
SERİ

B

CİLT

39

SAYI

3

1989

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



KALİTENİN KONTROLU VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ar. Gör. Ercan TANRITANIR¹⁾

Kısa Özet

Kalite kontrolü, politika belirleme, planlama, uygulama, kontrol ve değerlendirme, olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Son aşamanın ele alındığı bu yazıda bir imalat prosesinin kolayca izlenmesini sağlayan kontrol diyagramları incelenmektedir.

Kontrol diyagramlarının ortak özelliği, üretimdeki değişimi zamana bağlı olarak gösterebilmeleri ve yorumlanabilmeleri nedeniyle gerektiğinde imalata müdahale olanağı vermeleridir. Bir imalat prosesinin kontrol diyagramları yardımı ile izlenmesi, kontrol sonuçlarının sıralanması ve düzenlenmesi, standartların belirlenmesi ve kontrol diyagramlarının oluşturulması, son olarak da, sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanmasını içeren bir sistemin kurulması ile mümkündür.

1. GİRİŞ

Doğada ve insan etkisi ile meydana gelen tüm olaylarda değişkenlik normal bir sonuçtur. Üretimde de bu gerçek gözönüne alınarak, tasarım aşamasında kalite spesifikasyonları için belirli kurallara göre tolerans limitleri saptanmakta ve bu limitler arasında değişim göstermesi normal kabul edilmektedir. Eğer değişimler limitlerin dışına taşarsa nedenleri araştırılmakta, düzeltici önlemler alınmaktadır. Zira, kalite kontrolünün temel amacı prosesin ekonomik olmak kaydı ile kontrol altında tutulmasını sağlamaktır. Burada ekonomiklik, kontrolün gerçekleştirilmesi için harcanan çabalarla, sağlanan yararlar arasında bir dengenin bulunması anlamına gelmektedir.

Kontrolün gerçekleştirilmesinde en etkili araç kontrol diyagramlarıdır. FEİGENBAUM, A.V. (1961) kontrol diyagramlarını, "Ürünün gerçek kalite spesifikasyonlarını geçmiş tecrübelere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik (gün, hafta, saat) olarak kıyaslamaya yarayan grafiklerdir" şeklinde tanımlamaktadır.

1) I.Ü. Orman Fakültesi, Orman End. Mühendisliği Bölümü, Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı.

Yayın Komisyonuna Sunulduğu Tarih : 23.04.1991

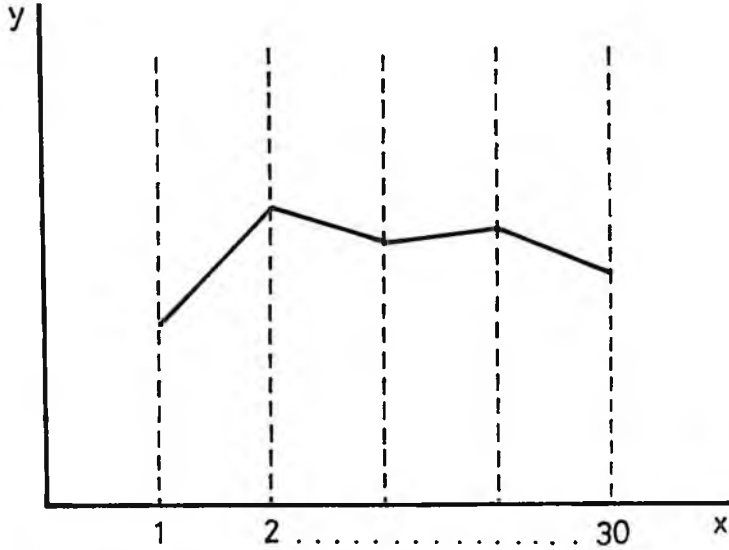
Bir prosesin kontrol diyagramları yardımı ile ilenmesi;

- 1 – Kontrol sonuçlarının sıralanması ve düzenlenmesi,
 - 2 – Standartların belirlenmesi ve kontrol diyagramlarının oluşturulması,
 - 3 – Sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması,
- çalışmalarını içeren bir sistemin kurulması ile mümkündür.

2. KONTROL SONUÇLARININ SIRALANMASI VE DÜZENLENMESİ

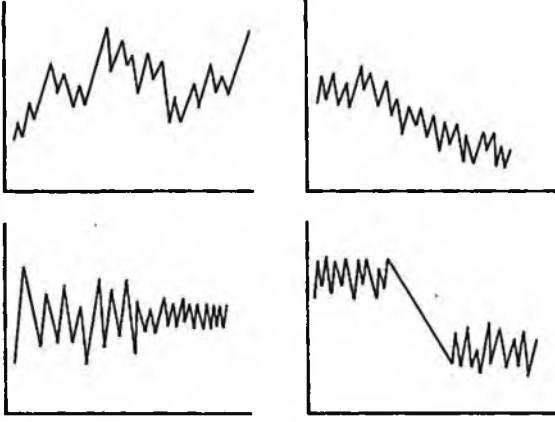
Kontrol diyagramları tekniğinde kontrol kartları kullanılmaktadır. Kontrol kartlarının görevi, giderilebilir değişimleri belirleyerek bunlara karşı düzeltici önlemler almaktadır.

Kontrol kartları "Şans Değişkenleri" ve "Nitelik Kontrolü" için kullanılmaktadır. Şans değişkenleri için kullanıldığında "Ortalama (\bar{x})", "Değişim Aralığı (R)", "Standart Sapma (σ)"; nitelik kontrolü için kullanıldığında "Kusurlu Ürün Oranı (p) ve "Kusurlu Ürün Sayısı (c)" diyagramlarından yararlanılmaktadır. Örnekler, üretimden periyodik olarak seçilmekte ve ölçme sonuçları diyagramlar üzerine işlenmektedir (Şekil No. 1).



Şekil No: 1. Ölçme sonuçlarının diyagram üzerine işlenişi (Gidiş diyagramı)

Sınırlanmış değerlere sahip olmadığı için kontrol diyagramı olmayan bu diyagramlara "Gidiş Diyagramı" denilmektedir. Gidiş diyagramlarının üzerlerindeki noktalara veya bunları birleştiren kırık çizginin gidişine bakılarak prosesin ne zaman kontrolden çıktığı ve ne zaman düzeltici işlemlere girilmesi gerektiği söylenebilmektedir (Şekil No: 2).

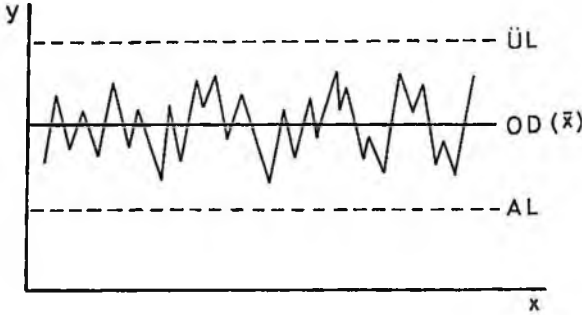


Şekil No: 2. Çeşitli gidiş diyagramları.

Kontrol kartları özel faktörlerin kontrolünde (Nitelik Kontrolü) da kullanılmaktadır. Burada kullanılan kartlar, değişken kontrolünde kullanılanlardan farklı olmaktadır. Fakat her iki kontrol diyagramında da aynı istatistiksel kurallar geçerlidir. Bu tip diyagramlarda örnek üzerindeki hata sayısı araştırılmaktadır. Halbuki değişken diyagramlarında ürün, kusurlu veya kusursuzdur.

3. STANDARTLARIN BELİRLENMESİ VE KONTROL DİYAGRAMLARININ OLUŞTURULMASI

Gidiş diyagramları sınırlanmış değerlere sahip değildir. Ortalama değer, üst limit ve alt limit değerlerinden oluşan sınırlanmış değerlerin gidiş diyagramlarına işlenmesiyle "Kontrol Diyagramları" oluşmaktadır (Şekil No: 3).



Şekil No: 3. Kontrol diyagramları.

$$\text{ÜL} = \bar{x} + 3\sigma$$

$$\text{AL} = \bar{x} - 3\sigma$$

şeklinde belirlenen üst ve alt limitler, plananan üretime göre değişerek;

$$\bar{U}L = \bar{x} + a\sigma$$

$$\bar{U}L = \bar{x} - b\sigma$$

olarak da kullanılabilir.

Kontrol işlemlerinde iki şekilde uygulanmaktadır:

- 1 – Sıralı işlemlerde kontrol diyagramlarının uygulanması,
- 2 – Yığın halindeki bilgilerde kontrol diyagramlarının uygulanması.

3.1 SIRALI İŞLEMLERE KONTROL DİYAGRAMLARININ UYGULANMASI

3.1.1 Şans Değişkenlerinin Kontrolünde:

Bu bölümde uygulanan kontrol diyagramları, bünyelerindeki değişkenlere göre aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

a) Ortalama Diyagramı (\bar{x}) :

Bu kontrol diyagramında, üretimden periyodik olarak alınan örneklere ait değişken ortalamalarının ortalaması işleme sokulmakta ve aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır (POLAT, 1986).

$$\text{"Ortalama değer} = \bar{x}$$

$$\text{Üst limit} = \bar{x} + A_2R$$

$$\text{Alt limit} = \bar{x} - A_2R"$$

Örneğin; bir üretimde örnekler üzerinde günde 7 defa ölçme yapılmakta ve ölçmeler haftalık olarak değerlendirilmektedir.

1. gün ölçme sonuçları:

$$5,8 + 5,2 + 5,5 + 6,0 + 6,5 + 5,5 + 5,3 = 39,8$$

1. günün ortalaması:

$$\bar{x} = 39,8 : 7 = 5,7$$

1. günün $R = \text{Değişim aralığı} :$

$$R = 6,5 - 5,2 = 1,3\text{'tür.}$$

Yapılan ölçmeler sonucunda elde edilen yedi günlük değerler yandaki gibidir:

Tablo No: 1

Gün	\bar{x}	R
1	5.70	1.30
2	5.50	1.00
3	6.00	1.40
4	6.10	1.20
5	5.60	1.10
6	5.80	1.10
7	6.20	1.50
	$\sum \bar{x} = 40.80$	$\sum R = 8.50$

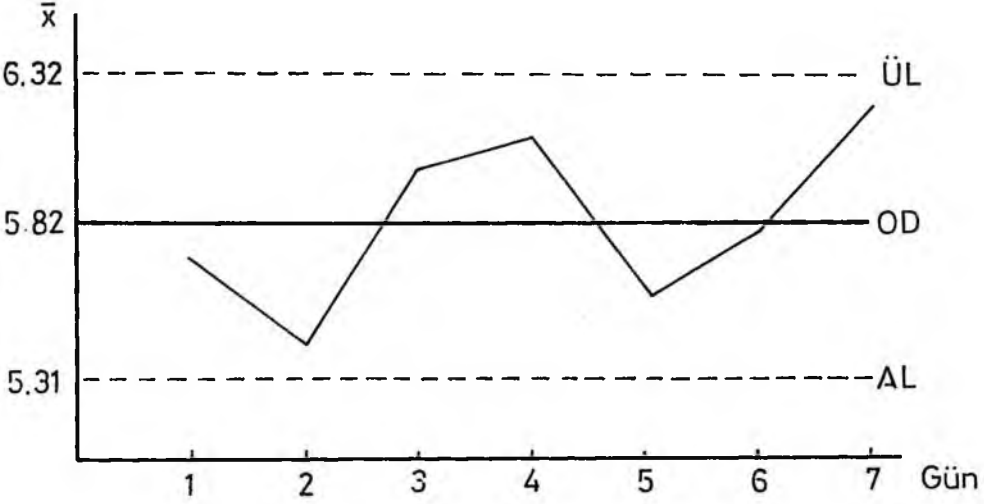
$$\bar{x} = 40,8 : 7 = 5,82 \quad R = 8,5 : 7 = 1,21$$

"Kontrol Diyagramları İçin Limitler" (Tablo No: 2) tablosunda $n = 7$ 'li örnek grupları için verilen değer $A_2 = 0,419$ 'dur. Buna göre:

$$\bar{ÜL} = 5,82 + 0,419 \cdot 1,21 = 6,32$$

$$\bar{AL} = 5,82 - 0,419 \cdot 1,21 = 5,31$$

değerleri bulunmaktadır. (Şekil No: 4).



Şekil No: 4. "x̄" Ortalama kontrol diyagramı

Tablo No : 2. Kontrol diyagramlarında kullanılan katsayılar

n	A ₂	H	D ₃	D ₄	d ₂	B ₃	B ₄
3	1,023	0,938	0	2,574	1,693	0	2,568
4	0,729	0,961	0	2,282	2,059	0	2,226
5	0,577	0,970	0	2,114	2,326	0	2,089
6	0,483	0,975	0	2,004	2,534	0,030	1,970
7	0,419	0,978	0,076	1,924	2,704	0,118	1,882
8	0,373	0,980	0,136	1,864	2,847	0,185	1,815
9	0,337	0,983	0,184	1,816	2,970	0,239	1,761
10	0,308	0,983	0,223	1,777	3,078	0,284	1,716

b) Aralık Diyagramı (R) :

Aralık diyagramında, örnek gruplarındaki ölçme sonuçlarına göre maksimum ve minimum değerlerin farkı olan "Değişim aralığı (R)" dikkate alınmaktadır.

Bu kontrol diyagramındaki eşitlikler :

$$\text{"Ortalama değer"} = \bar{R} \cdot H$$

$$\text{Üst limit} = \bar{R} \cdot D_4$$

$$\text{Alt limit} = \bar{R} \cdot D_3$$

şeklindedir (POLAT, 1986).

Günlük aralık değeri her gün periyodik olarak yapılan ölçmeler sonucunda bulunan maksimum ve minimum değerlerin farkıdır. Örneğin;

1. günün değişim aralığı (8 ölçme):

$$7,9 ; 7,6 ; 7,5 ; 7,8 ; 8,0 ; 8,2 ; 7,9 ; 7,0$$

$$R = 8,2 - 7,2 = 1,2 \text{ ve}$$

10. günün sonunda elde edilen değerler aşağıdaki gibidir:

Tablo No: 3

Gün	\bar{R}
1	1,20
2	1,40
3	1,60
4	1,50
5	1,20
6	1,30
7	1,30
8	1,90
9	1,50
10	1,80
$\Sigma R = 14,7$	

$$\bar{R} = 14,7 : 10 = 1,47$$

$n = 8$ 'li örnek grupları için tablodan alınan değerler $H = 0,980$ $D_3 = 0,136$ ve $D_4 = 1,864$ 'tür.

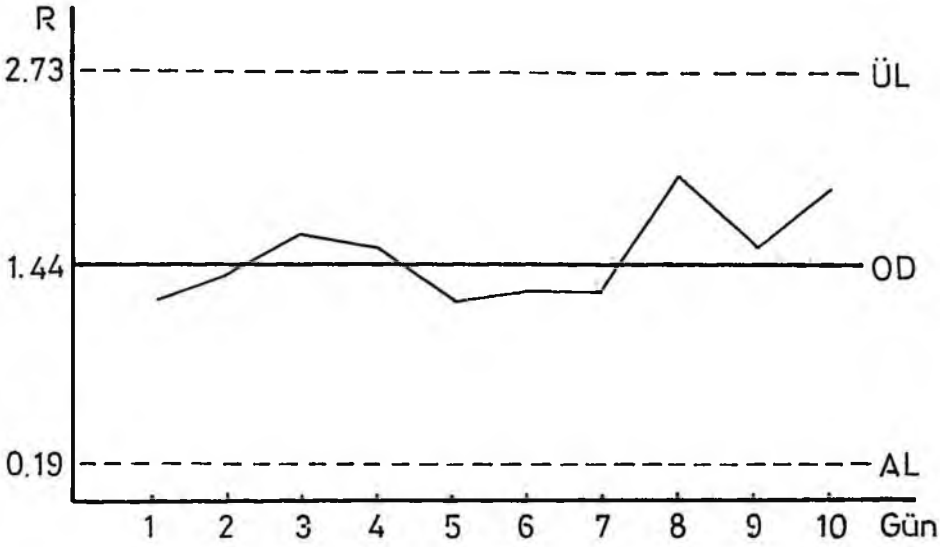
Buna göre;

$$R = 1,47 \cdot 0,980 = 1,44$$

$$\bar{ÜL} = 1,47 \cdot 1,860 = 2,73$$

$$\bar{AL} = 1,47 \cdot 0,136 = 0,19$$

değerleri bulunmaktadır (Şekil No: 5).



Şekil No : 5. "R" Aralık kontrol diyagramı

C) Standart Sapma Diyagramı (σ_x) :

Bu kontrol diyagramında ise önce üretimden periyodik olarak alınan ölçme sonuçlarının standart sapması bulunmakta, daha sonra da bu standart sapmaların ortalaması değerlendirilmektedir.

Standart sapma diyagramındaki eşitlikler;

$$\text{"Ortalama değer"} = \bar{\sigma}_x$$

$$\text{Üst limit} = B_4 \cdot \bar{\sigma}_x$$

$$\text{Alt limit} = B_3 \cdot \bar{\sigma}_x$$

şeklinde (KOBU, 1981).

Örneğin; bir üretimden alınan ölçme sonuçlarına göre hesaplanan standart sapmalar (10 günlük) aşağıdaki gibidir.

$$1,2 ; 1,5 ; 1,3 ; 1,7 ; 1,6 ; 1,0 ; 1,4 ; 1,3 ; 1,1 ; 1,7$$

Ortalama standart sapma (10 günlük) :

$$\bar{\sigma}_x = 1,38$$

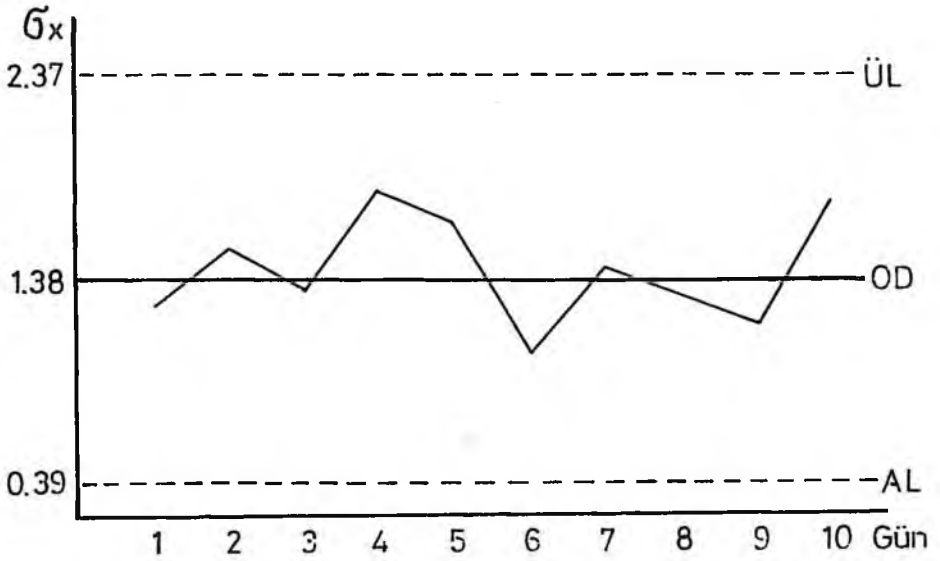
$n = 10$ 'lu örnek grupları için tablodan alınan değerler $B_3 = 0,284$ ve $B_4 = 1,716$ 'dır.

Buna göre;

$$\text{ÜL} = 1,716 \cdot 1,38 = 2,37$$

$$\text{AL} = 0,284 \cdot 0,38 = 0,39$$

değerleri bulunmaktadır (Şekil No : 6).



Şekil No : 6. " σ_x " standart sapma kontrol diyagramı

3.1.2 Nitelik Kontrolunda

Bu bölümde uygulanan kontrol diyagramları, "Kusurlu Ürün Oranı (p)" ve "Kusurlu Ürün Sayısı (c)" diyagramlarından oluşmaktadır.

a) Kusurlu Ürün Oranı (p) Diyagramı :

"p" diyagramını hazırlarken iki durum söz konusudur. Bunlar, standartların belirli ve belirsiz olması durumlarıdır. Esas olarak her iki durumda da işlemler aynıdır. Ancak standartların belirsiz olduğu durumlarda yığına ait kusurlu oranı belirsiz olup, bu değer tahmin edilmesi gerekmektedir. Bunun için de geçmiş değerlerden yararlanılmaktadır.

Örneğin; bir üretimden alınan örneklerin sayısı 100 ise bunlardan 10 tanesinin kusurlu olduğu biliniyorsa yığının kusurlu oranı :

$$\bar{p} = \frac{10}{100} = 0,10$$

olacaktır. Yığından iadeli olarak n = 5'li örnek grupları alındığında aşağıdaki tablo oluşmaktadır.

Tablo No : 4

Sıra No	Kusurlu ürün sayısı (k)	Kusurlu ürün oranı (p)
1	0	0,0
2	1	0,2
3	0	0,0
4	0	0,0
5	2	0,4
6	1	0,2
7	0	0,0
8	1	0,2
9	1	0,2
10	3	0,6
11	1	0,2
12	0	0,0

Bu kontrol diyagramındaki eşitlikler:

$$\begin{aligned} \text{"Ortalama değer"} &= \bar{p} \\ \text{Üst limit} &= \frac{\bar{p} + 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n} \end{aligned}$$

$$\text{Alt limit} = \frac{\bar{p} - 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n}$$

şekindedir (KIRKPATRICK, 1970).

Buna göre;

$$\text{ÜL} = 0,10 + 3 \sqrt{\frac{0,10(1-0,10)}{5}} = 0,502$$

$$\text{L} = 0,10 - 3 \sqrt{\frac{0,10(1-0,10)}{5}} = -0,302$$

değerleri bulunmaktadır. Alt limit değerinin (-) çıkmasının nedeni binom dağılımının normal dağılım gibi düşünülmesindedir. Bu durumda AL = 0 kabul edilmektedir (Şekil No: 7).



b) Kusurlu Ürün Sayısı (c) Diyagramı :

Bu diyagramda, alınan tek bir örnek olmak üzere kusur sayısı belirlenmektedir. "p" diyagramında bir ürün kusurlu ya da kusursuz olarak değerlendirildiği halde, burada ürünün ne derece kusurlu olduğu ölçülmektedir.

Ürün başına ortalama kusur sayısına bir arda erişilmediğinden, yerine geçmişteki yığının ortalama kusur sayısını gösteren \bar{c} değeri kullanılmaktadır. Diyagramın diğer eşitlikleri aşağıdaki gibidir (KIRKPATRICK, 1970).

$$\bar{c} = \frac{\sum c_i}{n} ;$$

$$\text{"Ortalama değer"} = \bar{c}$$

$$\text{Üst limit} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{Alt limit} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Örneğin; geçmişteki ürünlere ait kusur sayıları aşağıda verilen tablodaki gibi ise

Tablo No: 5

Örnek	Kusur sayısı (c_i)
1	6
2	4
3	1
4	4
5	12
6	0
7	2
8	0
9	4
10	3
Toplam	$\sum C_i = 36$

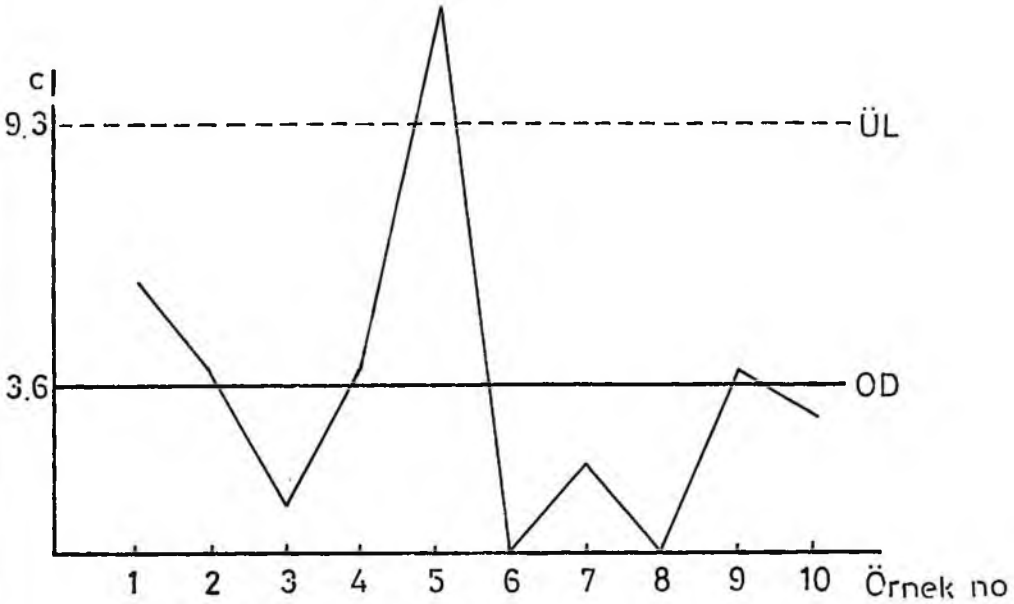
$$\bar{c} = \frac{36}{10} = 3,6 \text{ dir.}$$

yukarıdaki eşitliklere göre;

$$\text{ÜL} = 3,6 + 3\sqrt{3,6} = 9,29$$

$$\text{AL} = 3,6 - 3\sqrt{3,6} = -2,09 \cdot 0$$

bulunmaktadır (Şekil No: 8).



Şekil No: 8. "C" kontrol diyagramı

3.2 Yığın Halindeki Verilere Kontrol Diyagramlarının Uygulanması

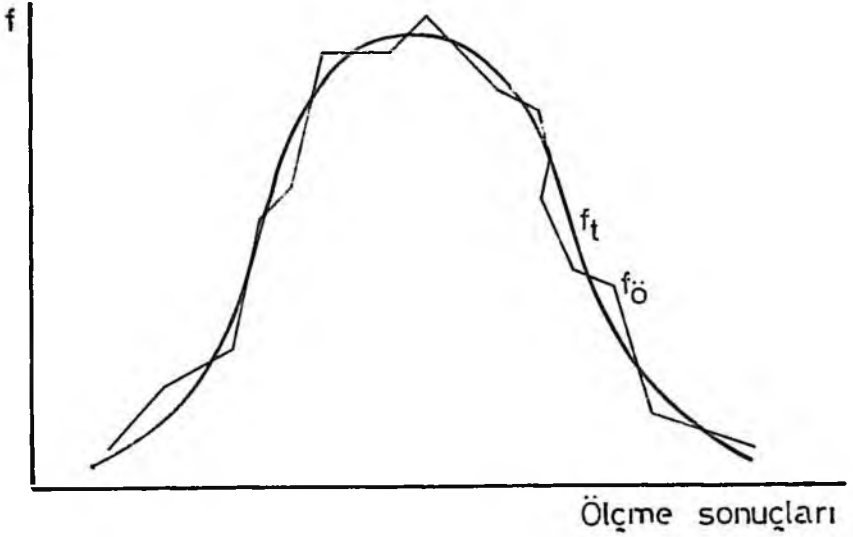
Burada uygulanan işlem "Normallik Testi" dir. Normallik testi; normal dağılım gösterdiği kabul edilen bir değişken için, yığından alınan örnek grubuna ait değerlere dayanarak yapılan bir hipotez testidir. Yığın tam anlamı ile normal dağılım gösterse bile örnek grubunun dağılımında farklar bulunabilmektedir. Zira örnek grubu yığının temsilcisi olup, ona ait değerlerin tahminlerini vermektedir. Tahminlerde ise her zaman bir yanılma payının bulunması doğaldır.

Yığın ile örnek grubunun dağılımları arasındaki farkların iki nedeni bulunmaktadır:

"1 - Yığının dağılımı normaldir, farklar tesadüfi sayılabilecek etkenlerden ileri gelmektedir.

2 - Yığının dağılımı normal değildir. Bu yüzden oluşan farklar anlamlıdır." (KOBU, 1981).

Normallik testinin amacı, teorik dağılım ile örnek grubuna ait dağılımlar arasındaki farkların belirli bir güvenilirlikle anlamlı olup olmadığına karar vermektir. Buna göre, yığından alınan bir örnek grubu üzerinde yapılan ölçme sonuçlarına dayanarak değişkenin frekans dağılımı çizilmekte ve ölçme sonuçları " f_o " ile gösterilmektedir. Örnek grubunun x ve S_x değerleri yardımıyla da teorik normal dağılım frekansları hesaplanmakta ve " f_1 " ile gösterilmektedir (Şekil No: 9)



Şekil No: 9. Ölçme sonuçlarına göre frekans dağılımı ve teorik normal dağılım

"Eğer örnek grubuna ait ölçme sonuçları ($f_{\text{ö}}$) normal dağılım göstermiyorsa, üretim ve kalite kontrolü etkinliklerinin düzeltilmesi gerekmektedir" (POLAT, 1986).

Ölçme sonuçlarına göre belirlenen dağılım ile teorik normal dağılımın uygunluğu "Khi-Kare Yöntemi" (χ^2) yardımıyla bulunmaktadır.

$$\sum (f_{\text{ö}} - f_t)^2 \rightarrow \text{Minimum}$$

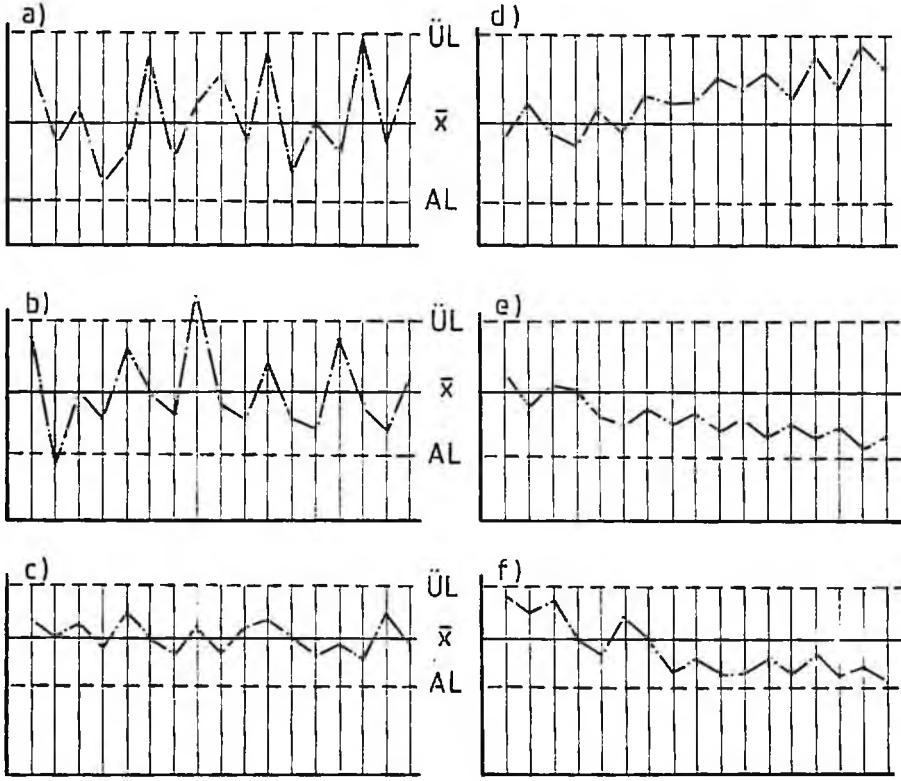
olduğu zaman, grafiğimiz optimumdur. Bu oransal olarak ifade edildiğinde;

$$\sum \frac{(f_{\text{ö}} - f_t)^2}{f_t} \rightarrow \text{Min. veya } \sum \frac{(f_t - f_{\text{ö}})^2}{f_t} \rightarrow \text{Min.}$$

şeklinde kullanılabilir.

4 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YORUMLANMASI

Kontrol diyagramlarının ortak özelliği, üretimdeki değişimi örnekler yardımıyla zamana bağlı olarak gösterebilmeleridir. Bu değişimin limitler dışına taşması olguyu normal şartlar dışına taşıran nedenlerin araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Kontrol diyagramları, limitler arasındaki dağılımın yorumu ile henüz olumsuz şartlar oluşmadan müdahale imkânı ve vermektedir. Aşağıda değişimleri farklı ve yorumlanabilir çeşitli kontrol diyagramları görülmektedir (Şekil No: 10).



Şekil No: 10. Çeşitli kontrol diyagramları

– Kontrol diyagramlarının Şekil No: 10-a'da, tamamı yorumsuz ve olasılık sınırları içinde büyük değişimler görülmektedir.

– Şekil No: 10-b'deki diyagramda kontrolsüz ve limitler dışına taşmalardan tolerans limitlerinin ya iyi saptanmadığı ya da limitlerin olasılık dışı faktörlerce etkilendiği anlaşılmaktadır.

– Şekil No: 10-c'de olguların ortalama değer etrafında yoğunlaştıkları ve limitlere yakın değerlerin bulunmadığı görülmektedir. Böyle bir durumda olasılık alanının yanlış saptandığı veya şartları iyileştiren önlemlerin alınarak gerçek olasılık alanı sınırlarının daraltıldığı yorumu yapmakta ve tolerans limitlerinin yeniden belirlenmesi gerekmektedir.

– Şekil No: 10-d'de değerlerin üst limite doğru tırmanan bir değişim gösterdikleri ve önlem alınmadığı takdirde gelecekteki değerlerin limit dışına çıkacağı anlaşılmaktadır.

– Şekil No: 10-e'de değişim önceki olgunun tersinedir. Alt limite doğru bir yaklaşma görülmektedir.

– Şekil No: 10-f'de değerler, üst limite yakın seyrederken aniden alt limite doğru yaklaşmaktadır. Bu durum, değerleri limitler dışına taşmayacak şekilde etkileyen bir etmenin olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, bu veri yığınları frekans dağılımları haline getirildiğinde olasılık dağılımları hakkında daha gerçek bilgiler vermektedirler.

K A Y N A K L A R

- BAŞER, G. 1972, *Kalite Kontrolü*, Çağlayan Yayınevi, İstanbul.
- FEIGENBAUM, A.V., *Total Quality Control*, Mc Graw-Hill, 1961.
- KIRKPATRICK, E.G., *Quality Control for Managers and Engineers*, Perdue University, 1970.
- KOBU, B., *Endüstriyel Kalite Kontrolü*, İ.Ü. İşleme Fakültesi, İşleme İktisadi Enstitüsü, Yayın No: 52, İstanbul, 1981.
- POLAT, S., *Kalite Kontrolü Ders Notları*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, İstanbul, 1986.
- TULUNAY, Y., *Kalite Kontrolü, Kalite Kontrol Diyagramları ve Kontrol Diyagramlarının Geliştirilmesi (Doktora Tezi)*, İ.Ü. İşleme Fakültesi, İstanbul, 1973.