

# EKONOMİK ÖLÇÜM SAYISININ BENZETİM YOLUYLA BELİRLENMESİ

Mümtaz S. ERDEM  
TEI Tusaş Motor Sanayii

A.Atilla İŞLİER  
Osmangazi Üniversitesi

**ÖZET:** İmal edilen bir parçanın kontrolü sırasında, kaçınılmayan ölçüm hataları yüzünden, bozuk parçalar kabul edilebildiği gibi; sağlam parçalar da red edilebilmektedir. Bu hatalı kabul ve red durumlarının getireceği ek maliyetlerden kurtulmanın bir yolu, aynı yerden alınacak ölçüm sayısının tekrarlanması olabilir. Ancak bu da, bir başka maliyet kalemi olan ölçüm maliyetlerinin artmasına yol açacaktır. Bu çalışmada, her üç maliyetin birden enküçüklenmesini sağlayabilecek benzetim esaslı bir yaklaşım önerisi tanıtılmaktadır.

## 1. İmalat, Ölçü ve Ölçüm

Siparişi verilen bir ürün, satın alma - imal şartnamesi ve(ya) teknik resimlerde belirtilen değerleri sağlayacak şekilde imal ve kontrol edilir. Şartname ve teknik resimler, ürünün fonksiyondan sorumlu tasarımcı ile bu ürünü fiziki olarak ortaya çıkaracak olan imalatçı arasındaki iletişimi sağlar. Teknik resimlerde, üretilecek olan parçaların malzemesi, ölçü-konum ve şekil toleransları gibi geometrik özellikleri belirtilir.

Parçanın kendinden beklenen fonksiyon ve kalite düzeyini sağlaması, tasarımcının yargısını yansıtan ölçüler ve bunlara verilen toleranslara uyulmasına bağlıdır. Birlikte çalışacak parçalarda, özellikle de **değiştirilebilirliğin** gerekli olduğu hallerde, parçaların birbirine uyması için belirtilen ölçülere sadık kalınması daha da önem kazanmaktadır.

Aynı teknik resme göre imal edilen iki parçanın birbirinin tıpkısı olması mümkün değildir. Malzeme, tezgah, takım, işçilik ve ortamdaki kontrol edilemeyen değişkenlikler, her bir parçanın -az da olsa- farklı ölçülerde üretilmesine neden olacaktır. Değiştirilebilir parça kavramının uygulanabilmesi için, bu farklılıkların belli sınırlar arasında tutulması gerekmektedir.

Bazı durumlarda, birden fazla ölçü arasında, belli bir bağımlılık da söz konusu olabilir. Örneğin, parçanın bir yerinde yanyana bulunan iki deliğin çapları ile delik eksenleri arasındaki ölçülmesinde, bu ölçülerin üçü de tolerans sınırları dışında olduğu halde, bazı hataların diğerlerini dengelemesi dolayısıyla, bu parçanın yerine takılıp kullanılabileceği haller olabilir. Bu gibi durumların göz önüne alınması, fire oranını düşürürse de, genel uygulama daha ihtiyatlı davranmak ve bu ölçülerin ayrı ayrı sağlanmasını istemek yönündedir. Analizi daha da karmaşıktırmamak amacıyla bu çalışmada da aynı ihtiyatlı yol izlenmiş ve her bir ölçünün değerlendirilmesi ayrı ayrı ele alınarak, ters yöndeki bazı hataların birbirini düzeltici etkisi ihmal edilmiştir.

## 2. Ölçüm ve İlgili Maliyetler

Tasarım istekleri doğrultusunda, her bir ölçünün diğerlerinden bağımsız olarak gerçekleştirilmesi beklendiğinde,  $A \leq t \leq U$  ilişkisinin sağlanması gerekmektedir. Burada  $A$ , **anma değeri**  $t$  olması istenen ölçü için, tasarımcının izin verdiği **alt sınır**,  $U$  da aynı ölçü için **üst sınırdır**.

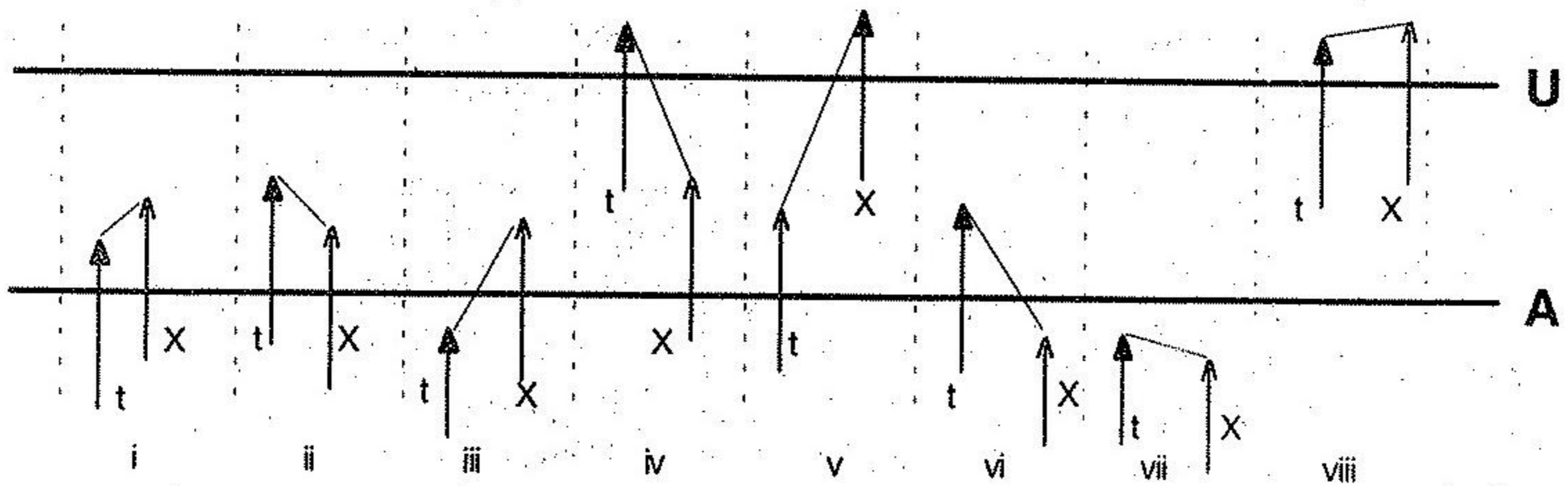
İmalat sırasında veya imalat sonrasında, yukarıdaki eşitsizliğin doğru olup olmadığını kontrol amacı ile alınan ölçünün değeri ise  $t$  değil bir başka değer olan  $X$ 'dir. İmalatta parçanın tam ölçülerinde yapılmasını engelleyen nedenlerin benzerleri, ölçüm işlemi için de geçerlidir. Bu da, **gerçek değer**  $t$  ile **ölçülen değer**  $X$  arasında bir farklılaşmaya neden olmaktadır. Bu hatanın nedenleri, parçanın ideal geometriye sahip olamayışı, ölçüm aletinin yetersizliği, ölçümü alan kişinin yaptığı hatalar ve ortamın etkisi olarak sıralanabilir.

Geometrik olarak tasavvur edilen ve teknik resimlerde gösterilen düzlemler, silindirler ve bunların arakesitleri, gerçek parçanın üstünde yoktur. Parçaların basit bir büyüteç altında incelenmesi bile, yüzey pürüzlülüğü, dalgalılığı, paralellik ile diklikten sapmalar, deliklerde koniklik, ayırtlarda eğrilik, ve benzeri şekil kusurlarını görmeye yetecektir. Bu kusurlar dolayısıyla ölçülerin alınacağı referans noktalarını belirlemek ve sağlıklı ölçüler almak güçleşmektedir.

Ölçüm aletlerinin duyucu uçlarındaki düzgünsüzlük, aletin hareketli parçaları arasındaki boşluklar ve göstergedeki taksimat bozuklukları bir başka hata kaynağıdır. Ölçümü alan kişinin ölçüm aletini ve parçayı tutuma, hissetme, görme ve algılama yeteneği dışında; ölçümün yapıldığı yerdeki titreşim, gürültü, sıcaklık ve nem değişimi de, gerçek ölçü değerinin belirlenemeyişinin diğer nedenleridir. Bu yüzden, ölçülen değer  $X$ 'in, gerçek değer  $t$  ve bir **hata payı**  $h$  olmak üzere iki bileşenden oluştuğu düşünülmelidir. Bu ilişki,  $X=t+h$  şeklinde gösterilebilir. ( $h$  pozitif veya negatif olabilir.)

Gerçekte tasarımcının istediği  $A \leq t \leq U$  ilişkisinin sağlanmasıdır. Ancak imalatçı ve kalite kontrolcuların yapabildiği,  $A \leq X \leq U$  ilişkisini, aramak olmaktadır.

Bu kontrollarda, bilinmeyen  $t$  ve  $h$  değerlerine bağlı olarak karşılaşılabilecek durumlar, Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Gerçek ölçü  $t$  ve ölçülen değer  $X$ 'e bağlı olarak ortaya çıkabilecek durumlar

i ve ii durumlarında hem t, hem de X tolerans sınırları içinde olduğu için bir problem yoktur.

iii ve iv durumlarında ise, gerçek ölçüler tolerans sınırları dışında olduğu halde, ölçülen değerler bu sınırların içindedir. Bu durum, **hatalı kabule** neden olacaktır.

v ve vi durumları ise bunun tam tersi olup, gerçekte tolerans sınırları içinde olan ölçüler, hatalıymış gibi görünmektedir. Bunun sonucu ise, **hatalı red** durumudur.

vii ve viii durumlarında da hem gerçek, hem de ölçülen değerler tolerans sınırları dışında kaldığından, yine bir problem yoktur.

Hatalı redde uğrayan bir parça için  $M_R$  maliyeti ile karşılaşmaktadır. Bu  $M_R$  maliyeti, malzeme, işçilik, muayene maliyetleriyle, hurdaya atma (veya yapıyorsa yeniden işleme) maliyetlerinin toplamıdır. Malzeme ve(ya) işçilikte darboğazlar olması veya talebin mutlaka karşılanması gereğinin bulunması hallerinde bu maliyet daha da yüksek olmaktadır.

Hatalı kabul maliyeti olan  $M_K$ 'nin hesabı ise daha zor olacaktır. Montaj işlemine getireceği ek yük, bağlandığı yerdeki performans düşüklüğü, müşteri güveninin kaybı bu maliyetin nedenleri arasında sıralanabilir.

Karşılaştırma sırasında, mutlak değerlerinden çok, birbirlerine göre ağırlıklarının önem kazandığı bu maliyetlerin hesaplanmasında, parçanın malzemesinin değeri referans olarak alınabilir. Bir parça için kullanılan malzeme miktarı ve o malzemenin birim fiyatı kolaylıkla elde edilebilecek değerlerdir. Maliyetle ilgili diğer verilere ulaşmak ve bunları sağlıklı olarak elde etmek ise son derece, güç ve pahalı bir uğraştır. Bu nedenle ölçülen parçada kullanılan malzemenin değeri olan  $a$ 'nın (talaş payı, fire, iskarta ve benzeri paylar da katılmış şekliyle) bazı katsayılarla düzeltilmesi sonucunda elde edilecek kabul ve red maliyetlerinin kullanılması daha pratik olacaktır.

Hatalı red maliyeti, bu yolla:  $M_R = a (1+i) (1+d)$  olarak bulunabilir. Burada  $i$ , o parça için işçilik maliyetinin malzeme maliyetine oranı olup, olağan durumlarda 0.8 ila 2.2 arasında alınabilir. Bunun yanında, bir ilk yaklaşım olarak darboğazların hiç bir etkisi olmayacağı ( $d=0$ ) veya bunun ürün değerinin yarısı ila beş katı arasında olumsuz bir etki yapacağı düşünülebilir.

Hatalı kabul maliyeti için de:  $M_K = a (1+ibc + e) + f$  ilişkisi varsayılabilir. Burada  $b$ , yine o parça için montaj işçiliği maliyetinin imalat işçiliği maliyetine oranı (0.5 ila 2),  $c$  hatalı ölçünün montaja getirdiği güçlük (2 ila 5),  $e$  de hatalı ölçünün son üründe neden olduğu performans düşüklüğünün etkisidir ve (1 ila 8) olarak alınabilir. Müşteri güveni kaybının maliyeti  $f$  yi ise ürün maliyetine bağlamak kolay olmadığı için, bunun başlangıçta sıfır olarak alınması, daha sonra da, kullanıcının takdirine bırakılması yerinde olacaktır.

Tek bir ölçümün maliyeti olan  $M_O$  ise,  $M_O = a i g / k$  olarak kabul edilebilir. Burada  $g$ , ölçüm yoluyla yapılan kontrol işçilikleri maliyetinin, toplam imalat işçiliği maliyetine (kontrollar hariç) oranı olup; 0.01 ila 2 arasında alınabilir. Bir parça üzerindeki ölçüm noktaları sayısı olan  $k$  ise, parça, kalite düzeyi ve sürece bağlı olan bir tamsayıdır.

İzleyen bölümde açıklanan yaklaşım, bu maliyetlerin toplamının beklenen değerleri enküçüklemeye yöneliktir.

### 3. Benzetim ve Maliyetler Dengesi

Dorsey'in ölçüm postulatına göre:

"Aynı alet, yöntem ve gözlemci tarafından aynı parçanın aynı yerinden alınan ölçümlerin sayısı arttıkça, bunların ortalaması da, belli bir değere yaklaşır." (ASTME 1972)

Bu postulat, ölçümlerin sayısı  $n$  ve ortalaması  $\bar{X}$  iken,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{X} = m$$

eşitliği ile gösterilebilir. Yaklaşılan sabit değer  $m$  ile gerçek değer  $t$ 'nin arasındaki fark, alınan ölçümlerin doğruluğunun bir göstergesidir.

Kullanılan ölçüm aletinden bir mertebe (on kat gibi) daha duyarlı olan ve doğruluğuna güvenilen bir başka aletle alınan ölçüler, o ölçüm için gerçek ölçü olan  $t$ 'ye eşit kabul edilebilir.

Bu şekilde, DIN 1319'daki yenilenebilirlik (reproducibility) şartları altında yapılan bir dizi ölçüm, bir yandan gerçek ölçülerin ortalaması  $\mu_t$  ile bunların standart sapması  $\sigma_t$  yi, diğer yandan da; ölçüm hatası  $h$ 'nin ortalama değeri  $\mu_h$  ile standart sapması  $\sigma_h$ 'yi belirlemede kullanılabilir. Yenilenebilirlik şartları, aynı ölçüm yerinin değişik deney ortamlarında (farklı bir yer, farklı ölçüm cihazı gibi) değişik zamanlarda ve farklı kişilerce ölçülmesini içermektedir. En az on (tercihan otuz veya daha fazla) parçanın ölçülerinin birer defa eldeki aletle, birer defa da (en az on kat daha duyarlı ve doğruluğu kanıtlanmış) bir başka aletle ölçülmesi halinde; elde edilecek farklar, bu hesaplama için kullanılabilir. Eldeki aletle alınan değerler  $X_i$  hassas aletle alınan değerler de  $Y_i$  iken,  $D_i = X_i - Y_i$  farklarının ortalaması  $\bar{D}$  standart sapması da,  $s_D$ 'dir. Bu değerlerin ana kütle istatistikleri olan  $\mu_h$  ve  $\sigma_h$  yi temsil edeceği söylenebilir. Aynı şekilde doğruluğuna güvenilen aletle alınan ölçümlerin ortalaması,  $\bar{Y}$  ve standart sapması  $s_y$  de gerçek ölçü  $t$ 'nin dağılım parametreleri  $\mu_t$  ve  $\sigma_t$  yerine kullanılabilir. Ekonomik ölçüm sayısını bulacak yaklaşımın uygulanabilmesi için, bu değerlerin önceden belirlenmiş olması gerekmektedir.

Ölçüm olayının benzetimine, gerçek ölçü  $t_i$  ve buna bağlı hata payı  $h_i$ 'lerin türetilmesiyle başlanabilir. Burada, hem  $t$  hem de  $h$ 'lerin yukarıda belirlenmiş parametrelere göre normal dağıldığı varsayılacaktır. Sembolere eklenen  $i$  indisi, ölçümün sıra numarasını göstermektedir. ( $i \leq n$ ) Bu şekilde türetilmiş olan  $t_i$  ve  $h_i$ 'den yararlanarak,

$X_i = t_i + h_i$  hesaplanır.  $X_i$  ve  $t_i$ 'nin bilinmesiyle de, hatalı red veya hatalı kabul durumlarıyla karşılaşılıp karşılaşılmayacağı belirlenir.

$A \leq X_i \leq U$  iken ( $t_i < A$ ) veya ( $t_i > U$ ) ise,  $M_{hi} = M_k$ , (Hatalı kabul durumu)

$A \leq t_i \leq U$  iken ( $X_i < A$ ) veya ( $X_i > U$ ) ise,  $M_{hi} = M_r$ , (Hatalı red durumu)

Diğer bütün hallerde  $M_{hi} = 0$  dır. Hem hatalı kabul, hem de hatalı red aynı anda gerçekleşmeyeceğinden:  $M_{hi}$  maliyeti,  $M_k$  veya  $M_r$ 'den birinin yerine geçmektedir.

Ölçüm tekrar sayısının artırılması, Dorsey'in postulatına göre, değişkenliği ve dolayısıyla hatalı kabul  $M_k$  ve hatalı red  $M_r$  maliyetlerini azaltacaktır. Diğer yandan, ölçüm sayısının artmasıyla, muayene maliyetleri ( $nM_0$ ) da artacaktır.

Bir parça üzerindeki bir ölçüm yerinin  $n$  kez ölçülmesi halinde, hatalı kabul ve hatalı red maliyetlerinin toplamının beklenen değeri,

$$M_{bn} = \sum_{i=1}^n M_{hi} / n$$

olur. Buna  $n$  kez tekrarlanan ölçme maliyetleri de eklenirse, ilgilenilen maliyetin toplam beklenen değeri,  $M_n = M_{bn} + nM_0$  olarak alınabilir.  $n$ 'nin 1'den  $s$ 'ye kadar olan değerleri için ( $s$ , sekiz - on gibi makul bir sayı) toplam maliyetin beklenen değerleri  $M_n$  lerin bulunmasıyla, benzetimin birinci iterasyonu tamamlanmış olmaktadır. Hata maliyetlerinin bu şekilde ölçüm işlemlerine dağıtılması, başlangıçta anlamsız görünse de, benzetim sonunda elde edilecek sayılar, maliyetlerin beklenen değerleri olarak algılanabilirler. Toplam iterasyon sayısı  $r$ , eldeki bilgisayar süresiyle sınırlıdır.

Benzetim sonunda elde edilen bilgi,  $s$  satır ve  $r$  sütunluk bir  $\{M\}$  matrisinde toplanabilir. Bu matrisin bir elemanı olan  $M_{ij}$  ler,  $M_n$  'lerin  $j$ . iterasyonda aldığı değerlerdir. (Ölçüm tekrarının  $n$  kez yapılmasıyla elde edilen değerler,  $i$ . satırda yer almaktadır.)  $M$  matrisinin satır ortalamaları olan:

$$M_i = \sum_{j=1}^r M_{ij} / r$$

değerleri de, tek bir iterasyonu değil,  $r$  adet deney sonucunu gösterdiklerinden,  $M_n$  'lerden daha fazla bilgi içermektedirler.

Maliyet bileşenlerinden biri ( $nM_0$ ) artarken, diğeri ( $M_{bn}$ ) azalacağından, toplam maliyetleri veren  $n$  adet ( $M_i$ ) değerlerinden birinin, diğelerinden daha düşük olması beklenmektedir. Bu en düşük değeri veren tekrar sayısı, aranan sonuçtur. Birden fazla  $i$  için en iyi değere ulaşıyorsa, bunlar içinden en küçük olan  $i$  seçilmelidir. (En küçük değer  $i=s$  durumuna ait olması halinde,  $s$ 'yi büyüterek benzetimi tekrarlamakta yarar vardır.)

Maliyet kalemlerinin hesaplanmasında, ampirik oranlar kullanıldığından, benzetim sonrasında, en çok şüphe duyulan parametreler üzerinde bir duyarlık analizi yapılması, ulaşılan sonuçların güvenilirliğini arttıracaktır.

#### 4. Çözüm Algoritması ve Bir Uygulama

Önceki bölümlerde tanımlanan yaklaşımın algoritması şu şekilde gösterilebilir:

0. Yenilenebilirlik şartları altında,  $n$  parça üzerinde bir ölçüm deneyi yaparak gerçek değer  $t$  ve hata payı  $h$  'nin dağılım parametrelerini hesapla. ( $\mu_t, \sigma_t, \mu_h, \sigma_h$ )  
Maliyet katsayılarının kabulüyle maliyet kalemlerini hesapla. ( $M_k, M_r, M_0$ )  
 $i=1$  ve  $j=1$  başlangıç değerlerini ata.
1. Gerçek değer  $t$  ve hata payı  $h$  'nin dağılım parametrelerinden yararlanarak,  $t_i$  ve  $h_i$  rassal değerlerini türet, bunlardan  $X_i$  değerini hesapla

2.  $A$ ,  $U$ ,  $X_i$  ve  $t_i$  değerlerinden yararlanarak  $M_{hi}$  yi bul ve  $j$ . iterasyondaki  $i$ . ölçüm tekrarı için hata maliyeti  $M_{ij}$ 'yi hesaplayıp kaydet.
3.  $i < s$  ise,  $i$  'yi bir arttır ve Adım 1'e dön.
4.  $j < r$  ise,  $j$  'yi bir arttır,  $i=1$  ata ve Adım 1'e dön.
5.  $i=1,2,\dots,n$  için,  $M_i$  ortalamalarını hesapla.
6. En küçük  $M_i$  maliyetini veren  $i$  değeri, aynı zamanda, **en ekonomik tekrar sayısıdır.**

Bu algoritmanın fren disklerinin revizyonu sırasında kontrol edilen ve  $112 \pm 2$  [mm] olması beklenen bir ölçüye uygulanışı aşağıda verilmektedir.

Anma ölçüsü ve toleransından,  $A = 110$  ve  $U = 114$ [mm] olarak bulunur.

Gerçek ölçü ve hatanın dağılımlarını bulmak için, on parça üzerinde yapılan bir deneyin sonuçları, Tablo 1'de görülmektedir.

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_i$	103.2	116.2	107.0	111.8	108.2	117.4	108.6	111.2	108.0	109.0
$Y_i$	101.98	118.38	105.88	111.78	107.78	119.58	106.62	111.16	102.02	109.00
$D_i$	1.22	-2.18	1.12	0.02	0.42	-2.18	1.98	0.04	-2.02	0.00
$\bar{Y} = 111.22$	$s_y = 6.24$	$\bar{D} = -0.16$	$s_D = 1.50$							

**Tablo 1.** Gerçek değer ve hatanın dağılımlarının hesabı

Uygulamada, hassasiyetinin fazla yüksek olması beklenmeyen bir kumpas (duyarlılığı 0.2[mm]) kullanılacaktır. Deneyin başında, on ayrı parçadan bu kumpasla on ayrı ölçü alınmış ve kaydedilmiştir. Bu kumpasın doğruluğunun belirlenmesi için de, aynı ölçüler ikinci kez, doğru olduğuna güvenilen bir mikrometre (duyarlılığı 0.02[mm]) ile kontrol edilmiştir. Bu tabloda, ölçümlerin sıra numarası ( $i$ ) ilk, kumpasla alınan ölçüler ( $X_i$ ) ikinci, mikrometre ile alınanlar ( $Y_i$ ) üçüncü, bunların farkları ( $D_i$ ) da dördüncü satırda verilmektedir. Bunların ortalama ve standart sapmalarından yararlanılıp,  $\mu_t = 111.22$ ,  $\sigma_t = 6.24$ ,  $\mu_h = -0.16$   $\sigma_h = 1.50$  olarak kestirilir.

Bu örnekte, varsayılan parametreler ve bunlara bağlı maliyetler de şu şekilde alınabilir:

**PARAMETRELER**

**MALİYETLER**

$a=80[\text{binTL/pç}]$

$i=1.5$

$d=0$

$b=0.5$

$c=4$

$e=8$

$g=1.2$

$k=24$

$f=0$

Hatalı red maliyeti:

$M_r = 80 (1+1.5) (1+0) = 200[\text{binTL/pç}]$

Hatalı kabul maliyeti:

$M_k = 80 (1 + 1.5 * 0.5 * 4) + 0 = 960[\text{binTL/pç}]$

Tek bir ölçümün maliyeti:

$M_o = 80 * 1.5 * 1.2 / 24 = 6[\text{binTL/pç}]$

Tablo 1'den yararlanılarak belirlenen normal dağılım parametrelerine göre birinci iterasyonda türetilen sayılarla, bunlardan hesaplanan değerler, Tablo 2'de verilmektedir.

<b>i</b>	<b>ti</b>	<b>hi</b>	<b>Xi</b>	<b>Mr</b>	<b>Mk</b>	<b>Mhi</b>	<b>Mbn</b>	<b>Mn</b>
1	109.4	0.8	110.2		960	960	960.00	966.00
2	113.2	1.2	114.4	200		200	580.00	592.00
3	112.4	-0.2	112.2			0	386.67	404.64
4	116.8	-0.4	116.4				290.00	314.00
5	119.4	0.0	119.4			0	232.00	2362.00
6	11.6	-2.2	109.4	200		200	226.67	262.67
7	104.4	0.0	104.4			0	194.29	236.29
8	111.6	-1.4	110.2			0	170.00	218.00
9	101.2	-0.2	101.0			0	151.11	205.11
10	110.8	-1.2	109.6	200		200	156.00	216.00

**Tablo 2.** Birinci iterasyonda elde edilen değerler

Bu tablonun son sütünü, beklenen toplam maliyetin, değişik ölçü tekrar sayılar (i) için aldığı değerleri vermektedir. Bu ilk iterasyondaki işlemler tekrarlanır ve hepsinin son sütunları Tablo 3’de gösterildiği gibi bir araya getirilirse, aranan M matrisi elde edilmiş olur.

i	İlk İterasyon	İkinci İterasyon	r.	M <sub>j</sub>
1	966	6.00	20.600	84.42
2	592.00	12.00	112.00	92.13
3	404.67	18.00	84.67	61.99 ←
4	314.00	264.00	74.00	124.12
5	262.00	222.00	70.00	124.12
6	262.67	292.33	69.33	203.12
7	236.67	207.71	70.57	197.76
8	218.00	193.00	73.00	183.13
9	205.11	182.89	76.22	176.64
10	216.00	176.00	80.00	175.64

Tablo 3. M matrisi ve satır ortalamaları

Bu matrisin satır ortalamaları olan M<sub>j</sub> değerleri, matrisin sağında verilmiştir. En küçük değer yer aldığı 3. satır, beklenen en küçük maliyete, ölçümün üç kez tekrarlanmasıyla ulaşılabileceğini göstermektedir.

### 5 Sonuç ve Öneriler

Kaliteye verilen önemin artması, kalite ve ölçüm kontrolü süreçlerinin de daha ayrıntılı olarak planlanmasını gerektirmektedir. Belli bir ölçünün kontrolü için, elden geldiğince ucuz, yeterince de doğru ve duyarlı bir ölçüm aletinin seçiminden sonra, sıra, bu aletin ekonomik olarak nasıl kullanılabileceğinin belirlenmesine gelmektedir.

Bu çalışmada, eldeki ölçüm aletinin akılcı bir şekilde kullanılarak maliyetlerin düşürülmesini sağlayacak benzetim esaslı bir yaklaşım tanıtılmıştır. Benzetim sayesinde, literatürde önerilen karmaşık eniyileme modellerinin kurulması ve çözülmesi külfetinden



kurtulunmaktadır. Basit bir bilgisayar programıyla yürütülebilecek olan bu benzetim uygulaması, atölye ortamında kullanılabilir niteliktedir.

Ayrıca önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini arttırmak amacıyla, ölçüm ve hata maliyetlerinin kestiriminde yararlanılabilecek anlaşılır ve kullanımı kolay bir yöntem geliştirilmiştir.

Önerilen yaklaşımın imalat ortamında uygulanması, daha verimli ve daha kaliteli bir üretime bir adım daha yaklaşılmasını sağlayacaktır. Bu yaklaşım, alışlagelmiş aletlerle yapılan statik ölçümlerin ötesinde, gelecekteki muhtemel gelişmelere de uygun bir şekilde, özellikle elektronik aletlerle yapılacak dinamik ölçümler için de daha etkin bir şekilde kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR:

- \_\_\_\_\_ (1972), ASTME Handbook of Industrial Metrology, Prentice Hall, Inc.,
- \_\_\_\_\_ DIN 1319, Grundbegriffe der Messtechnik,
- Bong Jin Yum ve Seung Hoon Lee, (1991), "Calibration Procedures When Both Measurements Are Subject to Error", Computers and Industrial Engineering, Vol. 20, No. 4 P411-420
- Defix A., (1975), "Qualités Métroloiques et Mise en Oeuvre des Instruments de Mesure", Techniques de l'Ingenieur-R520
- Farago F.T., (1968), Handbook of Dimensional Measurement, Industrial Press, Inc.,
- Smith J.R., (1990), "Statistical Aspects of Measurement and Calibration", Computers and Industrial Engineering, Vol.18., No.3; 365-371