

DERS III

ÜRETİM HATLARI

ÜRETİM HATLARI

Üretim hatları, malzemenin bir seri işlemden geçerek ürün haline dönüştürülmesini sağlayan bir makineler ve/veya iş istasyonları dizisidir.

Bir üretim hattı üzerinde tek bir çeşit ürün üretilebileceği gibi modeller karması da üretilebilir.

akış tipi üretim hatları

transfer hatları	montaj hatları
taşıma ve işlemler yoğunlukla otomatik daha rijit	taşıma ve işlemler daha çok manüel daha esnek
genellikle ya tek model için ya da çok modellenli fakat büyük partiler halinde üretim	karma model üretimi

ÜRETİM HATLARI

Problem:
hatların dengelenmesi.
başka deyişle,
iş istasyonlarında gerçekleştirilecek işlemleri belirlemek
ve
minimum boş süre kalacak şekilde hattın etkin olarak çalışmasını sağlamaktır.

hat dengeleme

Hat dengeleme, ilk olarak 20. yüzyılın başlarında seri üretim hatları ile Ford tarafından uygulanmıştır.

İşin modüllere ayrılarak gerçekleştirilmesi, gerek ihtisaslaşma sağlanması ve gerekse kısa üretim sürelerine ulaşılmasını sağladığı için işlerin bant üzerinde akışına olanak yaratmaktadır.

hat dengeleme

Bir işin kolayca modüllerine ayrılamaması, ayrılabilenlerin ise araç, gereç, işgücü kapasitelerinin eşit olmaması nedeni ile üretim veya montaj hatlarının dengelenmesi ihtiyacı doğmaktadır.
Hat dengeleme, iş elemanlarının iş istasyonlarına tahsisidir.

hat dengeleme

Örnek
10 işlem
sonucunda
ve
toplam 58
dakikada
imal edilen
bir ürünün
modüllerin
e ayrılması

İşlem (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
İşlem süresi (t)	5	10	5	2	7	5	10	2	5	7

Bant sistemi oluşturulursa bu hatta 10 işçinin çalıştırılması gerekmektedir ve bu durumda kimi işçi çok, kimi işçi ise az çalışacaktır.

Örnek

Bu durumda hattın yeterli talebi karşılayacak şekilde ne kadar zamanda bir hareket ettirilmesi gerektiği – *çevrim süresi* - hesaplanmalıdır.

Örneğin bant 10 dakikada bir (maksimum işlem süresini karşılayacak süre) hareket ederse

6 (58 dak/10 dak/adet) istasyona gerek duyulacaktır.

Teknolojik öncelik sırası söz konusu değilse bazı işler istasyonlarda birleştirilmelidir

İstasyon	İşlem	İşlem Süresi	Boş Süre
I	2	10	—
II	7	10	—
III	1, 3	5 + 5	—
IV	6, 9	5 + 5	—
V	4, 5	2 + 7	1
VI	8, 10	2 + 7	1
			2 dk

Örnek

2 dakikalık boş süre ile 6 istasyonlu hat sezgisel olarak dengelenmiştir.

Bu süreden daha az boş süre elde edilemez.

Aynı işlemler 15 dakikalık çevrim süresi ile gerçekleştirilecek olduğunda 4 istasyon gerekecek ve işlemler bu 4 (58 dak/15 dak/adet) istasyona şekildeki gibi tahsis edilecektir

İstasyon	İşlem	İşlem Süresi	Boş Süre
I	1, 2	5 + 10	—
II	3, 7	5 + 10	—
III	5, 10	7 + 7	1
IV	4, 6, 8, 9	2 + 5 + 2 + 5	1
			2 dk

Çevrim süreleri

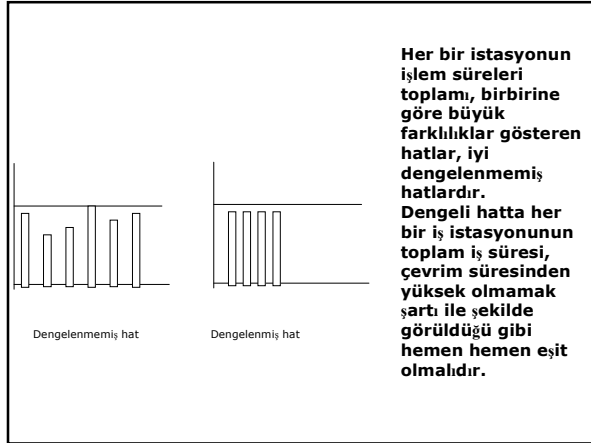
talep,
vardiya
ve
hat sayıları
dikkate alınarak hesaplanır.

Örneğin yılda 250 işgünü çalışan bir işletme için talep miktarları, 10 ve 15 dakikalık çevrim süreleri için seçilebilecek hat ve vardiya sayıları şöyle olacaktır:

Talep	vardiya	hat	Çevrim süresi
16000	2	1	15'
	1	2	15'
24000	2	1	10'
	1	2	10'
	3	1	15'
	1	3	15'
360000	3	10	10'
20000	1	1,1	10', 15'

Montaj Hattı Dengelemenin Amaçları

- Boş zamanları ve dengeleme kayıplarını minimize etmek
- İş istasyonlarının sayısını minimize etmek
- Düzenli bir malzeme akışı sağlamak
- Dengeleme kayıplarını iş istasyonlarının üzerine dağıtıp yaymak
- İnsan gücü kullanımını en üst düzeye ulaştırmak
- Var olan tüm kısıtları sınırları zorlamadan sağlamak
- Makine kapasitelerini en üst düzeyde kullanmak
- En az miktarda malzeme kullanmak
- Hat dengeleme maliyetini en üst düzeyde tutmak



İlgili Kavramlar

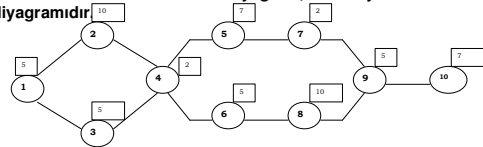
- **İş Elemanı (Ögesi) :** Montajcılar arasında gereksiz karışıklık olmadan iki veya daha fazla işçi arasında paylaştırılmayan iş birimidir.
- **İşlem :** Bir iş istasyonuna tahsis edilen iş elemanları kümesidir.
- **İş İstasyonu :** Montaj hattı üzerinde verilen belirli bir işin yapıldığı alandır. Genellikle bir iş istasyonunda bir işçi çalışır.
- **Çevrim Süresi :** Ürünün her iş istasyonunda kaldığı süredir.
- **Denge Gecikmesi :** İş istasyonlarının üretim hattına dengesiz dağılımından kaynaklanan boş süredir.

İlgili Kavramlar

- c^* : ortalama iş istasyonu süresi
- n : dengeleme sonunda bulunan iş istasyonu sayısı
- D : dengeleme kaybı
- C : çevrim süresi
- T : eldeki toplam süre
- N : yapılması istenen ürün sayısı
- ise;
- $C^* = \sum t / n$
- $\text{Min } n = \sum t / c$
- $D (\%) = (c - c^* / c) \times 100$
- $D (\%) = (nc - t / nc) \times 100$
- $C = T / N$

İlgili Kavramlar

- **Teknolojik Öncelik Diyagramı:** İş istasyonlarına atanacak iş elemanlarının teknik özelliklerinden dolayı öncelikleri söz konusu olmaktadır. Başka deyişle, iş elemanlarının hangi sıra ile yapılacağı, öncesinde ve sonrasında hangi işlemlerin gerçekleştirileceği önemlidir. Bu öncelikler bir diyagramla gösterilir. Diyagramda, düğümler işlemleri, oklar öncelikleri (okun çıktığı düğüm önce ve bittiği düğüm sonra olmak üzere) ve düğümlerin dışındaki sayılar da işlem sürelerini göstermektedir. Kullanılan bu diyagram, teknolojik öncelik diyagramıdır.

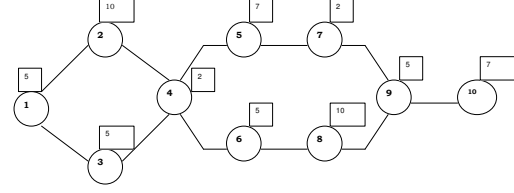


- **Öncelik Matrisi:** Teknolojik öncelik diyagramının matrise dönüştürülmüş şeklidir. Matris kutularındaki "1"ler, öncelikleri göstermektedir.

Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri
Sıra Pozisyon Ağırlığı
(Helgeson – Birnie Yöntemi)

Sıra pozisyon ağırlığını bulabilmek için her bir işlem ve kendinden sonra gelen işlem süreleri toplanır.

Bunlar ağırlıklarına göre sıralanır.
 Çevrim süresi göz önüne alınarak,
 pozisyon ağırlıklarına göre işlemler istasyonlara atanır.



İşlem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Süre	5	10	5	2	7	5	10	2	5	7
P.A.	58	48	43	38	21	27	22	14	12	7
Öncelik	—	1	1	2,3	4	4	6	5	7,8	9

İşlem	1	2	3	4	6	7	5	8	9	10
Süre	5	10	5	2	5	10	7	2	5	7
P.A.	58	48	43	38	27	22	21	14	12	7
Öncelik	—	1	1	2,3	4	6	4	5	7,8	9

İstasyon	İşlem	İşlem Süresi	Boş Süre
I	1, 3	5 + 5	—
II	2	10	—
III	4, 5	2 + 7	1
IV	6, 8	5 + 2	3
V	7	10	—
VI	9	5	5
VII	10	7	3
			12 dk

- n : hesaplanan istasyon sayısı
- m : gerçekte elde edilen istasyon sayısı
- $n = T / c$ $n = 58 / 10 = 6$ $m = 7$
- Teorik olarak minimum istasyon sayısı "6" olarak hesaplanmasına rağmen hat, gerçekte "7" istasyonla kurulduğu için etkinlik,
- [maksimum etkinlik] $e_{max} = \Sigma t / nc \times 100$
- [gerçek etkinlik] $e = \Sigma t / mc \times 100$
- $e_{max} = (58 / 6 \times 10) \times 100 = \% 96,6$ iken
- $e = (58 / 7 \times 10) \times 100 = \% 83$
- olacaktır. Bu durumda hattın çevrim süresi değiştirilerek daha etkin olarak çalıştırılması araştırılabilir.

Örnek

14 ögeli bir montaj hattında, bir k nolu iş ögesinin işlem süresi

$$k, 1 \leq k \leq 4$$

$$k, 5 \leq k \leq 8$$

$$k=7, 9 \leq k \leq 14$$

olmak üzere;
şeklinde verilmiştir.

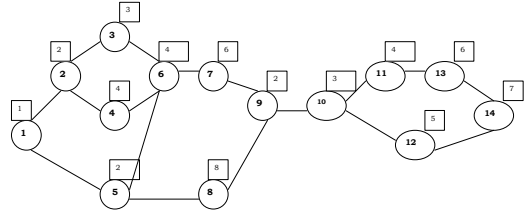
Bu montaj hattında tek tip ürün üretilecektir. Tabloda her bir iş ögesine ait öncül iş ögeleri verilmiştir. Üretilen ürüne olan yıllık talep 18000 adettir. Yıllık üretim, yıllık talebe eşit yapılacaktır. İşletme yılda 300 gün üretimde bulunmaktadır. Günlük çalışma süresi 8 saattir. Bu verilere göre;

Örnek

- Teknolojik öncelik diyagramını çiziniz.
- Çevrim süresini bulunuz.
- İşleri istasyonlara, konum ağırlıklı dengeleme tekniğini uygulayarak atayınız.
- Denge kaybını bulunuz.

Örnek

İş Ögesi	Öncül İş Ögesi/Ögeleri
1	—
2	1
3	2
4	2
5	1
6	3, 4, 5
7	6
8	5
9	7, 8
10	9
11	10
12	10
13	11
14	12, 13



$$C = T / n$$

$$C = 300 \times 8 \times 60 / 18000$$

$$C = 8 \text{ dak} / \text{ürün}$$

İşlem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Süre	1	2	3	4	2	4	6	8	2	3	4	5	6	7
P.A.	57	46	40	41	47	37	33	35	27	25	17	12	13	7

İşlem	1	5	2	4	3	6	8	7	9	10	11	13	12	14
Süre	1	2	2	4	3	4	8	6	2	3	4	6	5	7
P.A.	57	47	46	41	40	37	35	33	27	25	17	13	12	7

İstasyon	İşlem	İşlem Süresi	Boş Süre
I	1, 5, 2, 3	1 + 2 + 2 + 3	—
II	4, 6	4 + 4	—
III	8	8	—
IV	7, 9	6 + 2	—
V	10, 11	3 + 4	1
VI	13	6	2
VII	12	5	3
VIII	14	7	1
			7 dk

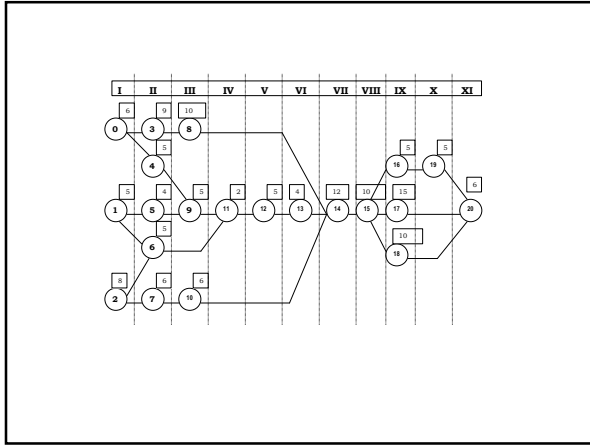
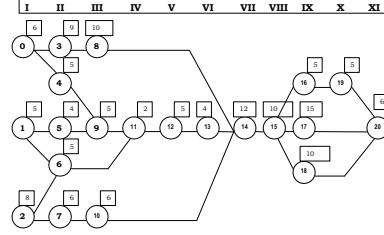
$$D (\%) = (nc - \Sigma t / nc) \times 100 = 8 \times 8 - 57 / 8 \times 8 \times 100 = \% 10,93 = 11$$

Kilbridge – Wester Yöntemi

Adımlar

- Tablonun f sütünü gözden geçirilir. Çevrim süresine eşit bir sürenin bulunup bulunmadığı incelenir. Eğer varsa bu süreyi meydana getiren işlemler tek bir istasyonda toplanabilir.
- Yoksa, f sütununda çevrim süresinden az en büyük süre bulunur. Bu süre çevrim süresinden çıkarılır
- İzleyen istasyonda toplanmalarının farkı bu süreye eşit işlemler bulunup bulunmadığı araştırılır. Varsa bu işlemler bir sonraki adıma aktarılır. Yoksa 5. adıma geçilir;
- f sütununda çevrim süresinden büyük, ancak bu sütundaki en küçük birikimli süre bulunur.
- Bu en küçük birikimli sürenin bulunduğu istasyonda mevcut işlemlerden bir veya daha fazlası istasyon dışına çıkartılarak bu süreyi çevrim süresine indirmeye olanağı araştırılır. Varsa gerekli indirmeye yapılır. Yoksa bir sonraki aşamaya geçilir.
- f sütununda daha sonra gelen en küçük birikimli süre seçilir. Bu süreyi çevrim süresine indirmek için bu istasyon dışına bir veya daha fazla işlemin çıkarılabilme olanağı araştırılır.
- En uygun atama yapılır.

Çevrim süresi: 36 dakika



Istasyon (a)	İşlem (b)	Aktarılabirlik (c)	İşlem Süresi (d)	Sütun Süresi (e)	Birikimli Süre (f)
	0		6		
I	1		5	19	
	2		8		19
	3		9		
	4	III,IV,V'e 8 ile	5		
II	5	III'e	4	29	
	6		5		
	7	III,IV,V'e 10 ile	6		48
	8	IV,V,VI'ya	10		
III	9		5	21	
	10	IV,V,VI'ya	6		69
IV	11		2	2	71
	12		5	5	76
V	13		4	4	80
	14		12	12	92
VII	15		10	10	102
	16		5		
IX	17	X'a	15	30	
	18	X'a	10		132
	19		5	5	137
XI	20		6	6	143

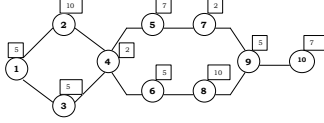
Istasyon	İşlem	Aktarılabirlik	İşlem Süresi	Sütun Süresi	Birikimli Süre
	0		6		
I	1		5		
	2		8	19	
	4		5		
	6		5		
II	7		6	16	35
	3		9		
	5		4	13	
	8		10		
III	9		5		
	10		6		
	11		2	23	36
	12		5		
IV	13		4		
	14		12		
	15		10		
	16		5	36	36
V	17		15		
	18		10		
	19		5		
	20		6	36	36

Hoffman Yöntemi

- Öncelik elemanının, olası tüm iş elemanı permütasyonlarını üretmekte kullanılabilmesi için, matrisin her sütunu, kendi aralarında toplanarak, "kod numaraları" adı verilen bir satır matrisi elde edilir. İlk başta elde edilen kod numaraları dizisinin (satır matrisinin), iş elemanı sayısı kadar elemanı vardır. Bunlardan en az bir tanesi sıfırdır. Bundan sonra aşağıdaki yaklaşımın kullanılmasıyla çözüm elde edilir.
- Kod numaraları dizisi içinde soldan sağa doğru sıfır (0) olan ilk elemanı ara.
- İlk sıfırın bulunduğu noktaya karşı gelen iş elemanı numarasını seç.
- Bu iş elemanının işlem süresini, kalan istasyon süresinden çıkar.
- Sonuç 0 ise adım-5'e, sonuç <0 ise adım-6'ya git.
- İş elemanına öncelik matrisinden karşı gelen satırı ve sütunu bu matrisin çıkar ve elde edilen satır matrisini, yeni kod numaraları dizisi olarak kullan.
- 4. adımda bulunan sonuç <0 ise atama yapma, aksi durumda bu işi o istasyona ata, adım-5'i uygula, adım-1'e geri dön ve yeni bir iş elemanı seç. Adım 1- 6 arasında yinele ve adım-7'ye git.
- Kalan istasyon süresi sıfıra eşitse adım-8'e, aksi durumda adım-9'a git.
- İlgili istasyona atama tamamlanmıştır. Bir sonraki istasyon işlemleri için adım-1'e git.
- Kod numaraları dizisi içinde sıfır değerine sahip olan eleman veya elemanlarda, kalan istasyon süresinden küçük veya eşit işlem süresine sahip olan yoksa, yeni istasyon atamaları için adım-1'e git. Varsa, öncelik istasyona atama yapmayı sürdürmek amacıyla, adım-1'e dön.
- Bu yaklaşım, tüm iş elemanlarının istasyonlara atanması bitene kadar sürdürülür.

Hoffman Yöntemi

çevrim süresi: 10 dak.



Hoffman Yöntemi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	2	1	1	1	1	2	1

Hoffman Yöntemi

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	0	2	1	1	1	1	2	1

Hoffman Yöntemi

	2	4	5	6	7	8	9	10
2	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0
Kod No Dizisi	0	1	1	1	1	1	2	1

Hoffman Yöntemi

çözüm

Istasyon	İş Oğesi	Süre	Birikimli Süre	Boş Süre
I	1	5	5	5
	3	5	10	0
II	2	10	10	0
	4	2	2	8
III	5	7	9	1
	6	5	5	5
IV	8	2	7	3
	7	10	10	0
V	9	5	5	5
	10	7	7	3