Pareto kuralı

- İtalyan ekonomist Pareto'nun gözlemi:
  - Dünyadaki servetin %85'i, insanların %15'i tarafından kullanılmaktadır.
- Çalışma hayatında karşılaşılan sorunların nedenleri genellikle Pareto kuralına uygundur. Bu kurala göre, sonuçların % 80'i, bir sorunun nedenlerinin %20 sine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.
- Pareto analizi, bir problemde en fazla önem taşıyan hususun ne olduğunu tespit etmek için kullanılır.

Pareto kuralı tesis planlamasında nasıl uygulanır?

- Üretim hacminin % 85'i, ürünlerin % 15'ine aittir
- Tesis planı, en yüksek üretim miktarına sahip parçaların % 15'i için seri üretim alanı ve ürün karmasının kalan % 85'i için atölye tipi üretim alanından oluşmalıdır.
- Başlangıçta bunun bilinmesi, tesis planı geliştirme aşamasını önemli derecede basitleştirebilir.

Pareto kuralı tesis planlamasında nasıl uygulanır?

- Hacim-çeşit bilgisi, kullanılacak yerleşim tipinin belirlenmesinde çok önemlidir.
- Yerleşim tipi, malzeme aktarma seçenekleri, stok politikaları, birim yükler, binanın şekli, alma/bırakma noktalarının konumunu etkiler.
- Pareto kuralının geçerli olmadığı durumlar için de (hiçbir ürün, üretim akışında baskın değil) genel bir atölye tipi üretim tesisi önerilebilir.

Pareto kuralının uygulanabileceği bir örnek

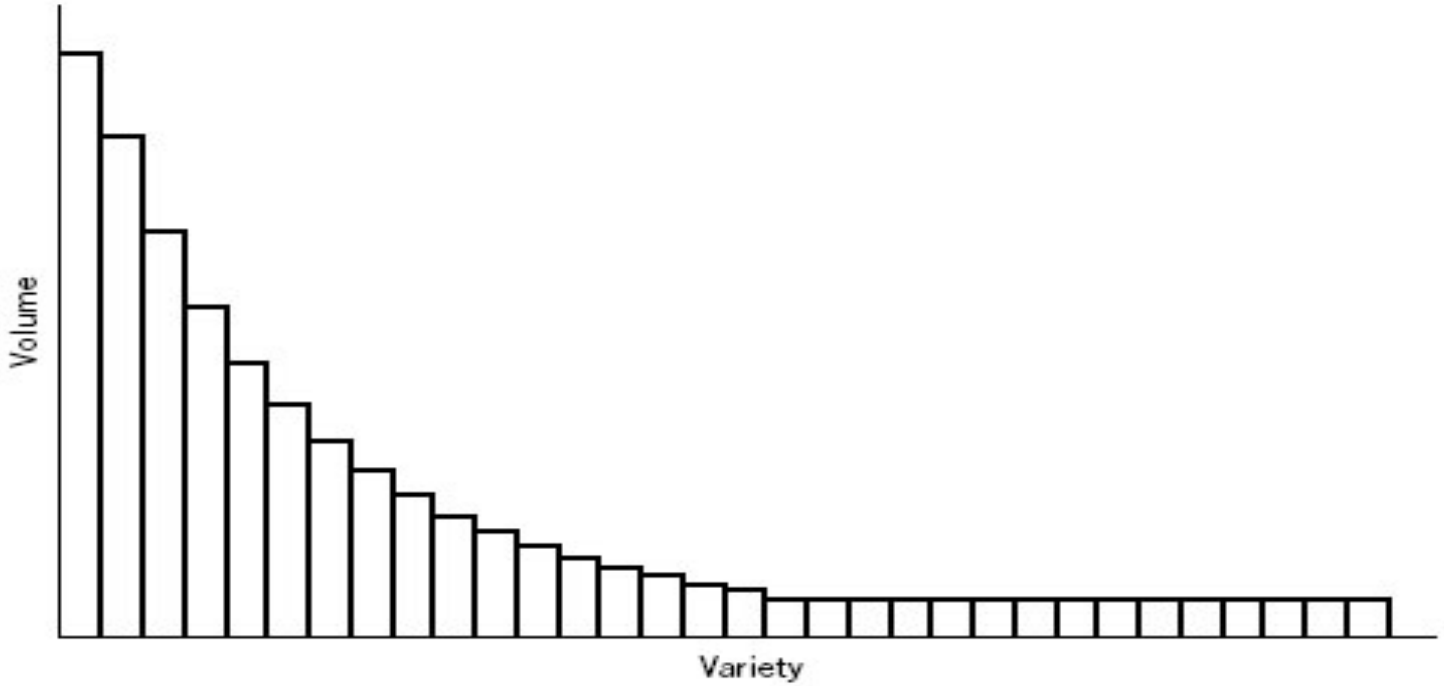
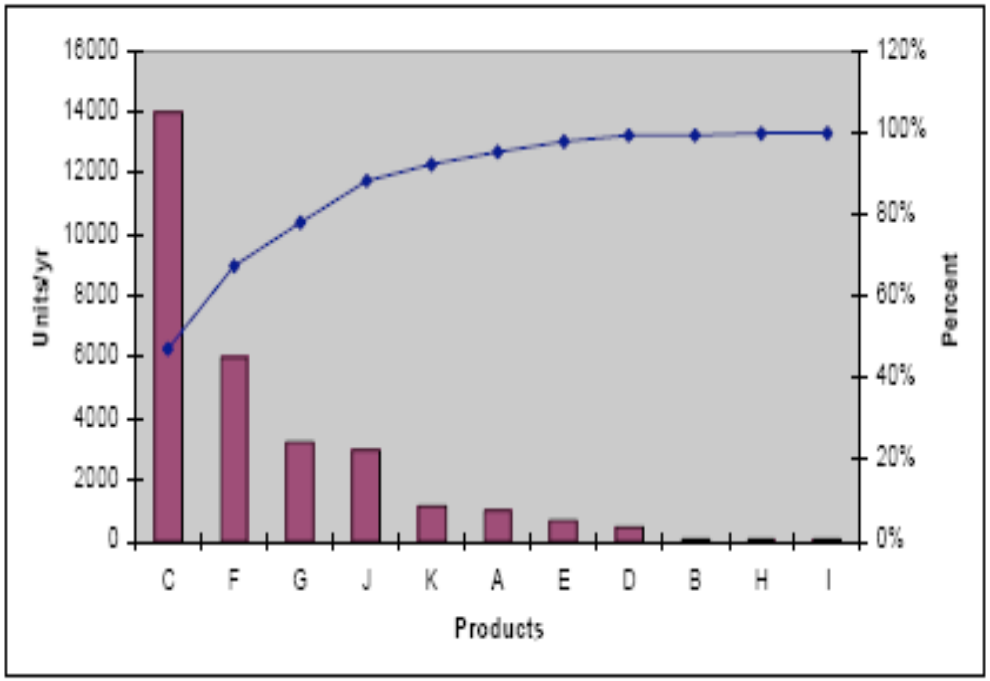


Figure 2.15 Volume-variety chart for a facility where Pareto's law is applicable.

Pareto kuralının uygulanabileceği bir örnek

Product	Units/year	Percent
C	14000	47%
F	6000	67%
G	3250	78%
J	3000	88%
K	1120	92%
A	1000	95%
E	650	98%
D	450	99%
B	100	99%
H	100	100%
I	81	100%



Pareto kuralının uygulanamayacağı bir örnek

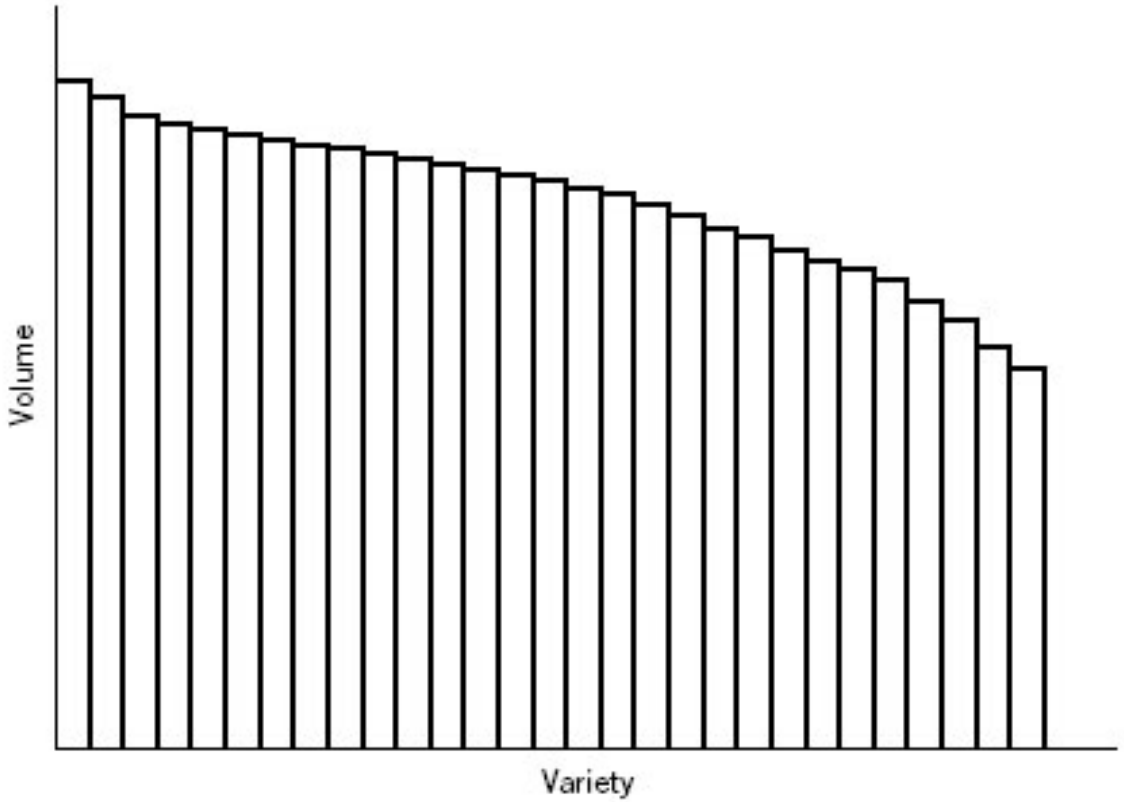
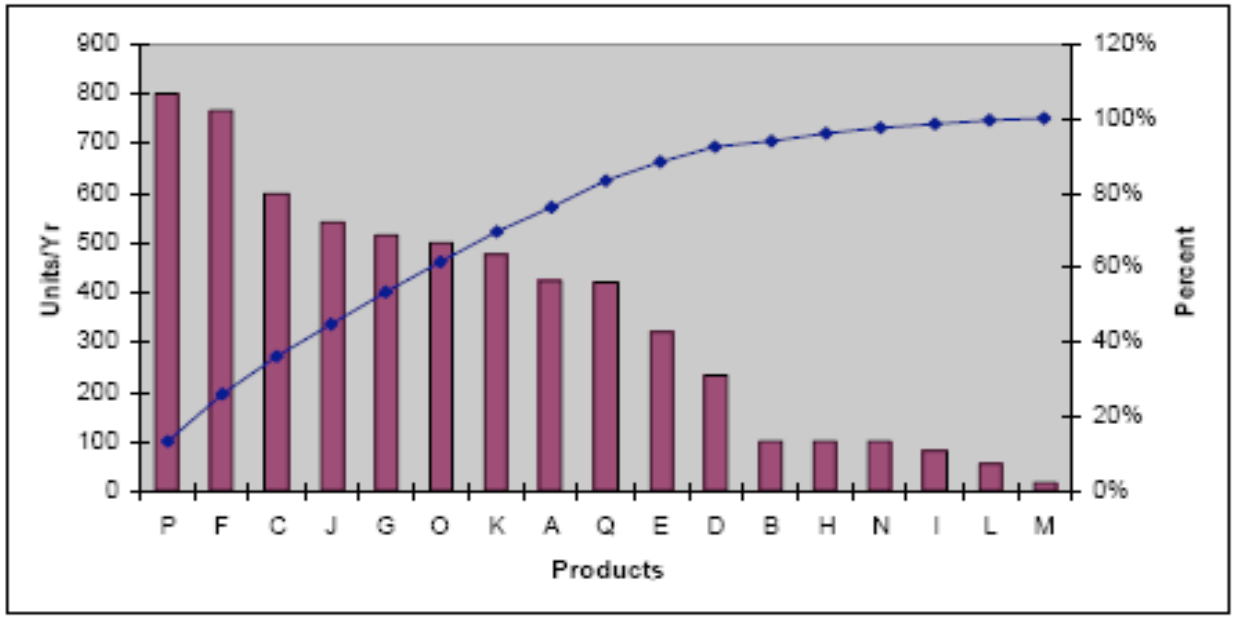


Figure 2.16 Volume-variety chart for a facility where Pareto's law is not applicable.

Pareto kuralının uygulanamayacağı bir örnek

Product	Units/year	Percent
P	800	13%
F	766	26%
C	600	36%
J	542	45%
G	513	53%
O	498	62%
K	475	69%
A	423	76%
Q	418	83%
E	322	89%
D	234	93%
B	100	94%
H	100	96%
N	100	98%
I	81	99%
L	52	100%
M	16	100%



Süreç gereksinimleri

- Süreç tasarımı:Ürünü üretmek için gerekli donanımların belirlenmesi
- Çizelge tasarımı: Üretim çizelgesini karşılamak için her donanım tipinden gereken adet

Iskarta Tahminlerine Göre Üretim Miktarının Belirlenmesi

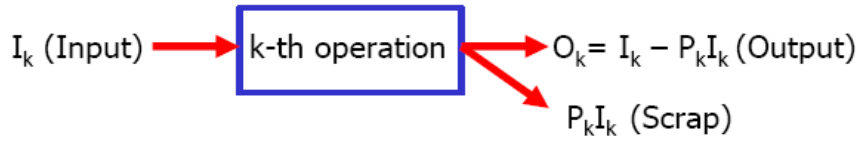
- Iskarta, geometrik ya da kalite faktörlerine bağlı olarak imalat sürecinde ortaya çıkan malzeme israfıdır.

- Gerçek üretim miktarını belirlemek için gözönüne alınmak zorundadır. Geçmiş verilere ya da benzer operasyonlardan elde edilen tahminlere dayanır.

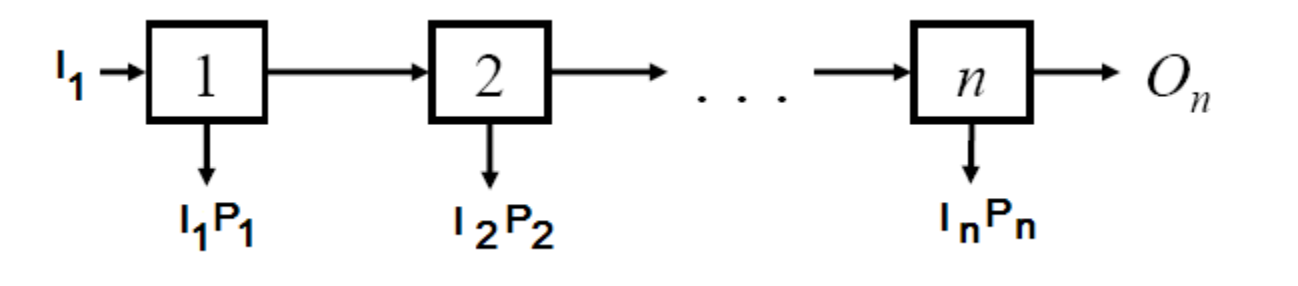
Genelde ıskarta o kadar az olur:

- Süreç ne kadar otomatikse
- Parça toleransları ne kadar bolsa
- Sertifikalı tedarikçilerin sayısı ne kadar fazlaysa
- Kaynak ne kadar kaliteli ise ve önleme teknikleri uygulanıyorsa
- Malzeme kalitesi ne kadar yüksekse

$$I_k = \frac{O_k}{1 - P_k}$$



- k: süreç no
- P_k : k. süreçteki ıskarta oranı
- O_k: k. süreçten beklenen ürün (çıktı) miktarı (iyi ürün)
- I_k: k. sürecin girdi miktarı
- n: toplam süreç sayısı
- O_n: n. süreçten beklenen çıktı miktarı



$$O_k = I_k - P_k I_k$$

$$O_k = I_k(1 - P_k)$$

$$I_k = \frac{O_k}{1 - P_k} \qquad I_1 = \frac{O_n}{(1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)}$$

Örnek 1:

- Bir üründen pazarda 97.000 parça olacağı tahmin ediliyor. Ürün tornalama, frezeleme ve delme işlemlerinden seri şekilde sırasıyla geçiyor. Iskarta oranları da şu şekildedir: $P_1=0.04$, $P_2=0.01$, $P_3=0.03$. Tahmin edilen sayıya ulaşmak için başlangıçtaki girdi miktarı ne olmalıdır?

Çözüm:

Örnek 2.1. (52.sh)

- Pazar tahmini=97000 parça
- Seri bağlı 3 süreç (tornalama, frezeleme, delme)
- Iskarta oranları P_1=0.04, P_2=0.01, P_3=0.03

$$I_k = \frac{O_k}{1-P_k} \Rightarrow I_3 = \frac{97000}{1-0.03} = 100000$$

$$I_2 = \frac{100000}{1-0.01} = 101000$$

$$I_1 = \frac{101000}{1-0.04} = 105219 \quad \text{ya da}$$

$$I_1 = \frac{O_n}{(1-P_1)(1-P_2)\ldots(1-P_n)} = \frac{97000}{(1-0.03)(1-0.01)\ldots(1-0.04)} = 105219$$

Örnek 2:

- 5 operasyondan seri halde geçen ve ıskarta oranları sırasıya %3, %2, %1, %2 ve %1 olan bir ürün için gerekli olan en son çıktı miktarı 2000 birimdir. Başlangıçtaki girdi miktarı ne kadar olmalıdır?

Çözüm:

Örnek:

- 5 processes in series
- Need 2000 units out

Process	Loss	Out	In
5	3%	2000	2062
4	2%	2062	2104
3	1%	2104	2125
2	2%	2125	2169
1	1%	2169	2190

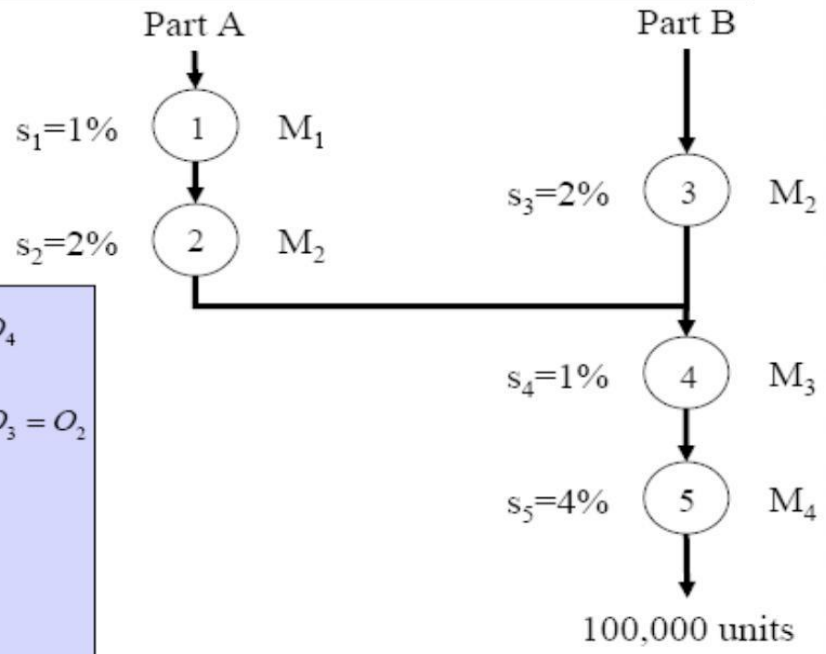
$$P_1 = \frac{2000}{(1-.01)(1-.02)(1-.01)(1-.02)(1-.03)} = 2190$$

Örnek 3: Seri olmayan üretim gereksinimleri

Örnek:

Production Requirements – Non Series

Work backward from end of the line.



$$P_5 = \frac{O_5}{1-s_5} = \frac{100{,}000}{.96} = 104{,}167 = O_4$$

$$P_4 = \frac{O_4}{1-s_4} = \frac{104{,}167}{.99} = 105{,}219 = O_3 = O_2$$

$$P_3 = \frac{O_3}{1-s_3} = \frac{105{,}219}{.98} = 107{,}366$$

$$P_2 = \frac{O_2}{1-s_2} = \frac{105{,}219}{.98} = 107{,}366$$

$$P_1 = \frac{O_1}{1-s_1} = \frac{107{,}366}{.99} = 108{,}451$$

Iskarta Payı Problemi
(Reject Allowance Problem)

- Ortalama ıskarta oranlarını kullanmak, yüksek üretim hacmine sahip ürünler için doğrudur. Düşük üretim hacimlerinde ortalama oranlar kullanmak yanlış olabilir.

- ÖRNEK: Bir dökümhanede siparişe göre ürün imal edilmektedir. Parti büyüklüğü düşük olup, istenen döküm ürün için iki şans vardır: ya döküm istenildiği gibi olup kabul edilecektir, ya da istenildiği gibi olmadığından reddedilecek ve parçalanıp ıskartaya gidecektir.

Iskarta Payı Problemi
(Reject Allowance Problem)

Q: üretim miktarı

x: istenilen özelliklere sahip olarak imal edilen mamul sayısını (sağlam ürün) gösteren rassal değişken

p(x): x adet sağlam mamul üretme olasılığı

C(Q,x): x adet sağlam mamule sahip , Q adet mamul imal etmenin maliyeti

R(Q,x): x adet sağlam mamule sahip , Q adet mamul imalatından elde edilecek gelir

P(Q,x): x adet sağlam mamule sahip , Q adet mamul imalatından elde edilecek kar (Kar=gelir-maliyet)

E[P(Q)]: Q adet üretimden beklenen kar

Iskarta Payı Problemi (Reject Allowance Problem)

- $$E[P(Q)] = \sum_{x=0}^{Q} \{R(Q,x) - C(Q,x)\}p(x)$$

$$E[P(Q)] = \sum_{x=0}^{Q} P(Q,x)p(x)$$

Örnek 4:

Bir döküm atölyesi, 20 özel döküm siparişi almıştır. Döküm sürecinin maliyeti birim başına 700$ dır. Eğer döküm iyi çıkarsa, son şekline getirmek için üzerinde bir işlem daha yapılmakta ve bunun maliyeti de birim başına 500$ olmaktadır. Satılmayan döküm ürünler, tekrar ergitilip kullanılmakta bu ise birim başına 300$ kadar bir geri dönüşüm değeri sağlamaktadır.

Örnek 4:

Müşteri 20 adet kabul edilebilir döküm için birim başına 2000$ vermeye razıdır. Ayrıca, fazladan 1 ya da 2 dökümü de birim başına 1500$ ödeyerek alabileceğini bildirmiştir. Fakat 20'den az veya 22'den fazla ürün satın alınmayacaktır.

Geçmiş dönemlerde tutulan kayıtlarda, farklı döküm miktarlarına göre elde edilen iyi ürünlerin sayıları yer almaktadır. Beklenen karı enbüyüklemek için firmanın kaç adet döküm yapması gerekir?

Örnek 4:

# Good Castings	Number of Castings Scheduled										
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12	0.10	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00
17	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00
18	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05
19	0.10	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05
20	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05
21	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
22	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
23	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.10	0.10
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05

Örnek 4:

$$R(Q,x)=\begin{cases} 300Q, & x<20 \\ 2000(20)+1500(x-20)+300(Q-x), & 20\le x\le 22 \\ 2000(20)+1500(2)+300(Q-22), & x>22 \end{cases}$$

Müşteri 20 adet kabul edilebilir döküm için birim başına 2000$ vermeye razıdır. Ayrıca, fazladan 1 ya da 2 dökümü de birim başına 1500$ ödeyerek alabileceğini bildirmiştir. Fakat 20'den az veya 22'den fazla döküm satın alınmayacaktır. Satılmayan döküm ürünler, tekrar ergitilip kullanılmakta bu ise birim başına 300$ kadar bir geri dönüşüm değeri sağlamaktadır.

Örnek 4:

$$R(Q,x)=\begin{cases} 300Q, & x<20 \\ 2000(20)+1500(x-20)+300(Q-x), & 20\le x\le 22 \\ 2000(20)+1500(2)+300(Q-22), & x>22 \end{cases}$$

$$R(Q,x)=\begin{cases} 300Q, & x<20 \\ 10000+1200x+300Q, & 20\le x\le 22 \\ 36400+300Q, & x>22 \end{cases}$$

Örnek 4:

$$C(Q,x)=\begin{cases} 700Q, & x<20 \\ 700Q+500x, & 20\le x\le 22 \\ 700Q+500(22), & x>22 \end{cases}$$

Döküm sürecinin maliyeti birim başına 700$ dır. Eğer döküm iyi çıkarsa, son şekline getirmek için üzerinde bir işlem daha yapılmakta ve bunun maliyeti de birim başına 500$ olmaktadır.

Örnek 4:

$$C(Q,x)=\begin{cases} 700Q, & x<20 \\ 700Q+500x, & 20\le x\le 22 \\ 700Q+500(22), & x>22 \end{cases}$$

$$C(Q,x)=\begin{cases} 700Q, & x<20 \\ 700Q+500x, & 20\le x\le 22 \\ 700Q+11000, & x>22 \end{cases}$$

Örnek 4:

P(Q,x)=R(Q,x)-C(Q,x)

$$R(Q,x)=\begin{cases} 300Q, & x<20 \\ 10000+1200x+300Q, & 20\le x\le 22 \\ 36400+300Q, & x>22 \end{cases}$$

$$C(Q,x)=\begin{cases} 700Q, & x<20 \\ 700Q+500x, & 20\le x\le 22 \\ 700Q+11000, & x>22 \end{cases}$$

$$P(Q,x)=\begin{cases} -400Q, & x<20 \\ 10000+700x-400Q, & 20\le x\le 22 \\ 25400-400Q, & x>22 \end{cases}$$

Örnek 4:

$$P(Q,x)=\begin{cases} -400Q, & x<20 \\ 10000+700x-400Q, & 20\le x\le 22 \\ 25400-400Q, & x>22 \end{cases}$$

$$E\left[P(Q)\right]=\sum_{x=0}^{Q}P(Q,x).p(x)$$

$$E\left[P(Q)\right]=\sum_{x=0}^{19}-400Q.p(x)+\sum_{x=20}^{22}(10000+700x-400Q).p(x)$$

$$+\sum_{x=23}^{Q}(25400-400Q).p(x)$$

$$E\left[P(Q)\right]=-400Q+24000.p(x=20)+24700.p(x=21)+25400\sum_{x=22}^{Q}p(x)$$

Örnek 4:

$$E[P(Q)] = -400Q + 24000.p(x=20) + 24700.p(x=21) + 25400\sum_{x=22}^{Q} p(x)$$

Örn. Q=20, x=20 için p(20)=0.10 olarak arkadaki tablodan bulunur.

$$E[P(20)] = -400(20) + 24000p(x = 20) = -5600\$$$

$$E[P(21)] = -400(21) + 24000(0.10) + 24700(0.10) = -3530\$$$

. . . .

$$E[P(27)] = -400(27) + 24000(0.10) + 24700(0.10) + 25400(0.50) = 6770\$$$

$$E[P(28)] = -400(28) + 24000(0.10) + 24700(0.10) + 25400(0.60) = 8910\$$$

$$E[P(29)] = -400(29) + 24000(0.10) + 24700(0.10) + 25400(0.70) = 11050\$$$

$$E[P(30)] = -400(30) + 24000(0.10) + 24700(0.10) + 25400(0.75) = 9640\$$$

Örnek 4:

Geçmiş dönem kayıtları

# Good Castings	Number of Castings Scheduled										
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12	0.10	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00
17	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00
18	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05
19	0.10	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05
20	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05
21	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
22	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
23	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.10	0.10
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05

Örnek 4:

Sonuç

- *Farklı Q adet döküm miktarlarına göre beklenen karlara baktığımızda, en yüksek beklenen karın Q=29 için elde edildiği görülmektedir.*
- *29 adet döküm yapılırsa bunun 22 tanesinin müşteriye satılması, 7 adedinin parçalanıp ergitilmesi ve bu durumda en yüksek karın elde edilmesi beklenmektedir.*

Donanım Oranlarının Belirlenmesi

- $$F = \frac{SQ}{EHR}$$
- F : Vardiya başına gereken makina sayısı
- S : 1 birim ürünü imal etmek için gereken standart zaman (dak)
- Q : Vardiya başına üretilecek birim sayısı
- E : Gerçek performans (standart zamanın bir yüzdesi
- olarak)
- H : Makina başına mevcut kullanım süresi (dak)
- R : Makinanın güvenilirliği (yüzde)

Örnek 5:

- Bir parçanın freze tezgahında işlenme süresi 2.8 dakikadır. 8 saatlik bir vardiya boyunca 200 adet parça imal edilecektir. Üretim için, 480 dakikanın %80'ninde freze tezgahı çalışacaktır. Tezgah çalıştığı sürece, parçalar standart hızın %95'ine eşit bir hızda üretilmektedir. Kaç adet freze tezgahı gerektiğini bulun.

- S = 2.8 dak/parça
- Q = 200 parça/vardiya
- H = 480 dak/vardiya
- E = 0.95
- R = 0.80

$$F = \frac{SQ}{EHR}$$

$$F = \frac{(2.8)(200)}{(0.95)(480)(0.80)}$$

$$F = 1{,}535 \quad \text{tezgah / vardiya}$$

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

- Ürün, süreç ve çizelge tasarımında verilen kararlar bütünü, ürün imalatında çalışacak işgören sayısının belirlenmesinde çok önemli rol oynar.
- Yararlanılabilecek bir araç : İnsan-makina (ya da çoklu faaliyet) şemaları. (human-machine chart, multiple activity chart)
  - Bu şemalar özellikle, bir ya da daha fazla işçi tarafından benzer olmayan makinaların kullanılması durumunda, çoklu faaliyet ilişkilerini analiz etmede kullanılabilir.
  - Geçişli ve durağan durum koşullarında operatör ve makina faaliyetlerinin incelenmesi amacıyla da kullanılabilir.

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

1 Operatör - 1 Makine için insan-makine şeması örneği

- Operatörün parçayı makineye yüklemesi: 1 dak.
- Operatörün parçayı makineden sökmesi:1 dak.
- Makinenin otomatik işlem süresi : 6 dak.
- Operatörün işlenmiş parçayı muayene etmesi& paketlemesi: 0.5 dak.

ZAMAN	OPERATÖR	MAKİNE
0	YÜKLEME	YÜKLEME
1	BOŞ	OTOMATİK ÇALIŞMA
2		
3		
4		
5		
6		
7	BOŞALTMA	BOŞALTMA
8	YÜKLEME	YÜKLEME
9	MUAYENE&PAKETLEME	OTOMATİK ÇALIŞMA
10	BOŞ	
11		
12		
13		
14		
15	BOŞALTMA	BOŞALTMA

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

ZAMAN	OPERATÖR	MAKİNE
0	YÜKLEME	YÜKLEME
1	BOŞ	OTOMATİK ÇALIŞMA
2		
3		
4		
5		
6		
7	BOŞALTMA	BOŞALTMA
8	YÜKLEME	YÜKLEME
9	MUAYENE&PAKETLEME	OTOMATİK ÇALIŞMA
10	BOŞ	
11		
12		
13		
14		
15	BOŞALTMA	BOŞALTMA

Geçişli durum

Durağan durum

- Çevrim Süresi = 8 dakika
- Operatör aylak süre=5.5 dakika
- Makine aylak süre=0 dak.
- Üretim oranı=1/8 =0.125 [parça/dak.]

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

1 Operatör - 3 Makine örneği için insan-makine şemasının oluşturulması

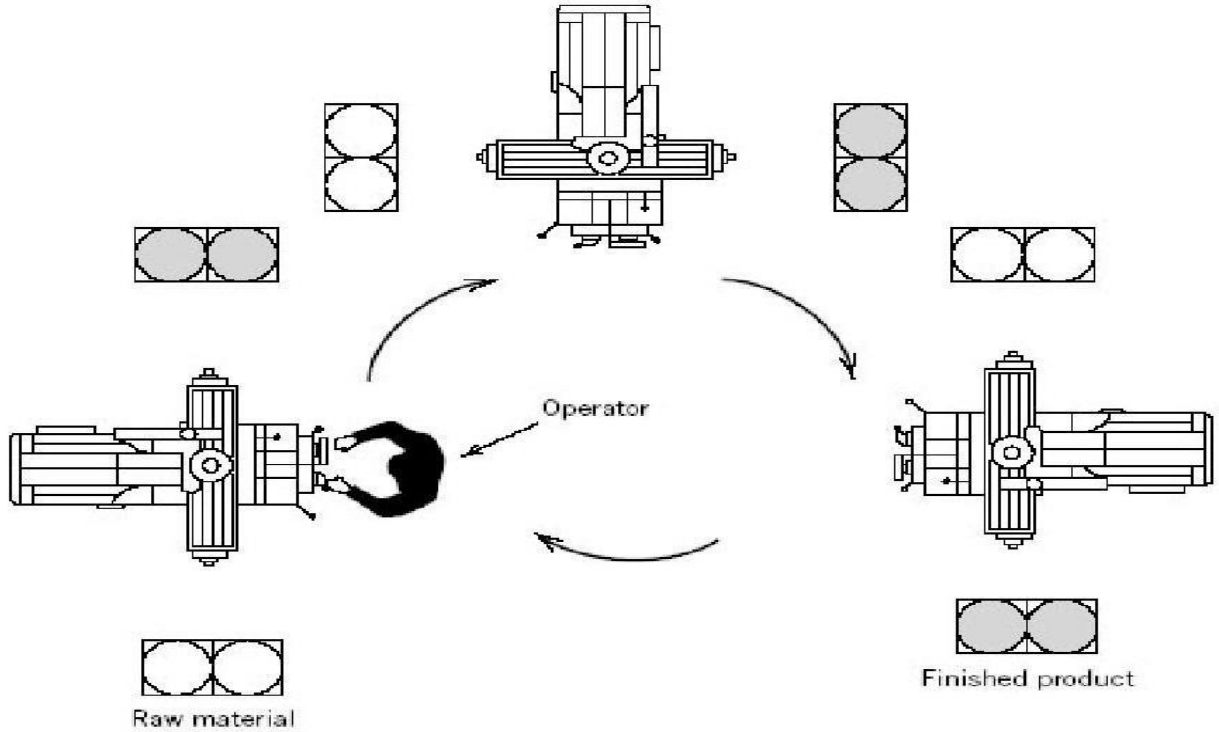


Figure 2.18 Assignment of three machines to one operator. (Reprinted with permission from [23].)

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

ZAMAN	İŞÇİ	MAKİNE 1	MAKİNE 2	MAKİNE 3
0	YÜKLEME 1	YÜKLEME	BOŞ	BOŞ
1	YÜRÜME 2	OTOMATİK ÇALIŞMA		
2	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
	YÜRÜME 3		OTOMATİK ÇALIŞMA	
3	YÜKLEME 3			YÜKLEME
4	YÜRÜME 1			OTOMATİK ÇALIŞMA
5	BOŞ			
6				
7	BOŞALTMA 1	BOŞALTMA		
8	YÜKLEME 1	YÜKLEME		
9	M & P 1	OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ	
	YÜRÜME 2			
10	BOŞALTMA 2		BOŞALTMA	BOŞ
11	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
12	M & P 2		OTOMATİK ÇALIŞMA	
	YÜRÜME 3			
13	BOŞALTMA 3			BOŞALTMA
14	YÜKLEME 3			YÜKLEME
15	M & P 3	BOŞ		OTOMATİK ÇALIŞMA
	YÜRÜME 1			
16	BOŞALTMA 1	BOŞALTMA		
17	YÜKLEME 1	YÜKLEME		
18	M & P 1	OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ	
	YÜRÜME 2			
19	BOŞALTMA 2		BOŞALTMA	
20	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
21	M & P 2		OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ
	YÜRÜME 3			
22	BOŞALTMA 3			BOŞALTMA
23	YÜKLEME 3			YÜKLEME

Operatör başlangıçta makine 1'in önünde

Makineler arası mesafe : 0.5 dak.

Operatörün makineyi yüklemesi: 1 dak.

Operatörün makineyi boşaltması:1 dak.

Makinenin otomatik işlem süresi : 6 dak.

Operatörün işlenmiş parçayı muayene etmesi& paketlemesi: 0.5 dak.

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

ZAMAN	İŞÇİ	MAKİNE 1	MAKİNE 2	MAKİNE 3
0	YÜKLEME 1	YÜKLEME	BOŞ	BOŞ
1	YÜRÜME 2	OTOMATİK ÇALIŞMA		
2	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
	YÜRÜME 3		OTOMATİK ÇALIŞMA	
3	YÜKLEME 3			YÜKLEME
4	YÜRÜME 1			OTOMATİK ÇALIŞMA
5	BOŞ			
6				
7	BOŞALTMA 1	BOŞALTMA		
8	YÜKLEME 1	YÜKLEME		
9	M & P 1	OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ	
	YÜRÜME 2			
10	BOŞALTMA 2		BOŞALTMA	
11	YÜKLEME 2		YÜKLEME	BOŞ
12	M & P 2		OTOMATİK ÇALIŞMA	
	YÜRÜME 3			
13	BOŞALTMA 3			BOŞALTMA
14	YÜKLEME 3			YÜKLEME
15	M & P 3	BOŞ		OTOMATİK ÇALIŞMA
	YÜRÜME 1			
16	BOŞALTMA 1	BOŞALTMA		
17	YÜKLEME 1	YÜKLEME		
18	M & P 1	OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ	
	YÜRÜME 2			
19	BOŞALTMA 2		BOŞALTMA	
20	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
21	M & P 2		OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ
	YÜRÜME 3			
22	BOŞALTMA 3			BOŞALTMA
23	YÜKLEME 3			YÜKLEME

Geçişli durum
12 dakika

Durağan durum
9 dakika

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

ZAMAN	İŞÇİ	MAKİNE 1	MAKİNE 2	MAKİNE 3
0	YÜKLEME 1	YÜKLEME	BOŞ	BOŞ
1	YÜRÜME 2	OTOMATİK ÇALIŞMA		
	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
2	YÜRÜME 3		OTOMATİK ÇALIŞMA	
3	YÜKLEME 3			YÜKLEME
4	YÜRÜME 1			OTOMATİK ÇALIŞMA
5	BOŞ			
6				
7	BOŞALTMA 1	BOŞALTMA		
8	YÜKLEME 1	YÜKLEME		
9	M & P 1	OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ	
	YÜRÜME 2			
10	BOŞALTMA 2		BOŞALTMA	BOŞ
11	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
12	M & P 2		OTOMATİK ÇALIŞMA	
	YÜRÜME 3			
13	BOŞALTMA 3			BOŞALTMA
14	YÜKLEME 3			YÜKLEME
15	M & P 3	BOŞ		OTOMATİK ÇALIŞMA
	YÜRÜME 1			
16	BOŞALTMA 1	BOŞALTMA		
17	YÜKLEME 1	YÜKLEME		
18	M & P 1	OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ	
	YÜRÜME 2			
19	BOŞALTMA 2		BOŞALTMA	
20	YÜKLEME 2		YÜKLEME	
21	M & P 2		OTOMATİK ÇALIŞMA	BOŞ
	YÜRÜME 3			
22	BOŞALTMA 3			BOŞALTMA
23	YÜKLEME 3			YÜKLEME

- *Operatör aylak süre=0 dakika*
- *Makine aylak süre=1 dak.*
- *Üretim oranı=3/9 =0.33 [parça/dak.]*

Durağan durum 9 dakika

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

Bir operatöre atanacak makine sayısını belirlemekte kullanılabilecek bir model

- Operatör ve makinelerden oluşan, yarı-otomatik bir üretim ortamı
- Benzer koşullar altında, bir operatöre atanacak optimum makine sayısının belirlenmesi için kullanılabilir.
- VARSAYIMLAR:
  - Makinalar aynı işi yapmakta olup, birbirinin aynı özelliklere sahiptir.
  - Operatörün makinayı yükleme ve boşaltma süresi sabittir.
  - Makinaların otomatik işleme süreleri sabittir.
  - Operatörün bir makinadan diğerine ulaşma süresi, parçaları hazırlama, kontrol etme ve paketleme süresi birbirinden bağımsız ve sabittir.

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

Tanımlar

- **a :** Eşzamanlı faaliyet zamanı (hem makine hem operatör dolu / örneğin bir makinenin yüklenmesi ve boşaltılması)
- **b :** Operatörün bağımsız faaliyet zamanı (yürüme, muayene, paketleme)
- **t :** Makinenin bağımsız faaliyet zamanı (otomatik çalışma)
- **n' :** Bir operatöre atanacak benzer makinelerin ideal sayısı
- **m :** Bir operatöre atanan benzer makinelerin sayısı
- **Tc :** Tekrarlı çevrim süresi
- **Io :**Tekrarlı bir çevrim boyunca operatörün boş zamanı
- **Im :** Tekrarlı bir çevrim boyunca makinenin boş zamanı

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

$$n' = \frac{a + t}{a + b}$$

- İdeal durumda hem operatör hem de makinenin boş kalmadığını varsayalım.
  - Her makinede bir çevrim (a+t) dakikada tamamlanır.
  - Operatör, bir çevrimde bir makineye (a+b) dakika harcar.
  - Bir operatöre atanacak ideal makine sayısı:
    - (a+t)/(a+b) olarak bulunur.

Örnek:

$$n' = \frac{a + t}{a + b}$$

Örnek:

a=2 dak. (makine yükleme+boşaltma süresi)

t= 6 dak. (makinenin otomatik çalışma süresi)

b=1 dak. (operatörün yürüme+muayene ve paketleme süresi)

n'=(2+6)/(2+1)=8/3= 2.67 makine (ideal sayı)

Kesirli sayıda makine bir operatöre atanamayacağından, n' tamsayı değere yuvarlanarak m=3 olarak bulunur.

$$T_c = \begin{cases} a + t & m \leq n' \\ m(a + b) & m > n' \end{cases}$$

- **Tc :** Tekrarlı çevrim süresi
  - Operatörün çalışma süresi=m.(a+b)
  - Bir makine çevrimi=(a+t)
- Tekrarlı çevrim süresini, daha büyük olan belirler.

Örnek:

n′=2.67, m=3

(a+t)=8 dak. ve m(a+b)= 3(2+1)=9 dak.

ise tekrarlı çevrim süresi 9 dak. olarak alınır.

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

Operatörün çalışma süresi=**m.(a+b)**

Bir makine çevrimi=**(a+t)**

İkisi arasındaki fark boş zamanı verir.

Io : Tekrarlı bir çevrim boyunca operatörün boş zamanı

Im : Tekrarlı bir çevrim boyunca makinenin boş zamanı

$$I_0 = \begin{cases} (a+t) - m(a+b) & m \le n' \\ 0 & m > n' \end{cases}$$

$$I_m = \begin{cases} m(a+b) - (a+t) & m > n' \\ 0 & m \le n' \end{cases}$$

m=3 > n′=2.67

Io=0 dak.

Im= 9-(2+6)=1 dak.

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

Birim üretim maliyeti

$$TC(m) = \begin{cases} \dfrac{(c_1 + m.c_2)(a+t)}{m}; & m \le n' \\ (c_1 + m.c_2)(a+b); & m > n' \end{cases}$$

$$TC(m) = \frac{(c_1 + m.c_2)Tc}{m}$$

- *C1=Adam-saat başına maliyet*
- *C2=Makine-saat başına maliyet*
- *TC(m): Operatör başına m adet makine tahsisine dayanan birim üretim maliyeti*

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

$$TC(m) = \begin{cases} \dfrac{(c_1 + m.c_2)(a+t)}{m}; & m \le n' \\ (c_1 + m.c_2)(a+b); & m > n' \end{cases}$$

$$TC(m) = \frac{(c_1 + m.c_2)Tc}{m}$$

- *$m \le n'$ iken, TC(m) değerini enküçüklemek için, m mümkün olduğunca büyük olmalıdır.*
- *$m > n'$ iken TC(m) değerini enküçüklemek için, m mümkün olduğunca küçük olmalıdır.*
- *Eğer n' tamsayı ise, TC(m) değeri enküçüklenir.*
- *Eğer tamsayı değilse, ya (n) ya da (n+1) TC(m) değerini enküçükler. (n: n' değerinin tamsayı kısmı)*

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

$$TC(m) = \begin{cases} \dfrac{(c_1 + m.c_2)(a+t)}{m}; & m \le n' \\ (c_1 + m.c_2)(a+b); & m > n' \end{cases}$$

$$\theta = \frac{TC(n)}{TC(n+1)} = \frac{(c_1 + n.c_2)(a+t)}{n(c_1 + (n+1).c_2)(a+b)} \quad ; \qquad \varepsilon = \frac{c_1}{c_2}$$

$$\theta = \frac{\varepsilon + n}{\varepsilon + n + 1} \times \frac{n'}{n}$$

- *Eğer Φ<1 ise, TC(n)<TC(n+1) ve n makine tahsis edilmelidir.*
- *Eğer Φ>1 ise, TC(n)>TC(n+1) ve (n+1) makine tahsis edilmelidir.*

Operatöre Makina Tahsis Etme Problemi

Örnek

$$\varepsilon = \frac{c_1}{c_2}; \quad \theta = \frac{\varepsilon + n}{\varepsilon + n + 1} \times \frac{n'}{n}$$

C1=15 $/saat

C2= 50$/saat

n′=2.67

$$\varepsilon = \frac{15}{50} = 0.30$$

$$\theta = \frac{0.30 + 2}{0.30 + 2 + 1} \times \frac{2.67}{2} = 0.930$$

Φ=0.930 <1 olduğundan 2 makine tahsis edilmelidir.

KURULUŞ ÇALIŞMALARI

Kaynaklar:

1. İşyeri/Fabrika Tasarımı ve Yerleşim Düzeni, Prof.Dr. Kenan Özden,Prof.Dr. Sami Ercan.
2. Facilities Planning, Tompkins, White, Bozer, Tanchoco.
3. Doç.Dr.Nil Aras Tesis Tasarım ve Planlaması Ders Notları