve R grafiklerine benzer şekilde her alt grubun kalite karakteristiği ölçümlerinin standart sapması hesaplanır ve bu standart sapmaların

$$\bar{s} = \sum S_i / N \quad (3.13)$$

biçiminde hesaplanır.

Sürekli rasgele değişkenler için kullanılan \bar{X} ve S kontrol grafiklerinde \bar{X} grafiğinin merkezi çizgisi ve kontrol sınırları

$$AKL_{\bar{X}} = \bar{s} A_3 \quad (3.14)$$

$$ÜKL_{\bar{X}} = \bar{s} A_3 \quad (3.15)$$

$$MÇ_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} \quad (3.16)$$

formülleri ile bulunur. Burada A_3 , \bar{X} ve R grafiklerinde olduğu gibi alt grup büyüklüğüne bağlı bir değerdir.

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \quad (3.17)$$

biçiminde hesaplanır. Burada c_4 örneklem büyüklüğüne dayanan bir sabittir. \bar{X} ve S grafiklerinin S grafiğinin merkezi çizgisi ve kontrol sınırları,

$$AKL_S = \bar{S} B_3 \quad (3.18)$$

$$\dot{U}KL_S = \bar{S} B_4 \quad (3.19)$$

$$M\dot{C}_S = \bar{S} \quad (3.20)$$

formülleri ile hesaplanır. Burada B_4 ve B_3 ,

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \quad (3.21)$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \quad (3.22)$$

biçiminde hesaplanır. (Smith, 2000), (Besterfield, 2001)

3.4.2. Niteliksel Ölçümler İçin Kalite Kontrol Grafikleri

Niteliksel kalite özellikleri, renk, eksik parça, çatlak, çizik... gibi ölçüme uygun olmayan ölçülmesi mümkün olan fakat zaman ve maliyet 'ten tasarruf amacıyla ölçülemeyen kalite özellikleridir. İyi, kötü, sağlam, bozuk, uygun, uygun değil gibi sayılabilir veriler için geliştirilmiş kesikli rasgele değişkenler için kalite kontrol grafikleri p , np , c ve u grafikleridir.

3.4.2.1. p Kalite Kontrol Grafikleri

p kontrol grafiği incelediği grup içerisindeki hata oranını ölçen grafikdir. Temeli Binom dağılımına dayanır. Örneklemden her alt grubun kusur oranı p_i ile kusurların ortalaması ise \bar{p} gösterilir.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} \quad (3.23)$$

m tane alt grubun her birinde n tane ürün olduğunda \bar{p} biçiminde gösterilir. Burada D_i i . alt gruptaki kusurların toplamıdır. p grafiğinin merkezi çizgi, üst ve alt kontrol sınırları,

$$AKL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p} (1 - \bar{p})}{n}} \quad (3.24)$$

$$ÜKL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p} (1 - \bar{p})}{n}} \quad (3.25)$$

$$MÇ = \bar{p} \quad (3.26)$$

biçiminde bulunur.

Alt gruplardaki ürün sayısı eşit olmadığında başka bir deyişle n sayısı sabit değilse her alt grubun örneklem büyüklüğü n_i ile gösterilir ve alt grupların ortalama kusurlu oranı (\bar{p}) ve ortalama örneklem büyüklüğü (\bar{n})

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (3.27)$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{m} \quad (3.28)$$

biçiminde bulunur.

Bu durumda p kontrol grafiklerinde merkezi çizgi ve kontrol sınırları eşitlik (3.24), (3.25) ve (3.26)' e benzer biçimde bulunur. Ancak eşitlik (3.24) ve (3.25)'deki n yerine \bar{n} ortalama örneklem büyüklüğü kullanılır. (Smith, 2000), (Besterfield, 2001)

3.4.2.2. np Kalite Kontrol Grafikleri

np kontrol grafiği örneklem büyüklükleri sabit olan alt gruplardaki kusurlu sayılarını gösteren grafikdir. Bu grafiğin de temeli p grafiğinde olduğu gibi Binom dağılımına dayanır. Teorik olarak p kusurlu oranı grafiğine benzer. p grafiğinden farkı alt grup büyüklüklerinin sabit olmasıdır. Şayet üretim sürecinde kusurlu oranı yerine kusurlu sayısı ile ilgileniliyorsa bu durumda p grafiğinin değerlerinin n ile çarpılması ile elde edilen değerlerden kurulu np grafiğini kullanır.

np kontrol grafiklerinin merkezi çizgisi ve kontrol sınırları,

$$AKL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (3.29)$$

$$ÜKL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (3.30)$$

$$MÇ = n\bar{p} \quad (3.31)$$

biçiminde hesaplanır. (Smith, 2000), (Besterfield, 2001)

3.4.2.3. c Kalite Kontrol Grafikleri

c grafiği, ürün üzerinde rastlanan bir veya birden çok kusurun sayısını kontrol etmek için kullanılır. Poisson dağılımının ilkelerinden faydalanılarak geliştirilmiştir. Burada c değeri bir alt gruptaki ürünlerin kusur sayısıdır. Alt gruptaki ürün sayısı sabit olduğuunda birikimdeki hata sayısı c grafiği ile gösterilir. c kontrol grafiğinde merkezi çizgi, üst ve alt kontrol sınırları,

$$AKL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3.32)$$

$$ÜKL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3.33)$$

$$MÇ = \bar{c} \quad (3.34)$$

formülleri ile hesaplanır. (Smith, 2000), (Besterfield, 2001), (Burr, 2005), (Alakoç, 2012)

3.4.2.4. u Kalite Kontrol Grafikleri

Kusur oranı grafiğinde u birim başına düşen kusur sayısını ifade eder. Temelde c grafiğine benzer. Her alt gruptaki ürün sayısı, n , sabit olduğunda kusur sayısı grafiğinin kontrol sınırları,

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m} \quad (3.35)$$

olmak üzere,

$$AKL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (3.36)$$

$$AKL = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (3.37)$$

$$MÇ = \bar{u} \quad (3.38)$$

biçiminde hesaplanır. n sayısı sabit olmadığında alt grup örneklem büyüklüklerinin ortalaması,

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{m} \quad (3.39)$$

şeklinde bulunur. Kontrol sınırlarında n değeri \bar{n} ile değiştirilir. (Smith, 2000), (Besterfield, 2001), (Burr, 2005)

3.4.3. Sürecin Kontrol Altında Olup Olmamasının İncelenmesi

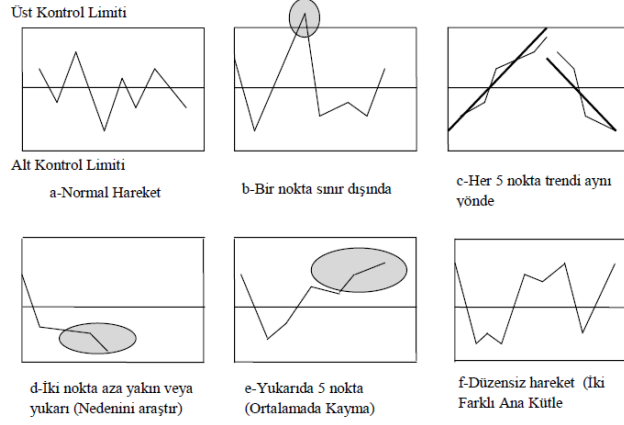
Kontrol grafiğine konuşlanan noktalar, kontrol sınırları arasında kalacak şekilde uzanıyorsa sürecin kontrol altında olduğu kanısına varılır. Ancak bu noktalar kontrol sınırları içerisinde olsa bile, noktalar arasında sistemli bir eğilim gözleniyorsa sürecin kontrol dışına çıkmış olma durumu söz konusu olabilmektedir. (Kartal, 1999)

Sürecin kontrol dışı olması durumu; Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi değişimin özel bir nedeninin olduğunu gösterir. Bu nedenle değişimin özel nedeninin bulunması ve ortadan kaldırılması gerekir.

Örneklerde görülen durumlar aşağıdaki gibi genelleştirilirse;

- Rutin iniş çıkışlar,
- Noktaların istikrarlı bir eğilim göstermesi,
- Kaymalar, ani değişimler,
- İki farklı ana kütle (limitlerin yakınında ve dışında fazla sayıda noktanın gözlenmesi)

Rutin iniş çıkışlar gözlemlendiği durumlarda; üretim sürecinde belirli zaman aralıklarında ısı, voltaj, basınç vb. değişikliklerin veya operatör ve makine değişikliğinin olduğu sonucu çıkarılabilir. Noktaların istikrarlı bir eğilim göstermesi kalite özelliğine göre iyileşme olabileceği gibi daha kötü bir durumda habercisi olabilir. Farklı ana kütlelerin gözlenmesi, süreçte sık sık ayarlamalar yapılmasından kaynaklanabilir. Süreçte gözlemlenen bu tür değişimler (noktaların merkezi çizgi etrafında rasgele dağılmaması vs.) süreçte sistemli bir hatanın olabileceği alarmını verir.



Şekil 3.8. Kontrol Sınırları İçerisinde Gözlemlenebilecek Durumlar

Şekil 3.8’ da gözlem değerlerine ilişkin olası durumlara örnekler verilmiştir.

Mitra (1998) ve Aslangiray (2014)’ın çalışmalarında verdikleri kurallara göre, herhangi bir kontrol grafiği:

1. Kontrol limitlerinin dışına bir noktanın düşmesi,
2. Birbirini izleyen üç noktadan iki adedinin $\pm 2\sigma$ alanının birinin dışına düşmesi,
3. Birbirini izleyen beş noktadan dört adedinin $\pm 1\sigma$ alanının birinin dışına düşmesi,
4. Birbirini izleyen yedi noktanın;
 - Merkezi çizgisinin üzerinde,
 - Merkezi çizgisinin altında,
 - Sürekli bir yükseliş trendinde,
 - Sürekli bir düşüş trendinde olması.
5. Birbirini izleyen on noktadan dokuzunun, iki taraflı olmak üzere $\pm 1\sigma$ alanının içine düşmesi durumlardan birini gösteriyorsa süreç kontrol dışıdır. (Mitra, 1998), (Aslangiray, 2014)

4. BULANIK MANTIK VE BULANIK KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ

Günümüzde karışık gerçek hayat sistemlerini modellemek bilimde ve mühendislikte bir gereksinim haline gelmiştir. Geliştirilen tasarımlar ile sistemlerin ilerideki dönemlerde alacakları değerler ve gösterecekleri reaksiyonlar tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Ancak bu sistem ve tasarımları her daim modellemek pek mümkün olmamaktadır.

Bunun sebebi sistemlerin her zaman kesin bir durumu ifade etmemesidir. Geleneksel olarak olasılık kuramı, kesin olmamayı ya da belirsizliği ele almak için başarılı bir yaklaşımdır. Örneğin bir meyve ya elmadır ya da değildir. Bu durumda olasılık, bazı bilgi ya da olayları açıklayabilmek için sınırları açıkça tanımlanabilen iyi bir yaklaşımdır. Fakat bir kek tatlı veya tatlımsı olabilir. Bu kümeyi olasılık kuramı ile tanımlamak oldukça zordur. Tanımlamayı, kesin sınırları gerektirmeyen ve üyelik ilişkilerini göz önüne alarak bu tür problemleri modelleyebilmek için 1960'lı yıllarda California'da Berkeley Üniversitesi'nde öğretim üyesi olan Azeri uyruklu Prof. Dr. Lotfi Zadeh tarafından bulanık mantık kuramı ortaya atılmıştır.

Bulanık mantık teorisi, netlik adına yapılan varsayımlarla fazlaca basitleştirilen ve sanal bir ortamda yaşatılan modellerin geliştirilmesi, böylece gerçek yaşamın kompleks sistemlerinin çözülebilmesi için ortaya atılmıştır. Bu yaklaşım karar vericiye sadece, verilen kıstaslar altında alternatif çözümlerin değerlendirilerek sistemin optimize edilmesinde değil aynı zamanda yeni alternatif çözümlerinde geliştirilmesinde yardımcı olur. (Paksoy vd, 2013)

Bulanık mantık teorisinin temel düşüncesi; problemlerin doğasında kesin verilere nazaran çok daha fazla yer tutan belirsizliğin, varsayım ve kabullenmelerle kesinleştirilmesi yerine süreçteki belirsizliği ve sözel ifadeleri temsilci değerlerle ortaya koyarak işlemlere dâhil edilmesiyle, insanlara doğru ve tutarlı bilgiler verebilmek ve onlara, karar destek sistemi sağlamaktır.

Bulanık mantığın önemli avantajlarından kısaca bahsedecek olursak;

- Belirsizliklerin tanımlanmasında, anlatılmasında ve çalışılmasında esas olmuştur.
- Klasik mantıktaki olası iki duruma karşılık bulanık mantık ara durumları da değerlendirip ve ağırlıklandırarak bu çeşitli durumların bilimsel olarak modellenmesini mümkün kılmıştır.
- Kısa, zayıf, çirkin, büyük gibi günlük hayatta kullanılan ve sayısal olmayan birçok değer tanımlanır: Bu sözsel ifadeler görecelidir ve kişiden kişiye göre değişebilir.
- Çıktı ile girdi arasında, bütün değişkenlerin anlaşılmasına gerek kalmadan bağlantı kurulmasına olanak sağlar, geleneksel kontrol sistemlerine göre daha hassas ve stabil sistemler tasarlanmasına olanak verir.
- Basitliği daha önce çözümlenememiş problemlerin çözümüne olanak sağlar.
- Sistem tasarımcısının, çalışmaya başlamadan önce sistem hakkında her şeyi öğrenmesine gerek olmadığı için prototip oluşturmayı çabuklaştırır.

Çalışmanın bu bölümünde belirsizlik ve bulanık mantık kavramları incelenmiş; bulanık mantık ve tarihi, bulanık kümeler, bulanık sayılar ve bulanık kümeler üzerine aritmetik işlemler, uygulama alanları ve uygulamada kullanılmış olan bulanık kontrol grafikleri ile ilgili temel kavramlara değinilmiştir.

4.1 Bulanık Mantık Uygulama Örnekleri

Bulanık mantık kuramının ilk uygulama alanı çimento sanayii ve su arıtma sistemleri alanlarında olmuştur. Ve akabinde otomotiv sanayi, buhar türbinleri, nükleer santralleri, asansör ve vinç denetimi gibi değişik alanlarda da bulanık mantık kuramından faydalanılmıştır. Bulanık mantık bilhassa Japon sanayisinde çok geniş uygulama alanına sahiptir. 80'li yıllarda Hitachi firmasının Japonya'nın Sendai şehrindeki yeraltı treni için gerçekleştirdiği bulanık mantık kontrol sistemi çok başarılı olduğu görülmüştür. Bu olay Japonya'da bulanık mantık sistemlerinin geniş bir uygulama alanına sahip olmasında büyük önem arz etmektedir. Bulanık mantık 90'lı yıllarda fotoğraf makinalarında, elektrikli ev aletlerinde ve borsada dahi birçok farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise gelişen teknoloji ile

temelinde bulanık mantığın kullanıldığı gerek yazılım gerek donanım olsun birçok uygulama bulunmaktadır. Fakat yaygın olarak makine ve süreç kontrolünde hızlı işlem yapma olanağına sahip olan temelinde bulanık mantığın yattığı bulanık mantık denetleyicileri kullanılmaya başlanmıştır.

Aşağıda bulanık mantık uygulamalarının kullanıldığı alanlar verilmiştir.

- **Mühendislik ve Bilgisayar Bilimlerinde:** Süreç kontrolünde, talep tahminlerinde veri tabanı sistemlerinde, deprem tahminlerinde, nükleer tesis otomasyonunda, ağ tasarımında, inşaat sektöründe kullanılmaktadır.
- **Yönetim ve Karar Desteklerinde:** Montaj hattı dengeleme problemlerinde, Yer seçimi problemlerinde, askeri karar sistemlerinde, Pazarlama alanında kullanılmaktadır.
- **Çevre Bilimi:** Meteorolojide (hava tahmin analizlerinde), su arıtma tesislerinden kalite kontrol alanında kullanılmaktadır.
- **Biyoloji ve Tıp Biliminde:** Hastalık teşhis sistemlerinde, kanser araştırmalarında, Görüntü işlemede, protez cihazlarda, fizik tedavisinde kullanılan cihazlarda kullanılmaktadır.
- **Ekonomi ve Finans:** Ticaret sistemlerinde, fayda – maliyet analizlerinde, bulanık yatırım değerlendirmesinde, forex işlemlerinde kullanılmaktadır.
- **Asansör Denetimi:** Fujitec, Toshiba, Mitsubishi ve Hitachi firmaları bulanık mantığı asansör denetiminde kullanarak, yolcu trafiğini değerlendirip bekleme zamanı azaltmıştır.
- **SLR Fotoğraf Makinesi:** Sanyo, Fisher ve Canon Minolta firmaları bulanık mantığı fotoğraf makinasında kullanarak, ekranda birkaç obje olması durumunda en iyi odaklanmayı ve aydınlatmayı belirlemişlerdir.

- **Video Kayıt Cihazı:** Panasonic firması bulanık mantığı video kayıt cihazında kullanarak cihazın elle tutulması nedeniyle çekim sırasında oluşan sarsıntıları ortadan kaldırmıştır.
 - **Çamaşır Makinesi:** Matsushita firması bulanık mantığı çamaşır makinesi kullanarak, çamaşırın kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer, ona göre yıkama programını seçmiştir.
 - **Elektrik Süpürgesi:** Matsushita firması bulanık mantığı elektrik süpürgesinde kullanarak, yerin durumun ve kirliliği ne göre motor gücünü uygun ayarlamıştır.
 - **Su Isıtıcısı:** Matsushita firması bulanık mantığı su ısıtıcısında kullanarak, ısıtmayı kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlamıştır.
 - **Klima:** Mitsubishi firması bulanık mantığı klimada kullanarak, ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılamış, odaya birisi girerse soğutmayı arttırmıştır.
 - **ABS Fren Sistemi:** Nissan firması bulanık mantığı ABS fren sisteminde kullanarak, tekerleklerin kilitlemeden frenlenmesini sağlamıştır.
- Daha birçok alanda bulanık mantığın hayatımıza sağladığı kolaylıkları sayabiliriz.

4.2. Bulanık Mantık ve Genel Tanımlar

Klasik mantıkta olduğu gibi bulanık mantıkta, küme kavramı söz konusudur. Bulanık mantıkta kullanılan kümeler bulanık kümeler olarak tanımlanır. Bu kısımda bulanık kümeler ile ilgili tanımlara yer verilmiştir.

Tanım 2.1: X , elemanları x ile gösterilen bir evrensel küme olsun. Elemanların A alt kümesine aitliği üyelik fonksiyonu ile belirlenir. Üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile gösterilir.

A alt kümesi üyelik fonksiyonu sadece 0 ve 1 değerlerini alabilir. Eğer x elemanı A kümesinin elemanı ise üyelik derecesi 1, elemanı değil ise üyelik derecesi 0 olur.

A kümesi bulanık bir alt küme olduğunda \tilde{A} ile gösterilir. Bu durumda üyelik fonksiyonu, $\mu_A(x)$, $[0,1]$ aralığında değerler alır. \tilde{A} bulanık kümesi $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (4.1)$$

eşitlik (4,1) ile tanımlanır. (Young-Jou Lai, 1992)

Üyelik derecesi 1 ise eleman bulanık kümeye tamamen aittir. Eğer üyelik derecesi 0 ise eleman kümeye ait değildir. Üyelik derecesi 0 ve 1 arasında ise eleman bulanık kümeye kısmen aittir. Üyelik derecesi 1'e ne kadar yakınsa x elemanı \tilde{A} bulanık kümesine o kadar yakındır ve elemanın \tilde{A} kümesine aitlik derecesi de o kadar yüksektir. Eleman, \tilde{A} bulanık kümesinin kısmen elemanıdır.

Bir elemanın bulanık kümeye ait olma üyelik derecesi bu elemanın bulanık kümeye ait olma olasılığı değildir. Klasik mantık olasılık teorisi temellerine dayanır. Diğer taraftan bulanık mantıkta olabilirlik dağılımları ön plana çıkmaktadır.

Klasik küme kavramında olduğu gibi, bulanık kümelerde sınır kesin değildir. Bulanık kümenin sınırı belirsiz ya da bulanıktır.

\tilde{A} bulanık kümesi

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)|x \in X)\} \quad (4.2)$$

biçiminde verilen ikililerin kümesi ile tanımlanır.

X evrensel kümesi sonlu sayıda elemana sahip olduğunda \tilde{A} bulanık kümesi

$$\tilde{A} = \{\mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n\} = \left\{ \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)/x_i \right\} \quad (4.3)$$

biçiminde olur. Burada “ / ” küme elemanını ve bu elemanın üyelik derecesini göstermek için kullanılır. Benzer şekilde “ + ” işareti toplama değil birleşme anlamındadır.

\tilde{A} bulanık kümesinin sonsuz sayıda eleman içerdiği

$$\tilde{A} = \left\{ \int \mu_A(x_i)/x_i \right\} \quad (4.4)$$

şeklinde gösterilir.

eşitlik (4.3)’ de verilen tanıma benzer olarak bu gösterimde “ \int ” işareti birleşme anlamında kullanılmıştır. (Young-Jou Lai, 1992)

Tanım 2.2: Bir bulanık kümenin, üyelik dereceleri 0’dan farklı olan tüm elemanlarının kümesi destek kümesi olarak adlandırılır. Destek kümesi bir bulanık küme değildir ve

$$Destek(\tilde{A}) = \{x | \mu_A(x) > 0 \text{ and } x \in X\} \quad (4.5)$$

biçiminde tanımlanır. (Young-Jou Lai, 1992)

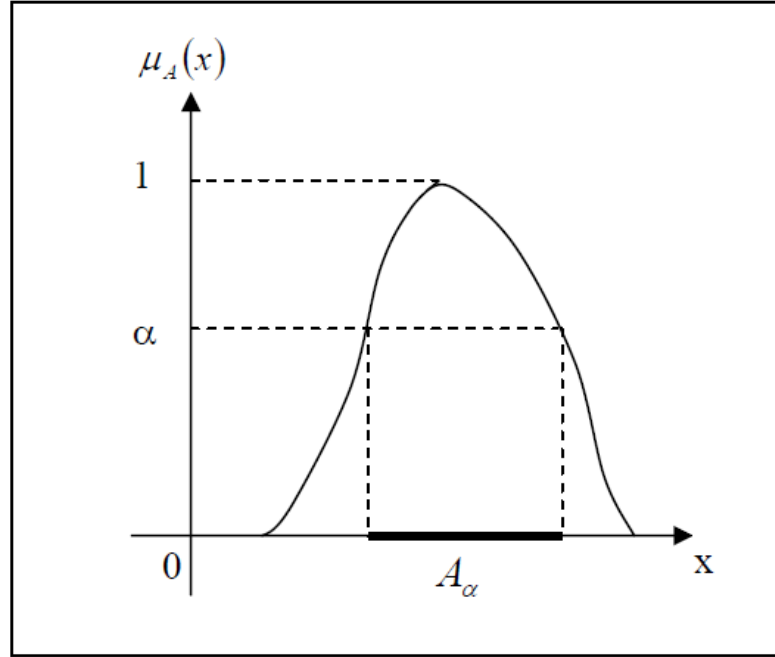
Tanım 2.3: Bulanık kümenin α - kesmesi üyelik dereceleri α ’dan büyük olan tüm elemanların kümesidir. A bulanık kümesinin α - kesmesi A_α ya da A^α olarak gösterilir. Bu bulanık küme

$$A_\alpha = \{x | \mu_A(x) > \alpha \text{ and } x \in X\} \quad (4.6)$$

olarak ifade edilir.

Burada α değeri denetleyici tarafından belirlenen muayene sıklığı olarak nitelendirilir. Yani α değeri ne kadar büyürse o kadar sık muayene anlamına gelmektedir. α , [0,1] aralığında değerler alır. α değeri 0 olduğunda bulanık kümenin

destek kümesi, α - kesmesine eşit olur. α değerinin 1 olması durumunda ise α - kesme bulanık kümenin yüksekliğine eşittir. Bir bulanık kümenin üyelik derecelerinin en yüksek noktası kümenin yüksekliğidir.



Şekil 4.1. α - Kesme Kümesi

Şekil 4.1' de sonsuz sayıda elemana sahip bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonu ve α - kesmesi verilmiştir. (Buckley, 2004), (Kahraman vd,1995)

Tanım 2.4: Her ne kadar üyelik fonksiyonun değer kümesi $[0,1]$ aralığı olarak tanımlansa da üyelik fonksiyonu değerleri sınırlı değildir. Bir bulanık küme normal ise bulanık kümenin yüksekliği 1'dir. Karakteristik fonksiyonun standardize edilerek $[0,1]$ aralığında tanımlı olması her zaman tercih edilir. Bir bulanık küme en az bir eleman için

$$\text{Sup}_x\{\mu_A(x)\} = 1 \quad (4.7)$$

koşulunu sağlıyorsa bu bulanık küme normaldir. Eğer bir bulanık küme normal değil ise üyelik dereceleri $\text{Sup}_x\{\mu_A(x)\}$ değerine bölünerek küme standart hale getirilir. (Young-Jou Lai, 1992)

Tanım 2.5: Tüm elemanların üyelik dereceleri 0 olan bulanık küme boş kümedir.

Tanım 2.6: Bir bulanık kümenin herhangi iki elemanı olan x_1 ve x_2 için

$$\mu_A(\delta x_1 + (1 - \delta)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) \quad (4.8)$$

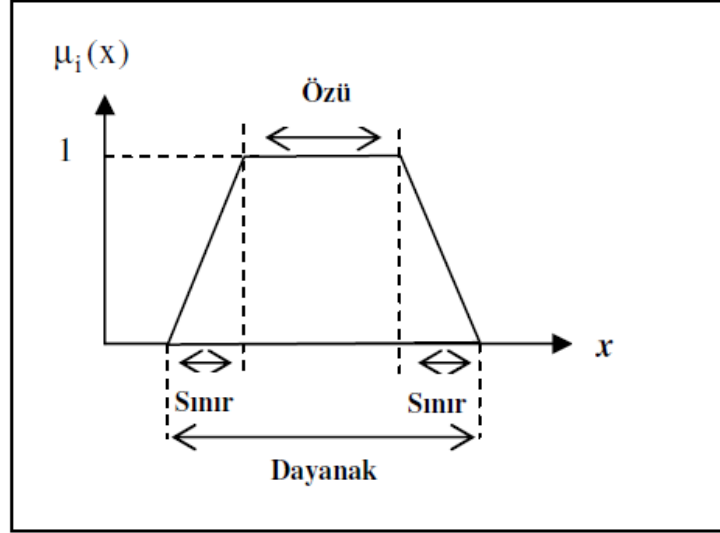
koşulu sağlanıyorsa bulanık küme dışbükeydir. Burada $\delta \in [0,1]$ dir. (Klir & Yuan , 1995)

Bir bulanık kümenin sahip olması beklenen iki özelliği normal ve dışbükey olmasıdır. Aksi belirtilmedikçe bulanık kümenin veya üyelik fonksiyonun bu özellikleri taşıdığı düşünülür.

4.3. Üyelik Fonksiyonları

Ekseriyetle, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu adı verilmektedir. Bir başka deyişle, bulanık küme tarafından tanımlanan ve 0 ile 1 arasında değer verebilen ilgili karakteristik fonksiyona üyelik fonksiyonu denilmektedir. (Zadeh & Kacprzyk, 1992),(Kahraman & Yanık, 2006)

Olayların veya sistemlerin önem dereceleri bulanık mantıkta üyelik fonksiyonları ile ifade edilir. Üyelik fonksiyonlarının birçok farklı çeşidi geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu fonksiyonun değeri herhangi bir üyenin bulanık küme ile tanımlanan sisteme uygunluk derecesini ifade eder. Bulanık mantık kullanılarak bir sistem modellenmek istendiğinde bir uzmanın bilgi ve tecrübelerinden yararlanılır. Uzmanın deneyimlerden elde edilen sözel bilgi ile sistemi ifade edecek uygun üyelik fonksiyonu saptanır. Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi bulunmaktadır. Literatürde en çok kullanılan fonksiyonlar ise üçgen, yamuk ve çan eğrisi üyelik fonksiyonlarıdır. Uygulanmaları ve anlaşılmaları kolay olmaları nedeniyle endüstride çoğunlukla bu üyelik fonksiyonlarıyla sistemler modellenir. (Young-Jou Lai, 1992), (Buckley, 2004)



Şekil 4.2. Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

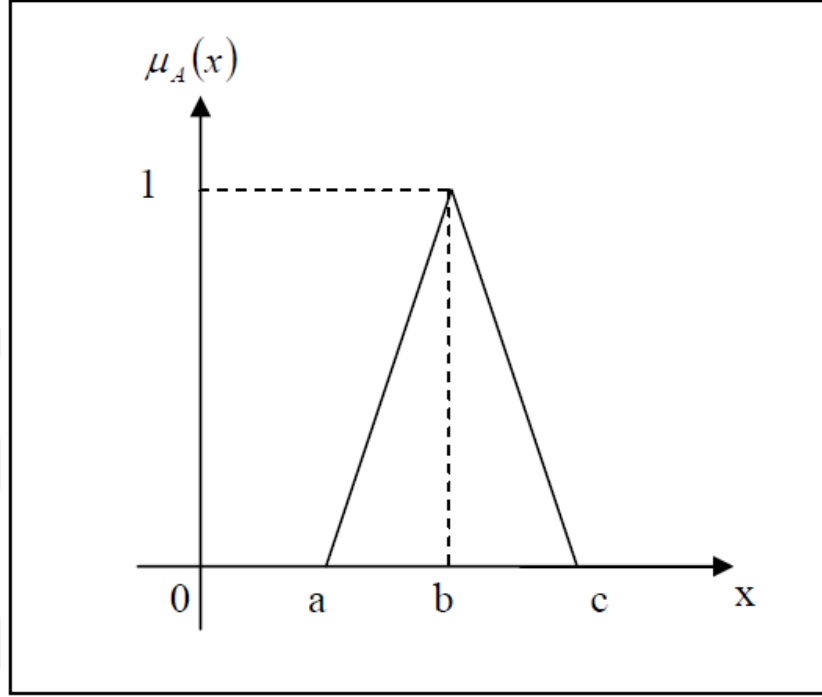
Üyelik fonksiyonu grafiğinde X eksenini bulanık kümenin elemanlarını gösterirken Y eksenini ise bu elemanların üyelik derecelerini gösterir.

Şekil 4.2' de En genel hali ile yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonu gösterilmiştir. Bulanık kümenin alt kümesi olduğu evrensel kümede sonlu sayıda eleman olduğunda üyelik fonksiyonu eşitlik (4.3)' de olduğu gibi ifade edilir. X evrensel kümesinde sonsuz sayıda eleman olduğunda üyelik dereceleri fonksiyon olarak belirtilir.

Çok çeşitli üyelik fonksiyonları tanımlanmış olmasına rağmen uygulamalarda basit fonksiyonlar tercih edilir. En çok tercih edilen üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk, Gaussian, çan eğrisi ve sigmodial fonksiyonlardır. Bu üyelik fonksiyonlarının tanımlı olduğu bulanık kümelerin hepsi dışbükey özelliğini sağlar.

Diğer önemli üyelik fonksiyonu tipleri S, Π, Z ve iki sigmodial fonksiyonun farkı şeklindeki üyelik fonksiyonlarıdır. (Young-Jou Lai, 1992), (Ertugrul & Aytaç, 2009), (Zadeh & Kacprzyk, 1992)

Tanım 2.7 Üçgen üyelik fonksiyonları: Üçgen üyelik fonksiyonlarının önemli üç değeri vardır. Bunlar a , destek kümesinin alt sınırı, b , bulanık kümenin yüksekliği ve c , destek kümesinin üst sınırıdır. (Kahraman, Tolga, & Ulukan, 1995)

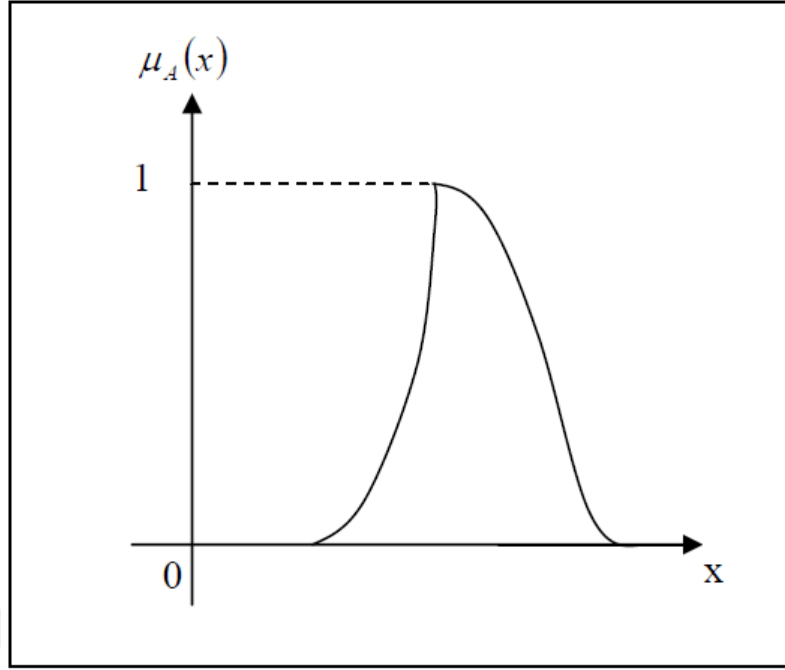


Şekil 4.3. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.3.' de bir üçgen üyelik fonksiyonu verilmiştir. Bu grafiğe ait üyelik derecesi fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \begin{cases} (x - a)/(b - a), & a \leq x < b \\ (c - x)/(c - b), & b \leq x \leq c \\ 0, & x < a \text{ veya } x > c \end{cases} \quad (4.9)$$

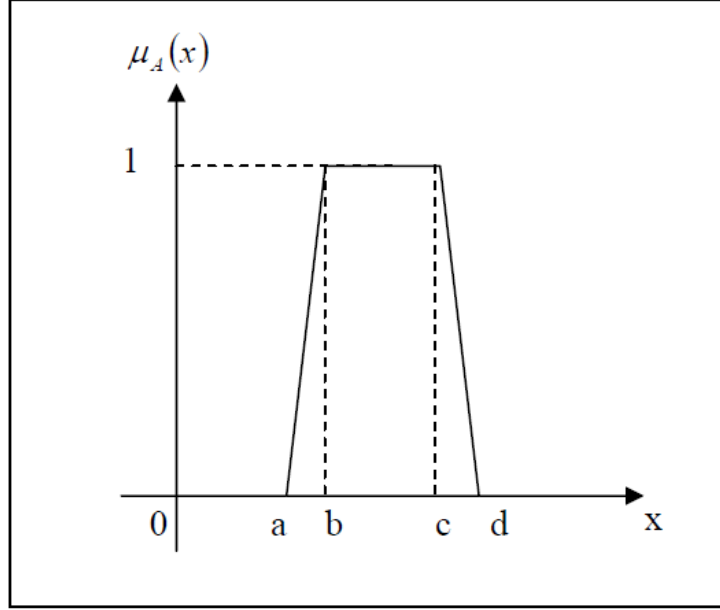
Bişiminde tanımlanır.



Şekil 4.4. Doğrusal Olmayan Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.3.' de verilen üçgen üyelik fonksiyonu doğrusaldır, fakat üçgen üyelik fonksiyonları simetrik ya da doğrusal olmak zorunluluğu yoktur. Şekil 4.4' de doğrusal olmayan bir üçgen üyelik fonksiyonuna örnek gösterilmiştir. (Dubois & Henri, 1980), (Young-Jou Lai, 1992), (Klir & Yuan , 1995), (Dubois & Henri, 2000), (Buckley, 2006)

Tanım 2.8 Yamuk üyelik fonksiyonları: Üçgen üyelik fonksiyonları yamuk üyelik fonksiyonlarının özel bir halidir. Fonksiyonun sınırları dört değer ile belirlenir.



Şekil 4.5.Yamuk Üyelik Fonksiyonu

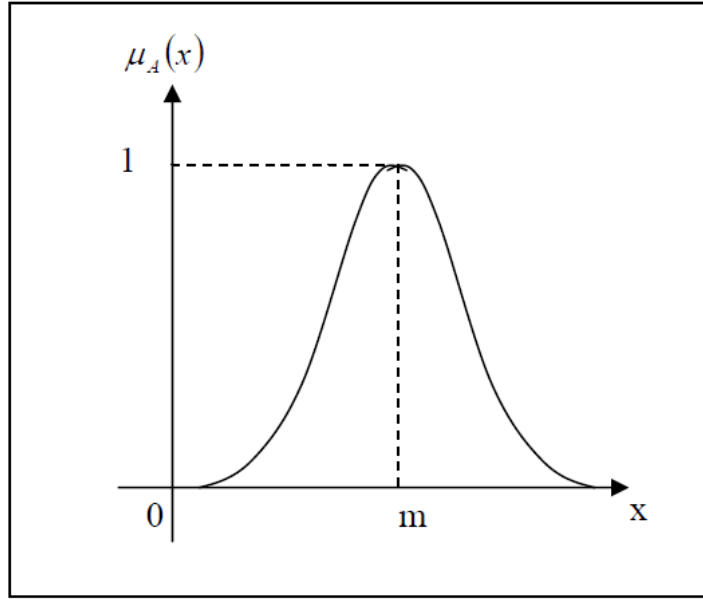
Şekil 4.5.' de yamuk üyelik fonksiyonun grafiğini göstermektedir. Bu grafiğe ait üyelik derecesi fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} (x - a)/(b - a), & a \leq x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ (d - x)/(d - c), & c \leq x \leq d \\ 0, & x < a \text{ veya } x > d \end{cases} \quad (4.10)$$

biçiminde tanımlanır.

Üçgen üyelik fonksiyonlarına benzer şekilde yamuk üyelik fonksiyonlarının da doğrusal olması ya da olmaması hakkında bir kısıtlama yoktur. (Dubois & Henri, 1980), (Young-Jou Lai, 1992), (Klir & Yuan , 1995), (Dubois & Henri, 2000), (Buckley, 2006)

Tanım 3.9 Gaussian üyelik fonksiyonları: Gaussian dağılımının iki parametresi ortalama ve standart sapmadır. Gaussian üyelik fonksiyonunda m , grafiğin orta noktası olan ortalamayı, σ da grafiğin yayılım ölçüsünü yani standart sapmasını verir. (Kahraman, Tolga, & Ulukan, 1995)



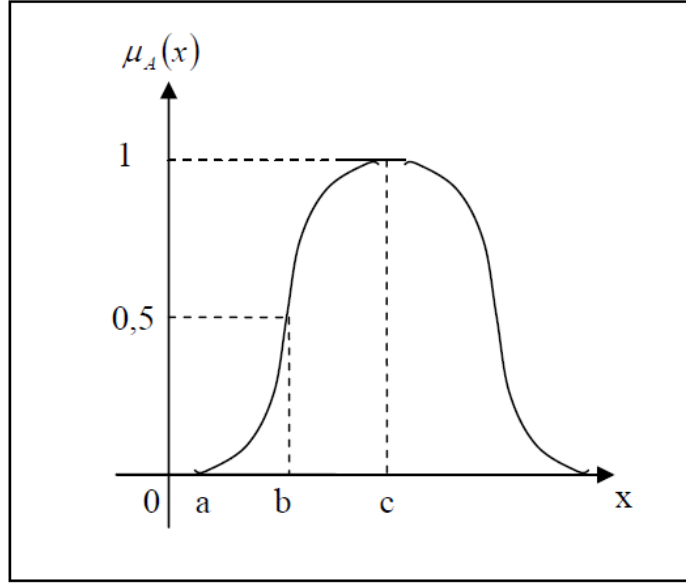
Şekil 4.6. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.6.' da örnek bir gaussian üyelik fonksiyonu grafiği verilmiştir. Gaussian üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2\right\} \quad (4.11)$$

biçiminde tanımlanır. (Dubois & Henri, 1980), (Young-Jou Lai, 1992), (Klir & Yuan, 1995), (Dubois & Henri, 2000), (Buckley, 2006)

Tanım 3.10 Çan eğrisi üyelik fonksiyonları: Çan eğrisi üyelik fonksiyonun a, b ve c olmak üzere üç parametresi vardır. a parametresi grafiğin destek kümesinin alt sınırınıdır, b parametresi eğrinin orta noktasını yani üyelik değerinin 0,5 olduğu noktasıdır, c ise yükseklik kümesinin orta noktasıdır.



Şekil 4.7. Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.7.' de örnek bir çan eğrisi üyelik fonksiyonu verilmiştir. Çan eğrisi üyelik fonksiyonu c değerine göre simetriktir ve üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \left\{ \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^b} \right\} \quad (4.12)$$

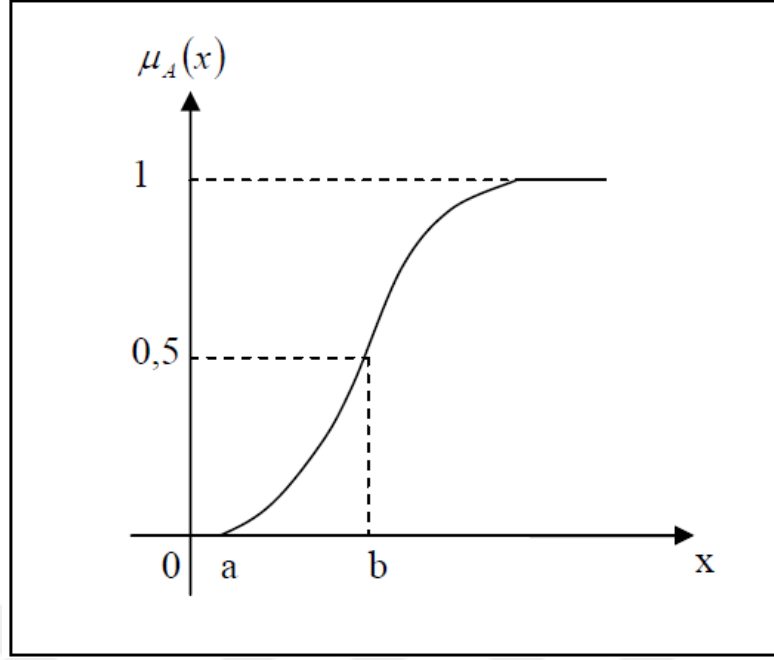
biçiminde tanımlıdır. (Dubois & Henri, 1980), (Young-Jou Lai, 1992), (Klir & Yuan, 1995), (Dubois & Henri, 2000), (Buckley, 2006)

Tanım 3.11 Sigmodial üyelik fonksiyonları: Sigmodial üyelik fonksiyonun iki parametresi vardır: a , sigmodial eğrinin X eksenine keştiği noktadır, b ise eğrinin orta noktasını yani $\mu_A(b) = 0,5$ olduğu değerdir.

Bu üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}} \right\} \quad (4.13)$$

biçimindedir.



Şekil 4.8. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

Sigmoidal üyelik fonksiyonun grafiği Şekil 4.8.'de verilmiştir. (Dubois & Henri, 1980), (Young-Jou Lai, 1992), (Klir & Yuan , 1995), (Dubois & Henri, 2000), (Buckley, 2006)

4.4. Bulanık Sayılar ve Bulanık Kümeler Üzerine Aritmetik İşlemler

4.4.1. Bulanık Sayılar

'Hız yüksek/hız düşük' gibi bulanık küme kısımları birer yaklaşık değer ifade etmektedir. Bu bakımdan 'yaklaşık 2', 'yaklaşık 6', '4'den büyük ve yaklaşık' gibi ifadelerin hepsi bir bulanık sayıyı temsil etmektedir. (Şen, 2004)

Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçek sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilmektedir. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonları yardımıyla tanımlandığı için bulanık sayılar da kendi üyelik fonksiyonlarıyla adlandırıldığı için üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır. (Baykal & Beyan, 2004)

Literatürde genel olarak uygulamalarda üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. Bu üçgen ve yamuk bulanık sayılar isimlerini, sahip oldukları üyelik fonksiyonlarından almaktadır.

Örneğin, belirsiz bir eylemi işlemek için 3 parametre ile üçgen bulanık sayı, 0 veya 1 üyelik derecesi ile ilgili her dilsel değişkeni gösteren, oldukça uygun olması ve kolayca uygulanması için gösterilebilmektedir. Üçgen bulanık sayı $P = (a, b, c)$ şeklinde tasarlanmaktadır. a, b, c parametreleri sırasıyla en küçük olası değeri, en parlak değeri ve en büyük olası değeri göstermektedir. (Kahraman, Tolga, & Ulukan, 1995)

Üçgen bulanık sayının matematik gösterimi aşağıdaki gibi olmaktadır:

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

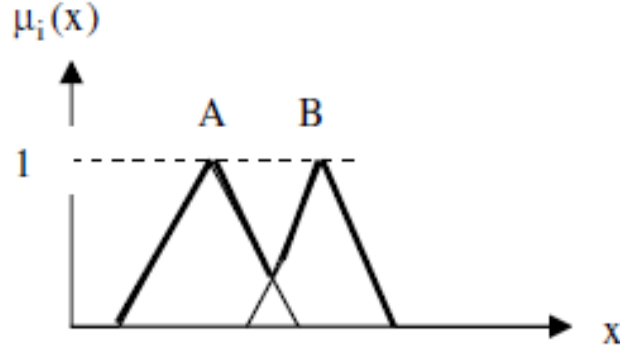
4.4.2. Bulanık Kümeler Üzerine Aritmetik İşlemler

Bulanık kümeler arasındaki aritmetiksel işlemler, kümelerin üyelik fonksiyonları aracılığıyla tanımlanmaktadır. Bu kesimde, bulanık kümeler arasındaki kesişme, birleşme, fark, çarpım, toplam, kapsama ve tümleyen işlemlerine değinilmiştir.

Birleşim işlemi: İki tane A ve B gibi bulanık alt kümenin birleşim fonksiyonu, $A \cup B$ birleşiminin bireysel üyelik fonksiyonlarının en büyüğü olarak hesaplanır. Yani iki tane bulanık alt kümenin birleşimi durumunda her bir kümeye göre, üyelik derecelerinin en büyüğü alınmaktadır. (Kahraman & Yanık, 2006)

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (4.14)$$

Buradaki birleşim “veya” birleştiricisine karşılık gelmektedir.



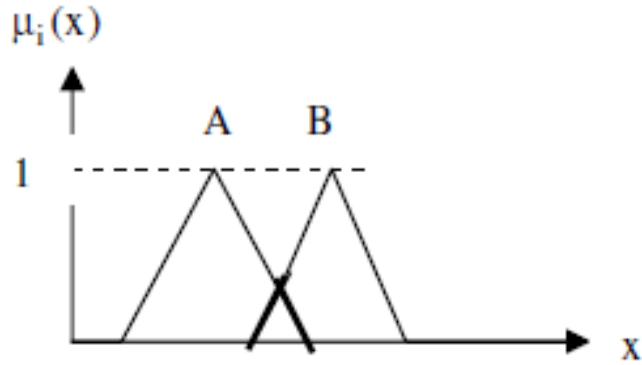
Şekil 4.9. *A ve B* Bulanık Küme Birleşimleri

Şekil 4.9’ da, iki bulanık kümenin birleşimini göstermektedir.

Kesişim işlemi: İki tane *A* ve *B* gibi bulanık alt kümenin kesişim fonksiyonu, $A \cap B$ kesişiminin bireysel üyelik fonksiyonlarının en küçüğü olarak hesaplanır. Yani iki tane bulanık alt kümenin birleşimi durumunda her bir kümeye göre, üyelik derecelerinin en küçüğü alınmaktadır. (Kahraman & Yanık, 2006)

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (4.15)$$

Buradaki kesişim “ve” birleştiricisine karşılık gelmektedir.



Şekil 4.10. *A ve B* Bulanık Küme Kesişimleri

Şekil 4.10.’ de iki bulanık kümenin kesişimi gösterilmektedir.

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

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad (4.16)$$

ile ifade edilmektedir.

Fark işlemi: Bulanık kümelerde tümlenme ve kesişim işlemleri yanı sıra fark işlemi kullanılarak basitleştirilebilmektedir. Bulanık A ve B kümeleri için fark işlemi (Kahraman & Yanık, 2006)

$$A/B = A \cap \bar{B} \quad (4.17)$$

$$\mu_{\bar{B}}(x) = 1 - \mu_B(x) \quad (4.18)$$

$$\mu_{A \cap \bar{B}}(x) = \min[\mu_A(x), 1 - \mu_B(x)] \quad (4.19)$$

Olarak elde edilmektedir.

Tümleyen işlemi: Tümlenme işleminde bulanık bir kümenin tümleyenini bulurken bu kümenin öğelerinin üyelik dereceleri 1'den çıkarılır. Bir A kümesinin tümleyeni \bar{A} ise eşitlik (4.20) ile hesaplanır (Kahraman & Yanık, 2006)

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (4.20)$$

$$\mu_A(x) + \mu_{\bar{A}}(x) = 1 \quad (4.21)$$

Buradaki tümleyen “değil” bağlacına karşılık gelmektedir.

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

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{AB}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x) \quad (4.22)$$

ifadesi ile tanımlanmaktadır. (E.Yılmaz, 2005)

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

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_{A \oplus B}(x) = \mu_A + \mu_B - \mu_A \mu_B \quad (4.23)$$

biçiminde ile tanımlanmaktadır. (Yılmaz, 1998),

4.5. Bulanık Kontrol Grafikleri

Bulanık mantığın esas amacı, herhangi bir problemde tam ve kesin olmayan yani eksik bilgiler var olduğunda karar vericiye sadece verilen kısıtlar altında değerlendirmelerin optimize edilmesine aynı zamanda yeni alternatiflerin geliştirilmesine de yardımcı olmaktadır. Onlara karar destek sistemi sağlamaktadır.

Ne zaman hangi kontrol grafiğinin çizileceğine kontrol edilmek istenilen karakteristiğine bakılarak karar verilir. Kalite karakteristiği sayısı birden fazlaysa ve kalite ile ilgili özellikler dilsel ifadelerle belirleniyorsa klasik kontrol grafikleri kalite özelliklerini açıklamada ve süreci değerlendirmede yetersiz kalacağından bulanık mantık yaklaşımının kullanılması gerekir.

Örneğin 2001 yılında Choi ve arkadaşlarının kumaş hatalarının çok çeşitli olması ve tanımlarındaki belirsizliğin ortaya çıkmasından dolayı yaptıkları çalışmada bulanık mantık kullandıkları görülmektedir. (Kısaoglu, 2006)

Yukarıda bahsettiğimiz belirsizlikler nedeniyle günümüz piyasalarında işletmelerde bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Yüksek kaliteli, düşük maliyetli ürünlerin veya hizmetlerin gerçekleştirilebilmesine bağlı olarak bu tür problemlerin ortadan kaldırılması, bir işletme stratejisine katkı sağlayacaktır. Bununla birlikte, günümüzde karmaşık ve belirsiz sistemlerde problem çözümlerinde kullanılan klâsik yöntemler yerine bulanık yöntemler kullanmak işletmenin başarısının arttırmasına neden olacaktır.

Bu yöntemlerin tek başlarına yeterli olamamalarının nedenlerini şu şekilde sıralamak mümkündür

- Süreçlerin doğasında bulunan ve engellenemeyen değişkenlik,
- Eksik veya gereğinden fazla bilgi,
- Tam olarak tanımlanmamış süreçler,
- Müşteri ihtiyaçlarına veya teknolojik gelişmelere bağlı olarak sürekli değişen süreçler ve günlük problemler.
- İnsanlar tarafından kontrol edilen sistemler.
- Kompleks ve devamlı girdi-çıktıları olan sistemler.
- İnsan gözlemlerinin girdi olarak kullanıldığı sistemlerdir.

Klasik kontrol grafikleri çizilirken, ölçüm değerleri ve bunlardan hareketle hesaplanan kontrol grafiği sınırları dikkate almakta ve bazı katı kurallara bağlı olarak bu grafikler yorumlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle, kontrol dışı görünen bir değer ne kadar tolere edilebileceği düzeyini bu kontrol grafiklerinde görülememektedir.

Böyle bir sakıncayı gidermenin yollarından bir tanesi grafiğin sınırlarını artırmaktır. Ancak, bu da uygulamada yapılabilecek 2. tip hatayı (süreç kontrol dışı iken kontrol altında kararı verme) yol açma riskine sahiptir. Bulanık kontrol grafikleri tolere edilebilir veya süreç içerisinde bazı kusurların düzeltilebilir olup olmadığı karar vermek için bulanık kontrol kartları daha kullanışlıdır.

Örneğin, Bir kusurlu ürünler kümesi tanımlanırsa, klasik mantığa göre bir ürün ya kusurludur ya da kusurlu değildir, İki durum arasındaki fark oldukça nettir. Fakat bulanık mantığa göre bu iki durum arası süreklidir. Eğer bir ürünün az sayıda kalite karakteristiği uygun değil ya da ürünün uygunsuzluğu ürünü etkili bir şekilde kullanmaya mani değilse ürün kusurlu olmayan ürünlere yakındır.

Bulanık mantıkta ürünler kümelerine ait olma dereceleri ile temsil edilir. Örneğin, ilk ürünün, kusurlu ürünler kümesine ait olma derecesi ikinci ürünün bu kümeye ait olma derecesinden küçüktür. Diğer açıdan, ilk ürünün kusurlu olmayan ürünler kümesine ait olma derecesi, ikinci ürünün derecesinden büyüktür. Kısacası bulanık mantıkta kümeler arasında ara değerler de vardır ve geçiş süreklidir. Bu nedenle kullanılan dönüşüm yöntemine göre karar kuralına “kısmen kontrol altında” ve “kısmen kontrol dışında” gibi yargılar dâhil olabilmektedir. Bu sayede süreç kontrol altında iken kontrol dışı olduğu kararını (1. tip hata) verme riski azalmaktadır.

Bulanık mantığın önemli avantajları şu şekilde özetlenebilir,

- Bulanık kalite kontrolü ile süreçteki belirsizliği ortadan kaldırıp süreci modelleme imkânına sahip oluruz.
- Bulanık kontrol grafikleri bazı esneklikler sağlayabilir veya süreç içerisinde bazı kusurların düzeltilebilir olup olmadığına dair ipuçları verir.
- Süreç kontrol altında iken kontrol dışı olduğu kararını (1. tip hata) verme riski azalır.
- Klasik yöntemlerin yetersiz kaldığı sayısal olmayan bilgileri gerektiren, insanların yargılarından ve algılarından etkilenen sistemleri bulanık kalite kontrol metotları ile modelleyebilmekteyiz.

Bu bölümünde nitelikler için bulanık kontrol grafiklerine ilişkin bilgiler yer alacaktır;

4.5.1. Nitelikler için Bulanık Kontrol Grafikleri

Niteliksel süreçlerin çeşitli türleri için uygunsuzlukların kesin bir değer olarak tanımlanamadığı durumlarla sık sık karşılaşılır. Uygunsuzlukların tespiti belirsiz olduğunda bu belirsizliğin dilsel olarak sunulması daha anlamlıdır. Bu gibi durumlarda dilsel değerlere bağlı olarak bulanık kümelerin temsili ve kullanımı standart kontrol grafiklerin yerine tercih edilebilir.

Kalite kontrol grafiğiyle bulanık küme teorisinin adaptasyonu değişik yollarla yapılabilmektedir. Süreçteki belirsizliği bulanık kontrol grafikleri ile yakalamak için “Bulanık Mod”, “Bulanık Orta Aralık”, “Bulanık Medyan” gibi yöntemler vardır. Üretilen ürünlerin kalite kontrol incelemesi sırasında denetimi yapan kişilerin vereceği kararlardaki belirsizlikler üçgen bulanık sayılar kullanılarak değerlendirilecektir. Bu bölümde, bulanık p kontrol grafiği, bulanık np kontrol grafiği, bulanık c kontrol grafiği, bulanık u kontrol grafiklerini ele alacağız.

4.5.1.1. Bulanık p Kontrol Grafiği

Belirsizlik durumunda, üçgen bulanık numarası (d_{aj}, d_{bj}, d_{cj}) ve (p_{aj}, p_{bj}, p_{cj}) $j = 1, 2, \dots, m$ sırasıyla, uygun olmayan bulanık birimlerin sayısını ve oranını temsil etmek için kullanılır.

$$p_{aj} = \frac{d_{aj}}{n}, \quad p_{bj} = \frac{d_{bj}}{n}, \quad p_{cj} = \frac{d_{cj}}{n} \quad (4.24)$$

$$\bar{p}_a = \frac{\sum p_{aj}}{m}, \quad \bar{p}_b = \frac{\sum p_{bj}}{m}, \quad \bar{p}_c = \frac{\sum p_{cj}}{m} \quad (4.25)$$

Ayrıca uygun olmayan bulanık ortalamalar $(\bar{p}_a, \bar{p}_b, \bar{p}_c)$ ile gösterilir.

Bulanık p-kontrol grafiğinin, bulanık merkezi çizgi, bulanık bulanık ve üst alt sınırları,

$$\widetilde{LCL}_p = \left(\bar{p}_a - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_a (1 - \bar{p}_a)}{n}}, \bar{p}_b - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_b (1 - \bar{p}_b)}{n}}, \bar{p}_c - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_c (1 - \bar{p}_c)}{n}} \right) \quad (4.26)$$

$$\widetilde{UCL}_p = \left(\bar{p}_a + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_a (1 - \bar{p}_a)}{n}}, \bar{p}_b + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_b (1 - \bar{p}_b)}{n}}, \bar{p}_c + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_c (1 - \bar{p}_c)}{n}} \right) \quad (4.27)$$

$$\widetilde{CL}_p = (\bar{p}_a, \bar{p}_b, \bar{p}_c) \quad (4.28)$$

biçiminde bulunur.

Örnekleme boyutu, n sayısı sabit değilse,

$$p_{aj} = \frac{d_{aj}}{n_j}, \quad p_{bj} = \frac{d_{bj}}{n_j}, \quad p_{cj} = \frac{d_{cj}}{n_j} \quad (4.29)$$

$$\bar{p}_a = \frac{\sum p_{aj}}{\sum n_j}, \quad \bar{p}_b = \frac{\sum p_{bj}}{\sum n_j}, \quad \bar{p}_c = \frac{\sum p_{cj}}{\sum n_j} \quad (4.30)$$

Burada n_j j 'inci örnekleme boyutu ve $j = 1, 2, \dots, m$

Bu durumda bulanık p kontrol grafiklerinde merkezi çizgi ve kontrol sınırları eşitlik (4.26), (4.27) ve (4.28)' e benzer biçimde bulunur. Ancak eşitlik (4.26) ve (4.27)' deki n yerine n_j kullanılır. (Kahraman & Yanık, 2006)

4.5.1.2. α -Kesim Bulanık p Kontrol Grafiği

α -kesim ortalaması üyelik derecesi α ya eşit ya da daha büyük olan öğeler ile tanımlanır. \bar{p}_a^α ve \bar{p}_c^α değerleri eşitlik (4.31) ve (4.32) kullanılarak hesaplanır.

$$\bar{p}_a^\alpha = \bar{p}_a + \alpha (\bar{p}_b - \bar{p}_a) \quad (4.31)$$

$$\bar{p}_c^\alpha = \bar{p}_c + \alpha (\bar{p}_b - \bar{p}_c) \quad (4.32)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

α -kesim bulanık p kontrol sınırları,

$$\widetilde{LCL}_p^\alpha = \left(\bar{p}_a^\alpha - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_a^\alpha (1 - \bar{p}_a^\alpha)}{n}}, \bar{p}_b - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_b (1 - \bar{p}_b)}{n}}, \bar{p}_c^\alpha - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_c^\alpha (1 - \bar{p}_c^\alpha)}{n}} \right) \quad (4.33)$$

$$\widetilde{UCL}_p^\alpha = \left(\bar{p}_a^\alpha + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_a^\alpha (1 - \bar{p}_a^\alpha)}{n}}, \bar{p}_b + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_b (1 - \bar{p}_b)}{n}}, \bar{p}_c^\alpha + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}_c^\alpha (1 - \bar{p}_c^\alpha)}{n}} \right) \quad (4.34)$$

$$\widetilde{CL}_p^\alpha = (\bar{p}_a^\alpha, \bar{p}_b, \bar{p}_c^\alpha) \quad (4.35)$$

eşitlik (4.33), (4.34) ve (4.35) yardımıyla bulunur.

Örneklem boyutu, n sayısı sabit değilse, α -kesim bulanık p kontrol grafiklerinde merkezi çizgi ve kontrol sınırları eşitlik (4.33), (4.34) ve (4.35)' e benzer biçimde

bulunur. Ancak eşitlik (4.33) ve (4.34)' deki n yerine n_j kullanılır. (Kahraman & Yanık, 2006)

4.5.1.3. Bulanık np Kontrol Grafiği

Belirsiz durumda bir üçgen bulanık sayısı (d_{aj}, d_{bj}, d_{cj}) her örnek için uyumsuz birim sayısını ve $(n\bar{p}_a, n\bar{p}_b, n\bar{p}_c)$ ise uyumsuz birim ortalama örnek sayısını gösterir.

$$n\bar{p}_a = \frac{\sum_{j=1}^m d_{aj}}{m}, \quad n\bar{p}_b = \frac{\sum_{j=1}^m d_{bj}}{m}, \quad n\bar{p}_c = \frac{\sum_{j=1}^m d_{cj}}{m} \quad (4.36)$$

Bulanık kontrol limitleri,

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL}_{np} = & \left(n\bar{p}_a - 3\sqrt{n\bar{p}_a(1-n\bar{p}_a)}, \quad n\bar{p}_b - 3\sqrt{n\bar{p}_b(1-n\bar{p}_b)}, \right. \\ & \left. n\bar{p}_c - 3\sqrt{n\bar{p}_c(1-n\bar{p}_c)} \right) \end{aligned} \quad (4.37)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL}_{np} = & \left(n\bar{p}_a + 3\sqrt{n\bar{p}_a(1-n\bar{p}_a)}, \quad n\bar{p}_b + 3\sqrt{n\bar{p}_b(1-n\bar{p}_b)}, \right. \\ & \left. n\bar{p}_c + 3\sqrt{n\bar{p}_c(1-n\bar{p}_c)} \right) \end{aligned} \quad (4.38)$$

$$\widetilde{CL}_{np} = (n\bar{p}_a, n\bar{p}_b, n\bar{p}_c) \quad (4.39)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır.

4.5.1.4. α -Kesim Bulanık np Kontrol Grafiği

α -kesim bulanık np kontrol sınırları,

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL}_{np}^{\alpha} = & \left(n\bar{p}_a^{\alpha} - 3\sqrt{n\bar{p}_a^{\alpha}(1-n\bar{p}_a^{\alpha})}, \quad n\bar{p}_b - 3\sqrt{n\bar{p}_b(1-n\bar{p}_b)}, \right. \\ & \left. n\bar{p}_c^{\alpha} - 3\sqrt{n\bar{p}_c^{\alpha}(1-n\bar{p}_c^{\alpha})} \right) \end{aligned} \quad (4.40)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL}_{np}^{\alpha} = & \left(n\bar{p}_a^{\alpha} + 3\sqrt{n\bar{p}_a^{\alpha}(1-n\bar{p}_a^{\alpha})}, \quad n\bar{p}_b + 3\sqrt{n\bar{p}_b(1-n\bar{p}_b)}, \right. \\ & \left. n\bar{p}_c^{\alpha} + 3\sqrt{n\bar{p}_c^{\alpha}(1-n\bar{p}_c^{\alpha})} \right) \end{aligned} \quad (4.41)$$

$$\widetilde{CL}_{np}^{\alpha} = (n\bar{p}_a^{\alpha}, n\bar{p}_b, n\bar{p}_c^{\alpha}) \quad (4.42)$$

eşitlik (4.40), (4.41) ve (4.42) yardımıyla bulunur.

4.5.1.5. Bulanık c Kontrol Grafiği

Yamuk bulanık sayılar (a, b, c, d) veya üçgen bulanık sayılar kullanılarak (a, b, b, d) şeklinde kullanılabilir. Ayrıca $b = c$ eşitliği üzerinden yamuk bir bulanık sayı da her zaman üçgen bulanık sayılara dönüştürmeye açıktır. Üçgen bir bulanık sayı da yamuk bir bulanık sayı gibi temsil edilmektedir (a, b, b, d) ya da (a, c, c, d) temsil formları hesap kolaylığı için kullanılabilir.

Bulanık c kontrol grafiği kontrol limitleri,

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL} = \widetilde{CL} - 3\sqrt{\widetilde{CL}} = & \left(\bar{a} - 3\sqrt{\bar{a}}, \quad \bar{b} - 3\sqrt{\bar{b}}, \quad \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \quad \bar{d} - 3\sqrt{\bar{d}} \right) \\ = & (LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4) \end{aligned} \quad (4.43)$$

$$\begin{aligned}\overline{UCL} &= \overline{CL} + 3\sqrt{\overline{CL}} = (\overline{a} + 3\sqrt{\overline{a}}, \quad \overline{b} + 3\sqrt{\overline{b}}, \quad \overline{c} + 3\sqrt{\overline{c}}, \quad \overline{d} + 3\sqrt{\overline{d}}) \\ &= (UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4)\end{aligned}\tag{4.44}$$

$$\overline{CL} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_j}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n b_j}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n c_j}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n d_j}{n} \right) = (\overline{a}, \overline{b}, \overline{c}, \overline{d}) = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)\tag{4.45}$$

eşitlik (4.43), (4.44) ve (4.45) yardımıyla bulunur. (Kahraman & Yanık, 2006)

Ayrıca α kesim için \overline{a}^α ve \overline{d}^α değerleri eşitlik (4.46) ve (4.47) yardımıyla, bulanık kontrol limitleri ise,

$$\overline{a}^\alpha = a + \alpha (b - a)\tag{4.46}$$

$$\overline{d}^\alpha = d - \alpha (d - c)\tag{4.47}$$

$$\begin{aligned}\overline{LCL}^\alpha &= \overline{CL}^\alpha - 3\sqrt{\overline{CL}^\alpha} = \left(\overline{a}^\alpha - 3\sqrt{\overline{a}^\alpha}, \overline{b} - 3\sqrt{\overline{b}}, \overline{c} - 3\sqrt{\overline{c}}, \overline{d}^\alpha - 3\sqrt{\overline{d}^\alpha} \right) \\ &= (LCL_1^\alpha, LCL_2, LCL_3, LCL_4^\alpha)\end{aligned}\tag{4.48}$$

$$\begin{aligned}\overline{UCL} &= \overline{CL} + 3\sqrt{\overline{CL}} = (\overline{a}^\alpha + 3\sqrt{\overline{a}^\alpha}, \overline{b} + 3\sqrt{\overline{b}}, \overline{c} + 3\sqrt{\overline{c}}, \overline{d}^\alpha + 3\sqrt{\overline{d}^\alpha}) \\ &= (UCL_1^\alpha, UCL_2, UCL_3, UCL_4^\alpha)\end{aligned}\tag{4.49}$$

$$\overline{CL} = (\overline{a}^\alpha, \overline{b}, \overline{c}, \overline{d}^\alpha) = (CL_1^\alpha, CL_2, CL_3, CL_4^\alpha)\tag{4.50}$$

Yukarıda verilen eşitlik (4.48), (4.49) ve (4.50) ile hesaplanır.

4.5.1.6. Bulanık u Kontrol Grafiği

Bulanık u kontrol grafiği oluşturmak için bulanık kontrol sınırları,

$$\widetilde{LCL}_u = \left(\bar{u}_a - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_a}{n_j}}, \bar{u}_b - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_b}{n_j}}, \bar{u}_c - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_c}{n_j}} \right) \quad (4.51)$$

$$\widetilde{UCL}_u = \left(\bar{u}_a + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_a}{n_j}}, \bar{u}_b + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_b}{n_j}}, \bar{u}_c + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_c}{n_j}} \right) \quad (4.52)$$

$$\widetilde{CL}_u = \left(\frac{\sum u_{aj}}{m}, \frac{\sum u_{bj}}{m}, \frac{\sum u_{cj}}{m} \right) = (\bar{u}_a, \bar{u}_b, \bar{u}_c) \quad (4.53)$$

eşitlik (4.51), (4.52) ve (4.53)'leri kullanılarak hesaplanır. $(\bar{u}_a, \bar{u}_b, \bar{u}_c)$ üçgen bulanık sayıları temsil etmektedir. (Kahraman & Yanık, 2006)

4.5.1.7. α -Kesim Bulanık u Kontrol Grafiği

α kesim için \bar{u}_a^α ve \bar{u}_c^α değerleri eşitlik (4.54) ve (4.55) yardımıyla, bulanık kontrol limitleri ise,

$$\bar{u}_a^\alpha = \bar{u}_a + \alpha (\bar{u}_b - \bar{u}_a) \quad (4.54)$$

$$\bar{u}_c^\alpha = \bar{u}_c - \alpha (\bar{u}_c - \bar{u}_b) \quad (4.55)$$

$$\widetilde{LCL}_u^\alpha = \left(\bar{u}_a^\alpha - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_a^\alpha}{n_j}}, \bar{u}_b - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_b}{n_j}}, \bar{u}_c^\alpha - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_c^\alpha}{n_j}} \right) \quad (4.56)$$

$$\widetilde{UCL}_u^\alpha = \left(\bar{u}_a^\alpha + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_a^\alpha}{n_j}}, \bar{u}_b + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_b}{n_j}}, \bar{u}_c^\alpha + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}_c^\alpha}{n_j}} \right) \quad (4.57)$$

$$\widetilde{CL}_u = \left(\frac{\sum u_a^\alpha}{m}, \frac{\sum u_{bj}}{m}, \frac{\sum u_c^\alpha}{m} \right) = (\bar{u}_a^\alpha, \bar{u}_b, \bar{u}_c^\alpha) \quad (4.58)$$

Yukarıda verilen eşitlik (4.56), (4.57) ve (4.58) ile hesaplanır. (Kahraman & Yanık, 2006)

4.5.2. Bulanık Dönüştürme Teknikleri

Bulanık kontrol grafiklerinde bir karar mekanizması oluşturabilmek için öncelikle bulanık dönüştürme teknikleri kullanılarak bulanık sayılardan kesin sayılar elde etmek gerekir. Bu teknikler, bulanık mod, α -seviyesinde bulanık orta aralık, bulanık medyan ve direk bulanık yaklaşımlarıdır.

4.5.2.1. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Mod Yaklaşımı

F bulanık kümesinin bulanık modu (tepe değeri), üyelik derecesinin 1'e eşit olduğu değerdir. Üçgen üyelik fonksiyonlarında sadece bir değer 1'e eşit olduğundan bulanık mod değeri de tekdir. (Aslangiray, 2014), (Kahraman & Yanık, 2006)

$$f_{mod} = \{x \in X | \mu_f(x) = 1\} \quad (4.59)$$

Bulanık mod yöntemi ile kalite karakteristiğini oluşturan dilsel değişkenler bulanık bir yapıya kavuşturulabilir. Üçgen üyelik fonksiyonları birçok modelden oluşabilir. (a_j, b_j, c_j) , $j = 1, 2, \dots, m$ üçgen bulanık sayılar olsun. Bulanık mod küme değerleri “ b_j ” olarak belirlenir.

$$S_{modj} = b_j \quad (4.60)$$

$$CL_{mod} = f_{mod}(\widetilde{CL}) = \frac{\sum_{j=1}^m b_j}{m} = CL_2 \quad (4.61)$$

$$LCL_{mod} = CL_{mod} - 3\sqrt{CL_{mod}} = CL_2 - 3\sqrt{CL_2} = LCL_2 \quad (4.62)$$

$$UCL_{mod} = CL_{mod} + 3\sqrt{CL_{mod}} = CL_2 + 3\sqrt{CL_2} = UCL_2 \quad (4.63)$$

$$\text{Süreç Kontrolü} = \begin{cases} \text{kontrol altında} & \text{eğer } LCL_{mod} \leq S_{modj} \leq UCL_{mod} \\ \text{kontrol dışında} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.64)$$

Dönüşüm için gerekli eşitlikler yukarıda yer almaktadır.

Yamuk bulanık sayıları (a_j, b_j, c_j, d_j) , $j = 1, 2, \dots, m$ olsun. Bulanık mod küme değerleri “ b_j ve c_j ” olarak belirlenir.

$$S_{modj} = [b_j, c_j], \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.65)$$

$$CL_{mod} = f_{mod}(\widetilde{CL}) = \left(\frac{\sum_{j=1}^m b_j}{m}, \frac{\sum_{j=1}^m c_j}{m} \right) = (CL_2, CL_3) \quad (4.66)$$

$$LCL_{mod} = CL_{mod} - 3\sqrt{CL_{mod}} = (CL_2 - 3\sqrt{CL_2}, CL_3 - 3\sqrt{CL_3}) = (LCL_2, LCL_3) \quad (4.67)$$

$$UCL_{mod} = CL_{mod} + 3\sqrt{CL_{mod}} = (CL_2 + 3\sqrt{CL_2}, CL_3 + 3\sqrt{CL_3}) \\ = (UCL_2, UCL_3) \quad (4.68)$$

$$\beta_j = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{eğer } b_j \geq (UCL_3) \\ \frac{UCL_3 - b_j}{c_j - b_j}, & \text{eğer } (LCL_2 \leq b_j \leq UCL_3) \wedge (c_j \geq UCL_3) \\ 1, & \text{eğer } (b_j \geq LCL_2) \wedge (c_j \leq UCL_3) \\ \frac{LCL_2 - b_j}{c_j - b_j}, & \text{eğer } (b_j \leq LCL_2) \wedge (LCL_2 \leq c_j \leq UCL_3) \\ 0, & \text{eğer } c_j \leq (LCL_2) \end{array} \right\} \quad (4.69)$$

$$\text{Süreç Kontrolü} = \left\{ \begin{array}{lll} \text{Kontrol altında,} & \text{eğer} & 0,85 \leq \beta_j \leq 1 \\ \text{Kontrol dışında,} & \text{eğer} & 0 \leq \beta_j \leq 0,10 \\ \text{Kısmen kontrol altında,} & \text{eğer} & 0,60 \leq \beta_j \leq 0,85 \\ \text{Kısmen kontrol dışında,} & \text{eğer} & 0,10 \leq \beta_j \leq 0,60 \end{array} \right\} \quad (4.70)$$

Dönüşüm için gerekli eşitlikler yukarıda yer almaktadır.

4.5.2.2. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık Yaklaşımı

Bu α seviyesindeki kesmenin sonlarının orta noktası olarak tanımlanabilir. α^a olarak gösterilen α kesmesi, üyelik derecesi α 'ya eşit yada daha büyük üyelik dereceleri olan elemanları bütünleştiren bulanık olmayan kümelerdir. (Şentürk & Erginel, 2009) Buna göre dönüşüm fonksiyonu eşitlik (4.71)'deki gibidir.

$$f_{mr}^a = \frac{1}{2}(a_j^a + c_j^a), \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.71)$$

$$a_i^a = \alpha (b_j - a_j) + a_j \quad (4.72)$$

$$c_i^a = c_j - (c_j - b_j) \alpha \quad (4.73)$$

a_i^a ve c_i^a değerleri ve kontrol limitleri aşağıdaki eşitliklerle ile hesaplanır.

$$S^a_{mr} = \frac{a_j^a + c_j^a}{2} \quad (4.74)$$

$$CL^a_{mr} = f^a_{mr}(\widetilde{CL}) = \frac{1}{2}[CL_1^a + CL_3^a] = \frac{1}{2}\left[\frac{\sum_{j=1}^m a_j^a}{m} + \frac{\sum_{j=1}^m c_j^a}{m}\right] \quad (4.75)$$

$$LCL^a_{mr} = CL^a_{mr} - 3\sqrt{CL^a_{mr}} \quad (4.76)$$

$$UCL^a_{mr} = CL^a_{mr} + 3\sqrt{CL^a_{mr}} \quad (4.77)$$

$$\text{Süreç Kontrolü} = \begin{cases} \text{kontrol altında} & \text{eğer } LCL^a_{mr} \leq S^a_{mrj} \leq UCL^a_{mr} \\ \text{kontrol dışında} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.78)$$

Yamuk bulanık sayıları (a_j, b_j, c_j, d_j) , $j = 1, 2, \dots, m$ olsun. Dönüşüm için kullanılan eşitlikler aşağıda yer almaktadır.

$$f^a_{mr} = \frac{1}{2}(a_j^a + d_j^a), \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4.79)$$

a_i^a eşitlik (4.72)' de verilen denklem ile d_i^a değerleri ve kontrol limitleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanır.

$$d_i^a = d_j - (d_j - b_j) \alpha \quad (4.80)$$

$$S^a_{mr} = \frac{a_i^a + d_i^a}{2} = \frac{(a_j + d_j) + \alpha [(b_j - a_j) - (d_j - c_j)]}{2} \quad (4.81)$$

$$\begin{aligned} CL^a_{mr} &= f^a_{mr}(\widetilde{CL}) = \frac{1}{2}[CL_1^a + CL_4^a] \\ &= \frac{CL_1 + CL_4 + \alpha [(CL_2 - CL_1) - (CL_3 - CL_4)]}{2} \end{aligned} \quad (4.82)$$

$$LCL^a_{mr} = CL^a_{mr} - 3\sqrt{CL^a_{mr}} \quad (4.83)$$

$$UCL^a_{mr} = CL^a_{mr} + 3\sqrt{CL^a_{mr}} \quad (4.84)$$

$$\text{Süreç Kontrolü} = \begin{cases} \text{kontrol altında} & \text{eğer } LCL^a_{mr} \leq S^a_{mrj} \leq UCL^a_{mr} \\ \text{kontrol dışında} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.85)$$

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

4.5.2.3. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Medyan (Orta) Değer Yaklaşımı

Bulanık kümenin üyelik fonksiyonu altındaki eğriyi iki eşit alana bölen ve aşağıdaki eşitliği sağlayan noktadır. (Aslangiray, 2014), (Kahraman & Yanık, 2006)

$$\int_a^{f_{med}} \mu F(x) dx = \int_{f_{med}}^b \mu f(x) dx = \frac{1}{2} \int_a^b \mu F(x) dx \quad (4.86)$$

$$S^a_{medj} = \frac{1}{3} [a_j^a + b_j + c_j^a] \quad (4.87)$$

$$CL^a_{med} = f^a_{med}(\widetilde{CL}) = \frac{1}{3} [CL_1^a + CL_2 + CL_3^a] \quad (4.88)$$

$$LCL^a_{med} = CL^a_{med} - 3\sqrt{CL^a_{med}} \quad (4.89)$$

$$UCL^a_{med} = CL^a_{med} + 3\sqrt{CL^a_{med}} \quad (4.90)$$

$$\text{Süreç Kontrolü} = \begin{cases} \text{kontrol altında} & \text{eğer } LCL^a_{med} \leq S^a_{medj} \leq UCL^a_{med} \\ \text{kontrol dışında} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.91)$$

a_j^a ve c_j^a değerleri eşitlik (4.72) ve eşitlik (4.73) ile ve kontrol limitleri yukardaki eşitlikler ile hesaplanır.

Yamuk bulanık sayıları (a_j, b_j, c_j, d_j) , $j = 1, 2, \dots, m$ olsun. Dönüşüm için kullanılan denklemler aşağıda yer almaktadır.

$$S^a_{medj} = \frac{1}{4} [a_j^a + b_j + c_j + d_j^a] \quad (4.92)$$

Kontrol limitleri,

$$CL^a_{med} = f^a_{med}(\widetilde{CL}) = \frac{1}{4} [CL_1^\infty + CL_2 + CL_3 + CL_4^\infty] \quad (4.93)$$

$$LCL^a_{med} = CL^a_{med} - 3\sqrt{CL^a_{med}} \quad (4.94)$$

$$UCL^a_{med} = CL^a_{med} + 3\sqrt{CL^a_{med}} \quad (4.95)$$

$$\text{Süreç Kontrolü} = \begin{cases} \text{kontrol altında} & \text{eğer } LCL^a_{med} \leq S^a_{medj} \leq UCL^a_{med} \\ \text{kontrol dışında} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.96)$$

yukardaki eşitlikler ile hesaplanır.

5. NİTELİKSEL BULANIK KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNİN

BİR TEKNOLOJİ FİRMASINDA UYGULAMASI

Çalışmanın bu bölümünde bir teknoloji firmasında üretilen baskılı devre kartları ilgili yapılan niteliksel kalite kontrol çalışmaları incelenmiş, sürece ait kontrol grafikleri çizilmiştir. Daha sonra bu kalite kontrol çalışanlarından alınan bilgilere bağlı olarak bulanık mantık yaklaşımı ile niteliksel bulanık kontrol grafikleri çizilmiş olup çizilen grafiklere ilişkin karşılaştırmalar verilmiştir.

5.1. İzlenen Yöntem

Çalışmada izlenen yöntem, genel olarak beş evreden oluşmaktadır. Birinci evre verilerin toplanması ve analiz edilmesinden oluşuyor. Veri seti 3 haftalık süreyi kapsamaktadır. Bu sürede Şekil 5.1'deki anemometre (rüzgar hız sensörü) ve rüzgar yön sensörlerine ait elektronik devre kartları incelenmiştir. İkinci evre süreçte mevcut olan belirsizliklerin saptanması ve uzman görüşünün alındığı kısımdır. Üçüncü evrede uzman görüşü yardımıyla veriler uygun veri setlerine dönüştürülmüştür. Dördüncü evrede bulanık mantık yaklaşımları uygulamaya konulmuş; beşinci evrede de elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

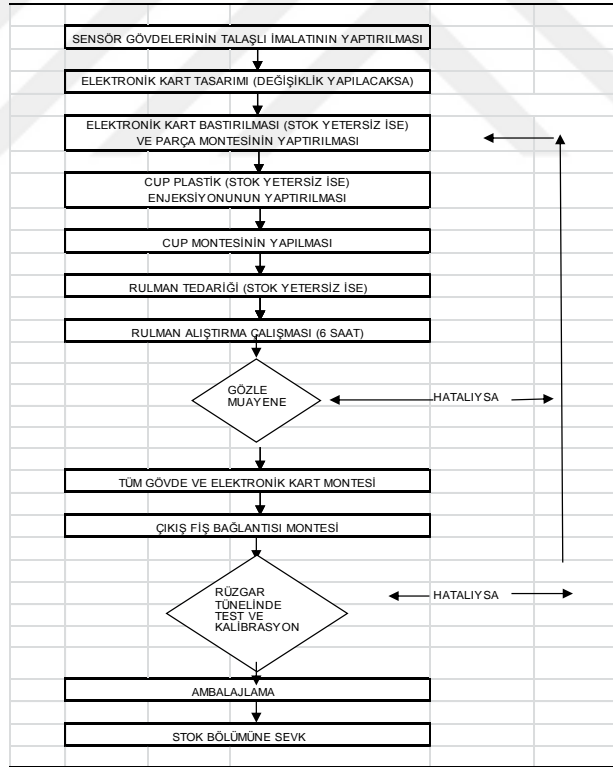


Şekil 5.1. Rüzgâr Yön Sensörü Devre Kartı

5.2. Firma ve Üretim Süreci

Rüzgar yön sensörü verilerini aldığımız firma 1992 yılında kurulmuş olup 2011’de ERIH & Company ortağı olarak TEKNAM TEKNOLOJİ VE ENERJİ A.Ş. adı altında faaliyetlerini birleştirdi. Firma Ankara İvedik Organize Sanayi Bölgesinde bulunmaktadır. Kendi bünyesinde bulunan Ar-ge bölümü tarafından tasarlayıp ürettiği ürünleri ile yurt içine rüzgâr ölçüm direkleri ve ölçüm sensörleri alanında Tech-Wind ve Tech-Sen olmak üzere iki marka altında hizmet vermektedir. Bu bağlamda maksimum ürün kalitesini ve müşteri memnuniyetini kendine görev edinmiştir.

Tech-Sen marka ürünleri, hassas sınıf rüzgâr yönü sensörü, hassas sınıf kupalı anemometre (rüzgâr hız sensörü), tam kalibre nem ve sıcaklık sensörü, tam kalibre barometrik hava basıncı sensörü, hava ve termal radyasyon kalkanı, uçak ikaz lambaları’dır. Bu ürünlerin üretim akış şeması



Şekil 5.2. Üretim Akış Şeması

biçimindedir.

5.3. c Kalite Kontrol Grafiği

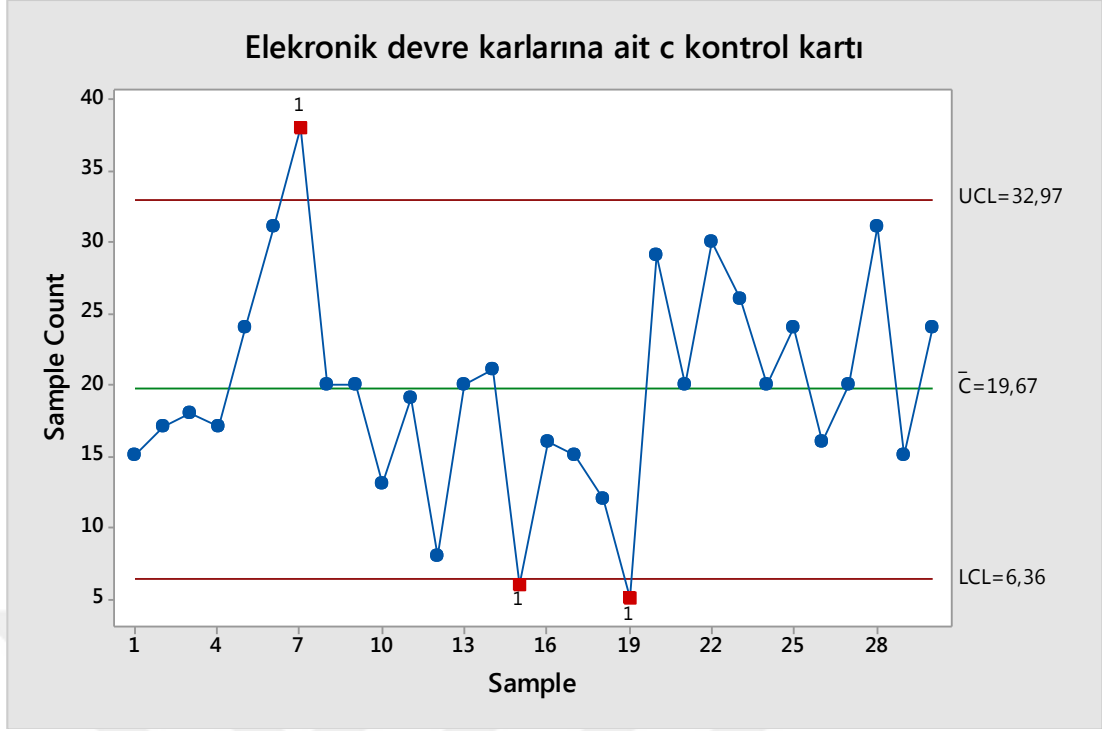
Firmada üretilen elektronik devre kartlarındaki kusurları belirlemek amacı ile %100 muayene yapılmıştır. 30 birim elektronik devre kartı alınmıştır ve her bir birim 100 elektronik devre kartı içermektedir.

| Örneklem No | Hata Sayısı | Örneklem No | Hata Sayısı |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 15 | 16 | 16 |
| 2 | 17 | 17 | 15 |
| 3 | 18 | 18 | 12 |
| 4 | 17 | 19 | 5 |
| 5 | 24 | 20 | 29 |
| 6 | 31 | 21 | 20 |
| 7 | 38 | 22 | 30 |
| 8 | 20 | 23 | 26 |
| 9 | 20 | 24 | 20 |
| 10 | 13 | 25 | 24 |
| 11 | 19 | 26 | 16 |
| 12 | 8 | 27 | 20 |
| 13 | 20 | 28 | 31 |
| 14 | 21 | 29 | 15 |
| 15 | 6 | 30 | 24 |

Çizelge 5.1. 30 Birimlik Örnekleme Ait Veri

Çizelge 5.1. 'de 30 birimlik örnekleme ait veriler gösterilmektedir.

Grafiğe ait alt kontrol limiti, üst kontrol limiti ve merkezi çizgi eşitlik (3.32), (3.33) ve (3.34) kullanılarak hesaplanmıştır. Şekil 5.3'de yer alan grafik Minitab 16 (demo) paket programında çizilmiştir.



Şekil 5.3. Hata sayıları için c kontrol grafiği

Şekil 5.3.'deki grafik incelendiğinde 7. noktanın üst kontrol limitinin dışında, 15. ve 19. noktaların ise alt kontrol limitinin dışında olduğu görülmektedir. Süreç kontrol dışındadır. Genel olarak sürece ait klasik kontrol grafiklerinin incelenmesi sonucu süreçte değişkenliği etkileyen özel sebeplerin var olduğu kanısına varıldı.

Firmada kart tasarımından sonra mekanik montaj atölyesinde kartın basımı ve devre elemanlarının montajı ile devam etmektedir. Kartlarda meydana gelen hataların çoğu lehimleme ve sonrasında yapılan mercek kontrolü sırasında kaynaklanmaktadır.

Lehim hataları lehim makinasına ve personele bağlı olarak üretim kapasitesini, ürün kalitesini ve devrenin çalışma ömrünü etkilemektedir. Lehim hatalarının sebepleri az ve çok lehim kullanmak, lehim sırasında lehim soğumadan parçaları oynatmak, lehime başlamadan önce havayı yeteri kadar ısıtmamak, kalitesiz lehim teli kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışmanın yapıldığı firmada Şekil 5.4 'deki gibi devre kartları mercek yardımıyla gözle kontrol edilmektedir



Şekil 5.4. Devre Kartları Mercek Yardımıyla Kontrolü

Lehimleme işlemi sırasında oluşan hataların maliyetinin yanı sıra kart kalitesi ve kullanılan komponent devre elemanları üzerindeki olumsuz etkileri de göz önüne alındığında lehim hatalarının sayısının kontrol altına alınması firmanın üretim devamlılığını sağlaması ve ürün kalitesi açısından büyük önem taşıdığı görülmektedir.

Bu nedenle kesin olarak modellenemeyen dilsel değişkenlerin bulunduğu süreçlerde bulanık kalite kontrol grafikleri kullanılarak sürece daha geniş bir pencereden bakılabilir.

5.4. Bulanık c Kontrol Grafiği

Bulanık sayılar genellikle uzman tecrübesi ile oluşturulur. Başka bir değişle verinin sola ve sağa ne kadar gideceği uzmana ve probleme bağlıdır. Kabul edilebilir hata sayıları ilgili uzman görüşleri alınarak sağ ve sol yayılımı 7 olarak belirlenmiştir.

$$a = x_i - 7 \quad (5.1)$$

$$b = x_i \quad (5.2)$$

$$c = x_i + 7 \quad (5.3)$$

$$i = 1,2,3, \dots,30$$

eşitlik (5.1), (5.2) ve (5.3) kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

| Örneklem No | a | b | c |
|--------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 8 | 15 | 22 |
| 2 | 10 | 17 | 24 |
| 3 | 11 | 18 | 25 |
| 4 | 10 | 17 | 24 |
| 5 | 17 | 24 | 31 |
| 6 | 24 | 31 | 38 |
| 7 | 31 | 38 | 45 |
| 8 | 13 | 20 | 27 |
| 9 | 13 | 20 | 27 |
| 10 | 6 | 13 | 20 |
| 11 | 12 | 19 | 26 |
| 12 | 1 | 8 | 15 |
| 13 | 13 | 20 | 27 |
| 14 | 14 | 21 | 28 |
| 15 | 0 | 6 | 13 |
| 16 | 9 | 16 | 23 |
| 17 | 8 | 15 | 22 |
| 18 | 5 | 12 | 19 |
| 19 | 0 | 5 | 12 |
| 20 | 22 | 29 | 36 |
| 21 | 13 | 20 | 27 |
| 22 | 23 | 30 | 37 |
| 23 | 19 | 26 | 33 |
| 24 | 13 | 20 | 27 |
| 25 | 17 | 24 | 31 |
| 26 | 9 | 16 | 23 |
| 27 | 13 | 20 | 27 |
| 28 | 24 | 31 | 38 |
| 29 | 8 | 15 | 22 |
| 30 | 17 | 24 | 31 |

Çizelge 5.2. Verilere Ait Bulanık Sayılar

Çizelge 5.2.'de eşitlik (5.1), (5.2) ve (5.3) kullanılarak dönüştürülen bulanık sayılar verilmiştir.

5.4.1. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Mod Yaklaşımı

Bulanık mod yaklaşımında temsili değerlere dönüştürürken eşitlik (4.60) kullanılmış; kontrol limitleri ise (4.61), (4.62), (4.63) numaralı eşitliklere göre hesaplanmıştır. Sürecin kontrol altında olup/olmaması eşitlik (4.64) kullanılarak tespit edilmiştir.

| Örneklem No | S_{modj} | CL_{mod} | LCL_{mod} | UCL_{mod} | Karar |
|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 2 | 17 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 3 | 18 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 4 | 17 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 5 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 6 | 31 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 7 | 38 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Dışında |
| 8 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 9 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 10 | 13 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 11 | 19 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 12 | 8 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 13 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 14 | 21 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 15 | 6 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |

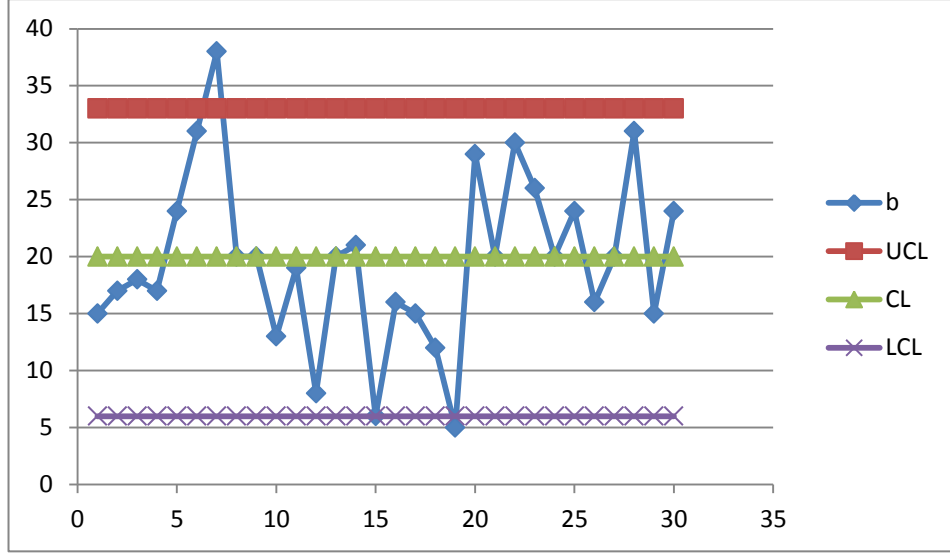
Çizelge 5.3. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Mod Yaklaşım Sonuçları

| Örneklem No | S_{modj} | CL_{mod} | LCL_{mod} | UCL_{mod} | Karar |
|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------------|
| 16 | 16 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 17 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 18 | 12 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 19 | 5 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Dışında |
| 20 | 29 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 21 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 22 | 30 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 23 | 26 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 24 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 25 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 26 | 16 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 27 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 28 | 31 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 29 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 30 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |

Çizelge 5.3.’devamı Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Mod Yaklaşım

Sonuçları

Çizelge 5.3’de bulanık c kontrol grafiği için bulanık mod yaklaşım sonuçları verilmiştir. Şekil 5.5’de yer alan grafik MS Office, Excell (2010) programında çizilmiştir.



Şekil 5.5. Bulanık Mod c Kontrol Grafiği

Şekil 5.3.' deki klasik c kontrol grafik incelendiğinde 7. noktanın üst kontrol limitinin dışında, 15. ve 19. noktaların ise alt kontrol limitinin dışında olduğu görülmektedir. Fakat Şekil 5.5.'deki bulanık mod c kontrol grafiğine bakıldığında kontrol dışında olan 15. nokta kontrol altına alınmıştır.

5.4.2. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık Yaklaşımı

Bulanık orta aralık yaklaşımında temsili değerlere dönüştürürken eşitlik (4.74) kullanılmış, kontrol limitleri ise (4.75), (4.76) ve (4.77) numaralı eşitliklere göre hesaplanmıştır. Sürecin kontrol altında olup/olmaması eşitlik (4.78) kullanılarak tespit edilmiştir.

| a_j^a | c_j^a |
|---------|---------|
| 12,2 | 17,8 |
| 14,2 | 19,8 |
| 15,2 | 20,8 |
| 14,2 | 19,8 |
| 21,2 | 26,8 |
| 28,2 | 33,8 |
| 35,2 | 40,8 |
| 17,2 | 22,8 |
| 17,2 | 22,8 |
| 10,2 | 15,8 |
| 16,2 | 21,8 |
| 5,2 | 10,8 |
| 17,2 | 22,8 |
| 18,2 | 23,8 |
| 3,6 | 8,8 |

| a_j^a | c_j^a |
|---------|---------|
| 13,2 | 18,8 |
| 12,2 | 17,8 |
| 9,2 | 14,8 |
| 3 | 7,8 |
| 26,2 | 31,8 |
| 17,2 | 22,8 |
| 27,2 | 32,8 |
| 23,2 | 28,8 |
| 17,2 | 22,8 |
| 21,2 | 26,8 |
| 13,2 | 18,8 |
| 17,2 | 22,8 |
| 28,2 | 33,8 |
| 12,2 | 17,8 |
| 21,2 | 26,8 |

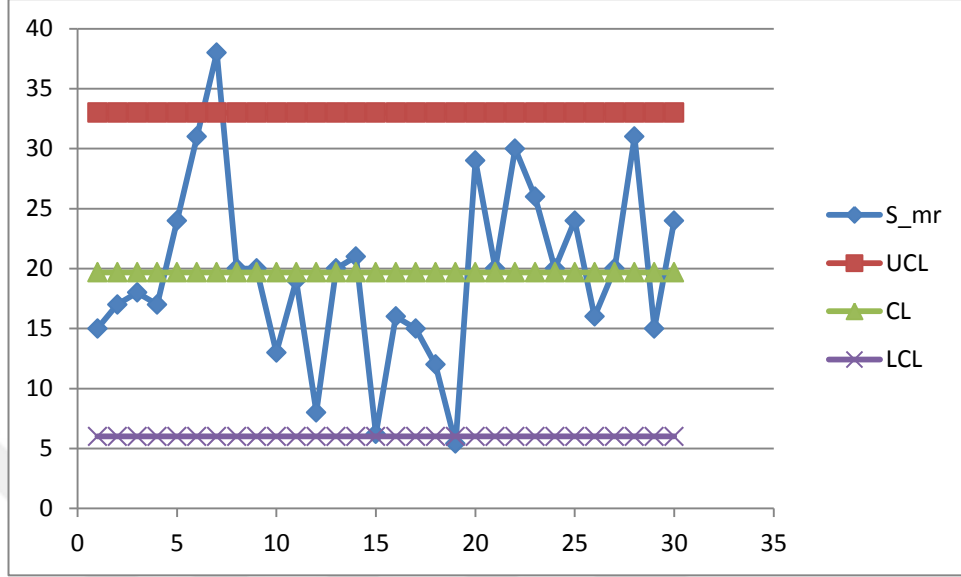
Çizelge 5.4. α -Seviyeli Bulanık Sayılar

Çizelge 5.4.'de verilen a_j^a ve c_j^a değerleri eşitlik (4.72) ve eşitlik (4.73) ile hesaplanmıştır.

| Örnekleme No | S_{mrj} | CL_{mr} | LCL_{mr} | UCL_{mr} | Karar |
|--------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------|
| 1 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 2 | 17 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 3 | 18 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 4 | 17 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 5 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 6 | 31 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 7 | 38 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Dışında |
| 8 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 9 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 10 | 13 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 11 | 19 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 12 | 8 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 13 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 14 | 21 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 15 | 6 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 16 | 16 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 17 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 18 | 12 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 19 | 5 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Dışında |
| 20 | 29 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 21 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 22 | 30 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 23 | 26 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 24 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 25 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 26 | 16 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 27 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 28 | 31 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 29 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 30 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |

Çizelge 5.5. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık Yaklaşım Sonuçları

Çizelge 5.5.'de bulanık c kontrol grafiği için α -seviyeli bulanık orta aralık yaklaşım sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.6. α -Seviyeli Bulanık Orta Aralık *c* Kontrol Grafiği

Şekil 5.3.' deki klasik *c* kontrol grafik incelendiğinde 7. noktanın üst kontrol limitinin dışında, 15. ve 19. noktaların ise alt kontrol limitinin dışında olduğu görülmektedir. Fakat Şekil 3.6.' deki α -seviyeli bulanık orta aralık *c* kontrol grafiği bakıldığında kontrol dışında olan 15. nokta kontrol altına alınmıştır.

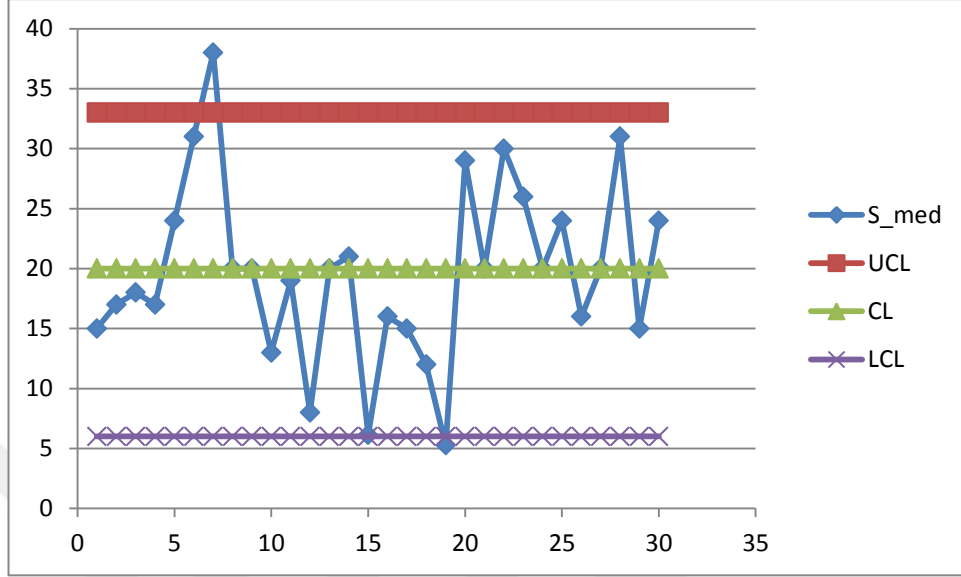
5.4.3. Bulanık *c* Kontrol Grafiği İçin α -Seviyeli Bulanık Medyan (Orta) Değer Yaklaşımı;

Bulanık medyan (orta) değer yaklaşımında temsili değerlere dönüştürürken eşitlik (4.87) kullanılmış, kontrol limitleri ise (4.88), (4.89), (4.90) numaralı eşitliklere göre hesaplanmıştır. Sürecin kontrol altında olup/olmaması eşitlik (4.91) kullanılarak tespit edilmiştir.

| Örnekleme No | S_{medj} | CL_{med} | LCL_{med} | UCL_{med} | Karar |
|--------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 2 | 17 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 3 | 18 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 4 | 17 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 5 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 6 | 31 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 7 | 38 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Dışında |
| 8 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 9 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 10 | 13 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 11 | 19 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 12 | 8 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 13 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 14 | 21 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 15 | 6 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 16 | 16 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 17 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 18 | 12 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 19 | 5 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Dışında |
| 20 | 29 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 21 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 22 | 30 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 23 | 26 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 24 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 25 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 26 | 16 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 27 | 20 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 28 | 31 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 29 | 15 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |
| 30 | 24 | 20 | 6 | 33 | Kontrol Altında |

Çizelge 5.6. Bulanık c Kontrol Grafiği İçin Bulanık Medyan (Orta) Değer Yaklaşımı Sonuçları

Çizelge 5.6.'de bulanık c kontrol grafiği için bulanık medyan (orta) değer yaklaşımı sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.7. α -Seviyeli Bulanık Medyan (Orta) Değer c Kontrol Grafiği

Şekil 5.3.' deki klasik c kontrol grafik incelendiğinde 7. noktanın üst kontrol limitinin dışında, 15. ve 19. noktaların ise alt kontrol limitinin dışında olduğu görülmektedir. Fakat Şekil 5.7.' deki α -seviyeli bulanık medyan (orta) değer c kontrol grafiği bakıldığında kontrol dışında olan 15. nokta kontrol altına alınmıştır.

5.5. Sonuçların Karşılaştırılması

Bu çalışmada uygulanan üç farklı bulanık kontrol grafiği yaklaşımının ve klasik u-kontrol grafiğinin karşılaştırması Çizelge 5.7.' de verilmiştir.

| Örneklem No | Klasik c-kontrol grafiği | Bulanık Kontrol Grafikleri | | |
|-------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Mod Değeri | Orta Aralık | Orta Değer |
| 1 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 2 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 3 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 4 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 5 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 6 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 7 | Kontrol Dışında | Kontrol Dışında | Kontrol Dışında | Kontrol Dışında |
| 8 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 9 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 10 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 11 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 12 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 13 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 14 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 15 | Kontrol Dışında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |

Çizelge 5.7. Klasik Kontrol Grafikleri ile Bulanık Kontrol Grafikleri Karşılaştırması

| Örneklem No | Klasik c-kontrol grafiği | Bulanık Kontrol Grafikleri | | |
|-------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Mod Değeri | Orta Aralık | Orta Değer |
| 16 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 17 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 18 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 19 | Kontrol Dışında | Kontrol Dışında | Kontrol Dışında | Kontrol Dışında |
| 20 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 21 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 22 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 23 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 24 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 25 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 26 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 27 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 28 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 29 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |
| 30 | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında | Kontrol Altında |

Çizelge 5.7.’devamı Klasik Kontrol Grafikleri ile Bulanık Kontrol Grafikleri Karşılaştırması

Klasik *c*-kontrol grafikleri ile bulanık *c*-kontrol grafiklerinin sonuçları farklılaştırılmaktadır. Klasik *c*-kontrol grafiğinde 7. noktanın üst kontrol limitinin dışında, 15. ve 19. noktaların ise alt kontrol limitinin dışındayken; 15. nokta bulanık *c*-kontrol grafiklerinde Kontrol Altında olduğu görünmektedir.

Bulanık kontrol grafiklerinde klasik kontrol grafiklerindeki ikili sınıflamanın tersine, ürün kalitesini tanımlamada kullanılan birçok ara seviyelerden yararlanılmıştır. Bu ara seviyeler ise, daha önce de belirtildiği gibi bulanık mantık yardımı ile dilsel terimler biçiminde ifade edilmiştir. Bu dilsel terimlerle oluşturulan kontrol grafikleri ile sisteme, “uygun” veya “uygunsuz” gibi iki yargıdan daha çok bilgi verilmiştir.

Elektronik devre kartı üretimi sırasında meydana gelen hataların birçoğu PCB ön temizleme, kaliteli lehim teli, personel eğitimi (dikkati, işe olan el yatkınlığı, tecrübe

vb.) ve hava ısı kontrolü gibi müdahalelerle giderilebilir. Bu bağlamda yapılan inceleme 15. numaralı hatanın kontrol personelinin mercek yardımıyla yaptığı kontrol sırasında dikkatsizliği sonucu kaynaklandığı belirlenmiştir.



6.SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada bilinen standart kontrol grafikleri ve bulanık küme teorisinin temeline bağlı olarak bulanık kontrol grafikleri çizilmiştir. Dilsel değişkenler ve üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık kontrol grafiğinin kontrol limitlerinin nasıl oluşturulacağı açıklanmıştır.

Yapılan karşılaştırılmaya göre klasik c kontrol grafiklerinde “kontrol dışı” görünen 15. noktanın bulanık mantık teorisine dayalı çizilen bulanık c kontrol grafiklerinde, “kontrol altında” görülmüştür. Bulanık kontrol grafiği sayesinde teknik personelin mercek yardımıyla yaptığı kontrol sırasındaki dikkatsizliği sonucu sürecin kontrol dışına çıktığı tespit edilmiştir.

Klasik kontrol grafiklerinde sürecin kontrol dışında olması problemini gidermenin bir yolu tolerans sınırlarını genişletmektir. Bu da hataları artırmıştır. Ancak bulanık kontrol grafikleri çizilirse gerçekte tolere edilebilecek ürünle tolere edilemeyecek ürünün ayrımı sağlıklı bir şekilde yapılabilmiştir. Bu nedenle işletmelere dilsel değişkenlerin kullanıldığı durumlarda klasik kontrol grafikleri yerine bulanık kontrol grafiklerini kullanmaları önerilmiştir.

Çünkü klasik niteliksel kontrol grafiklerinde bir ürünün kusurlu veya kusursuz olduğuna dair iki düzeyli kategorik değişken olarak ele alınmasına göre bulanık kontrol grafikleri çizilirken değişkenin bu kategori seviyesi artırılarak ara seviyeler kullanılmıştır. Bu da kontrol grafiklerinin bulanık mantık temeline dayandırılarak çizilmesi sonucunda sürecin değerlendirilmesinde bir esneklik getirmiştir. Klasik kontrol grafiklerinde bir ürün kontrol dışı gibi görünürken bulanık kontrol grafiklerinde tolere edilebilirlik düzeyini ya da ilerleyen aşamalarda düzeltilebilirliğini görmemizi sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Aslangiray, A., & Akyüz, G. (2014). Bulanık kontrol grafikleri: Tekstil firmasında bir uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 70-89.
- Banks, J. (1989). *Principals of Quality Control*. John Wiley and Sons.
- Baykal, N., & Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık, Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Besterfield, D. H. (2001). *Quality control*. New Jersey: Prentice Hall.
- Birgören, B. (2015). Kalite Ders Slaytları. Kırıkkale.
- Buckley, J. J. (2004). *Fuzzy statistics*. Berlin; New York: Springer.
- Buckley, J. J. (2006). *Fuzzy probability and statistics*. Berlin: Springer.
- Burr, J. T. (2005). *Elementary statistical quality control*. New York: Marcel Dekker.
- Çimen, Ö. (2008). Kalite kontrol grafiklerinin bulanık mantık ile yorumlanması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dubois, D., & Henri, P. (1980). *Fuzzy sets and systems: Theory and Applications*. New York: Academic Press.
- Dubois, D., & Henri, P. (2000). *Fundamentals of fuzzy sets, the handbook of fuzzy sets*. Kluwer Academic Publishers.
- E.Yılmaz. (2005). *Bilgi Merkezlerinde Toplam Kalite Yönetimi*. Ankatra: Alp Yayınevi.
- Engin, O., & vd. (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* (s. 1654–1663). içinde Elsevier wordmark.

- Ertugrul, 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* (s. 139–149). içinde Springer.
- Gümüšođlu, Ő. (2000). *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları*. İstanbul: Beta Basım Yayın.
- Hsieh, K., Tong, L., & Wang, M. (2007). The application of control chart for defects and defect clustering in IC manufacturing based on fuzzy theory. *Expert Systems with Applications* (s. 765–776). içinde Elsevier wordmark.
- Kahraman, C., & vd. (1995, Agustos 06). Using triangular fuzzy numbers in the tests of control charts for unnatural patterns. s. 291-298.
- Kahraman, C., & Yanık, S. (2006). Fuzzy Control Charts for Attributes. C. Kahraman, & S. Yanık içinde, *Intelligent Decision Making in Quality Management Theory and Applications* (s. 80-99). Springer.
- Kartal, M. (1999). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Ankara: Kariyer Matbaacılık.
- Kısaoglu, Ö. (2006). Kuams kalite kontrol sistemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 233-241.
- Klir, G. J., & Yuan , B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. Prentice Hall.
- Mitra, A. (1998). *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. New Jersey: Prentice Hall.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*. New York: John Wiley & Sons.
- Nelson, L. S. (1985). Interpreting Shewhart x-bar control charts. *Journal of Quality Technology*, s. 114-116.
- Paksoy, T., & diğer, v. (2013). *Bulanık küme teorisi*. Nobel.
- Raz, T., & Wang, J. (1990). On the construction of control charts using linguistic variables. *International Journal of Production Research* (s. 477-487). içinde

- Sabegha, M. H., & vd. (2014). A Literature Review on the Fuzzy Control Chart; Classifications & Analysis. *International Journal of Supply and Operations Management*, 167-189.
- Smith, G. M. (2000). *Statistical process control and quality improvement*. New Jersey: Prentice Hall.
- Şahin, B., Aydın, M., & Bozkurt, C. (2012, Ocak 16). 2016 tarihinde <http://bulanikmantikbmc.blogspot.com.tr>:
<http://bulanikmantikbmc.blogspot.com.tr/p/bulank-mantk-uygulama-ornekleri.html> adresinden alındı
- Şen, Z. (2004). *Mühendislikte Bulanık(Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Şentürk, S., & Erginel, N. (2009). Development Of Fuzzy X-R and X-S ontrol harts Using α -cuts. *Information Sciences*, 1542-1551.
- Yılmaz, Ö. (1998). *Bulanık Doğrusal Programlama ile Asgari Ücretin*. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Young-Jou Lai, C.-L. H. (1992). *Fuzzy mathematical programming: methods and applications*. Berlin, New York: Springer.
- Zadeh, L., & Kacprzyk, J. (1992). *Fuzzy Logic for The Management of Uncertainty*. New York: John Wiley&Sons.

EKLER

EK 1.



KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

KIRIKKALE

Enstitünüz öğrencilerinden 12955252854 numaralı Bekir ELİTOK 'un hazırladığı "Nitel Ölçümler İçin Bulanık Kalite Kontrol Grafikleri" başlıklı tez çalışmasının uygulama kısmında TEKNAM TEKNOLOJİ VE ENERJİ AŞ. 'nin ürettiği rüzgâr yön sensörü devre kartı ile ilgili verilerin, resim ve dokümanların kullanılması fabrikamızca (şirketimizce) uygundur.

Yukarıda adı geçen tezde şirketimiz ve ürünlerimiz hakkında bilgi verilmesine, rüzgâr yön sensörü hakkında verilerimizin kullanılmasına izin veriyoruz.

Saygılarımla,


TEKNAM TEKNOLOJİ VE ENERJİ SANAYİ TİCARET A.Ş.
Medik O. S. B. 1518. Cadde No:35 Yenimahalle*
Tel: 0 312 395 38 79 Fax: 0 312 395 25 34 ANKARA
Yenimahalle Y.D. 06 105 7498 Mersis No: 0834002574900014
İbrahim YEŞİLDAL
Genel Müdür

TEKNAM A.Ş. – CORPORATE HEADQUARTERS İVEDİK ORGANİZE SANAYİ BOLGESİ 1518.CADDE NO:35
YENİMAHALLE/ANKARA, TÜRKİYE – T + 90 (0) 312 395 38 79 – F + 90 (0) 312 395 25 34 www.teknam.com.tr –
info@teknam.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Bekir ELİTOK

Doğum Tarihi: 28.04.1992

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim Durumu

Lisans: Kırıkkale Üniversitesi İstatistik -2014

Çalıştığı Kurum: Teknam Teknoloji Ve Enerji A.ş.-2016

Yayınları:

1. Elitok B. Varlı E. Sarı O. “Sanayi İşletmelerinde Süreç Yeterlilik Analizi Ve Üzerine Bir Çalışma” 11. Uluslararası İstatistik Öğrenci Kolokiyumu Bildiri.-2014
2. Elitok B. Bulut S. Avcı N. “Sanayi İşletmelerinde İstatistiksel Kalite Kontrolü Üzerine Bir Çalışma” 11. Uluslararası İstatistik Öğrenci Kolokiyumu Bildiri.-2014

Projeler:

1. Sermaye Piyasası Kurulu "Sermaye Piyasası Suçları Vaka Analizi" projesi.-2013 (Araştırma Departmanı Stajyeri)
2. TÜBİTAK BİDEB 2241-A Lisans Bitirme Tezi Projesi “Sanayi İşletmelerinde İstatistiksel Kalite Kontrolü Ve Gelal Çorap A.Ş.'de Uygulanabilirliği Üzerine Bir Çalışma”- 2014,(Kırıkkale Üniversitesi Lisans Öğrencisi)

3. Sıralama ve Çizelgeleme dersi kapsamında C++ dilinde bir “iş çizelgeleme ve sıralama programı”.-2015, (<http://muratbilginer.net/2015/09/23/4-eio-siralama-ve-cizelgeleme-programi/>), (Kırıkkale Üniversitesi Yüksek Lisans Öğrencisi)
4. Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi "Toplam Kalite Yönetimi Çalışması" 2015, (Kırıkkale Üniversitesi Yüksek Lisans Öğrencisi)
5. Netvent dijital pazarlama ajansı çok ölçülü karar verme yöntemleri ile personel seçimi-2015, (Kırıkkale Üniversitesi Yüksek Lisans Öğrencisi)
6. Excel vba ERP programı-2016, (Teknam Endüstri Mühendisi)
7. Excel vba araç rotalama programı-2016, (Teknam Endüstri Mühendisi)