

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜSTEL AĞIRLIKLI HAREKETLİ ORTALAMA
KONTROL GRAFIĞI PERFORMANSININ GENETİK
ALGORİTMA İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda Hatice GÖKLER

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Semra BORAN

Mayıs 2014

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜSTEL AĞIRLIKLI HAREKETLİ ORTALAMA
KONTROL GRAFİĞİ PERFORMANSININ GENETİK
ALGORİTMA İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

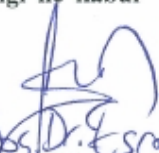
Seda Hatice GÖKLER

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 16 / 05 / 2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Doc. Dr. Semra Boran
Jüri Başkanı


Doç. Dr. Bayram Çepel
Üye


Yrd. Doç. Dr. Esra Teker
Üye

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimiimde ve tez çalışmamda benden yardımını esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Semra BORAN' a, Endüstri Mühendisliği Bölümü'ndeki tüm akademik personele; çalışmam boyunca desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen annem Fatma Adıyaman'a, babam Muhittin Adıyaman'a, kardeşlerim Emine Gözde ve Seden Hacer'e, değerli eşim Ahmet Emre GÖKLER ile biricik oğlumuz Asım Ömer' e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ VE KONTROL DİYAGRAMLARI.....	3
2.1. İstatistiksel süreç kontrolü tanımı ve gelişimi.....	3
2.1.1. İstatistiksel süreç kontrolü yararları.....	3
2.1.2. İstatistiksel süreç kontrolü oluşturulması.....	4
2.1.3. İstatistiksel süreç kontrolü araçları	5
2.2. Kalite Kontrol Grafikleri	5
2.2.1. Kontrol grafiklerinin sağlayacağı yararlar	7
2.2.2. Kontrol grafiklerinin yapısı.....	7
2.2.3. Kontrol grafiklerinin tasarımı.....	9
2.2.4. Kontrol grafiklerinin sınıflandırılması.....	13
2.2.5. CUSUM, EWMA ve Shewhart grafiklerinin karşılaştırılması.....	24
BÖLÜM 3.	
ÜSTEL AĞIRLIKLIL HAREKETLİ ORTALAMA GRAFİĞİ (EWMA).....	26
3.1. EWMA Grafiğinin Literatür Taraması	28
3.2. EWMA Grafiğinin Varsayımları.....	34

3.2.1. Otokorelasyonlu süreçlerde EWMA grafikleri	34
3.2.2. Normallik dışı durumlarda EWMA grafikleri.....	35
3.3. EWMA Kontrol Grafiğinde Kontrol Sınırlarının Belirlenmesi	37
3.4. λ ve L Parametrelerinin Seçilmesi.....	39
3.5. EWMA Grafiklerinde Performans Ölçümü ve Karşılaştırılması.....	40
BÖLÜM 4.	
GENETİK ALGORİTMA (GA).....	47
4.1. Genetik Algoritma'nın Tarihçesi	48
4.2. Genetik Algoritmaların Kullanılma Nedenleri.....	49
4.3. Genetik Algoritma Ve Optimizasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması	49
4.4. Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar	50
4.5. Genetik Algoritma Adımları	53
4.6. Kodlama.....	56
4.6.1. İkili kodlama.....	56
4.6.2. Sekizli kodlama	56
4.6.3. Hekzadesimal kodlama	57
4.6.4. Değer kodlama.....	57
4.7. Genetik Algoritma Operatörleri	58
4.7.1. Yeniden üretim operatörü.....	58
4.7.2. Çaprazlama operatörü.....	60
4.7.3. Mutasyon operatörü	62
4.8. Genetik Algoritmanın Durma Kriterleri	63
4.9. Genetik Algoritmaların Kullanım Alanları.....	64
4.10. Genetik Algoritmaların Performansını Etkileyen Etmenler	65
BÖLÜM 5.	
UYGULAMA.....	67
5.1. Verilerin Toplanması.....	69
5.2. Verilere Ait Varsayımların Yapılması.....	70
5.3. Genetik Algoritma ile Optimum λ ve L Değerlerinin Bulunması.....	73
5.4. Farklı Parametrelere Sahip EWMA Grafiği ile Karşılaştırılması	76
5.5. EWMA Grafiğinin Shewhart Grafikleri ile Karşılaştırılması.....	83

BÖLÜM 6.	
SONUÇ	86
KAYNAKLAR	87
EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ρ	: Kolerasyon Katsayısı
λ	: Ağırlıklandırma Parametresi
μ	: Süreç Ortalaması
σ	: Süreç Standart Sapması
α	: Ayarlanabilir Parametre
q	: Tasarım Parametresi
AKL	: Alt Kontrol Limiti
ARL	: Ortalama Çalışma Süresi
CUSUM	: Birikimli Toplam Kontrol Grafiği
EWMA	: Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Kontrol Grafiği
GA	: Genetik Algoritma
GMA	: Geometrik Hareketli Ortalama Kontrol Grafiği
İSK	: İstatistiksel Süreç Kontrol
L	: Kontrol Limitlerinin Genişliğini Ayarlayan Parametre
MÇ	: Merkezi Çizgi
ÜKL	: Üst Kontrol Limiti

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İstatistiksel süreç kontrol grafiği.....	8
Şekil 2.2. İstatistiksel süreç kontrolde kontrol dışı durum	8
Şekil 2.3. Süreç kontrol grafiklerinin seçim kriterler	14
Şekil 3.1. Shewhart ve EWMA grafiklerinin ağırlıklandırılması.....	27
Şekil 3.2. Hipotez testleri.....	37
Şekil 3.3. Kayma miktarı için optimal λ değerleri	44
Şekil 3.4. ARL ve λ değerleri için L değerleri	44
Şekil 4.1. Tek noktada çaprazlama örneğinde eski kromozomlar	52
Şekil 4.2. Tek noktada çaprazlama örneğinde yeni kromozomlar.....	52
Şekil 4.3. Mutasyon sonrası oluşan kromozomlar	53
Şekil 4.4. Genetik algoritmaların genel akış şeması.....	55
Şekil 4.5. İkili kodlama örneği	56
Şekil 4.6. . Sekizli kodlama örneği.....	56
Şekil 4.7. . Hekzadesimal kodlama örneği.....	57
Şekil 4.8. . Değer kodlama örneği	57
Şekil 4.9. . Değer kodlamada mutasyon örneği.....	58
Şekil 4.10. Tek noktalı çaprazlama operatörü eski kromozomlar	61
Şekil 4.11. Tek noktalı çaprazlama operatörü yeni kromozomlar	61
Şekil 4.12. İki noktalı çaprazlama operatörü eski kromozomlar.....	61
Şekil 4.13. İki noktalı çaprazlama operatörü yeni kromozomlar	61
Şekil 4.14. Uniform çaprazlama operatörü	62
Şekil 4.15. Döndürme mutasyon operatörü	63
Şekil 4.16. Değiş tokuş mutasyon operatörü.....	63
Şekil 5.1. Uygulama akış şeması.....	68
Şekil 5.2. Verilere ait hipotez testi sonucu	71
Şekil 5.3. Kolmogorov - Smirnov testi sonuçları.....	71
Şekil 5.4. Otokolerasyon model özeti.....	72

Şekil 5.5. Optimum λ ve L değerleriyle oluşturulan EWMA grafiği.....	78
Şekil 5.6. $\lambda= 0.2$ ve L= 1 olduğunda EWMA grafiği.....	78
Şekil 5.7. $\lambda= 0.365$ ve L= 1 olduğunda EWMA grafiği.....	79
Şekil 5.8. $\lambda= 0.6$ ve L= 1 olduğunda EWMA grafiği.....	79
Şekil 5.9. $\lambda= 0.75$ ve L= 1 olduğunda EWMA grafiği.....	80
Şekil 5.10. $\lambda= 0.75$ ve L= 4 olduğunda EWMA grafiği.....	80
Şekil 5.11. $\lambda= 0.8$ ve L= 1 olduğunda EWMA grafiği.....	81
Şekil 5.12. $\lambda= 0.8$ ve L= 2 olduğunda EWMA grafiği.....	81
Şekil 5.13. $\lambda= 0.85$ ve L= 1 olduğunda EWMA grafiği.....	82
Şekil 5.14. $\lambda= 0.95$ ve L= 1 olduğunda EWMA grafiği.....	82
Şekil 5.15. \bar{X} ve R kontrol grafiği.....	84
Şekil 5.16. \bar{X} ve s kontrol grafiği.....	84
Şekil 5.18. MR- I \bar{X} kontrol grafiği.....	85

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Örnek büyüklüğü değerleri.....	11
Tablo 3.1. Gamma dağılımları için EWMA ve Shewhart grafiklerinde ARL değeri	35
Tablo 3.2. t dağılımları için EWMA ve Shewhart grafiklerinde ARL değerleri	36
Tablo 3.3. λ 'nın farklı olduğu durumlarda ARL değeri	45
Tablo 3.4. 100, 300, 500, 1000, 2000 ve 5000 için ARL_0 değerleri.....	46
Tablo 5.1. Izgara boylarına ait ölçüm verileri.....	69
Tablo 5.2. λ ve L değerlerine ait sonuçlar	76
Tablo 5.3. Yeni ağırlıklı ortalama değerleri.....	76
Tablo 5.4. Optimum ve rassal bulunan ARL değerleri.....	83

ÖZET

Anahtar kelimeler: İstatistiksel Süreç Kontrol, Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Kontrol Grafiği, Genetik Algoritma

Kalite, pazar şartlarında rekabet ve ürünlerin uygunluğunu sağlamak için önemlidir. Bu yüzden işletmeler; kalite standartlarının belirlenip izlenmesi, müşteri memnuniyetinin sağlanması ve varlıklarını sürdürebilmek için istatistiksel süreç kontrol (İPK) araçlarından olan kontrol grafiklerini kullanıp kalitelerini arttırmak zorundadır.

Bu tez çalışması küçük sapmaların bulunmasında iyi performans sağlayan ‘Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Kontrol Grafiği’ (EWMA) ile ilgilidir. EWMA grafiği, süreç ortalamasındaki küçük değişimlere karşı daha hassas olduğunu kontrol süreçleri için kullanılmaktadır.

Çalışma yapılırken EWMA’nın performans göstergelerinden biri olan ‘Ortalama Çalışma Süresi’, genetik algoritma yöntemi kullanılarak bulunmuştur.

IDENTIFICATION OF EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE CONTROL CHART'S PERFORMANCE BY USING GENETIC ALGORITHMS

SUMMARY

Key Words: Statistical Process Control, Exponentially Weighted Moving Average Control Chart, Genetic Algorithms

Quality is very important for competitiveness in the market conditions and provide with product's conformance. Statistical techniques are very useful in the quality control applications. Statistical process control (SPC) is a quality control method which uses statistical techniques.

This thesis about EWMA control chart which is one of the best available options to use when good performance is needed to detect small process shifts. EWMA charts for control processes, in which the detection of small shifts is not necessary, and at the same time is effective in detecting important shifts.

While doing this study, we calculated the Average Run Length (ARL) values by using genetic algorithms

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son yıllarda ortaya çıkan rekabet ortamı; işletmeleri, müşteri tatminini sağlayacak teknolojik yenilikler yapmaya zorlamıştır. Müşterilerin, ürün ya da hizmetlerdeki beklentilerinin karşılanabilmesi için kalite kavramı son derece önemli hale gelen bir unsur haline gelmiştir. İşletmelerin ürün veya hizmet kalitesi arttıkça tercih edilme olasılığı artmakta, rekabet ortamında pazar payı genişlemektedir.

Ürün veya hizmetlerin kalite düzeylerinin araştırılması ve kalite değişimlerinin belirlenebilmesi için istatistiksel kalite kontrolden yararlanılmaktadır. En çok tercih edilen istatistiksel kalite kontrol aracı ise kontrol grafikleridir.

Tez çalışması kapsamında kontrol grafiklerinden olan 'Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama' (EWMA) kontrol grafiği incelenmiş, EWMA'nın performans kriteri olan ortalama çalışma süresinin (ARL - Average Run Length) parametreleri sezgisel yöntem olan genetik algoritma kullanılarak bulunmuştur.

Çalışmanın amacı, ortalama çalışma süresinin parametreleri olan ağırlıklandırma ve kontrol limitlerinin genişliği ayarlayan parametreyi genetik algoritma ile optimum belirleyip; kontrol altındaki çalışma süresini maksimum seviyeye çıkarmaktır. Böylece sürecin kontrol alındayken kontrol dışı sinyali verme süresi geciktirilmiştir.

Çalışmada genetik algortimanın kullanılmasıyla en iyi ağırlıklandırma (λ) ve kontrol limitlerinin genişliği ayarlayan parametre (L) kombinasyonu belirlenmiş böylece 1,5 standart sapma ve altındaki kaymalara bile hassasiyet gösteren üstel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafiği elde edilmiştir.

Ayrıca çalışmada; literatürdeki çalışmaların aksine sadece belirli ortalama çalışma süresi için ağırlıklandırma ve kontrol limitlerinin genişliği ayarlayan parametreleri

değil tüm parameter değerleri için ortalama çalışma süresi hesaplanabilme imknı sağlanmışır. Böylece EWMA diyagramından en iyi performans elde edilmiştir.

BÖLÜM 2. İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ VE KONTROL DİYAGRAMLARI

2.1. İstatistiksel süreç kontrolü tanımı ve gelişimi

İstatistiksel süreç kontrol (İSK), bir süreci denetleme ve süreçteki değişkenliğin önceden belirlenen sınırlar içinde olup olmadığına karar vermede kullanılan bir araçtır.

İstatistiksel süreç kontrol, bir süreci denetleme ve süreçteki değişkenliği kontrol altına almada kullanılan bir kalite kontrol metodudur. Müşteri isteklerinin yerine getirilip getirilmediğine ve sürecin kendi ürettiği değişkenlik sınırları içinde olup olmadığına karar vermede bir araç olarak kullanılmaktadır. İstatistiksel süreç kontrol, sürecin kontrol altında olup olmadığını tespit eder ancak sürecin kontrol dışı olmasına ait nedenleri ortaya koyamaz. Bu noktada bir uyarı sistemi olarak çalışmaktadır [1].

İstatistiksel süreç kontrol ilk olarak II. Dünya Savaşı'nda Amerika'da ve İngiltere'de yaygın olarak kullanılmıştır. Daha sonra kontrol grafikleri zamanla önemini kaybetmiş ancak W.E.Deming'in çalışmaları ile öncelikle Japonya'da daha sonra tüm dünyada tekrar kullanılmaya başlanmıştır.

2.1.1. İstatistiksel süreç kontrolü yararları

İSK, hurda olarak ayrılan ürünlerin yeniden değerlendirilmesini, kusurlu ürüne değer katılmasını, sürecin yeniden planlanmasını, incelenmesini ve kontrolünü sağlar. Böylece üretim maliyetlerinde azalma meydana gelmektedir. Aynı zamanda maliyeti az olan ürünlerin fiyatları da minimum düzeyde belirlenir. Bununla paralel olarak müşteri memnuniyeti oluşur ve taleplerde artış meydana gelmektedir. Sürecin yeniden planlanması ve incelenmesiyle de süreçlerde verimlilik artar.

İstatistiksel süreç kontrolünün kullanılmasıyla elde edilebilecek yararlar şöyle sıralanabilir [2]:

1. Müşteri beklentileri ve ürün spesifikasyonlarını tam olarak karşılayan ürün ve hizmet üretilir.
2. Ürün ya da hizmetlerdeki değişkenlik azaltılır ve arzu edilen tasarım kalitesi elde edilir.
3. Gelecekteki ürün ya da hizmetler hakkında tahminler yapılmasına olanak sağlayan süreç kararlılığı yakalanır.
4. Süregelen ilerlemenin uzun dönemde devam etmesi sağlanır.
5. Hurda ve yeniden işleme maliyetleri ortadan kaldırılarak, üretim maliyetleri azaltılır.
6. Problem çözmeye ve istatistikten yararlanmaya dikkat çekilir.
7. Süreçle ilgili istatistikî bilgiler içeren kararlar desteklenir.
8. Devam eden üretimle ilgili acil geri besleme olanağı sağlanır.
9. Kârda ve verimlilikte artış gerçekleşir.

2.1.2. İstatistiksel süreç kontrolü oluşturulması

İstatistiksel süreç kontrolü üç aşamada oluşturulabilmektedir. Bu aşamalar;

1. Süreç akışının oluşturulması,
2. Problemin belirlenmesi,
3. Sürecin araştırılmasıdır.

Süreç akışının oluşturulmasında öncelikle süreç akışının grafiği çizilir ve süreçteki adımlar not edilir. Daha sonra verinin ne zaman nereden alındığı kaydedilir.

Problemin belirlenmesi aşamasında süreçle ilgilenen uzmanlar başta olmak üzere, çalışan personelden ve müşterilerden süreç veya ürünlerle ilgili fikirler alınır. Ürünlerin kalite karakteristiklerinin ölçülüp ölçülmediği belirlenir ve veri analizi yapılır. Kalite kontrolden geçemeyen ürünlerin maliyetleri hesaplanıp süreç hakkında uzman olan kişiler ile veriler yorumlanır.

Sürecin araştırılması aşamasında ise süreç hakkında bilgi toplanıp kalite kontrolden alınan veriler incelenir. Kalite kontrol grafikleri veya diğer İSK araçları kullanılarak bulunan verilerin analizi yapıp yorumlanır.

2.1.3. İstatistiksel süreç kontrolü araçları

İşletmeler, süreçlerini kontrol altında tutabilmek için bazı teknikler kullanmaktadırlar. Bunların başında kalite kontrolün yedi klasik aracı olarak bilinen istatistiksel süreç kontrolü araçları gelmektedir. Bu araçlar;

1. Çeteleme Grafiği (Frekans Dağılımı)
2. Histogram (Sütun Grafiği)
3. Pareto Grafiği
4. Sebep-Sonuç (Kılçık) Grafiği
5. Gruplandırma
6. Dağılım Grafiği
7. Kontrol Grafikleri

İSK araçları tek tek kullanılabileceği gibi müşterilerin talebini karşılamak için kaliteyi artırmak adına birlikte de kullanılabilir. Çalışma kapsamında kalite kontrol grafikleri incelenecektir.

2.2. Kalite Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri, bir kalite karakteristiğinin (ağırlık, sıcaklık, uzunluk, bekleme süresi, kırık, lekeli v.b.) zamana göre değişen ölçümünün grafik gösterimi olarak tanımlanabilir [3].

Sürekli üretim yapan işletmelerde üretim sürecince varyasyonun olması kaçınılmazdır. Bu varyasyon varlığını ilk kez Walter A.Shewhart 1924'de kalite kontrol literatürüne geçirmiş, varyasyonun kaynağını etkisiz hale geçirmeye çalışmıştır. Aynı zamanda kontrol grafikleri de ilk olarak 1924 yılında Bell telefon laboratuvarlarında Shewhart tarafından geliştirmiştir. H.F.Dodge, H.G.Roming,

W.J.Jennett de grafiklerin tasarımının hızlanmasında Shewhart'a büyük katkı sağlamışlardır. Yapılan çalışmalar, 1931'de Royal Statistical Society'e sunulmuş ve İngiltere'de büyük ilgi çekmiştir.

Kalite kontrol grafiğinde incelenen verilerin ortalaması merkez çizgi olarak belirlenir. Kalite kontrol aşamasında izin verilen sapmanın küçük olan değerine 'alt kontrol sınırı', büyük olan değerine 'üst kontrol sınırı' denilmektedir. Bir kontrol grafiğinde gözlemlerin rasgele hareket sergilediği ve kontrol limitleri içinde kaldığı durumlara " kontrollü durum " , aksi durumlara ise " kontrol dışı durum " denir. İstatistiksel süreç kontrolünde sıkça kullanılan kontrol grafikleri sürecin hesaplanan kontrol limitleri arasında kalıp kalmadığını belirler. Kontrol grafikleri yardımıyla izlenen sürecin, kontrol dışına çıktığı noktalara çeşitli metotlar uygulanarak sürecin normal hale gelmesi sağlanır.

Kalite kontrol grafiklerinin iki temel amacı bulunmaktadır. Bunlardan ilki, ürünler hakkında güncel kararlar verebilmektir. Eğer bir kontrol grafiğinde kontrol dışı bir durum gözlenmişse, verilecek karar, ürünün üzerinde yeniden çalışılması ya da ürünün hurdaya ayrılması şeklinde olabilir. Bunun dışında, kontrol grafiğinden elde edilen bilgiler, sürecin yeterliliğine karar vermede ya da sürecin üretim yeteneğinde hangi kalite seviyesinde olduğuna karar vermede kullanılmaktadır.

İkinci amaç ise süreçteki problemi çözmektir. Kalite kontrol grafikleri süreçte oluşan problemleri çözmeye yarar. Grafik sonucunda hurda olarak ayrılacak kalitesiz ürünlerin ya da yeniden işleme tabi tutulacak ürünlerin hata nedenlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi yapılır.

Kontrol grafiklerinin, karar verme ve problem çözmeye başarılı bir rol oynayarak süreci geliştirmesinin yanında, süreçte meydana gelen değişimleri yorumlamak ve önlemler almak gibi temel bir görevi de vardır.

Akkurt (2002) , sürecin kontrolü için kullanılan en ideal kontrol araçları olmalarının yanı sıra, kontrol grafiklerinin amaçları da şu şekilde özetlemiştir [4].

1. Süreç sapmalarını ve sürecin kararlı olup olmadığını gösterir.
2. Kontrol edilen ürün özelliğinin, üst ve alt kontrol sınırlarına göre trendini gösterir.
3. Ürün, kontrol sınırları dışına çıktığı zaman, bunun nedenlerinin belirlenmesi ve düzeltme önlemlerinin alınması gerektiğini gösterir.
4. Kusurlu parçaların açığa çıkarılmasından daha çok, bunların önlenmesine yardım eder.
5. Süreç kabiliyetinin tayinine yardım eder.
6. Kalitenin iyileştirilmesi için en iyi yöntemdir.

2.2.1. Kontrol grafiklerinin sağlayacağı yararlar

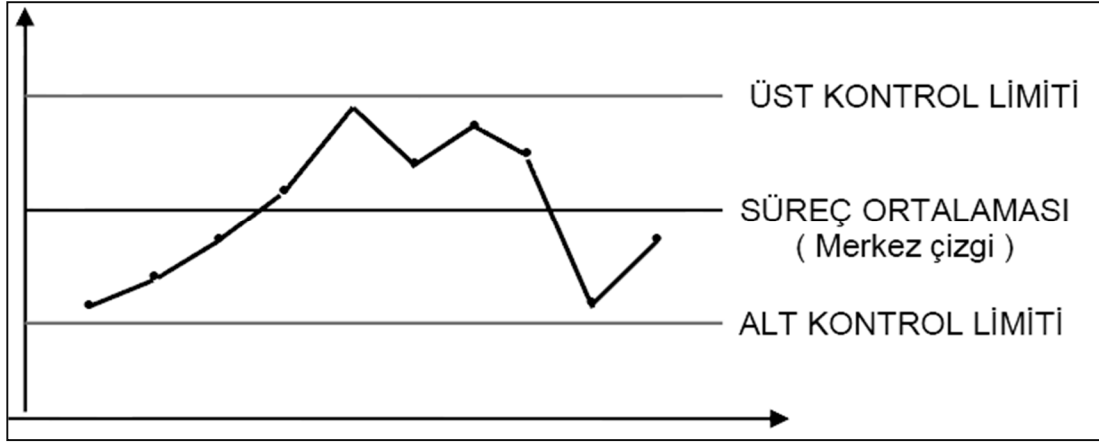
Kontrol grafiklerinin yararları şu şekilde özetlenebilir:

1. Süreç performansının tartışılmasında kullanılan ortak bir dil sağlayarak iletişimi kolaylaştırır.
2. Sınırları belirtilmiş kontrol grafiği; teknik resim, şartname, numune parça gibi araçlar ile kalite kontrol çalışmasının ne yapması gerektiğini belirler.
3. Ölçü aletleri, masterlar ve kontrol grafiği operatöre yaptığı işin kalitesini izleme olanağı sağlar.
4. Bir sorun halinde ne yapması gerektiği hakkında bilgi veren bir araçtır.
5. Sürecin iyileştirilmesi ile ilgili hedefler için de kullanılır.
6. Bunun yanı sıra kontrol grafikleri özel ve genel bozulma nedenlerinin tespit edilebilmesi olanağını sağlayarak, hangi sorunların çalışanlar tarafından ve hangilerinin yönetim tarafından çözüleceğini gösterir. Yönetim tarafından çözümlenebilecek sorunlar genellikle bir yatırım gerektirir. Söz konusu yatırım kararına yönetimi ikna etme açısından güçlü bir göstergedir.

2.2.2. Kontrol grafiklerinin yapısı

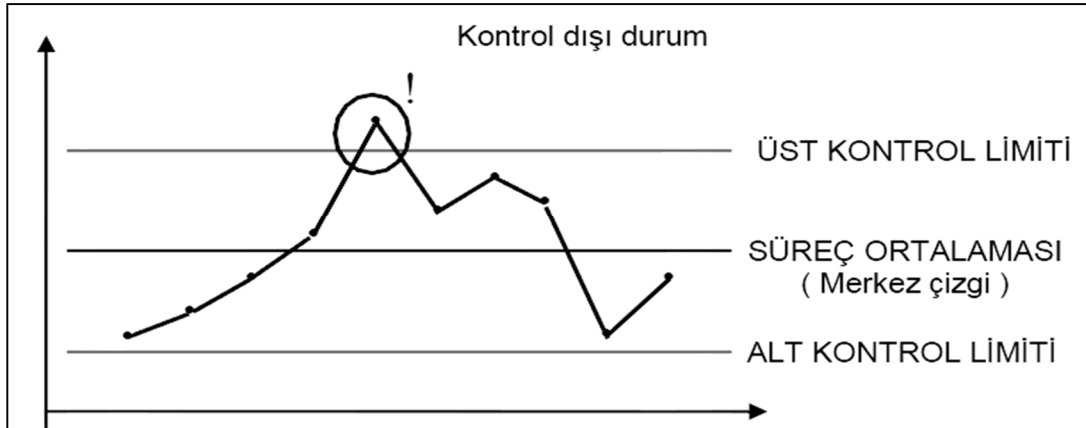
Kontrol grafiklerinin üç temel aşaması vardır. Bunlar; süreçten belirli aralıklarla örneklerin alınması, örneklerde ölçümlerin yapılması ve özet istatistiklerin grafikleştirilmesidir. Grafikleştirme aşamasında özet istatistikler dikey ekseninde, örnek sayıları yatay ekseninde gösterilmektedir.

Şekil 2.1’de de görüldüğü gibi kalite kontrol aşamasında izin verilen sapmanın küçük olan değerine ‘alt kontrol sınırı’, büyük olan değerine ‘üst kontrol sınırı’ denilmektedir. Dağılımın ortasından geçen çizgi ise merkez çizgidir.



Şekil 2. 1. İstatistiksel süreç kontrol grafiği

Bir kontrol grafiğinde verilerin rastgele dağıldığı ve kontrol limitleri içinde kaldığı durumlara ‘kontrol altındaki durum’, aksi durumlara ise ‘ kontrol dışı durum’ denir. Şekil 2.2’de 5. gözlemin üst kontrol limitini aştığı dolayısıyla kontrol dışında olduğu görülmektedir.



Şekil 2.2 İstatistiksel süreç kontrolde kontrol dışı durum

İşaretlenen noktaların kontrol limitleri dışında kaldığı durumlarda süreç kontrol dışı, kontrol limitleri içinde kaldığı durumlarda ise süreç kontrol altında denilebilmektedir.

En yaygın kullanılan kontrol grafikleri arasında ortalama, aralık, standart sapma, kusurlu oranı grafikleri sayılabilir ancak bunun yanı sıra üstel ağırlıklı hareketli ortalama ve birikimli toplam kontrol grafiği de bulunmaktadır.

Gözlenen kalite karakteristiğinin zaman içinde aldığı değerler, noktalarla temsil edilmektedir. Kalite karakteristiği; ağırlık, uzunluk, boyut gibi ölçülebilir bir büyüklük ya da kusurlu parça oranı gibi ölçülemeyen bir özellik olabilir.

2.2.3. Kontrol grafiklerinin tasarımı

Kontrol grafiklerinin tasarlanması sırasında takip edilen adımlar şu şekilde sıralanabilir [5]:

1. Kontrol edilecek kalite karakteristiğinin seçilmesi: Kalite karakteristiği, bir ürün, hizmet ya da süreci tanımlayan ve farklılaştıran uzunluk, ağırlık gibi fiziksel karakteristikler; tat, renk gibi duyuşsal karakteristikler; dayanıklılık, hizmet görülebilirlik gibi zamana bağıli karakteristikler; ölçülebilir ve ölçülemeyen karakteristikler gibi sistemi ve süreç performansını ölçen göstergedir.

Kontrol grafikleri oluşturulmadan önce, hangi karakteristikle çalışılacağına karar verilmelidir. Seçilen karakteristik ürün veya hizmeti temsil etmeli, performansını etkilemeli ve ilk bakışta fark edilebilir olmalıdır.

Üretim sektöründe; uzunluk, yükseklik, renk, boyut, kusurlu sayısı gibi karakteristikler ön plana çıkarken hizmet sektöründe; hata sayısı, yanlış işlem sayısı, teslim zamanları, servis zamanları gibi karakteristikler ilk olarak akla gelmektedir.

2. Rasyonel alt grubun belirlenmesi: Üretim ve hizmet sektöründe sürekli örnek alıp kalitenin ölçülmesi maliyet ve zaman açısından gereksiz ve imkânsızdır. Bu yüzden ana kütleyi temsil eden bir alt örneklem grubu belirlenip kontrol grafiği oluşturulmaya çalışılır.

Alt grupların seçimi sırasında dikkat edilmesi gereken iki temel ilke vardır. Bunlar; örnek grupları arasında homojenlik olmalı ve grup içerisindeki varyasyon yani ilişki şansa bağlı olmalıdır.

Kontrol grafiğinin oluşturulmasında numunelerin seçimi de önemlidir. Örneklem alınırken ya belirli bir süre içinde n kadar örneklem alınır ya da örneklem art arda alınıp numune oluşturulur. Pratikte ikinci yöntemle seçim yapılmaktadır çünkü kontrol eden çalışan bu seçim yöntemini daha kolay bulmakta ve varyasyonlar şansa bağlı olduğu için örnek homojenliği sağlanmış olmaktadır.

Seçim yapılırken dikkat edilmesi gereken diğer bir konu ise örneklem hacminin ne kadar olacağıdır. Genellikle bu büyüklük deneyimlere bakılarak tespit edilmektedir ancak Besterfield'in (1998) birtakım önerileri mevcuttur [5].

- a. Numune hacmi büyüdükçe, kontrol limitleri merkez çizgiye yaklaşır. Böylelikle, kontrol grafiği süreç ortalamasındaki küçük varyasyonlar için daha duyarlı hale gelir.
- b. Numune hacmi büyüdükçe, her numune için gözlem maliyeti de artmaktadır.
- c. Ürüne zarar veren ve hatta işe yaramaz duruma getiren testlerin uygulanması durumunda, maliyeti azaltmak için numune hacminin 2 ya da 3 alınması söz konusudur.
- d. Hesaplama kolaylığı açısından pratikte numune hacmi genellikle 4 ya da 5 alınmaktadır.

Son olarak da parti büyüklüklerine uygun örnek büyüklüklerini tabloştürmüştür [5] (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Örnek büyüklüğü değerleri

Parti Büyüklüğü	Örnek Büyüklüğü
91-150	10
151-280	15
281-400	20
401-500	25
501-1200	35
1201-3200	50
3201-10000	75
10001-35000	100
35001-150000	150

3. Verilerin toplanması: Kalite kontrol ile ilgili veriler kontrol departmanında çalışan bir personel tarafından, önceden belirlenen bir zamanda ve belirlenen miktarda alınmaktadır. Verilerin kaydedildiği formlarda tarih, örnekleme planı, ölçüm için kullanılan araçlar, yöntem, verileri toplayan kişi gibi bazı bilgiler de bulunabilir.

Veriler toplanırken bazı hususlara dikkat edilmelidir. Öncelikle verilerin ne zaman ve ne miktarda toplanacağı önceden belirlenmelidir. Gözlemlerin aktarılabilmesi için bir form hazırlanmalıdır. Numuneleri alacak olan kişiler eğitilmeli, hata yapma olasılıkları en aza indirilmelidir. Son olarak da verileri toplayan kişilerle görüşülüp kalite karakteristiğinin doğru seçilip seçilmediği, örnek almada meydana gelen zorluklar, numunelerin yeterliliği gibi konularda bilgi alınmalıdır.

4. Deneme merkezi ve kontrol limitlerinin belirlenmesi: Tüm kontrol grafikleri, verilerin olması gereken ortalama değeri (μ) ve ortalama değere k uzaklıkta bulunan sapmaları içerir. Kalite karakteristiğinin ortalaması μ , standart sapması σ ve uzaklığı gösteren katsayı k olmak üzere şu şekilde formüle edilir:

$$\text{Alt Kontrol Limiti (AKL)} \quad \mu - k\sigma \quad (2.1)$$

$$\text{Merkez çizgi (MÇ)} \quad \mu \quad (2.2)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti (ÜKL)} \quad \mu + k\sigma \quad (2.3)$$

ABD’de k katsayısı 3 olarak alınmakta ve 3σ (sigma) limitleri hangi grafikte çalışıldığı farketmeksizin hepsi için uygulanmaktadır. Kalite karakteristiğinin normal dağıldığı durumlarda ve k’nın 3 kabul edilmesi halinde, numune ortalamaları % 99,73 olasılıkla kontrol limitleri içinde kalmaktadır [6].

5. Düzeltilmiş merkezi ve kontrol limitlerinin belirlenmesi: Deneme kontrol limitleri, öncelikle bütün örnekler için hesaplanmaktadır. Daha sonra, hazırlık kontrol grafikleri incelenmekte ve kontrol dışında kalan numune ortalamalarının belirli nedenlere bağlı olup olmadığı araştırılmaktadır. Nedeni belirli olan değerler kontrol grafiğinden çıkarılmakta, yalnızca şansa bağlı değerler grafiğinde kalmaktadır. Bu işlemden sonra kontrol limitleri yeniden hesaplanmaktadır. Düzeltilmiş kontrol limitleri olan bu değerler, süreci belirli bir süre için kontrol etme görevini üstlenirler [1].

6. Kontrol grafiğinin kullanılması ve yorumlanması: Bir işletmedeki yöneticilerin, kaliteye önem vermesi ve kontrol grafiklerini kullanmasıyla işletmede çalışan personelin tamamı kaliteli ürün üretmeye ve kaliteye ilgi duymaya başlar. Grafiği kullanan personel önceki bölümlerde anlatıldığı gibi numuneleri alıp kontrol limitlerini belirledikten sonra grafiği yorumlamaya başlar.

Kalite karakteristikleri kontrol limitleri içerisinde kalıyorsa süreç kontrol altında denilir ancak bazı durumlarda kontrol grafiklerindeki veriler kontrol limitleri içerisinde kalsa bile grafik kontrol dışında sinyali verebilmektedir. Bunun nedeni ise işaretlenen noktaların tesadüfi olmayan ya da sistematik olan bir eğilim göstermesidir. Söz konusu anormalliklerin meydana gelmesi olasılığı istatistik olarak binde bir veya daha azdır. Bu da çok küçük bir olasılık olduğundan süreç istatistik olarak kontrol dışına çıkmış veya stabilite dışına çıkma olarak kabul edilir. Sürecin kontrol dışına çıktığı durumlar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

- a. Kontrol grafiğinde alt ve üst kontrol limitleri dışında bir veya daha fazla nokta olması durumunda süreç özel nedenlerden dolayı kontrol dışına çıktığı anlaşılır.
- b. Kontrol grafiği üzerindeki tüm noktaların yaklaşık üçte ikisinin limitler arasındaki açıklığın ortadaki üçte birlik bölüme dağılması da anormalliğin bir göstergesidir.

- c. Diğer bir kural ise 3σ çizgisi yakınındaki her 3 noktadan 2 sinin 2σ çizgisi dışına taşmasıdır.
- d. Dördüncü kural ortalamanın altında veya üstünde birbirini izleyen yedi noktanın veya ürünün bulunmasıdır. Bu durum süreç ortalamasında değişkenliğinde önemli bir kaymanın olduğunu göstergesidir.
- e. Son olarak art arda yedi noktanın aşağı veya yukarı doğru bir meyil izlemesi kontrol dışı olarak yorumlanır. Bu durum da yukarıdaki kurula benzer olarak süreç ortalamasında veya değişkenliğinde önemli kaymanın olduğunu belirtir.
- f. Ardışık 11 noktadan 10 tanesinin ana ortalama hattının bir tarafında olması kuralı
- g. Ardışık 14 noktanın en az 12 tanesinin ortalamanın bir tarafında olması kuralı.
- h. Ardışık 17 noktanın en az 14 tanesinin ortalamanın bir tarafında olması kuralı.
- i. Ardışık 20 noktanın en az 17 tanesinin ortalamanın bir tarafında olması kuralı.
- j. Ardışık 5 noktanın 4 tanesinin bir standart sapma (σ) dışında bulunması kuralı.
- k. Ardışık 15 noktanın bir standart sapma (σ) içinde bulunması kuralı
- l. Noktaların periyodik olarak değişim göstermesi

Bütün bu durumlarda sürecin istatistik kontrol dışına çıktığına veya stabilitenin bozulduğu anlaşılmaktadır.

2.2.4. Kontrol grafiklerinin sınıflandırılması

İşletme içerisinde hangi kontrol grafiklerinin kullanılacağını belirleyen bazı kriterler vardır. Bunlar;

1. Kalite karakteristiğinin ölçülme yeteneği,
2. Örnek hacmi,
3. Veri tipi,
4. Kayma miktarıdır.

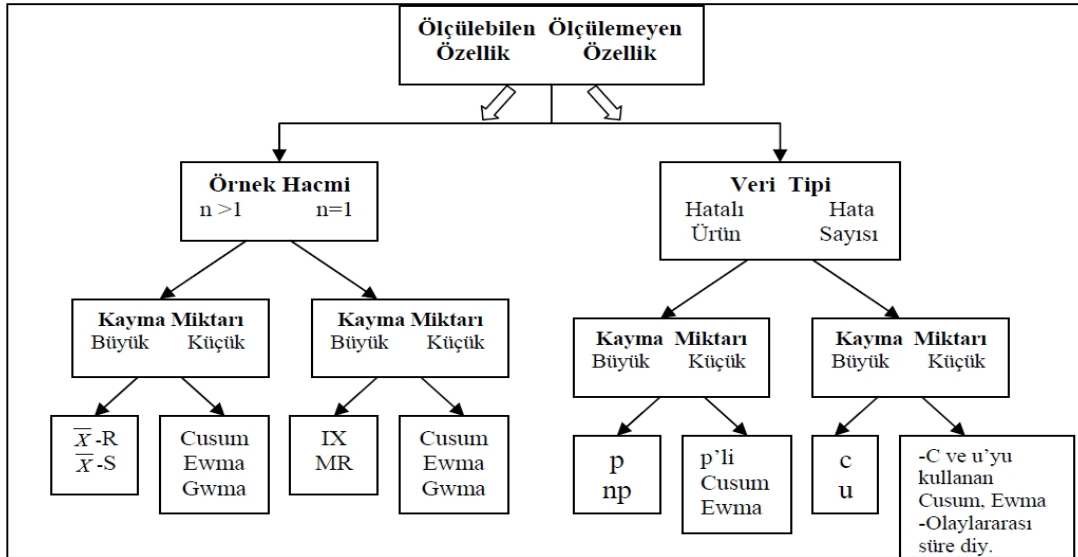
Genel olarak ürünlerde incelenebilecek kalite özellikleri iki grupta incelenilir.

a. Ölçülebilen (niceliksel) kalite özellikleri

Ölçülebilen kalite özellikleri uzunluk, ağırlık, mukavemet, hacim gibi alet ve cihaz yardımıyla ölçülebilen ve rakamsal olarak ifade edilebilen özelliklerdir.

b. Ölçülemeyen (niteliksel) kalite özellikleri

Ölçülemeyen kalite özellikleri ise kırık, çatlak, lekeli, bozuk gibi duyu organlarıyla değerlendirilebilen, alet veya cihaz yardımıyla ölçülemeyen özelliklerdir. Şekil 2.3’de kontrol grafiklerinin sınıflandırılması görülmektedir [7].



Şekil 2.3. Süreç kontrol grafiklerinin seçim kriterleri

Çalışma kapsamında ölçülebilir özellikler için Shewhart kontrol grafikleri, ölçülemeyen özellikler için Shewhart kontrol grafikleri ve Shewhart dışındaki süreç kontrol grafikleri incelenecektir.

1. Ölçülebilir özellikler için Shewhart kontrol grafikleri:

İstatistiksel kalite kontrolde birçok kalite karakteristiği uzunluk, hacim, ağırlık gibi sayısal verilerle ifade edilmektedir. Bu tür kalite karakteristikleri ölçülebilir özellikler taşımaktadır. Ölçülebilir özellikler için Shewhart kontrol grafikleri çizilirken verilerin ortalama ve dağılım değerleri yardımcı rol oynamaktadır. Bizim için ortalama önemli ise \bar{x} grafiği, dağılım ve değişkenlik önemli ise s grafiği, aralık değerleri önemli ise R grafiği kullanılmaktadır.

\bar{x} kontrol grafiği, R ya da s grafikleri ile birlikte kullanılır. Bunun nedeni ise örnek ortalamaları aynı olsa bile standart sapmalar veya değişim aralıkları büyük olursa sürecin kontrol dışı olabilme ihtimalidir.

Ölçülebilen özellikler için Shewhart kontrol grafikleri olarak 3 tip grafik kullanılmaktadır. Bunlar \bar{X} -R, \bar{X} -s ve MR-I \bar{X} grafikleri olarak isimlendirilirler.

a. \bar{X} - R kontrol grafikleri

\bar{X} -R kontrol grafiği Shewhart tarafından geliştirilen ilk kontrol grafikleri olup işletmelerde oldukça yaygın bir kullanım alanı vardır.

Ortalama grafikleri, sürecin merkezi eğiliminin zamana göre durumunu değerlendiren istatistiksel tekniklerdir. Süreçte meydana gelen değişime özel bir varyasyon mu etki ediyor yoksa herhangi bir hatadan mı kaynaklanıyor sorusuna cevap aramaktadır.

Aralık grafikleri ise, alınan ölçümlerin en büyüğü ile en küçüğü arasındaki farkı inceleyen grafiğdir. Bu kontrol grafikleri, örneklem genişliği ile standart sapma arasında ilişki varsa çizilir. Sürecin dağılımı ya da yayılmasını zamana göre değerlendiren istatistiksel tekniklerden oluşur. Süreç dağılımının az veya çok istikrarlı oluőunda, özel varyasyonun etkisi olup olmadığı üzerinde çalışmaktadır.

Bu grafikler, kalitenin uzunluk, ağırlık, hacim, mukavemet gibi ölçülebilen miktarlarla kontrol edildiği süreçlerde kullanılır. Bu tip grafiklerin kullanıldığı kalite karakteristiklerine örnek olarak üretilen bir milin çapı, üretilen cıvatanın kopma mukavemeti, taşlama departmanından zımparalama departmanına taşınan bir ürünün ağırlığı verilebilir.

Kontrol grafikleri oluşturulurken her numune için ayrı ayrı ortalama ve aralık değerleri hesaplanmaktadır. Daha sonra bulunan bu değerler kontrol grafikleri üzerinde işaretlenmektedir. Numune istatistiklerinin kontrol altında olup olmadığını kontrol limitlerine bakarak anlarız.

Ortalama grafiğine ait kontrol limitleri aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (2.4)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{\bar{X}} \quad (2.5)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (2.6)$$

Aralık Grafiğine ait kontrol limitleri ise;

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad D_3 \bar{R} \quad (2.7)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{R} \quad (2.8)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad D_4 \bar{R} \quad (2.9)$$

formülleri ile bulunur.

Formüllerde yer alan A_2 , D_3 , D_4 değerleri örnek sayısına bağlı olarak değişen katsayılar tablosundan (EK 1) elde edilmiş sabit değerlerdir.

Süreç numune sayısı belirlerken ikiye ayrılmaktadır. Tasarım aşamasında 4-6 arasında numune miktarı yeterli olurken, hazırlık aşamasında 20-25 numune alınmaktadır ancak üretim maliyeti yüksek, üretilmesi zaman alan ürünlerde bu miktarlar daha az olabilmektedir. Yine hayatî önem taşıyan ürünlerin tamamı kalite kontrolden geçmektedir.

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

Ortalama ve standart sapma grafiklerindeki standart sapma değişkenliğin ölçüsüdür.

\bar{X} - s kontrol grafikleri çizilirken, ilk olarak standart sapma değerleri ve kontrol limitleri hesaplanmakta, daha sonra s grafiğinin merkez çizgi değerinden hareketle, \bar{X} grafiğinin kontrol limitleri hesaplanmaktadır.

Olasılık dağılımının varyansı σ^2 olmak üzere, numunelerin standart sapması;

$$\sigma = \sqrt{\frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - X_{ort})^2]}{n-1}} \quad (2.10)$$

olarak hesaplanır.

Ortalama grafiğine ait kontrol limitleri aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} \quad (2.11)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{\bar{X}} \quad (2.12)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} \quad (2.13)$$

s grafiğine ait kontrol limitleri ise;

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad B_3 \bar{s} \quad (2.14)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{s} \quad (2.15)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad B_4 \bar{s} \quad (2.16)$$

formülleri ile bulunur.

Formüllerde yer alan A_3 , B_3 , D_4 değerleri örnek sayısına bağlı olarak değişen kat sayılar tablosundan (EK 1) elde edilmiş sabit değerlerdir.

Standart sapmanın kullanılması, 2'den büyük hacimli numuneler için kullanılmaktadır. Etkililik derecesi numune hacmi büyüdükçe artmaktadır. Pratikte, numune hacmi 10 ve daha büyük olan numuneler için standart sapma değeri kullanılmaktadır.

c. MR - \bar{X} kontrol grafikleri

Hareketli aralık ve ortalama grafikleri, numune hacminin 1 olduğu durumlarda kullanılan, sürecin merkezi eğilimini ve dağılımını değerlendiren istatistiksel tekniklerdir. MR- \bar{X} grafikleri, gözlem maliyetinin yüksek olduğu, zarar verici muayenelerin uygulandığı, seyrek aralıklarla ölçümlerin yapılarak ürün birikiminin az olduğu, homojen kimyasal süreçler gibi tek bir ölçümün yeterli olduğu durumlarda kullanılmaktadır. MR kontrol grafikleri, sürecin yayılmasını incelerken, \bar{X} kontrol grafikleri, tek bir ölçü alınmasıyla ortaya çıkan sürecin konumunu incelemektedir [8].

MR kontrol grafiğinin kontrol limitlerinin hesaplanması aşağıda gösterilmektedir:

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad 0 \quad (2.17)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \overline{MR} \quad (2.18)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad 3,267 * \overline{MR} \quad (2.19)$$

\bar{X} grafiğine ait kontrol limitleri ise ;

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad \bar{X} - 2,66 \quad (2.20)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{X} \quad (2.21)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad \bar{X} + 2,66\overline{MR} \quad (2.22)$$

formülleri ile bulunur.

2. Ölçülemeyen özellikler için Shewhart kontrol grafikleri:

Kalite karakteristiklerinden birçoğunu bir ölçü ile temsil etmek mümkün değildir. Bu tip ürünlerin muayeneleri gözle yapılmaktadır. Muayenede ürünler genel olarak hatalarına göre şartnameye uygun, uygun değil veya kusurlu, kusurlu değil diye ayrılmaktadır.

Nitelikler için, iki farklı kontrol grafiği grubu söz konusudur [4]:

– Kusurlu ürünlere ait kontrol grafikleri: İstatistikî olarak bu gruba ait kontrol grafikleri binom dağılımına uymaktadır. p grafiği, bir numunedeki kusurlu oranını göstermektedir. Kusurlu ürünler, oran ya da yüzde olarak ifade edilmektedir. np grafiği ise, kusurlu ürün sayısını incelemektedir.

– Kusurlara ait kontrol grafikleri: Bu gruptaki kontrol grafikleri, istatistik bakımından poisson dağılımına uymaktadır. c grafiği, otomobil, bir kağıt desteği gibi ürünlerin kontrolünde kusur sayısını vermektedir. u grafiği ise, birim bazında kusur sayısını incelemektedir.

Ölçülemeyen özellikler için kullanılan Shewhart kontrol grafikleri oluşturulurken numune alma sıklığına dair genel bir kural yoktur. Örneklem alma sıklığı ekonomik açıdan değerlendirilir. Numune ne kadar sık alınırsa süreç hakkında o kadar çok bilgiye sahip olunur böylece süreç içindeki normal olmayan verileri fark etmek için zaman kaybedilmemiş olacaktır. Buna karşılık her numunenin alınışı, değerlendirilmesi, grafiğe işlenmesi ve yorumlanması zaman kaybı ve dolayısıyla maliyete neden olmaktadır. Bu iki kaybın bir optimum noktasının tahmin edilmesi gerekir.

Niteliksel kontrol grafiği olarak 4 tip grafik kullanılmaktadır. Bunlar p , np , c ve u grafikleri olarak isimlendirilirler.

a. p kontrol grafiği

p kontrol grafiği, alınan örneklerdeki parça sayısının numunedeki kusurlu parça sayısına oranı ile kontrol edildiği durumlarda kullanılır.

p kusurlu oranı şu formül ile hesaplanır:

$$\bar{p} = \frac{x}{n} \quad (2.23)$$

formülde yer alan x numunedeki hatalı parça sayısını, n numunedeki toplam parça sayısını temsil etmektedir.

p grafiğinin 3σ esasına dayanan kontrol limitlerinin hesaplanması aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad \bar{p} - 3 \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n} \quad (2.24)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n np}{\sum_{i=1}^n n} \quad (2.25)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad \bar{p} + 3 \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n} \quad (2.26)$$

Hesaplamalarda, kontrol limitleri değişken olmakta ve alt kontrol limiti negatif çıkabilmektedir. Pratikte negatif kusurlu oranı olamayacağı için, negatif değer çıkan sonuç 0 olarak kabul edilmektedir.

b. np kontrol grafiği

np kontrol grafikleri numune sayısının sabit olduğu kusurlu parça sayısını görüntülemek için kullanılmaktadır.

np kontrol grafiğinin alt kontrol limiti, merkez çizgisi ve üst kontrol limiti şu şekilde hesaplanmaktadır

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad \bar{np} - 3 \sqrt{(1 - \bar{p})\bar{np}} \quad (2.27)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{np} \quad (2.28)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad \bar{np} + 3 \sqrt{(1 - \bar{p})\bar{np}} \quad (2.29)$$

c. c kontrol grafiği

c kontrol grafiği; kusurlu oranının hesaplanamadığı, kusurlu sayısı ile sürecin kalite kontrolünün yapılması gereken durumlarda kullanılmaktadır.

c grafiğinin merkez çizgisi ortalama kusur sayısını göstermek üzere (\bar{c}) kontrol limitlerinin hesaplanması şekilde gösterilmektedir:

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.30)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c}{k} \quad (2.31)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.32)$$

c kontrol grafiği 4 farklı amaçla kullanılmaktadır. İlk amaç yüzde yüz kontrol sonucunda ürünleri, hatalı ve hatasız olarak ayırmaktır. Bir otomobil motorunun son muayenesindeki uyumsuzluk sayısı buna örnek olarak verilebilir. İkinci olarak uyumsuzluklara belirli sayıda izin verildiği periyodik ürün örneklerinde minimum tolerans sağlanabilmek için kullanılır. Diğer amacı ise belli bir işleminin veya ürünün kalite değişimlerinin kısa özel kontrollerini yapmaktır. Son olarak hataların numune alınarak kabul veya ret edildiği karar vermektir.

d. u kontrol grafiği

Bazı işletmelerde hatalar sabit büyüklükteki numunedan alınamaz ve hata oranını hesaplamak gerekmektedir. u kontrol grafiğinin c kontrol grafiğinden farkı numune büyüklüğünün değişken olmasıdır.

u grafiği, gözlenen her birim için uygunsuzlukları ya da kusur sayılarını ölçen bir istatistiksel kontrol tekniğidir.

u grafiği için kontrol limitlerinin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$\text{Alt Kontrol Limiti} \quad \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (2.33)$$

$$\text{Merkez çizgi} \quad \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (2.34)$$

$$\text{Üst Kontrol Limiti} \quad \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (2.35)$$

3. Shewhart dışındaki süreç kontrol grafikleri:

Shewhart'ın geliştirdiği kontrol grafikleri, grafik üzerinde işaretlenen son noktadan yola çıkararak süreci değerlendirir. Bu yüzden Shewhart kontrol grafikleri süreçlerdeki küçük değişimlere karşı duyarsız hale gelmektedir. Shewhart dışındaki kontrol grafikleri ise geçmişe ait verilerle de ilgilenir. Böylece sürecin sürekli kontrolü sağlanır. Shewhart dışındaki kontrol grafikleri 1960'lı yıllarda Shewhart kontrol grafiklerine alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Üretim sürecinin kontrol altında olup olmamasının değerlendirilmesinde; birikimli toplam, üstel ağırlıklı hareketli ortalama ve genel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafikleri kullanılmaktadır.

a. Birikimli toplam (CUSUM) grafiği

Birikimli toplam ya da CUSUM olarak bilinen kontrol grafiği, 1950'lerde Britanya'da geliştirilmiş ve Page tarafından literatüre tanıtılmıştır. Verilerde küçük değişimlerin önemli olduğu durumlarda, CUSUM grafikleri güçlü metodlardan biri olarak kabul edilmektedir. [8]

CUSUM grafiğinde, örnek değerlerin hedef değerden pozitif ve negatif yönde sapmalarının kümülatif toplamının grafik üzerinde işaretlenmesiyle, bütün örnek değerleri hesaba katılmaktadır. CUSUM kontrol grafiklerinde süreç ortalamasında meydana gelebilecek kaymaların kontrol dışı olup olmadığının tespiti için Shewhart kontrol grafiğindeki kontrol limitlerinin bir türevi olan “V maskesi” ismi verilen yöntem kullanılır.

b. Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (EWMA) Grafiği

Üstel ağırlıklı hareketli ortalama olarak da adlandırılabilen EWMA grafiği, Roberts tarafından 1959 yılında geliştirilmiş, geçmiş verilere de ağırlık verilip bu verileri de dikkate alan bir kontrol grafiğidir.

EWMA grafiğinin λ ve L olmak üzere iki parametresi vardır. Grafiğin tasarımı için, ağırlıklandırma parametresi λ ve kontrol limitlerinin genişliğini ayarlayan parametre L'nin hesaplanması gerekmektedir.

EWMA grafiği, ilerleyen bölümlerde daha kapsamlı olarak açıklanacaktır.

c. Genel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (GWMA) Grafiği

Genel ağırlıklı hareketli ortalama olarak da adlandırılabilen GWMA grafiği, Sheu ve Lin tarafından 2003 yılında geliştirilmiştir. Süreçteki küçük kaymaların belirlenmesinde etkili olan, geçmiş verilere azalan ağırlıklar vererek yeni ortalamayı hesaplayan bir istatistiktir. Süreçten düzenli olarak alınan, $n \geq 1$ hacimli örnekler temeline göre çalışır [9].

GWMA grafiğinin; q , α ve L olmak üzere üç parametresi vardır. Grafiğin oluşturulması için, q tasarım parametresinin, α ayarlanabilir parametrenin ve kontrol limitlerinin genişliğine karar vermedeki L parametresinin hesaplanması gerekir. GWMA grafiğinde, kontrol limitlerinin hesaplanması şekilde gösterilmektedir [10]:
GWMA grafiğine ait alt kontrol limiti, merkez çizgi ve üst kontrol limiti aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.