

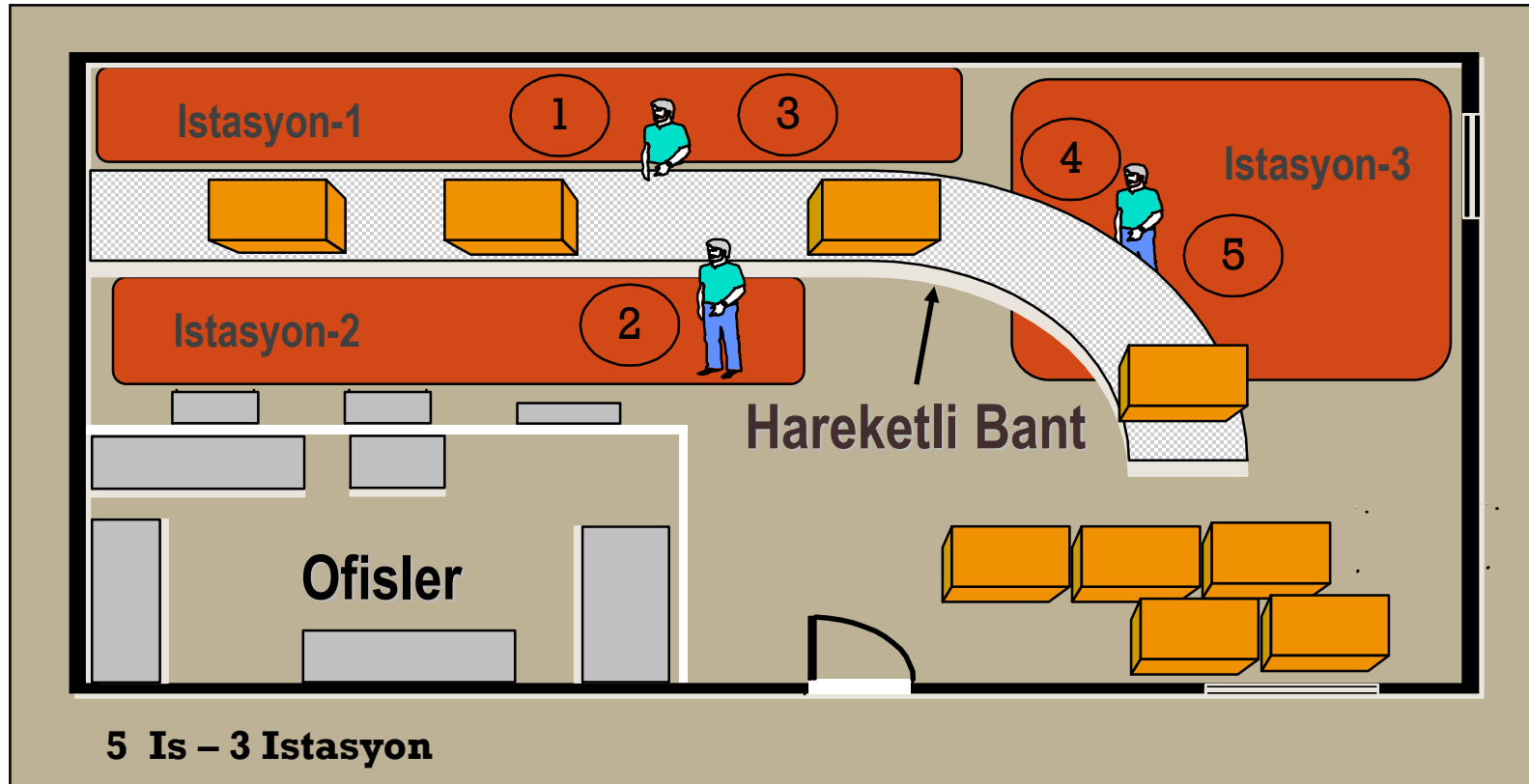
MONTAJ HATTI TASARIMI VE ANALİZİ - EMM4208

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKOÇ

<http://ikucukkoc.baun.edu.tr>

MONTAJ HATTI KAVRAMI

- Montaj hattı, bir malzeme tasima sistemi etrafina ardisik olarak istasyonlarin yerlestirildigi ve bu istasyonlarda ikame edilebilen degisik parcalarin (sirali bir sekilde) hattin uzerinde akan urune eklendigi uretim surecidir.



MONTAJ HATTI KAVRAMI

- Montaj hattı, belirli sayıda ardışık iş istasyonunun birbirlerine **bir malzeme taşıma sistemi ile** bağlanmasıyla meydana gelir.



MONTAJ HATTI KAVRAMI

- Malzemeler istasyonlar arasında **sabit bir tasima hiziyla** hareket eder. **Her istasyonda** ürünün tamamlanmasi için gerekli olan görevlerden (islerden) **bazilari** gerçekleştirilir ve **hattin sonuna gelindiğinde ürün tamamlanmis olur.**



MONTAJ HATTI KAVRAMI

- Kitle üretimi, imalat veya montaj yöntemlerinden birisiyle gerçekleştirilebilir ve imalat ve montaj hatlarının yapıları ve işlevleri açısından büyük ölçüde benzerlik gösterir:
 - İmalat hatları, ürüne göre yerleşimin tercih edildiği ve operasyonların **makinelere** **kullanılarak yapıldığı, malzemeye şekil verilen** hatlardır.
 - Montaj işlemi, ürünü oluşturan parçaların manuel olarak veya küçük el aletleri kullanılarak **sistemik olarak birleştirilmesi** işlemidir.



İmalat/Montaj Hattı?





MONTAJ HATLARININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ

Montaj hatları günümüzde, otomotiv, elektronik, beyaz eşya gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genellikle üretim süreçlerinin son aşamaları olan montaj hatlarının performansı, üretim süreçlerinin genel performansı üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Çok sayıda işletme, üretim süreçlerinin performansını artırmak amacıyla, montaj hatlarını kullanmakta ve diğer üretim aşamaları ve işletme dışından tedarik edecekleri malzemelerin akış hızını son montaj hattının ihtiyacına göre ayarlamaktadırlar.

MONTAJ HATLARININ ENDUSTRIDEKİ YERİ

- Montaj hatlari, cok yetenek gerektirmeden makineler ve/veya robotlardan da yararlanilarak karmaşik urunlerin uretiminde kullanildigi icin kitle uretiminde en cok kollanilan metoddur.
- Yeni bir hattin tasariminin yaninda, mevcut hatlar da periyodik olarak veya uretim surecindeki/planindaki bazi degisiklikler sonrasi yeniden dengelenmek zorundadir.

DENGELEMENİN ÖNEMİ

- Montaj hattı kurulumu uzun süreli bir karardır ve genellikle büyük yatırım gerektirir. Bu yüzden, montaj hatlarının iyi tasarlanması ve dengelenmesi üretimin etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için çok önemlidir.
- Dengeleme kararlarının uzun dönem etkilerinden dolayı, amaç fonksiyonları işletmenin stratejik hedeflerini gözleterek dikkatli bir şekilde seçilmelidir.

HEDEFLER

- Düzenli bir malzeme akışını sağlamak.
- İnsangücü ve kapasitelerinin en yüksek oranda kullanılmasını sağlamak.
- İşlemleri en kısa sürede tamamlamak.
- Hat üzerindeki iş istasyonu (workstation) sayısını enazlamak.
- Boş (idle) süreleri enazlamak.
- Boş süreleri iş istasyonları arasında düzgün (smooth) bir şekilde dağıtmak.
- Üretim maliyetlerini enküçükleme.

TERMINOLOJİ VE TEMEL HESAPLAMALAR

- Montaj hatlarının tasarlanmasında ve talep değişikliklerine göre üretim hızının tekrar ayarlanmasında ortaya çıkan en önemli problem, **montaj hattı dengeleme (MHD) problemidir.**
- **Montaj hattı dengeleme problemi (MHD):** Montaj hattında yerine getirilecek işlerin (görevlerin),
 - aralarındaki *öncelik ilişkileri* ihlal edilmeden,
 - belirlenen bir *çevrim zamanı* aşılmayacak ve
 - belirli bir *performans ölçütü* en iyilenecek şekilde **istasyonlara atanması** problemidir.

TERMINOLOJİ VE TEMEL HESAPLAMALAR

Görev/İş Ogesi (Task): Bir montaj hattında tamamlanması gereken toplam işin, işin niteliğine göre bölünebilecek en küçük parçasıdır.

Görev/İş Süresi (Task Time): Bir görevin tamamlanabilmesi için gereken süredir.

İstasyon (Workstation): Bir veya birden fazla görevin, bir veya birden fazla işgücü tarafından yapıldığı hat üzerindeki bir iş merkezi.

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5
Görevler	1	2	3,6	4	5,7
İstasyon Zamani	9 	5 	10 	8 	10 

TERMINOLOJİ VE TEMEL HESAPLAMALAR

Istasyon Zamani (Workload Time): Bir istasyona atanan görevlerin görev süreleri toplamini ifade eder.

Cevrim Zamani (Cycle Time): Montaj hattındaki bir istasyona, o istasyona atanan görevlerin tamamlanabilmesi için ayrılan zamandır.

Cevrim zamani bir montaj hattini oluşturan bütün istasyonlar için eşittir ve hattan ardi ardina iki ürün çikişi arasinda geçen süreyi ifade eder.

CEVRİM ZAMANI

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{Planning Period}}{\text{Production Quantity}}$$

- Uretim miktarı ve zamanına bağlı olarak çevrim zamanı (C) şöyle belirlenir:

$$C = P/D$$

(C, en büyük is zamanından daha büyük olmak kosulu ile)

P: Toplam kullanılabilir süre veya planlama donemi (time horizon or planning period)

D: Talep veya üretim miktarı (demand or production quantity)

Örnek: Haftada 5 gün, günde 8 saat mesai yapan bir firmanın önümüzdeki 4 haftaya ilişkin toplam ürün talebi 1000 adettir. Çevrim zamanı:

$$P = 4 \text{ hafta} \times 5 \text{ gün/hafta} \times 8 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dak./saat} = 9600 \text{ dakika}$$

$$D = 1000 \text{ adet}$$

$$C = P/D$$

$$C = 9600 \text{ dakika} / 1000 \text{ adet} = 9.6 \text{ dakika / adet}$$

olarak hesaplanır.

URETIM HIZI

Uretim Hizi (Production Rate): Birim zamandaki cikti miktaridir. Ornegin, bir hatta 1 saatte uretilen urun miktarı üretim hızını ifade etmek için kullanılabilir.

$$PR = 1/C = D/P$$

D: Talep veya üretim miktarı

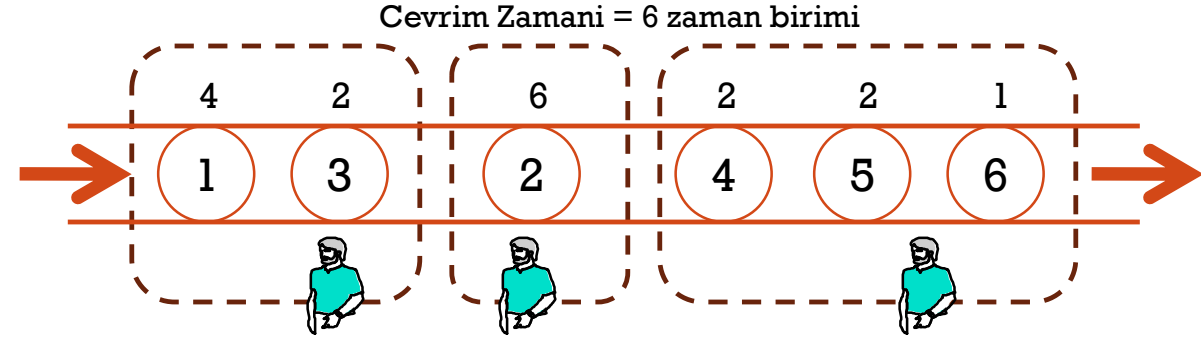
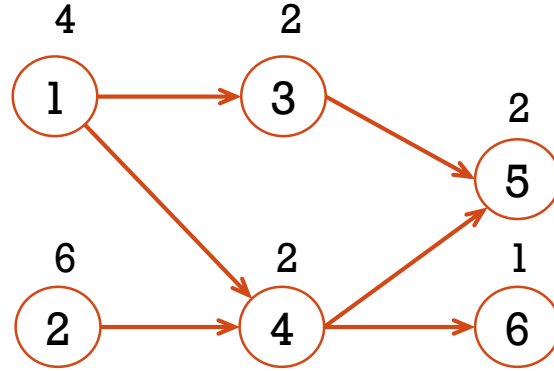
P: Toplam kullanılabilir süre veya planlama donemi

Ornegin, bir hattın:

Cevrim suresi 6 dakika/adet ise

Uretim hizi 0,167 adet/dakika (yani 10 adet/saat)'dir.

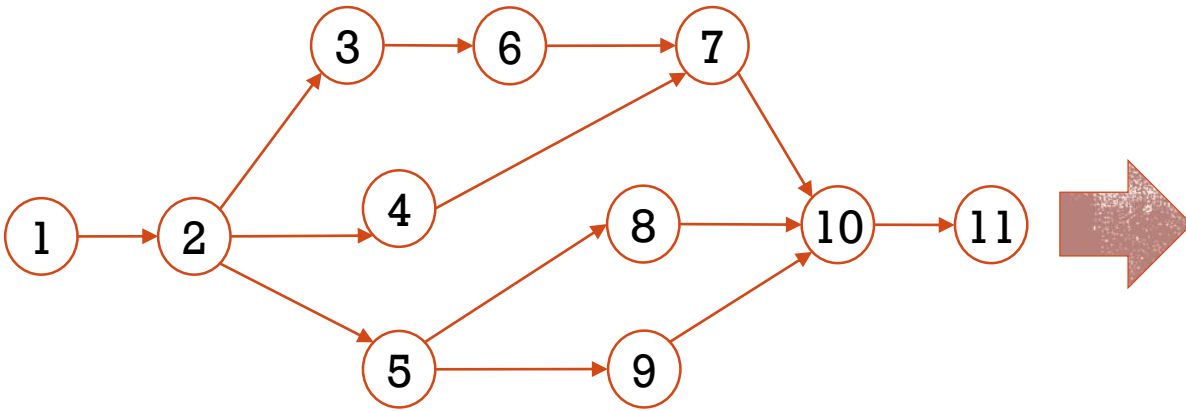
ONCELİK İLISKİLERİ DİYAGRAMI



Görevler arasında teknolojik ve organizasyonel sebeplerden kaynaklanan **öncelik ilişkileri** (**precedence relationships**) vardır. Bu ilişkilerin ifade edildiği diyagram **öncelik ilişkileri diyagramı** (**precedence relationships diagram**) olarak adlandırılır. Örneğin 4 numaralı görevin başlayabilmesi için öncelikle 1 ve 2 numaralı görevlerin tamamlanmış olması gerekmektedir. Bu durumda 1 ve 2 numaralı görevler 4 numaralı görevin öncülleridir (predecessors). 4 numaralı görev ise 1 ve 2 numaralı görevlerin ardılları (successors) olarak ifade edilir.

ÖNCELİK İLİSKİLERİ MATRİSİ

- **Öncelik matrisi:** Bir montaj işleminde bulunan görevler arasındaki öncelik ilişkilerinin ifade edildiği, boyutu montaj işlemindeki görev sayısına eşit olan ve a_{ij} elemanlarından meydana gelen ikili (binary) bir kare matristir.
- Eğer öncelik diyagramındaki j görevi i görevini takip ediyorsa (yani ardili ise), öncelik matrisinin a_{ij} elemanı “1” değerini, aksi durumda “0” değerini alacaktır.



		<i>j</i>										
<i>i</i>	Görev	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
4	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
5	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
6	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TOPLAM İŞ SÜRESİ

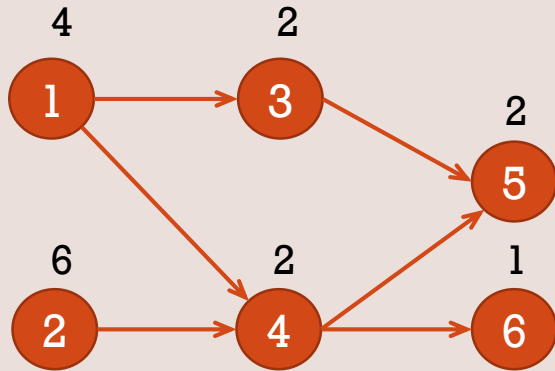
- **Toplam iş süresi (T):** Montaj hattı üzerinde üretilecek ürünün montajı için gerekli olan süre veya işi oluşturan bütün iş öğelerinin standart süreleri toplamıdır.

$$T = \sum_{i=1}^N t_i$$

N : iş öğesi sayısı

t_i : i no'lu iş öğesinin işlem süresi

Örnek:



$$T = \sum_{i=1}^N t_i$$

$$= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6$$

$$= 4 + 6 + 2 + 2 + 2 + 1 = 17 \text{ zaman birimi}$$

MINIMUM İSTASYON SAYISI

- Teorik minimum istasyon sayısı:

$$K_{teorik} = \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{C} \right\rceil^+$$

- Çevrim süresinin yarısından büyük süreye sahip iş öğeleri sayısı:

$$K_{olasi} = (i\text{'lerin sayısı} \mid t_i > C/2)$$

$$K_{min} = \max \{K_{teorik}, K_{olasi}\}$$

- Ortalama iş istasyonu süresi ($\bar{C}$):

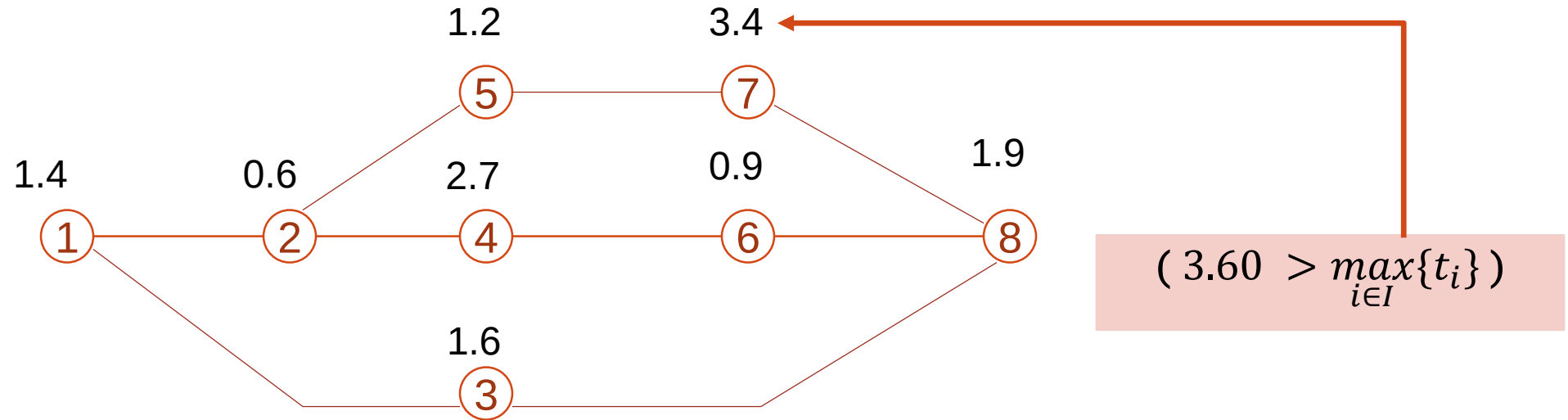
$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{K}$$

K : Atama sonrası bulunan istasyon sayısı

$$K \geq K_{min}, \quad C \geq \bar{C}$$

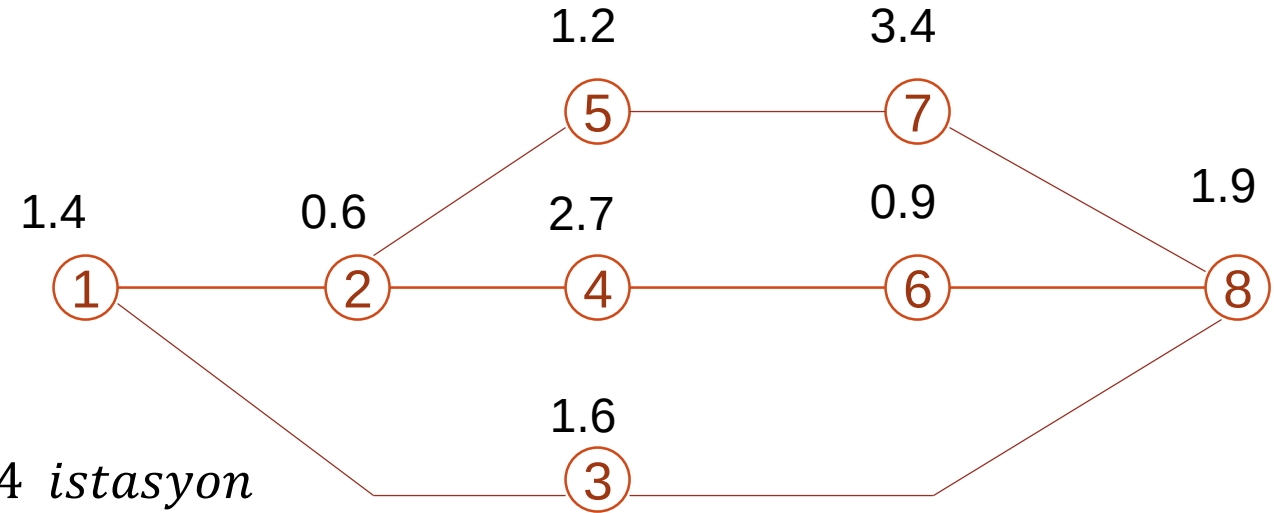
ORNEK

- Asagida oncelik iliskileri ve zamanlari (dakika cinsinden) verilen islerden olusan bir urun icin haftalik talep 650 adettir. Bir haftada toplam calisilabilir sure ise 40 saattir.



- Talebi karsilayacak minimum cevrim zamani: $C = (40 \times 60) / 650 = 3.69 \text{ dakika/adet}$
 $\cong 3.6 \text{ dakika/adet}$

ORNEK



$$K_{teorik} = \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{C} \right\rceil^+ = \left\lceil \frac{13.7}{3.6} \right\rceil^+ = [3.81]^+ = 4 \text{ istasyon}$$

$$K_{olasi} = (i\text{'lerin sayisi} \mid t_i > 3.6/2) = 3 \text{ istasyon}$$

$$K_{min} = \max \{K_{teorik}, K_{olasi}\} = \max \{4, 3\} = 4 \text{ istasyon}$$

Optimum Cozum

Istasyon No	1	2	3	4	
Atanan Isler	1,2,5	4,6	7	3,8	
Istasyon Zamani	3.2	3.6	3.4	3.5	
Bos Zaman	0.4	0	0.2	0.1	Toplam 0.7

DENGE GECIKMESİ

- **Istasyon boş zamanı (Station Idle Time):** Montaj hattinin çevrim zamanı ile hatta açılan bir istasyonun istasyon zamanı arasındaki farktır.
- **Toplam boş zaman (Total Idle Time - TIT):** Montaj hattini oluşturan bütün istasyonların boş zamanlarının toplamıdır ($= K \times C - \sum_{i=1}^N t_i$).

- **Denge gecikmesi (Balancing Delay - BD):** Toplam boş zamanın, ürünün hat boyunca harcadığı zamana oranıdır. Hattin etkinliğinin bir ölçüsü olarak kullanılır.

$$BD(\%) = \frac{(K \times C - \sum_{i=1}^N t_i)}{K \times C} \times 100$$

BD: Denge gecikmesi K: İstasyon sayısı

C: Çevrim zamanı

Montaj Hattı Tasarımı ve Analizi - 2

- **Hat Etkinliği (Line Efficiency - LE):** Verimli sürenin toplam süreye oranıdır.

$$LE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{K \times C} \times 100$$

DENGE GECIKMESİ

- **Toplam boş zaman:**

$$TIT = K \times C - \sum_{i=1}^N t_i = 4 \times 3.6 - 13.7 = 0.7$$

- **Denge gecikmesi:**

$$BD(\%) = \frac{(K \times C - \sum_{i=1}^N t_i)}{K \times C} \times 100 = \frac{4 \times 3.6 - 13.7}{4 \times 3.6} \times 100 = \% 4.861$$

- **Hat Etkinliği:**

$$LE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{K \times C} \times 100 = \frac{13.7}{4 \times 3.6} \times 100 = \% 95.139$$

KAYNAKLAR

- Kara, Y., Uretim Planlama-II Ders Notlari, Selcuk Universitesi, Konya, <http://goo.gl/Uccn8S>.
- Karaca, M., Montaj Hatlari, SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, 1996.
- Krajewski, L.J., Ritzman, L.P., Malhotra, M.K., Uretim Yonetimi 9. Baski (Orjinal Ismi: Operations Research, Prentice Hall), Ceviri Editoru: Semra Birgun, Nobel Yayinlari, <http://www.nobelyayin.com/detay.asp?u=3310>
- Kucukkoc, I., Zhang, D. Z. (2014), *Simultaneous balancing and sequencing of mixed-model parallel two-sided assembly lines*, International Journal of Production Research, 52 (12), pp. 3665-3687, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.879618>.
- Kucukkoc, I., Modelling and Solving Mixed-model Parallel Two-sided Assembly Line Problems, Doktora Tezi, University of Exeter, Agustos 2015, <http://hdl.handle.net/10871/18917>.
- Zhang, David Z, Manufacturing Systems, Ders Notlari, University of Exeter, Ingiltere.
- WILD, Rey, “Mass Production Management”, John Wiley & Sons Ltd., New York, 1972
- Gorsel Medya:
<http://www.asemeja.org.mx/noticVer.php?CN=69>
<http://www.npr.org/blogs/thetwo-way/2011/02/14/133750236/gm-to-pay-hourly-workers-more-than-4-000-each-in-bonuses>
<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/features/celebrating-the-moving-assembly-line-in-pictures.html>
<http://www.gama.com.tr/doc/image/projects/85/big/PfRkehaO.jpg>