

Balıkesir Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
2015-2016 Bahar Yarıyılı

Montaj Hattı Tasarımı ve Analizi - 5

Dr. İbrahim Kucukkoc

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

2

En Erken ve En Gec İstasyon Hesaplamaları

- Kurulan modelde değişken sayısını azaltmak ve çözüm aşamasını kolaylaştırmak için görevlerin atanabileceği en erken (earliest) ve en geç (latest) istasyon numaraları hesaplanabilir.

- Notasyon:

PR_i : i görevinin tüm öncüllerinin kümesi

S_i : i görevinin tüm ardıllarının kümesi

E_i : i görevinin atanabileceği en erken istasyon

L_i : i görevinin atanabileceği en geç istasyon

(Diğer tanımlamalar önceki derslerde verilmistir)

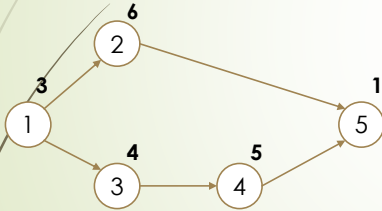
$$E_i = \left\lceil \frac{t_i + \sum_{a \in PR_i} t_a}{C} \right\rceil^+$$

$$L_i = K_{max} + 1 - \left\lfloor \frac{t_i + \sum_{b \in S_i} t_b}{C} \right\rfloor^+$$

3

En Erken ve En Gec Istasyon Hesaplamalari

Ornek 5-1: Asagida oncelik diyagrami ve sureleri verilen tek modelli duz montaj hattı dengeleme problemi için 1 ve 4 numaralı görevlerin en erken ve en gec atanabileceği istasyonları bulalım (Cevrim zamanı 10 zaman birimi olsun, $C = 10$).



Montaj Hattı Tasarımı ve Analizi - 5

$K_{min} = 2$ olarak hesaplanırsa, $K_{max} = 3$ olarak kabul edilmisti.

$$E_1 = \left\lceil \frac{t_1 + \sum_{a \in PR_1} t_a}{10} \right\rceil^+ = 1$$

$$L_1 = 3 + 1 - \left\lceil \frac{t_1 + \sum_{b \in S_1} t_b}{10} \right\rceil^+ = 2$$

$$E_4 = \left\lceil \frac{t_4 + \sum_{a \in PR_4} t_a}{10} \right\rceil^+ = 2$$

$$L_4 = 3 + 1 - \left\lceil \frac{t_4 + \sum_{b \in S_4} t_b}{10} \right\rceil^+ = 3$$

25/03/2016

4

En Erken ve En Gec Istasyon Hesaplamalari

Tüm görevlerin en erken ve en gec atanabileceği istasyonlar bulunduktan sonra problemin matematiksel modeli aşağıdaki gibi kurulur (gereksiz karar değişkenleri modelden çıkarılır):

$$\begin{aligned} E_1 &= 1 \\ E_2 &= 1 \\ E_3 &= 1 \\ E_4 &= 2 \\ E_5 &= 2 \end{aligned}$$

Elenen Karar Değişkenleri

$$\begin{aligned} x_{13} \\ x_{41} \\ x_{51} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_1 &= 2 \\ L_2 &= 3 \\ L_3 &= 3 \\ L_4 &= 3 \\ L_5 &= 3 \end{aligned}$$

Amac Fonksiyonu:

$$\text{Min } z_1 + z_2 + z_3$$

Atama Kısıtları:

$$x_{11} + x_{12} = 1$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 1$$

$$x_{42} + x_{43} = 1$$

$$x_{52} + x_{53} = 1$$

Cevrim Zamanı Kısıtları:

$$3x_{11} + 6x_{21} + 4x_{31} \leq 10z_1$$

$$3x_{12} + 6x_{22} + 4x_{32} + 5x_{42} + 1x_{52} \leq 10z_2$$

$$6x_{23} + 4x_{33} + 5x_{43} + 1x_{53} \leq 10z_3$$

Montaj Hattı Tasarımı ve Analizi - 5

25/03/2016

5

En Erken ve En Gec Istasyon Hesaplamalari

Oncelik Iliskileri Kisitlari:

$$(x_{11} - x_{21}) + 2(x_{12} - x_{22}) - 3x_{23} \leq 0$$

$$(x_{11} - x_{31}) + 2(x_{12} - x_{32}) - 3x_{33} \leq 0$$

$$(x_{21} - x_{51}) + 2(x_{22} - x_{52}) + 3(x_{23} - x_{53}) \leq 0$$

$$x_{31} + 2(x_{32} - x_{42}) + 3(x_{33} - x_{43}) \leq 0$$

$$2(x_{42} - x_{52}) + 3(x_{43} - x_{53}) \leq 0$$

Isaret (Yön) Kisitlari:

$$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{42}, x_{43}, x_{52}, x_{53} \in \{0,1\}$$

$$z_1, z_2, z_3 \in \{0,1\}$$

Sonuc olarak x_{ik} karar degiskenlerinin sayisi 15 ten 12 ye indi ve kisitlar sadelesti.



**K_{max} degeri 3 yerine 5
alınmış olsaydı?**

6

Tip-I MHD Adimlari

- Hat üzerinde gerçekleştirilecek işlerin bölünebilecek temel parçalara ayrılması
- İşlerin sürelerinin ve birbirleriyle olan ilişkilerinin (önceliklerinin) belirlenmesi
- Planlama periyodu ve talep miktarına göre çevrim süresinin hesaplanması
- Teorik minimum iş istasyonu sayısının belirlenmesi
- **Hat dengeleme yönteminin belirlenmesi** ve bu yöntemle göre çözüme ulaşılması
- Hat etkinliğinin ve denge kaybının hesaplanması

7 MHD Problemlerinin Cozumunde Kullanilan Yontemler

- MHD problemleriyle ilgili olarak pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler üç grupta incelenebilir.
 - Birinci grupta "kesin yöntemler (exact methods)" dediğimiz problemin en iyi (optimal) çözümünü bulan yöntemler (bunlar matematiksel programlama yöntemleridir) yer alır. Analitik bir şekilde çözüm üretir ve genellikle zaman alıcıdır. Problemin boyutu büyüdükçe çözüm süresi de aşırı şekilde artar.
 - İkinci grupta problemin yapısına özgün olarak geliştirilmiş "sezgisel algoritmalar (heuristic algorithms)" yer alır. Bu yöntemler optimal çözümü garantilememekle beraber, belirli kısıtlar altında, göreceli (nispi) olarak iyi ve geçerli çözümleri daha az bir hesaplama ile sağlamaktadırlar.

8 MHD Problemlerinin Cozumunde Kullanilan Yontemler

- Üçüncü grupta ise, orijinali problemin yapısından bağımsız olarak geliştirilmiş, fakat probleme uygun şekilde modifiye edilip kullanılabilen "meta-sezgisel algoritmalar (meta-heuristic algorithms)" yer alır. Meta-sezgiseller, problem yapısından bağımsız olduğu için, başka problemlere de uygulanabilmekte ve başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Programlama yapısı sezgisel algoritmalara nazaran biraz daha karmaşık olmakla birlikte, başka sezgisel veya meta-sezgisel algoritmalarla birleştirilerek sezgisel algoritmalara göre daha başarılı sonuçlar elde etmeleri mümkündür.

9

MHD Problemlerinin Cozumunde Kullanilan Yontemler

- Montaj hatlarının dengelenmesi ile ilgili olarak geliştirilen optimal yöntemler çok uzun bilgi işlem zamanına gerek duyduklarından genellikle akademik araştırmalar olarak kalan ve pratikte fazla uygulama olanağı bulunmayan yöntemlerdir. Sezgisel yöntemler ise problemin bir çözümünü oldukça hızlı elde eden yöntemlerdir; optimal çözüme oldukça yakın çözümleri kısa bilgi işlem zamanlarında elde eden sezgisel yöntemler geliştirilmiştir.
- Bugün uygulamada karşılaşılan problemlerin büyük ölçekli olması (iş elemanları ve iş istasyonları sayıları açısından), sezgisel ve meta-sezgisel yöntemleri kullanım açısından daha geçerli kılmıştır. Örneğin, $N = 70$ iş elemanı ve bunlar arasında $r = 105$ öncelik ilişkisi bulunan bir üretim hattında;

$$N! / 2^r = 70! / 2^{105} = 1085 \text{ uygun (feasible) sıralama vardır.}$$

10

MHD Problemlerinin Cozumunde Kullanilan Yontemler

Kesin Yontemler

- Matematiksel Programlama (0-1, Tam sayılı, Karışık Tam sayılı, Hedef, ...)
- Dinamik Programlama
- Dal/sınır Algoritması
- ...

Sezgisel Yontemler

- En Büyük Aday Kuralı
- Immediate Update First Fit (IUFF)
- Pozisyon Ağırlığı Yöntemi (Helgeson - Birnie)
- COMSOAL
- Sırala ve Ata (Rank and Assign)
- Bolgeleme Kuralı (Kilbridge and Wester)
- ...

Meta-sezgisel Yontemler

- Ari Algoritmaları
- Karınca Kolonisi Algoritmaları
- Genetik/evrimsel Algoritmalar
- Tavlama Benzetimi Tekniği
- Tabu Arama Algoritması
- ...

11

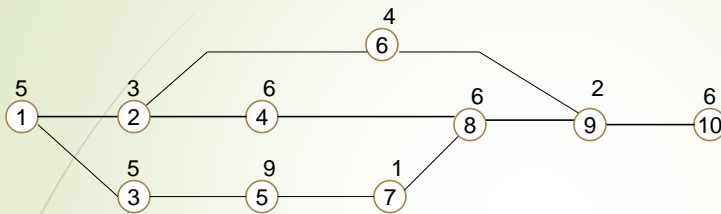
"Enumeration" Metodu

Gorev	Gorev Zamani (dakika)	Bitisik Onculleri
1	5	-
2	3	1
3	5	1
4	6	2
5	9	3
6	4	2
7	1	5
8	6	4,7
9	2	6,8
10	6	9

- Talep (D)= 240 adet
- Planlama Periyodu (P)= 40 saat

12

"Enumeration" Metodu

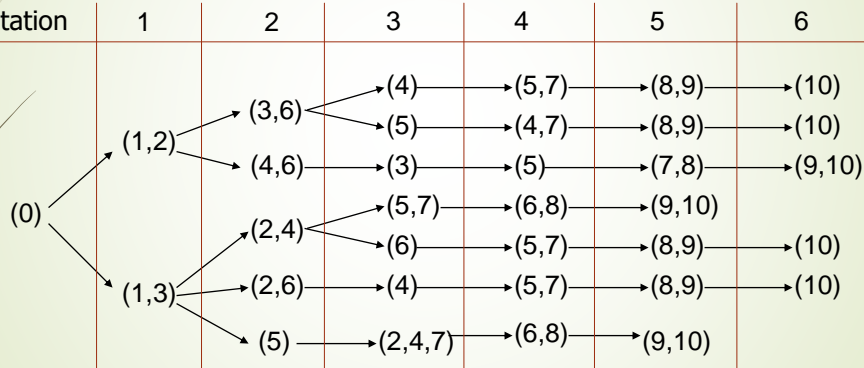


- $C = P/D = 2400 \text{ dakika} / 240 \text{ adet} = 10 \text{ dakika/adet}$
- $T = 47 \text{ dakika}$
- $K_{min} = \max\{K_{teorik}, K_{olasi}\} = \max\{[47/10]^+, 4\} = 5$
- $5 \leq K_{min} \leq 10$

13

"Enumeration" Metodu

$K^*=5$ sec ve gorevleri gruplara ayir. Sonra bu gorev gruplarini ayri istasyonlara ata.



Montaj Hatli Tasarim ve Analizi - 5

25/03/2016

14

Kaynaklar

- Groover, M.P. (2008), "Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing," 3rd Edition, ISBN: 0132070731. USA.
- Helgeson, W. B. and Birnie, D. P. (1961). "Assembly line balancing using the ranked positional weight technique," Journal of Industrial Engineering, 12 (6), 334-338.
- 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.
- Kragjewski, 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>

Montaj Hatli Tasarim ve Analizi - 5

25/03/2016