

T.C. SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

ÜRETİM PLANLAMA – II

DERS NOTLARI

4. 5. ve 6. HAFTALAR

DERS SORUMLUSU
DOÇ. DR. YAKUP KARA

YARDIMCI ÖĞRETİM ELEMANLARI
ARŞ. GÖR. YAKUP ATASAGUN
ARŞ. GÖR. SEDA HEZER

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

ÜRETİM PLANLAMA – II

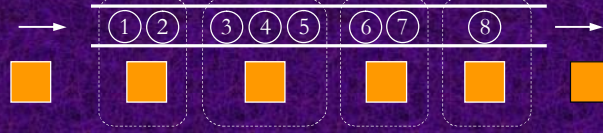
Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI KAVRAMI

BİR **İMALAT / MONTAJ HATTI**, BELİRLİ SAYIDA ARDIŞIK İŞ İSTASYONUNUN BİRBİRLERİNE BİR MALZEME TAŞIMA SİSTEMİ İLE BAĞLANMASIYLA MEYDANA GELİR.

MALZEMELER BU İSTASYONLAR ARASINDA SABİT BİR TAŞIMA HIZIYLA HAREKET EDER.

HER İSTASYONDA ÜRÜNÜN TAMAMLANMASI İÇİN GEREKLİ OLAN GÖREVLERDEN **BAZILARI** GERÇEKLEŞTİRİLİR VE **HATTIN SONUNA GELİNDİĞİNDE ÜRÜN TAMAMLANMIŞ OLUR.**



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

İMALAT / MONTAJ HATTI KAVRAMI

İMALAT HATLARI, ÜRÜNE GÖRE YERLEŞİMİN TERCİH EDİLDİĞİ VE OPERASYONLARIN MAKİNELER KULLANILARAK YAPILDIĞI, MALZEMEYE ŞEKİL VERİLEN HATLARDIR. İMALAT HATLARINDA ÜRETİM **BÜYÜK MİKTARLARDA** GERÇEKLEŞTİRİLİR.

İMALAT HATTI DENİLDİĞİNDE AKLIMIZA, **SÜREKLİ ÜRETİM SİSTEMLERİNDEN KİTLE ÜRETİM** HATLARI GELMELİDİR.

KİTLE ÜRETİMİ, İMALAT VEYA MONTAJ YÖNTEMLERİNDEN BİRİSİYLE GERÇEKLEŞTİRİLEBİLİR.

MONTAJ İŞLEMİ İSE, ÜRÜNÜ OLUŞTURAN PARÇALARIN MANUEL OLARAK VEYA KÜÇÜK EL ALETLERİ KULLANILARAK SİSTEMATİK OLARAK BİRLEŞTİRİLMESİ İŞLEMİDİR.

İMALAT VE MONTAJ HATLARININ YAPILARI VE İŞLEVLERİ AÇISINDAN BÜYÜK ÖLÇÜDE BENZERLİK GÖSTERMELERİ NEDENİYLE İLERLEYEN SLAYTLARDA BU KAVRAMLARIN HER İKİSİNE DE KARŞILIK GELMEK ÜZERE, **MONTAJ HATTI** İFADESİ KULLANILACAKTIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

İMALAT / MONTAJ HATTI KAVRAMI

MONTAJ HATLARI GÜNÜMÜZDE, OTOMOTİV, ELEKTRONİK, BEYAZ EŞYA GİBİ BİRÇOK SEKTÖRDE YAYGIN OLARAK KULLANILMAKTADIR.

GENELLİKLE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN SON AŞAMALARI OLAN MONTAJ HATLARININ PERFORMANSI, ÜRETİM SÜREÇLERİNİN GENEL PERFORMANSI ÜZERİNDE ÖNEMLİ ETKİYE SAHİPTİR.

ÇOK SAYIDA İŞLETME, ÜRETİM SÜREÇLERİNİN PERFORMANSINI ARTIRMAK AMACIYLA, MONTAJ HATLARINI KULLANMAKTA VE

DİĞER ÜRETİM AŞAMALARI VE İŞLETME DIŞINDAN TEDARİK EDECEKLERİ MALZEMELERİN AKIŞ HIZINI SON MONTAJ HATTININ İHTİYACINA GÖRE AYARLAMAKTADIRLAR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME PROBLEMİ

MONTAJ HATLARININ TASARLANMASINDA VE TALEP DEĞİŞİKLİKLERİNE GÖRE ÜRETİM HIZININ TEKRAR AYARLANMASINDA ORTAYA ÇIKAN EN ÖNEMLİ PROBLEM, **MONTAJ HATTI DENGELEME (MHD) PROBLEMİDİR.**

MONTAJ HATTI DENGELEME PROBLEMİ (MHD):

MONTAJ HATTINDA YERİNE GETİRİLECEK **GÖREVLERİN**,

- ARALARINDAKİ ÖNCELİK İLİŞKİLERİ İHLAL EDİLMEDEN,
- BELİRLENEN BİR ÇEVİRİM ZAMANI AŞILMAYACAK VE
- BELİRLİ BİR PERFORMANS ÖLÇÜTÜ EN İYİLENECEK ŞEKİLDE

İSTASYONLARA ATANMASI PROBLEMİDİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TEMEL KAVRAMLAR

GÖREV: BİR MONTAJ HATTINDA TAMAMLANMASI GEREKEN TOPLAM İŞİN, İŞİN NİTELİĞİNE GÖRE BÖLÜNEBİLECEK EN KÜÇÜK PARÇASIDIR.

GÖREV SÜRESİ: BİR GÖREVİN TAMAMLANABİLMESİ İÇİN GEREKEN SÜREDİR.

İSTASYON: BİR MONTAJ HATTINDAKİ GÖREVLER, ARALARINDAKİ ÖNCELİK İLİŞKİLERİ GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULARAK İSTASYON ADI VERİLEN YERLERDE GERÇEKLEŞTİRİLİR.

İSTASYON ZAMANI: BİR İSTASYONA ATANAN GÖREVLERİN GÖREV SÜRELERİ TOPLAMINA EŞİTTİR.

ÇEVİRİM ZAMANI: MONTAJ HATTINDAKİ BİR İSTASYONA, O İSTASYONA ATANAN GÖREVLERİN TAMAMLANABİLMESİ İÇİN AYRILAN ZAMANDIR.

ÇEVİRİM ZAMANI BİR MONTAJ HATTINI OLUŞTURAN BÜTÜN İSTASYONLAR İÇİN EŞİTTİR VE HATTAN ARDI ARDINA İKİ ÜRÜN ÇIKIŞI ARASINDA GEÇEN SÜREYİ İFADE EDER.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÇEVİRİM ZAMANI ŞÖYLE BELİRLENİR:

$$C = T / D$$

T : Toplam Kullanılabilir Süre
D : Talep

ÖRNEK: HAFTADA 5 GÜN, GÜNDE 8 SAAT MESAI YAPAN BİR FİRMANIN ÖNÜMÜZDEKİ DÖRT HAFTAYA İLİŞKİN TOPLAM ÜRÜN TALEBİ 1.000 ADETTİR. ÇEVİRİM ZAMANINI HESAPLAYALIM.

$T = 5 \text{ gün/hafta} \times 8 \text{ saat/gün} \times 60 \text{ dak./saat} \times 4 \text{ hafta} = 9.600 \text{ dakika}$
 $D = 1.000 \text{ adet}$

$$C = T / D$$

$C = 9.600 \text{ dakika} / 1.000 \text{ adet} = 9,6 \text{ dakika / adet}$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

İSTASYON BOŞ ZAMANI: MONTAJ HATTININ ÇEVİRİM ZAMANI İLE HATTA AÇILAN BİR İSTASYONUN İSTASYON ZAMANI ARASINDAKİ FARKTIR.

TOPLAM BOŞ ZAMAN: MONTAJ HATTINI OLUŞTURAN BÜTÜN İSTASYONLARININ BOŞ ZAMANLARININ TOPLAMIDIR.

DENGE GECİKMESİ: TOPLAM BOŞ ZAMANIN, ÜRÜNÜN HAT BOYUNCA HARCADIĞI ZAMANA ORANIDIR. HATTIN ETKİNLİĞİNİN BİR ÖLÇÜSÜ OLARK KULLANILIR.

$$DG = (100 \times TBZ) / (M \times C)$$

DG : Denge Gecikmesi
TBZ : Toplam Boş Zaman
M : İstasyon Sayısı
C : Çevrim Zamanı

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

HAT ETKİNLİĞİ: GÖREV SÜRELERİ TOPLAMININ, ÜRÜNÜN HAT BOYUNCA HARCADIĞI ZAMANA ORANIDIR. HATTIN ETKİNLİĞİNİN BİR ÖLÇÜSÜ OLARK KULLANILIR.

$$HE = (100 \times TGS) / (M \times C)$$

HE : Hat Etkinliği
TGS : Toplam Görev Süresi
M : İstasyon Sayısı
C : Çevrim Zamanı

MÜKEMMEL DENGELENMİŞ HATLARDA, TÜM İSTASYONLAR TAM DOLU, TOPLAM BOŞ ZAMAN SIFIR, DOLAYISIYLA **HAT ETKİNLİĞİ 100, DENGE GECİKMESİ 0**'DIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

DÜZGÜNLÜK İNDEKSİ: DENGEME PERFORMANSININ BİR ÖLÇÜSÜ OLARAK KULLANILIR. HER BİR İSTASYON ZAMANININ EN BÜYÜK İSTASYON ZAMANINDAN FARKLARININ KARELERİ TOPLAMININ KAREKÖKÜDÜR. **MÜKEMMEL DENGELENMİŞ HATLARDA DÜZGÜNLÜK İNDEKSİ DEĞERİ SIFIRDIR.**

$$D_i = \sqrt{\sum_{j=1}^M (iz_{\max} - iz_j)^2}$$

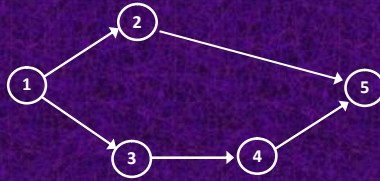
D_i : Düzgünlük İndeksi
 M : İstasyon Sayısı
 iz_j : j İstasyonunun İstasyon Zamanı
 $iz_{\max}$: Maksimum İstasyon Zamanı

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÖNCELİK DİYAGRAMI: BİR MONTAJ HATTINDAKİ GÖREVLER ARASINDA BAZI ÖNCELİK İLİŞKİLERİ OLABİLİR. ÖNCELİK DİYAGRAMI, BU ÖNCELİK İLİŞKİLERİNİ İFADE EDER.



ŞEKİLDE DAİRE İÇİNDEKİ SAYILAR GÖREV NUMARALARINI İFADE ETMEKTEDİR. **1 VE 2 NUMARALI** GÖREVLERİ ELE ALIRSAK, **1** NUMARALI GÖREV, **2** NUMARALI GÖREVDEN ÖNCE TAMAMLANMAK ZORUNDADIR.

BU GÖREVLER ARASINDAKİ BÖYLE BİR İLİŞKİYE **ÖNCELİK İLİŞKİSİ** ADI VERİLİR VE **1** NUMARALI GÖREV, **2'NİN ÖNCÜLÜ**; **2** NUMARALI GÖREV İSE **1'İN ARDILIDIR** DENİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÖNCELİK MATRİSİ: BİR MONTAJ İŞLEMİNDE BULUNAN GÖREVLER ARASINDAKİ ÖNCELİK İLİŞKİLERİNİN İFADE EDİLDİĞİ, BOYUTU MONTAJ İŞLEMİNDEKİ GÖREV SAYISINA EŞİT OLAN VE a_{ij} ELEMANLARINDAN MEYDANA GELEN İKİLİ (BINARY) BİR KARE MATRİSTİR.

EĞER ÖNCELİK DİYAGRAMINDAKİ j GÖREVİ i GÖREVİNİ TAKİP EDİYORSA YANI ARDILI İŞE, ÖNCELİK MATRİSİNİN a_{ij} ELEMANI "1" DEĞERİNİ, AKSİ DURUMDA "0" DEĞERİNİ ALACAKTIR.

ÖNCEKİ SLAYTTAKİ 5 GÖREVLİ ÖNCELİK DİYAGRAMINA AİT ÖNCELİK MATRİSİ ŞÖYLE OLACAKTIR:

		GÖREV				
		1	2	3	4	5
GÖREV	1	-	1	1	1	1
	2		-	0	0	1
	3			-	1	1
	4				-	1
	5					-

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÖRNEK: BİR KURULUŞ, KENDİ PERSONELİNE HESAPLI BİLGİSAYAR SAĞLAMAK AMACIYLA, BELİRLİ DÖNEMLERDE BİLGİSAYAR ÜRETMEKTEDİR.

BİLGİSAYARLARIN KULLANILABİLİR HALE GETİRİLEBİLMESİ İÇİN GEREKLİ OLAN HER TÜRLÜ PARÇA DIŞARIDAN SATIN ALINDIKTAN SONRA BİLGİSAYARLARIN MONTAJI GERÇEKLEŞTİRİLMEKTEDİR.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

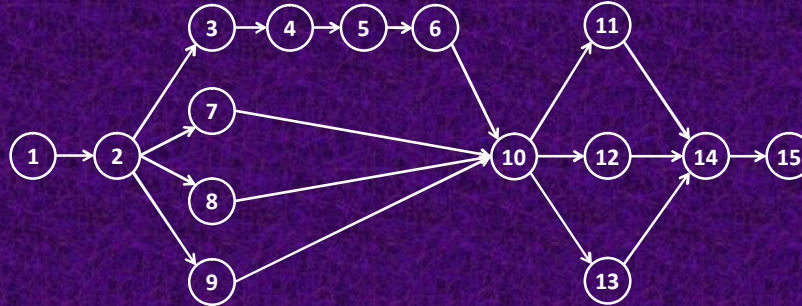
ÖRNEK: BU ÜRETİM MERKEZİNDE BİR BİLGİSAYARIN MONTAJ İŞLEMİNİN TAMAMLANABİLMESİ İÇİN GEREKLİ GÖREVLERE AİT BİLGİLER ŞÖYLEDİR:

GÖREV	GÖREV SÜRESİ (SN)	KOMŞU ÖNCÜL GÖREVLER	GÖREV TANIMI
1	50	-	KASA KAPAKLARININ AÇILARAK İÇİNDEKİ PARÇALARIN BOŞALTILMASI
2	15	1	KASADAN ANA KART PLATFORMUNUN SÖKÜLMESİ
3	30	2	ANA KARTIN PLATFORM ÜZERİNE TAKILMASI
4	15	3	ANA KART ÜZERİNE CPU'NUN TAKILMASI
5	10	4	CPU ÜZERİNE FANIN TAKILMASI
6	5	5	RAM TAKILMASI
7	60	2	SABİT SÜRÜCÜNÜN (HARD DİSK) TAKILMASI
8	70	2	DİSKET SÜRÜCÜNÜN (FLOPPY) TAKILMASI
9	70	2	CD SÜRÜCÜNÜN TAKILMASI
10	25	6,7,8,9	ANA KART PLATFORMUNUN KASAYA TAKILMASI
11	60	10	GÜÇ KABLOLARININ (ANA KART, SÜRÜCÜLER VE CPU FANI) TAKILMASI
12	60	10	LED KABLOLARININ ANA KARTA TAKILMASI
13	120	10	SÜRÜCÜLERİN DATA KABLOLARININ TAKILMASI
14	120	11,12,13	DONANIM TESTİ (ÖN TEST)
15	70	14	KASA KAPAKLARININ TAKILMASI

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÖRNEK: BİLGİSAYAR MONTAJI İÇİN GEREKLİ GÖREVLER ARASINDAKİ ÖNCELİK İLİŞKİLERİNİ GÖSTEREN ÖNCELİK DİYAGRAMI ŞÖYLEDİR:



İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÖRNEK: BU ÖNCELİK DİYAGRAMINA BAĞLI OLARAK OLUŞACAK ÖNCELİK MATRİSİ İŞE ŞÖYLEDİR:

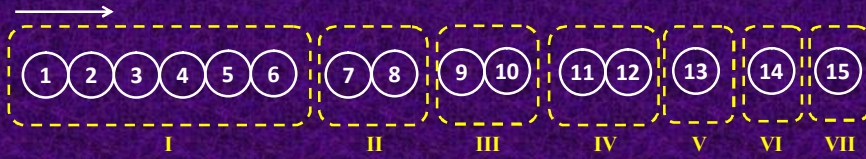
	GÖREV														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	-	-	-	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
4	-	-	-	-	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
5	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
6	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	1	1	1	1	1
7	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1	1	1	1	1
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	1	1	1	1
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÖRNEK: BU MONTAJ HATTINI ÇEVİRİM ZAMANI 140 sn İÇİN DENGELERSEK; ELDE EDİLEN OPTİMAL HAT DENGESİ AŞAĞIDAKİ GİBİ OLACAKTIR:



PROBLEME İLİŞKİN BAHSEDİLEN DİĞER GÖSTERGELER İŞE ŞÖYLE OLACAKTIR:

	İSTASYON						
	1	2	3	4	5	6	7
ÇEVİRİM ZAMANI	140	140	140	140	140	140	140
İSTASYON ZAMANI	125	130	95	120	120	120	70
İSTASYON BOŞ ZAMANI	15	10	45	20	20	20	70

TOPLAM BOŞ ZAMAN = 200

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TEMEL KAVRAMLAR

ÖRNEK:

DENGE GECİKMESİ:

$$DG = (100 \times TBZ) / (M \times C)$$
$$DG = (100 \times 200) / (7 \times 140) = \% 20,4$$

HAT ETKİNLİĞİ:

$$HE = (100 \times TGS) / (M \times C)$$
$$HE = (100 \times 780) / (7 \times 140) = \% 79,6$$

DÜZGÜNLÜK İNDEKSİ:

$$D_i = \sqrt{\sum_{j=1}^M (\dot{iz}_{max} - \dot{iz}_j)^2}$$

$$D_i = \sqrt{(130 - 125)^2 + (130 - 130)^2 + (130 - 95)^2 + (130 - 120)^2 + (130 - 120)^2 + (130 - 120)^2 + (130 - 70)^2}$$
$$= \sqrt{5150}$$
$$= 71,76$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

PROBLEMİN SINIFLANDIRILMASI

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMİNİ, ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ, HATTIN ŞEKLİ, GÖREV SÜRELERİNİN DURUMU VE PERFORMANS ÖLÇÜTÜ OLMAK ÜZERE DÖRT FARKLI ETMENE GÖRE SINIFLANDIRABİLİRİZ.

ETMEN	PROBLEM ADI
ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİ	TEK MODELLİ MHD PROBLEMİ
	ÇOK / KARIŞIK MODELLİ MHD PROBLEMİ
HATTIN ŞEKLİ	DÜZ MHD PROBLEMİ
	U – TİPİ MHD PROBLEMİ
GÖREV SÜRELERİNİN DURUMU	DETERMİNİSTİK MHD PROBLEMİ
	STOKASTİK MHD PROBLEMİ
PERFORMANS ÖLÇÜTÜ	TİP – I MHD PROBLEMİ
	TİP – II MHD PROBLEMİ

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

PROBLEMİN SINIFLANDIRILMASI

1) ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİNE GÖRE:

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme problemleri, hat boyunca üretilen ürünün çeşitliliğine göre **TEK MODELLİ MHD PROBLEMİ** ve **ÇOK / KARIŞIK MODELLİ MHD PROBLEMİ** olmak üzere ikiye ayrılır.

TEK MODELLİ MHD PROBLEMİ, tek çeşit ürün üretilen hatların dengelenmesi problemidir.

ÇOK / KARIŞIK MODELLİ MHD PROBLEMİ, farklı ürünlerin veya aynı ürünün farklı modellerinin üretildiği hatların dengelenmesi problemidir.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme

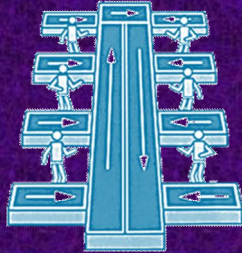
PROBLEMİN SINIFLANDIRILMASI

2) HATTIN ŞEKLİNE GÖRE:

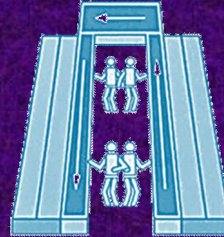
İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme problemleri, hattın şekline göre genel olarak **DÜZ MHD PROBLEMİ** ve **U – TİPİ MHD PROBLEMİ** olmak üzere ikiye ayrılır.

DÜZ MHD PROBLEMİ, düz bir çizgi şeklinde yerleştirilmiş montaj hatlarının dengelenmesi problemidir.

U – TİPİ MHD PROBLEMİ, U şeklinde yerleştirilmiş montaj hatlarının dengelenmesi problemidir.



Doç. Dr. Yakup KARA



İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme

PROBLEMİN SINIFLANDIRILMASI

3) GÖREV SÜRELERİNİN DURUMUNA GÖRE:

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme problemleri, görev sürelerinin durumuna göre **DETERMİNİSTİK MHD PROBLEMİ** ve **STOKASTİK MHD PROBLEMİ** olmak üzere ikiye ayrılır.

DETERMİNİSTİK GÖREV SÜRELİ MHD PROBLEMİNDE, görev süreleri belirli ve deterministiktir.

STOKASTİK GÖREV SÜRELİ MHD PROBLEMİNDE, görev sürelerinin, ortalaması ve standart sapması bilinen bir dağılıma uyduğu kabul edilir.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme

PROBLEMİN SINIFLANDIRILMASI

4) PERFORMANS ÖLÇÜTÜNE GÖRE:

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme problemleri, performans ölçütüne göre **TİP – I MHD PROBLEMİ** ve **TİP – II MHD PROBLEMİ** olmak üzere ikiye ayrılır.

TİP – I MHD PROBLEMİNDE, verilen bir çevrim zamanı için hat boyunca açılan **İSTASYON SAYISINI MINİMİZE EDİLİR**.

TİP – II MHD PROBLEMİNDE, verilen bir istasyon sayısı için hattın **ÇEVİRİM ZAMANINI MINİMİZE EDİLİR**.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme

TEK MODELLİ DÜZ MONTAJ HATTI DENGELEME (TMD) PROBLEMİ



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMD PROBLEMİ

MONTAJ HATTI DENGELEME PROBLEMLERİNİN EN YALIN HALİ, TEK MODELLİ DETERMİNİSTİK GÖREV SÜRELİ DÜZ HAT DENGELEME PROBLEMİDİR VE **BASİT HAT DENGELEME PROBLEMİ** OLARAK BİLİNİR.

PROBLEMİN TEMEL VARSAYIMLARI ŞUNLARDIR:

- MONTAJ HATTINDA TEK ÇEŞİT ÜRÜN BÜYÜK MİKTARLARDAN ÜRETİLİR.
- GÖREV SÜRELERİ DETERMİNİSTİKTİR.
- GÖREVLER ARASINDAKİ ÖNCELİK İLİŞKİLERİ BİLİNMEKTEDİR.
- BİR GÖREVİN TAMAMI BİR İSTASYONDA GERÇEKLEŞTİRİLMEK ZORUNDADIR.
- BİR GÖREVİN ÖNCÜLÜ VARSA, O GÖREVİN BAŞLAYABİLMESİ İÇİN BÜTÜN ÖNCÜLLERİNİN TAMAMLANMIŞ OLMASI GEREKİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMD PROBLEMİ

TMD PROBLEMİNİN TEMEL OLARAK, **ATAMA KISITLARI**, **ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARI** VE **ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITLARI** OLMAK ÜZERE ÜÇ ÇEŞİT KISITI VARDIR.

ATAMA KISITLARI: MONTAJ HATTINDAKİ **BÜTÜN GÖREVLER** İSTASYONLARA ATANMAK ZORUNDADIR VE **BİR GÖREV YALNIZCA BİR İSTASYONA** ATANABİLİR.

ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARI: MONTAJ HATTI ÜZERİNDE AÇILAN HER BİR İSTASYONA ATANAN GÖREVLERİN GÖREV SÜRELERİNİN TOPLAMI ÇEVİRİM ZAMANINI **AŞAMAZ**.

ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITLARI: BİR GÖREVİN BİR İSTASYONA ATANABİLMESİ İÇİN O GÖREVİN **BÜTÜN ÖNCÜLLERİNİN** YA **DAHA ÖNCEKİ** BİR İSTASYONA YA DA **O GÖREVLLE AYNI İSTASYONA** ATANMIŞ OLMASI GEREKİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMD PROBLEMİ

TMD PROBLEMİNİN MATEMATİKSEL MODELİ İŞE ŞÖYLEDİR:

KISALTMALAR:

i, r, s	: görev
j	: istasyon
C	: çevrim zamanı
m_{max}	: maksimum istasyon sayısı
n	: toplam görev sayısı
t_i	: i görevinin tamamlanma süresi
S	: öncelik ilişkileri kümesi
$(r,s) \in S$	: bir öncelik ilişkisi; r görevi s görevinin komşu öncülüdür
x_{ij}	: 1, i görevi j istasyonuna atanmış ise; 0, aksi halde
z_j	: 1, j istasyonunu açılmış ise; 0, aksi halde

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMD PROBLEMİ

MODEL:

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j=1}^{m_{\max}} z_j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{\max}} x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n t_i x_{ij} \leq C \cdot z_j \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{\max}} j(x_{rj} - x_{sj}) \leq 0 \quad \forall (r,s) \in S \quad (4)$$

$$x_{ij}, z_j \in \{0,1\} \quad \forall i; \forall j \quad (5)$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMD PROBLEMİ

PROBLEMİN AMAÇ FONKSİYONU, HAT BOYUNCA AÇILAN **İSTASYON SAYISINI** **MINİMİZE ETMEYE** YÖNELİKTİR.

2 NUMARALI KISIT, BÜTÜN GÖREVLERİN İSTASYONLARA ATANMASINI VE HER GÖREVİN BİR KERE ATANMASINI SAĞLAMAKTADIR.

3 NUMARALI KISIT, AÇILAN BİR İSTASYONDAKİ GÖREVLERİN GÖREV SÜRELERİ TOPLAMININ ÇEVİRİM ZAMANINI AŞMAMASI İÇİNDİR.

4 NUMARALI KISIT ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITI OLUP, ÖNCÜLÜ OLAN BİR GÖREVİN YA ÖNCÜLÜYLE AYNI İSTASYONA YA DA ÖNCÜLÜNDEN SONRAKİ BİR İSTASYONA ATANMASINI SAĞLAMAKTADIR.

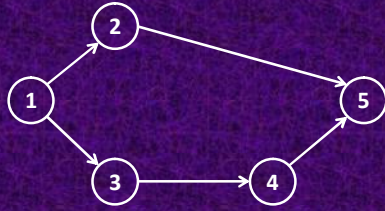
5 NUMARALI KISIT İSE MODELDEKİ BÜTÜN x_{ij} ve z_j DEĞİŞKENLERİNİN İKİLİ DÜZENDE (**BINARY**) (0–1) OLDUĞUNU İFADE ETMEKTEDİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMD PROBLEMİ

ÖRNEK: AŞAĞIDA ÖNCELİK DİYAGRAMI VE GÖREV SÜRELERİ VERİLEN MONTAJ HATTI Dengeleme Problemi için, Düz Hat Dengeleme Modelini yazalım. Çevrim zamanı 10 zaman birimi olsun. ($C = 10$)



GÖREV	GÖREV SÜRESİ
1	3
2	6
3	4
4	5
5	1

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme

TMD PROBLEMİ

ÖRNEK: $m_{\min} = \left\lceil \frac{\sum t_i}{C} \right\rceil^+ = \left\lceil \frac{19}{10} \right\rceil^+ = 2$ İSE $m_{\max} = 3$ OLSUN.

AMAÇ FONKSİYONU:

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

ATAMA KISITLARI:

$$1. \text{ Görev için: } x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1$$

$$2. \text{ Görev için: } x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1$$

$$3. \text{ Görev için: } x_{31} + x_{32} + x_{33} = 1$$

$$4. \text{ Görev için: } x_{41} + x_{42} + x_{43} = 1$$

$$5. \text{ Görev için: } x_{51} + x_{52} + x_{53} = 1$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI Dengeleme

TMD PROBLEMİ

ÖRNEK:

ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARI:

1. İstasyon için: $3x_{11} + 6x_{21} + 4x_{31} + 5x_{41} + 1x_{51} \leq 10z_1$
2. İstasyon için: $3x_{12} + 6x_{22} + 4x_{32} + 5x_{42} + 1x_{52} \leq 10z_2$
3. İstasyon için: $3x_{13} + 6x_{23} + 4x_{33} + 5x_{43} + 1x_{53} \leq 10z_3$

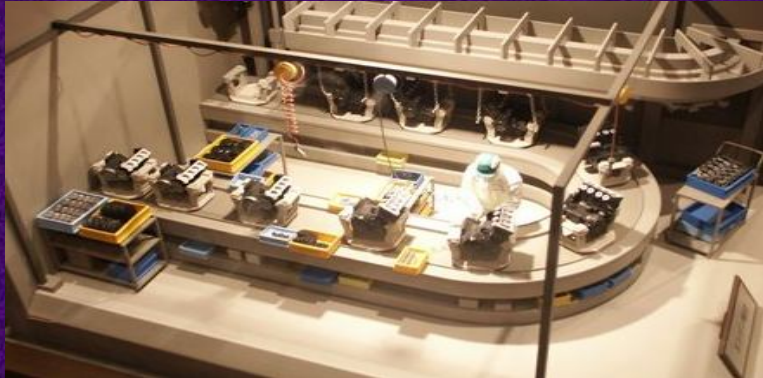
ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITLARI:

$$S = \{(1,2), (1,3), (2,5), (3,4), (4,5)\}$$

- (1,2) ilişkisi için: $1(x_{11} - x_{21}) + 2(x_{12} - x_{22}) + 3(x_{13} - x_{23}) \leq 0$
- (1,3) ilişkisi için: $1(x_{11} - x_{31}) + 2(x_{12} - x_{32}) + 3(x_{13} - x_{33}) \leq 0$
- (2,5) ilişkisi için: $1(x_{21} - x_{51}) + 2(x_{22} - x_{52}) + 3(x_{23} - x_{53}) \leq 0$
- (3,4) ilişkisi için: $1(x_{31} - x_{41}) + 2(x_{32} - x_{42}) + 3(x_{33} - x_{43}) \leq 0$
- (4,5) ilişkisi için: $1(x_{41} - x_{51}) + 2(x_{42} - x_{52}) + 3(x_{43} - x_{53}) \leq 0$

Doç. Dr. Yakup KARA

TEK MODELLİ U – TİPİ MONTAJ HATTI DENGEME (TMU) PROBLEMİ



Doç. Dr. Yakup KARA

TMU PROBLEMİ

TMU PROBLEMLERİ, TMD PROBLEMLERİNİN ÜZERİNE İNŞA EDİLMİŞTİR.

TMD PROBLEMLERİ İÇİN KULLANILAN ATAMA VE ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARI, TMU PROBLEMİNDE DE AYNEN GEÇERLİDİR.

YALNIZCA ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITI, U-TİPİ MONTAJ HATLARININ ÖZEL YAPISINDAN DOLAYI FARKLILIK GÖSTERMEKTEDİR.

U-TİPİ MONTAJ HATLARINDA HATTIN GİRİŞİYLE ÇIKIŞININ AYNI YÖNDE OLMASI SEBEBİYLE HAT İÇERİSİNDE ÇALIŞAN BİR İŞÇİ, HATTIN HEM BAŞLANGIÇ HEM DE BİTİŞ TARAFINDAKİ GÖREVLERİ YERİNE GETİREBİLECEKTİR.

BUNA BAĞLI OLARAK, TMU PROBLEMİ İÇİN ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITI AŞAĞIDAKİ GİBİ İFADE EDİLEBİLİR:

■BİR GÖREVNİN BİR İSTASYONA ATANABİLMESİ İÇİN; O GÖREVNİN BÜTÜN ÖNCÜLLERİNİN VEYA BÜTÜN ARDILLARININ DAHA ÖNCE OLUŞTURULAN İSTASYONLARA VEYA ÜZERİNDE ATAMA YAPILMAKTA OLAN İSTASYONA ATANMIŞ OLMASI GEREKİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

TMU PROBLEMLERİNİ TMD PROBLEMLERİNDEN AYIRAN EN ÖNEMLİ ÖZELLİK YUKARIDA BELİRTİLEN ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITIDIR.

DÜZ HAT DENGEMEDE, BİR İSTASYONA YALNIZCA, ÖNCÜLÜ OLMAYAN VEYA BÜTÜN ÖNCÜLLERİ DAHA ÖNCEKİ İSTASYONLARA ATANMIŞ GÖREVLER ATANABİLECEK; U-TİPİ MHD'DE, BİR İSTASYONA HEM ÖNCÜLÜ OLMAYAN GÖREVLER HEM DE ARDILI OLMAYAN GÖREVLER ATANABİLECEKTİR.

DOLAYISIYLA HERHANGİ BİR İSTASYON İÇİN, O İSTASYONA ATANABİLECEK GÖREVLERİN OLUŞTURACAĞI KÜME U-TİPİ MONTAJ HATLARINDA, DÜZ MONTAJ HATLARINA GÖRE DAHA GENİŞ OLACAKTIR.

BUNUN SONUCU OLARAK BİR MONTAJ HATTINI U-TİPİ OLARAK DENGEME, AYNI HATTI DÜZ OLARAK DENGEMEYE GÖRE DAHA FAZLA DENGEME ESNEKLİĞİ SAĞLAMAKTA VE AÇILACAK İSTASYON SAYISI DAHA AZ OLABİLMEKTEDİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

TMU PROBLEMİNİN, BAHSİ GEÇEN ÖNCELİK İLİŞKİLERİNE YÖNELİK ÖZEL DURUMU DIŞINDA TÜM VARSAYIMLARI VE KISITLARI DÜZ HAT DENGELEME PROBLEMİ İLE AYNIDIR. TMU PROBLEMİNİN MATEMATİKSEL MODELİ İSE ŞÖYLEDİR:

KISALTMALAR:

i, r, s	: görev
j	: istasyon
C	: çevrim zamanı
m_{max}	: maksimum istasyon sayısı
n	: toplam görev sayısı
t_i	: i görevinin tamamlanma süresi
S	: öncelik ilişkileri kümesi
$(r,s) \in S$	: bir öncelik ilişkisi; r görevi s görevinin komşu öncülüdür
x_{ij}	: 1, i görevi j istasyonunun ön tarafına atanmış ise; 0, aksi halde
y_{ij}	: 1, i görevi j istasyonunun arka tarafına atanmış ise; 0, aksi halde
z_j	: 1, j istasyonunu açılmış ise; 0, aksi halde

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMU PROBLEMİ

MODEL:

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j=1}^{m_{max}} z_j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} (x_{ij} + y_{ij}) = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n t_i (x_{ij} + y_{ij}) \leq C \cdot z_j \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} j(x_{rj} - x_{sj}) \leq 0 \quad \forall (r,s) \in S \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} j(y_{sj} - y_{rj}) \leq 0 \quad \forall (r,s) \in S \quad (5)$$

$$x_{ij}, y_{ij}, z_j \in \{0,1\} \quad \forall i; \forall j \quad (6)$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMU PROBLEMİ

PROBLEMİN AMAÇ FONKSİYONU, DÜZ HAT DENGELMEDE OLDUĞU GİBİ HAT BOYUNCA AÇILAN **İSTASYON SAYISINI MİNİMİZE ETMEYE** YÖNELİKTİR.

2 NUMARALI KISIT, BÜTÜN GÖREVLERİN İSTASYONLARA ATANMASINI VE HER GÖREVİN, HATTIN YA ÖN YA DA ARKA TARAFINA OLMAK ÜZERE BİR KERE ATANMASINI SAĞLAMAKTADIR.

3 NUMARALI KISIT, AÇILAN BİR İSTASYONA, HATTIN ÖN VE ARKA TARAFINDAN ATANMIŞ TÜM GÖREVLERİN GÖREV SÜRELERİ TOPLAMININ ÇEVİRİM ZAMANINI AŞMAMASI İÇİNDİR.

4 VE 5 NUMARALI KISITLAR ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITLARI OLUP, 4 NUMARALI KISIT ÖNCÜLÜ OLAN BİR GÖREVİN YA ÖNCÜLÜYLE AYNI İSTASYONA YA DA ÖNCÜLÜNDEN SONRAKİ BİR İSTASYONA ATANMASINI SAĞLAMAKTADIR. 5 NUMARALI KISIT İSE ARDILI OLAN BİR GÖREVİN YA ARDILIYLA AYNI İSTASYONA YA DA ARDILINDAN SONRAKİ BİR İSTASYONA ATANMASINI SAĞLAMAKTADIR

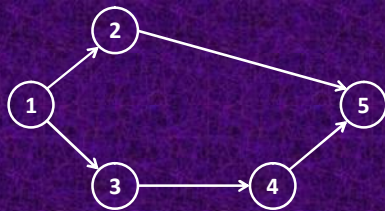
6 NUMARALI KISIT İSE MODELDEKİ BÜTÜN x_{ij} , y_{ij} ve z_j DEĞİŞKENLERİNİN İKİLİ DÜZENDE (**BINARY**) (0–1) OLDUĞUNU İFADE ETMEKTEDİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: AŞAĞIDA ÖNCELİK DİYAGRAMI VE GÖREV SÜRELERİ VERİLEN MONTAJ HATTI DENGELEME PROBLEMİ İÇİN, **TMU** MODELİNİ YAZALIM. ÇEVİRİM ZAMANI 10 ZAMAN BİRİMİ OLSUN ($C = 10$).



GÖREV	GÖREV SÜRESİ
1	3
2	6
3	4
4	5
5	1

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

$$m_{\min} = \left\lceil \frac{\sum t_i}{c} \right\rceil^+ \quad m_{\min} = \left\lceil \frac{19}{10} \right\rceil^+ = 2 \quad \text{İSE } m_{\max} = 3 \text{ OLSUN.}$$

AMAÇ FONKSİYONU:

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

ATAMA KISITLARI:

$$x_{11} + y_{11} + x_{12} + y_{12} + x_{13} + y_{13} = 1$$

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

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

$$x_{41} + y_{41} + x_{42} + y_{42} + x_{43} + y_{43} = 1$$

$$x_{51} + y_{51} + x_{52} + y_{52} + x_{53} + y_{53} = 1$$

Doç. Dr. Yakup KARA

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARI:

$$3(x_{11} + y_{11}) + 6(x_{21} + y_{21}) + 4(x_{31} + y_{31}) + 5(x_{41} + y_{41}) + 1(x_{51} + y_{51}) \leq 10z_1$$

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

$$3(x_{13} + y_{13}) + 6(x_{23} + y_{23}) + 4(x_{33} + y_{33}) + 5(x_{43} + y_{43}) + 1(x_{53} + y_{53}) \leq 10z_3$$

ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITLARI:

$$S = \{(1,2), (1,3), (2,5), (3,4), (4,5)\}$$

$$1(x_{11} - x_{21}) + 2(x_{12} - x_{22}) + 3(x_{13} - x_{23}) \leq 0$$

$$1(y_{21} - y_{11}) + 2(y_{22} - y_{12}) + 3(y_{23} - y_{13}) \leq 0$$

$$1(x_{11} - x_{31}) + 2(x_{12} - x_{32}) + 3(x_{13} - x_{33}) \leq 0$$

$$1(y_{31} - y_{11}) + 2(y_{32} - y_{12}) + 3(y_{33} - y_{13}) \leq 0$$

$$1(x_{21} - x_{51}) + 2(x_{22} - x_{52}) + 3(x_{23} - x_{53}) \leq 0$$

$$1(y_{51} - y_{21}) + 2(y_{52} - y_{22}) + 3(y_{53} - y_{23}) \leq 0$$

$$1(x_{31} - x_{41}) + 2(x_{32} - x_{42}) + 3(x_{33} - x_{43}) \leq 0$$

$$1(y_{41} - y_{31}) + 2(y_{42} - y_{32}) + 3(y_{43} - y_{33}) \leq 0$$

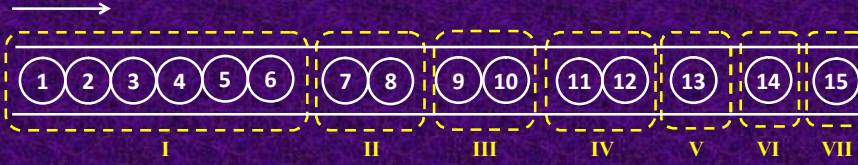
$$1(x_{41} - x_{51}) + 2(x_{42} - x_{52}) + 3(x_{43} - x_{53}) \leq 0$$

$$1(y_{51} - y_{41}) + 2(y_{52} - y_{42}) + 3(y_{53} - y_{43}) \leq 0$$

Doç. Dr. Yakup KARA

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: BİLGİSAYAR MONTAJI ÖRNEĞİNİ TEKRAR HATIRLARSAK, $C = 140$ sn İÇİN 7 İSTASYONLU DÜZ HAT DENGESİ ŞÖYLE ORTAYA ÇIKMIŞTI:



DENGELEME SONUCU DİĞER VERİLER İSE ŞÖYLEYDİ.

	İSTASYON						
	1	2	3	4	5	6	7
ÇEVİRİM ZAMANI	140	140	140	140	140	140	140
İSTASYON ZAMANI	125	130	95	120	120	120	70
İSTASYON BOŞ ZAMANI	15	10	45	20	20	20	70

TOPLAM BOŞ ZAMAN = 200

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: BU DURUMDA;

DENGE GECİKMESİ:

$$DG = (100 \times TBZ) / (M \times C)$$

$$DG = (100 \times 200) / (7 \times 140) = \% 20,4$$

HAT ETKİNLİĞİ:

$$HE = (100 \times TGS) / (M \times C)$$

$$HE = (100 \times 780) / (7 \times 140) = \% 79,6$$

DÜZGÜNLÜK İNDEKSİ:

$$Di = \sqrt{\sum_{j=1}^M (iz_{\max} - iz_j)^2}$$

$$Di = \sqrt{(130 - 125)^2 + (130 - 130)^2 + (130 - 95)^2 + (130 - 120)^2 + (130 - 120)^2 + (130 - 120)^2 + (130 - 70)^2}$$

$$= \sqrt{5150}$$

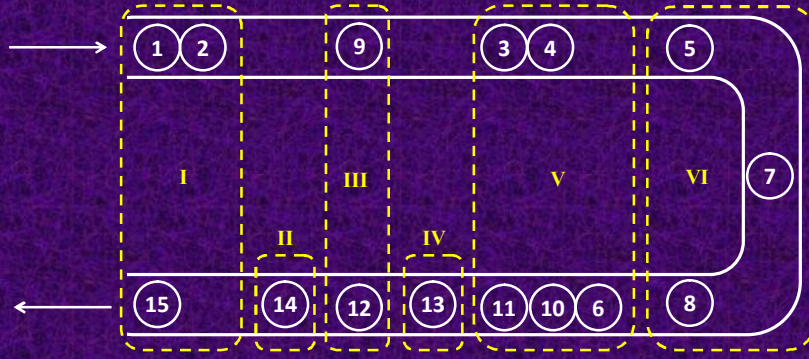
$$= 71,76$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: BİLGİSAYAR MONTAJI ÖRNEĞİNİ AYNI VERİLERLE U – TİPİ OLARAK DENGELERSEK KARŞIMIZA ÇIKAN OPTİMAL ÇÖZÜM 6 İSTASYONLU VE ŞU ŞEKİLEDİR:



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: DENGEME SONUCU, İSTASYON ZAMANI, İSTASYON BOŞ ZAMANI VE TOPLAM BOŞ ZAMAN VERİLERİ İSE ŞÖYLE ORTAYA ÇIKMIŞTIR:

	İSTASYON					
	1	2	3	4	5	6
ÇEVİRİM ZAMANI	140	140	140	140	140	140
İSTASYON ZAMANI	135	120	130	120	135	140
İSTASYON BOŞ ZAMANI	5	20	10	20	5	0

TOPLAM BOŞ ZAMAN = 60

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: BU DURUMDA;

DENGE GECİKMESİ:

$$DG = (100 \times TBZ) / (M \times C)$$
$$DG = (100 \times 60) / (6 \times 140) = \% 7,14$$

HAT ETKİNLİĞİ:

$$HE = (100 \times TGS) / (M \times C)$$
$$HE = (100 \times 780) / (6 \times 140) = \% 92,86$$

DÜZGÜNLÜK İNDEKSİ:

$$D_i = \sqrt{\sum_{j=1}^M (iz_{max} - iz_j)^2}$$

$$D_i = \sqrt{(140 - 135)^2 + (140 - 120)^2 + (140 - 130)^2 + (140 - 120)^2 + (140 - 135)^2 + (140 - 140)^2}$$
$$= \sqrt{950}$$
$$= 30,82$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

BİLGİSAYAR MONTAJI ÖRNEĞİ, **C = 140** İÇİN DÜZ VE U – TİPİ OLARAK DENGELENDİĞİNDE, **U – TİPİ DENGEMENİN** İSTASYON SAYISI VE TOPLAM BOŞ ZAMAN AÇISINDAN **DAHA İYİ SONUÇLAR VERDİĞİ** GÖRÜLMEKTEDİR.

BUNUN YANINDA, GENEL OLARAK U – TİPİ HAT DENGEMENİN DÜZ HAT DENGEMEYE GÖRE AVANTAJARINI ŞÖYLE SIRALAYABİLİRİZ:

- İŞÇİLER BİRBİRLERİNE YAKIN BİR ŞEKİLDE ÇALIŞTIKLARI İÇİN ARALARINDAKİ İLETİŞİM VE ETKİLEŞİM DAHA FAZLA OLMAKTADIR. ORTAYA ÇIKAN HER TÜRLÜ PROBLEMDE İŞÇİLER KOLAYLIKLA BİRBİRLERİNE YARDIM EDEBİLİRLER.
- İŞÇİLER HATTIN ÇEŞİTLİ İSTASYONLARINDA ÇALIŞTIKLARI İÇİN KISA SÜREDE ÇOK FONKSİYONLU İŞÇİ HALİNE GELMEKTEDİRLER. BÖYLECE TALEPTE MEYDANA GELEN DEĞİŞMELERE KOLAYCA UYUM SAĞLANABİLDİĞİ GİBİ İŞÇİLER DE ORTAYA ÇIKABİLECEK FARKLI PROBLEMLERİ ÇÖZME YETENEĞİ KAZANMAKTADIRLAR. ÇOK FONKSİYONLU İŞÇİLER FARKLI SÜREÇLER VE OPERASYONLAR ARASI İLİŞKİLERİ DAHA İYİ KAVRAYARAK İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARINA DA DAHA FAZLA KATKI YAPABİLMEKTEDİRLER.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

- TALEPTE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLERE BAĞLI OLARAK U-TİPİ MONTAJ HATTININ TAMAMLAMASI GEREKEN ÜRÜN MİKTARI, ÇOK FONKSİYONLU İŞÇİLERİN HATTA EKLENİP ÇIKARILMASIYLA KOLAYCA AYARLANABİLİR. DÜZ MONTAJ HATLARINDA HATTIN ÇIKTISI ÇALIŞMA SAATLERİ İLE AYARLANIR.
- AYNI MİKTARDA ÇIKTI ELDE ETMEK İÇİN U-TİPİ MONTAJ HATLARINDA İHTİYAÇ DUYULAN İSTASYON SAYISI DÜZ MONTAJ HATLARINDA İHTİYAÇ DUYULAN İSTASYON SAYISINA EŞİT VEYA BUNDAN DAHA AZ OLMAKTADIR. HİÇBİR ZAMAN FAZLA OLAMAZ.
- U-TİPİ MONTAJ HATLARI, YUKARIDA BELİRTİLEN ÜSTÜNLÜKLERİNİN YANI SIRA DÜŞÜK STOK SEVİYELERİ, BASİT MALZEME TAŞIMA, BASİT ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL, YÜKSEK KALİTE, EKİP ÇALIŞMASI GİBİ ÇOK SAYIDA AVANTAJ DA SAĞLAMAKTADIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

SEZGİSEL YÖNTEMLER

Doç. Dr. Yakup KARA

ÜRETİM PLANLAMA – II

SEZGİSEL YÖNTEMLER

MONTAJ HATTI Dengeleme problemlerinin en basit halı olan tek modelli deterministik görev süreli düz montaj hattı dengeleme probleminin **NP-HARD** sınıfına girdiği bilinmektedir (polinomial zamanda çözilemeyen).

Bu nedenle, hem **TMD** problemi hem de problemin daha zor ve karmaşık diğer sınıfları için optimal çözümü garanti edecek bir metodoloji mevcut değildir.

Konu ile ilgilenen araştırmacılar, optimal garanti etmese de optiMale yakın çözümler üreten bir takım sezgisel algoritmalar geliştirmişlerdir.

İlerleyen bölümlerde, MHD problemleri için etkili çözümler üreten bazı sezgisel yöntemler tanıtılacaktır.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

Pozisyon ağırlığı yönteminin adımları şu şekildedir:

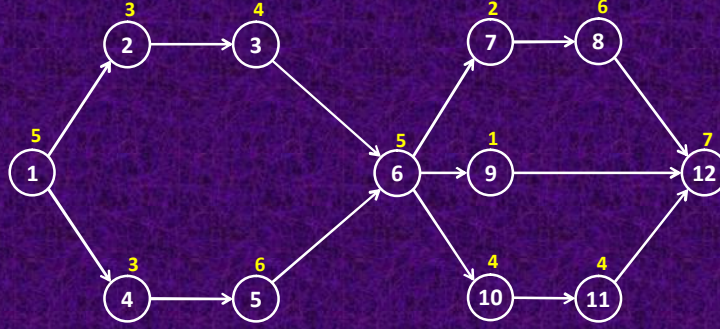
- 1.ÖNCELİK DİYAGRAMINI OLUŞTUR.
- 2.HER BİR GÖREV İÇİN **POZİSYON AĞIRLIĞI** DEĞERİNİ HESAPLA (BİR GÖREVİN POZİSYON AĞIRLIĞI, O GÖREVİN KENDİ SÜRESİ İLE, O GÖREVİN ARDILI OLAN GÖREVLERİN SÜRELERİ TOPLAMINA EŞİTTİR)
- 3.GÖREVLERİ POZİSYON AĞIRLIKLARINA GÖRE BÜYÜKTEN KÜÇÜĞE SIRALA.
- 4.EN YÜKSEK POZİSYON AĞIRLIĞINA ÖNCELİK VEREREK GÖREVLERİ SIRAYA GÖRE İSTASYONLARA ATA.
- 5.SIRADAKİ GÖREV ATANDIĞINDA İSTASYON ZAMANI ÇEVİRİM ZAMANINI AŞIYORSA, ÖNCELİK İLİŞKİLERİNİ İHLAL ETMEDİĞİ SÜRECE BİR SONRAKİ GÖREVİ ATAMAYA ÇALIŞ. ATANABİLECEK GÖREV YOKSA YENİ BİR İSTASYON AÇ.
- 6.TÜM GÖREVLER İSTASYONLARA ATANINCAYA KADAR ADIM 4 VE 5'İ TEKRARLA.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

ÖRNEK: AŞAĞIDA ÖNCELİK DİYAGRAMI VE GÖREV SÜRELERİ VERİLEN MONTAJ HATTINI $C = 10$ İÇİN POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ İLE DENGELEYELİM.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

ÖRNEK: ÖNCELİKLE GÖREVLERİN POZİSYON AĞIRLIKLARINI BELİRLEYİP, GÖREVLERİ POZİSYON AĞIRLIKLARINA GÖRE SIRALAYACAĞIZ.

GÖREV	POZİSYON AĞIRLIĞI
1	50
2	36
3	33
4	38
5	35
6	29
7	15
8	13
9	8
10	15
11	11
12	7

SIRA	GÖREV	GÖREV SÜRESİ	POZİSYON AĞIRLIĞI
1	1	5	50
2	4	3	38
3	2	3	36
4	5	6	35
5	3	4	33
6	6	5	29
7	7	2	15
8	10	4	15
9	8	6	13
10	11	4	11
11	9	1	8
12	12	7	7

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGELEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

ÖRNEK: ŞİMDİ ELDE ETTİĞİMİZ BU SIRAYA GÖRE GÖREVLERİ İSTASYONLARA ATAYACAĞIZ. BUNU YAPARKEN SIRADAKİ GÖREVİ ATAMANIN, ÖNCELİK İLİŞKİLERİ VE ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARINI İHLAL EDİP ETMEDİĞİNİ KONTROL EDECEĞİZ.

■SIRADAKİ İLK GÖREV **1. GÖREVDİR**. 1. GÖREV 1. İSTASYONA ATANIR. BU DURUMDA 1. İSTASYONUN İŞ YÜKÜ **5** OLACAKTIR.

■1. GÖREV ATANDIKTAN SONRA SIRADAKİ GÖREV **4. GÖREVDİR**. 4. GÖREVİN BU İSTASYONA ATANMASI ÖNCELİK İLİŞKİLERİ VE ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARINI İHLAL ETMEYECEKTİR. DOLAYISIYLA 4. GÖREV DE 1. İSTASYONA ATANIR VE 1. İSTASYONUN İŞ YÜKÜ **8** OLUR (5+3).

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

ÖRNEK:

■SIRADAKİ GÖREV **2. GÖREVDİR**. 2. GÖREVİN BU İSTASYONA ATANMASI İSTASYONUN İŞ YÜKÜNÜ **11** YAPACAK VE ÇEVİRİM ZAMANI KISITI İHLAL EDİLECEKTİR. BU NEDENLE 2. GÖREV ATANMADAN ÖNCE SIRADA ÇEVİRİM ZAMANI VE ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITINI İHLAL ETMEYECEK BİR GÖREV OLUP OLMADIĞINA BAKILIR. BÖYLE BİR GÖREV OLMADIĞI İÇİN 1. İSTASYONA ATAYABİLECEĞİMİZ BAŞKA GÖREV YOKTUR. YENİ BİR İSTASYON AÇILARAK SIRADAKİ GÖREV OLAN **2. GÖREV** YENİ AÇILAN **2.İSTASYONA** ATANIR. 2. İSTASYONUN İŞ YÜKÜ **3** OLUR.

■2. GÖREVDEN SONRA SIRADAKİ GÖREV OLAN **5. GÖREV** 2. İSTASYONA ATANABİLİR DURUMDADIR VE 2. İSTASYONUN İŞ YÜKÜ **9** OLUR.

■5. GÖREVDEN SONRA SIRADA BU İSTASYON İÇİN ÇEVİRİM ZAMANI VE ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITLARINI İHLAL ETMEYEN GÖREV BULUNMADIĞINDAN YENİ BİR İSTASYON AÇILIR VE SIRADAKİ GÖREV OLAN **3. GÖREV** **3. İSTASYONA** ATANIR. 3. İSTASYONUN İŞ YÜKÜ **4** OLUR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

ÖRNEK:

■SIRADAKİ GÖREV OLAN **6. GÖREV** BU İSTASYONA ATANABİLİR VE 3. İSTASYONUN İŞ YÜKÜ **9** OLUR.

■6. GÖREVDEN SONRA GELEN **7. GÖREVİN ATANMASI ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI İHLAL EDECEKTİR**. BU NEDENLE SIRADA İLERLENEREK DİĞER GÖREVLER KONTROL EDİLİR VE **9. GÖREVİN** HEM ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITINI İHLAL ETMEDİĞİ HEM DE İSTASYONUN İŞ YÜKÜNÜ **10** YAPARAK ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI İHLAL ETMEDİĞİ GÖRÜLÜR. BU NEDENLE 6. GÖREVDEN SONRA **9. GÖREV 3. İSTASYONA** ATANIR.

BU ŞEKİLDE DEVAM EDİLEREK TÜM GÖREVLERİN İSTASYONLARA ATANMASI SAĞLANIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

ÖRNEK:

ATAMA SONUCU ŞU ŞEKİLDE OLACAKTIR.

I	II	III	IV	V	VI
1, 4	2, 5	3, 6, 9	7, 10, 11	8	12

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ (HELGESON – BIRNIE)

POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİNDE, TÜM GÖREVLERİ POZİSYON AĞIRLIKLARINA GÖRE SIRALAMADAN ŞÖYLE BİR YÖNTEM DE İZLENEBİLİR:

ÖNCELİK DİYAGRAMI ÜZERİNDEN İLERLENEREK, **ÖNCÜLÜ OLMAYAN VEYA TÜM ÖNCÜLLERİ ATANMIŞ** GÖREVLER BELİRLENİR.

BU GÖREVLER, ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITINA GÖRE ATANABİLECEK DURUMDA OLAN GÖREVLERDİR.

BELİRLENEN BU ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDAN **EN BÜYÜK POZİSYON AĞIRLIĞINA SAHİP GÖREV** SEÇİLİR VE İSTASYONA ATANMAYA ÇALIŞILIR.

ÇEVİRİM ZAMANI AŞILIYORSA ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDAN **BİR SONRAKİ EN BÜYÜK POZİSYON AĞIRLIĞINA SAHİP GÖREV** ATANMAYA ÇALIŞILIR.

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI SAĞLAYAN GÖREV OLMAMASI DURUMUNDA **YENİ BİR İSTASYON** AÇILIR VE EN BÜYÜK POZİSYON AĞIRLIKLIL GÖREV YENİ İSTASYONA ATANIR. **BİR GÖREV ATANDIKTAN SONRA ÖNCELİK İLİŞKİLERİNE BAĞLI OLARAK ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİ GÜNCELLENİR.**

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

IMMEDIATE UPDATE FIRST FIT YÖNTEMİ

IMMEDIATE UPDATE FIRST FIT (IUFF) YÖNTEMİ GÖREVLERİN TABLODA VERİLEN ALTI FONKSİYONA İLİŞKİN DEĞERLERİNİ BELİRLEYEREK ATANABİLECEK GÖREVLERE BU DEĞERLERE GÖRE ÖNCELİK TANIYAN BİR YÖNTEMDİR.

TABLODAKİ FONKSİYONLARDAN HANGİSİNİN KULLANILDIĞINA BAĞLI OLARAK, **IUFF_n** OLARAK KISALTILIR (n=1,2,...,6).

n	FONKSİYON ADI	AÇIKLAMA
1	POZİSYON AĞIRLIĞI	GÖREVİN KENDİSİNİN VE TÜM ARDILLARININ GÖREV SÜRELERİ TOPLAMI
2	TERS POZİSYON AĞIRLIĞI	GÖREVİN KENDİSİNİN VE TÜM ÖNCÜLLERİNİN GÖREV SÜRELERİ TOPLAMI
3	ARDIL SAYISI	GÖREVİN ARDILLARININ SAYISI
4	KOMŞU ARDIL SAYISI	GÖREVİN KOMŞU ARDILLARININ SAYISI
5	ÖNCÜL SAYISI	GÖREVİN ÖNCÜLLERİNİN SAYISI
6	GÖREV SÜRESİ	GÖREVİN SÜRESİ

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

IMMEDIATE UPDATE FIRST FIT YÖNTEMİ

TABLODAKİ FONKSİYONLARDAN HANGİSİNİN KULLANILACAĞI BELİRLENDİKTEN SONRA **IUFF** YÖNTEMİ ŞÖYLE ÇALIŞIR:

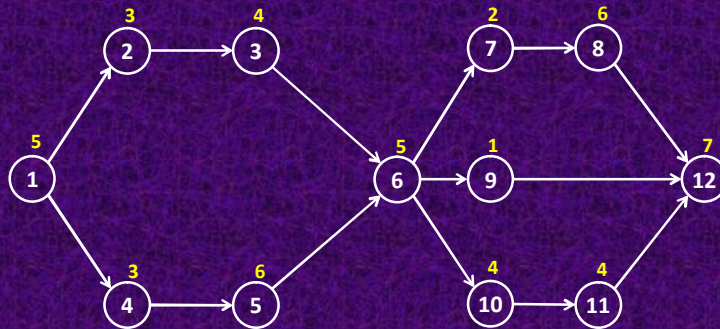
- 1.GÖREVLERİN İLGİLİ FONKSİYONA İLİŞKİN DEĞERLERİNİ BELİRLE
- 2.ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİNİ GÜNCELLE (ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITINI SAĞLAMAK İÇİN ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİ, TÜM ÖNCÜLLERİ ATANMIŞ GÖREVLERDEN OLUŞUR)
- 3.ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİNDEKİ GÖREVLER İÇERİSİNDEN FONKSİYON DEĞERİ EN YÜKSEK OLAN GÖREVİ İLGİLİ İSTASYONA ATA (BURADA FONKSİYON DEĞERİ EN YÜKSEK OLAN GÖREV, SÜRESİNDEN DOLAYI İSTASYONA ATANAMIYORSA, FONKSİYON DEĞERİ EN YÜKSEK BİR SONRAKİ GÖREVE BAKILIR. ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİNDEN HİÇ BİRİ BU İSTASYONA ATANAMIYORSA YENİ İSTASYON AÇILIR)
- 4.TÜM GÖREVLER ATANMADIYSA ADIM 2'YE GİT.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

IMMEDIATE UPDATE FIRST FIT YÖNTEMİ

ÖRNEK: ÖRNEĞİMİZİ YİNE **C = 10** İÇİN **IUFF3** YÖNTEMİYLE ÇÖZELİM.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

IMMEDIATE UPDATE FIRST FIT YÖNTEMİ

ÖRNEK: 3 NUMARALI FONKSİYON “GÖREVİN ARDIL SAYISI” ŞEKLİNDEYDİ. BU DURUMDA HER BİR GÖREV İÇİN FONKSİYON DEĞERLERİ ŞÖYLE OLACAKTIR:

GÖREV (i)	3(i)
1	11
2	8
3	7
4	8
5	7
6	6
7	2
8	1
9	1
10	2
11	1
12	0

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

IMMEDIATE UPDATE FIRST FIT YÖNTEMİ

ÖRNEK: FONKSİYON DEĞERLERİNİ BELİRLEDİKTEN SONRA ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİ (AGK) OLUŞTURACAĞIZ VE BU KÜME İÇERİSİNDEN FONKSİYON DEĞERİ EN YÜKSEK GÖREVİ SEÇECEĞİZ.

■ BAŞLANGIÇTA ÖNCELİK DİYAGRAMINA GÖRE AGK’DE YALNIZCA 1 NOLU GÖREV VARDIR VE 1. İSTASYONA ATANIR.

■ 1. GÖREV ATANDIKTAN SONRA AGK, 2 VE 4. GÖREVLERDEN OLUŞUR. BU İKİ GÖREVİN FONKSİYON DEĞERİ EŞİTTİR VE HERHANGİ BİRİ SEÇİLEBİLİR. 2’Yİ SEÇELİM. 2. GÖREVİN 1. İSTASYONA ATANMASI ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI İHLAL ETMEZ DOLAYISIYLA ATANIR VE İSTASYONUN İŞ YÜKÜ 8 OLUR.

■ 2. GÖREV DE ATANDIKTAN SONRA AGK’DE 3 VE 4. GÖREVLER BULUNUR. BUNLARDAN EN BÜYÜK FONKSİYON DEĞERİNE SAHİP GÖREV 4’TÜR. 4. GÖREVİN BU İSTASYONA ATANMASI ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI İHLAL EDECEKTİR. AGK’DEKİ DİĞER GÖREV OLAN 3. GÖREVE BAKILIR. 3. GÖREV DE SÜRESİ İTİBARIYLA BU İSTASYONA ATANAMAZ. YENİ BİR İSTASYON AÇILIR VE EN BÜYÜK FONKSİYON DEĞERİNE SAHİP 4. GÖREV 2. İSTASYONA ATANIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

IMMEDIATE UPDATE FIRST FIT YÖNTEMİ

ÖRNEK:

BU ŞEKİLDE DEVAM EDİLEREK TÜM GÖREVLER ATANDIĞINDA SONUÇ ŞÖYLE OLACAKTIR:

I	II	III	IV	V	VI	VII
1, 2	4, 3	5	6, 7, 9	10, 11	8	12

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

RANK AND ASSIGN YÖNTEMİ

RANK AND ASSIGN (SIRALA VE ATA) YÖNTEMİ **IUFF** YÖNTEMİNE ÇOK BENZER.

IUFF'DE ÖNCELİK DİYAGRAMI ÜZERİNDEN İLERLENEREK, ATANABİLİR GÖREV KÜMESİ OLUŞTURULUYOR VE BU KÜME İÇERİSİNDEN, SEÇİLEN FONKSİYON DEĞERİ EN YÜKSEK OLAN GÖREV ATANMAYA ÇALIŞILIYORDU.

RANK AND ASSIGN YÖNTEMİNDE İSE YİNE **IUFF**'DEKİ ALTI FONKSİYONDAN BİRİ SEÇİLEREK, TÜM GÖREVLER FONKSİYON DEĞERLERİNE GÖRE BÜYÜKTEN KÜÇÜĞE SIRALANIR VE ELDE EDİLEN BU SIRA ÜZERİNDEN ATAMA GERÇEKLEŞTİRİLİR.

SIRADAKİ BİR GÖREVİN ÖNCELİK İLİŞKİLERİ VE ÇEVİRİM SÜRESİ KISITLARINI İHLAL EDİP ETMEDİĞİ KONTROL EDİLİR.

ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITINI İHLAL EDİYORSA SIRADAKİ BİR SONRAKİ GÖREVE BAKILIR.

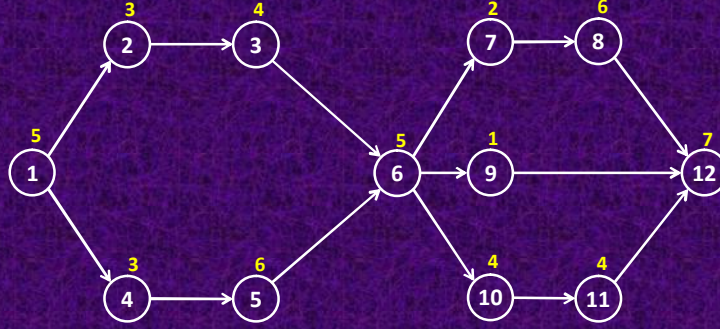
ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI İHLAL EDİYORSA YENİ BİR İSTASYON AÇILIR VE ATAMAYA DEVAM EDİLİR. POZİSYON AĞIRLIĞINDAKİ GİBİ ÇEVİRİM ZAMANINA UYGUN GÖREV BULUNMAYA ÇALIŞILMAZ.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

RANK AND ASSIGN YÖNTEMİ

ÖRNEK: ÖRNEĞİMİZİ $C = 10$ İÇİN IUFF YÖNTEMİNDE 3 NUMARALI FONKSİYON (GÖREVİN ARDIL SAYISI) KULLANARAK RANK AND ASSIGN YÖNTEMİYLE ÇÖZELİM.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

RANK AND ASSIGN YÖNTEMİ

ÖRNEK: GÖREVLERİ ARDIL SAYISINA GÖRE SIRALADIĞIMIZDA ŞU SIRAYI ELDE EDERİZ:

GÖREV (i)	3(i)
1	11
2	8
4	8
3	7
5	7
6	6
7	2
10	2
8	1
9	1
11	1
12	0

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

RANK AND ASSIGN YÖNTEMİ

ÖRNEK:

GÖREVLER BU SIRAYA BAĞLI OLARAK ATANDIĞINDA ELDE EDİLECEK SONUÇ ŞU ŞEKİLDE OLACAKTIR:

I	II	III	IV	V	VI	VII
1, 2	4, 3	5	6, 7	10, 8	9, 11	12

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

COMSOAL YÖNTEMİ

COMSOAL (Computer Method for Sequencing Operations for Assembly Lines) METODU, ÖNCELİK DİYAGRAMINA GÖRE OLUŞTURULAN ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDAN **RASTGELE** SEÇİM YAPARAK GÖREVLERİ İSTASYONLARA ATAMAYI VE BU İŞLEMİ DEFALARCA TEKRAR EDEREK BU TEKRARLAR ARASINDAN EN İYİ ÇÖZÜMÜ KABUL ETMEYİ ESAS ALAN BİR YÖNTEMDİR.

BİR MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMİ İÇİN, DAHA ÖNCE BAHSEDİLEN SEZGİSEL YÖNTEMLERDEN HERHANGİ BİRİ KULLANILARAK ELLE ÇÖZÜM BULMAK MÜMKÜNDÜR.

ANCAK **COMSOAL** METODU BİLGİSAYAR YARDIMIYLA ÇÖZÜMLER ELDE EDİLMESİNİ SAĞLAYAN BİR METOTTUR.

COMSOAL METODUNDA, ÖNCELİK DİYAGRAMI ÜZERİNDEN İLERLENEREK ÖNCÜLÜ OLMAYAN VEYA TÜM ÖNCÜLLERİ ATANMIŞ GÖREVLERDEN OLUŞAN BİR ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİ BELİRLENİR.

DAHA SONRA BU ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİNDEKİ GÖREVLERDEN BİRİSİ RASTSAL OLARAK SEÇİLEREK BİR LİSTEYE KAYDEDİLİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

COMSOAL YÖNTEMİ

TÜM GÖREVLER LİSTEYE KAYDEDİLDİKTEN SONRA, LİSTEDEKİ SIRAYA GÖRE GÖREVLER İSTASYONLARA ATANIR.

SIRADAKİ GÖREV MEVCUT İSTASYONA ATANDIĞINDA ÇEVİRİM ZAMANI AŞILIYORSA YENİ BİR İSTASYON AÇILIR VE O GÖREV YENİ AÇILAN İSTASYONA ATANIR.

BU ŞEKİLDE LİSTEDEKİ TÜM GÖREVLERİN İSTASYONLARA ATANMASI SAĞLANIR.

COMSOAL METODUNDA BURAYA KADAR ANLATILAN TÜM İŞLEMLER BİR DENEMEYE (İTERASYON) KARŞILIK GELİR.

TÜM BU İŞLEMLER, KARAR VERİCİ TARAFINDAN BELİRLENECEK DENEME SAYISI KADAR TEKRAR EDİLİR VE HER BİR DENEMEDE BULUNAN SONUÇ O ANA KADAR BULUNAN EN İYİ SONUÇLA KARŞILAŞTIRILIR.

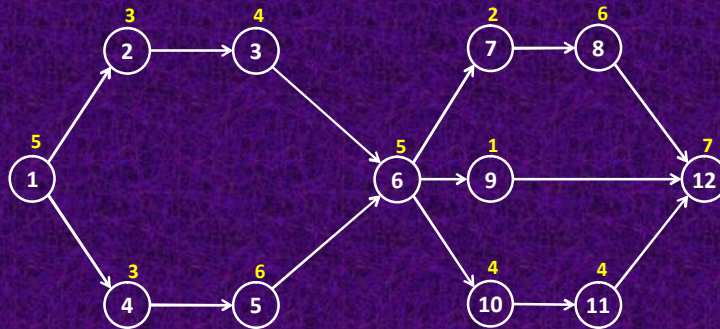
DAHA İYİYE EN İYİ SONUÇ OLARAK KABUL EDİLİR. BÖYLECE BELİRLENEN DENEME SAYISI KADAR ÇÖZÜM İÇERİSİNDEN EN İYİSİ BULUNMUŞ OLUR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

COMSOAL YÖNTEMİ

ÖRNEK: AYNI ÖRNEK PROBLEM İÇİN **COMSOAL** MANTIĞIYLA ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDAN RASTGELE SEÇİM YAPARAK BİR GÖREV LİSTESİ OLUŞTURALIM VE BU LİSTEYİ **C = 10** İÇİN İSTASYONLARA ATAYALIM.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

COMSOAL YÖNTEMİ

ÖRNEK:

ÖNCELİK DİYAGRAMI ÜZERİNDEN İLERLEYEREK, ÖNCÜLÜ OLMAYAN VEYA TÜM ÖNCÜLLERİ ATANMIŞ GÖREVLERDEN OLUŞTURACAĞIMIZ ATANABİLİR GÖREVLER KÜMELERİ ARASINDAN RASTGELE SEÇİM YAPARAK ELDE EDECEĞİMİZ BİR GÖREV LİSTESİ ŞÖYLE OLABİLİR:

1 , 4 , 5 , 2 , 3 , 6 , 10 , 7 , 11 , 8 , 9 , 12

BU GÖREV LİSTESİNİN AYNI SIRAYLA İSTASYONLARA ATANMIŞ HALİ İSE ŞÖYLE OLACAKTIR:

I	II	III	IV	V	VI
1 , 4	5 , 2	3 , 6	10 , 7 , 11	8 , 9	12

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

SEZGİSEL YÖNTEMLERİN U-TİPİ HAT DENGEMEYE UYARLANMASI

Doç. Dr. Yakup KARA

ÜRETİM PLANLAMA – II

TMU PROBLEMİ

ŞU ANA KADAR BAHSEDİLEN SEZGİSEL ALGORİTMALAR VE BU ALGORİTMALARIN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ YALNIZCA **TMD PROBLEMİ** İÇİN AÇIKLANMIŞTIR.

BİR **TMU PROBLEMİNİ** BU SEZGİSEL ALGORİTMALARDAN BİRİYLE ÇÖZMEK İSTENİRSE, ALGORİTMADA KÜÇÜK UYARLAMALAR YAPILARAK **TMU** PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜNE UYGUN HALE GETİRİLMESİ GEREKİR.

ÖRNEĞİN, **POZİSYON AĞIRLIĞI** YÖNTEMİNİ DÜŞÜNELİM. **TMD** PROBLEMİ İÇİN EN BÜYÜK POZİSYON AĞIRLIĞINA SAHİP GÖREVİN ATANMASININ AMACI, KENDİSİNDEN SONRA YAPILMASI GEREKEN GÖREVLERİN SÜRESİ EN UZUN OLAN GÖREVİ ÖNCEKİ İSTASYONLARA ATAMAK VE BÖYLECE İSTASYON SAYISINI AZALTMAKTIR.

ANCAK, **TMU** PROBLEMİNDE ÖNCELİK DİYAGRAMI ÜZERİNDEN GİDİLİRSE, ÖNCÜLÜ OLMAYAN VEYA ÖNCÜLLERİ ATANMIŞ GÖREVLERİN YANI SIRA, ARDILI OLMAYAN VEYA ARDILLARI ATANMIŞ GÖREVLERİN ATANABİLMESİ DE SÖZ KONUSU OLACAKTIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖNCELİK DİYAGRAMINA GÖRE ARDILI OLMAYAN BİR GÖREV, ÖNCELİK DİYAGRAMININ EN SONUNDA YER ALAN GÖREVDİR.

DOLAYISIYLA, POZİSYON AĞIRLIĞI KULLANARAK DENGEME YAPACAĞIMIZDA, KENDİSİ VE KENDİSİNDEN SONRA YAPILMASI GEREKEN GÖREVLERİN SÜRELERİ TOPLAMINE EŞİT OLAN POZİSYON AĞIRLIĞI BU GÖREV İÇİN BİRŞEY İFADE ETMEYECEKTİR.

ARDILI OLMAYAN BİR GÖREVİN POZİSYON AĞIRLIĞI YALNIZCA KENDİ GÖREV SÜRESİNE EŞİT OLACAK VE DİĞER POZİSYON AĞIRLIKLARINA GÖRE OLDUKÇA KÜÇÜK BİR DEĞER ALACAKTIR. BU DURUMDA ALTERNATİFLER ARASINDAN BU GÖREVİN SEÇİLME İHTİMALİ ORTADAN KALKACAKTIR.

BURADAN ANLAŞILDIĞI ÜZERE, **TMU** PROBLEMİNİN YAPISINA BAĞLI OLARAK ÖNCELİK DİYAGRAMI ÜZERİNDEN **HEM İLERİYE DOĞRU HEM DE GERİYE DOĞRU** İLERLEME İMKANI BULUNMAKTA ANCAK **GERİYE DOĞRU İLERLERKEN** GÖREVLERİN SEÇİLMESİ SÜRECİNDE, İLERİYE DOĞRU İLERLERKEN KULLANILAN SEÇME KRİTERİNDEN **FARKLI BİR KRİTERE** İHTİYAÇ DUYULMAKTADIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

BAHSEDİLEN BU KRİTER, POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ İÇİN **TERS POZİSYON AĞIRLIĞI**'DIR.

TERS POZİSYON AĞIRLIĞI, POZİSYON AĞIRLIĞININ TERSİNE, BİR GÖREVİN KENDİ SÜRESİ İLE TÜM ÖNCÜLLERİNİN GÖREV SÜRELERİ TOPLAMINA EŞİTTİR.

TMU PROBLEMİ POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİYLE DENGELENİRKEN, ÖNCELİK DİYAGRAMININ HEM ÖN HEM DE ARKA TARAFINDAN ATANABİLECEK GÖREVLER KARŞIMIZA ÇIKACAKTIR.

ATANABİLİR GÖREVLER KÜMESİ BU İKİ KÜMENİN BİRLEŞİMİNİNDEN OLUŞUR VE BU GÖREVLER ARASINDAN SEÇİM YAPARKEN, ÖNCELİK DİYAGRAMININ **ÖN TARAFINDAN GELEN GÖREVLER İÇİN POZİSYON AĞIRLIĞI, ARKA TARAFINDAN GELEN GÖREVLER İÇİN TERS POZİSYON AĞIRLIĞI** DEĞERLERİ DİKKATE ALINIR VE BU DEĞERLER ARASINDAN EN BÜYÜK DEĞERE SAHİP GÖREV SEÇİLİR.

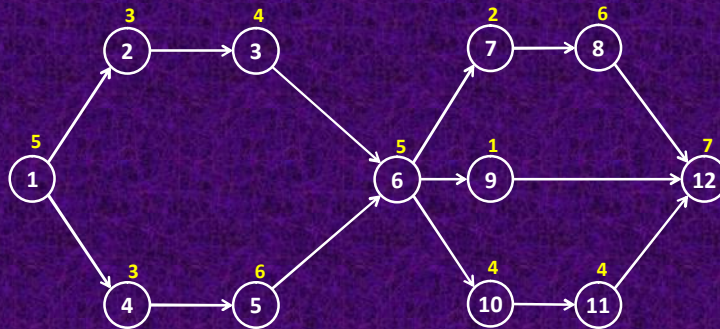
BUNU ÖRNEK ÜZERİNDEN GÖRELİM.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: AYNI ÖRNEK PROBLEMİ **C = 10** İÇİN POZİSYON AĞIRLIĞI YÖNTEMİ İLE **U – TİPİ** DENGELİYELİM



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: ÖNCELİKLE GÖREVLERİN POZİSYON AĞIRLIKLARINI VE TERS POZİSYON AĞIRLIKLARINI BELİRLEYELİM

GÖREV	POZİSYON AĞIRLIĞI	TERS POZİSYON AĞIRLIĞI
1	50	5
2	36	8
3	33	12
4	38	8
5	35	14
6	29	26
7	15	28
8	13	34
9	8	27
10	15	30
11	11	34
12	7	50

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK: ŞİMDİ ALGORİTMAYI ADIM ADIM İŞLETELİM.

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
1	50	5	ÖN
12	7	50	ARKA

1. GÖREV İÇİN PA, 12. GÖREV İÇİN TPA DEĞERLERİNE BAKIYORUZ. HER İKİSİ DE 50 OLDUĞU İÇİN HERHANGİ BİRİNİ SEÇEBİLİRİZ. 1. GÖREVI SEÇELİM VE 1. İSTASYONA HATTIN **ÖN TARAFINA** ATAYALIM.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
2	36	8	ÖN
4	38	8	ÖN
12	7	50	ARKA

NORMAL VE TERS PA'LAR ARASINDA EN YÜKSEK DEĞER 50 İLE 12. GÖREVE AİTTİR. ANCAK 12 GÖREV ÇEVİRİM ZAMANI KISITI NEDENİYLE 1. İSTASYONA ATANAMAZ. BİR SONRAKİ EN YÜKSEK DEĞER 4. GÖREVE AİTTİR VE BU GÖREV 1. İSTASYONA HATTIN ÖN TARAFINDAN ATANIR.



Doç. Dr. Yakup KARA

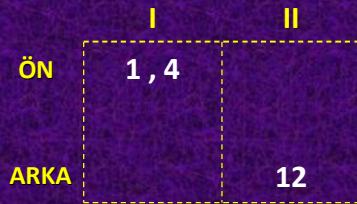
İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
2	36	8	ÖN
5	35	14	ÖN
12	7	50	ARKA

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI İHLAL ETMEDEN 1. İSTASYONA ATANABİLECEK GÖREV YOKTUR. YENİ BİR İSTASYON AÇILIR VE EN YÜKSEK PA DEĞERİNE SAHİP 12. GÖREV HATTIN ARKA TARAFINA ATANIR.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
2	36	8	ÖN
5	35	14	ÖN
8	13	34	ARKA
9	8	27	ARKA
11	11	34	ARKA

EN YÜKSEK PA DEĞERİNE SAHİP GÖREV 36 İLE **2. GÖREVDİR**. ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI İHLAL ETMEDİĞİ İÇİN 2. İSTASYONUN ÖN TARAFINA ATANIR.

	I	II
ÖN	1, 4	2
ARKA		12

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
3	33	12	ÖN
5	35	14	ÖN
8	13	34	ARKA
9	8	27	ARKA
11	11	34	ARKA

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA ÇEVİRİM ZAMANI KISITI NEDENİYLE BU İSTASYONA ATANABİLECEK GÖREV YOKTUR. 3. İSTASYON AÇILIR VE **5. GÖREV** HATTIN ÖN TARAFINA ATANIR.

	I	II	III
ÖN	1, 4	2	5
ARKA		12	

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
3	33	12	ÖN
8	13	34	ARKA
9	8	27	ARKA
11	11	34	ARKA

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA EN YÜKSEK PA DEĞERİNE SAHİP GÖREVLER 8 VE 11'DİR. 8. GÖREV ÇEVİRİM ZAMANI KISITINI SAĞLAMADIĞI İÇİN 11. GÖREV SEÇİLİR VE HATTIN ARKA TARAFINA ATANIR.

	I	II	III
ÖN	1, 4	2	5
ARKA		12	11

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
3	33	12	ÖN
8	13	34	ARKA
9	8	27	ARKA
10	15	30	ARKA

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA ÇEVİRİM ZAMANI KISITI NEDENİYLE BU İSTASYONA ATANABİLECEK GÖREV YOKTUR. 4. İSTASYON AÇILIR VE 8. GÖREV HATTIN ARKA TARAFINA ATANIR.

	I	II	III	IV
ÖN	1, 4	2	5	
ARKA		12	11	8

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
3	33	12	ÖN
7	15	28	ARKA
9	8	27	ARKA
10	15	30	ARKA

EN YÜKSERK PA DEĞERİNE SAHİP GÖREV 3. GÖREVDİR VE 4. İSTASYONA HATTIN ÖN TARAFINA ATANIR.

	I	II	III	IV
ÖN	1, 4	2	5	3
ARKA		12	11	8

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
6	29	26	ÖN
7	15	28	ARKA
9	8	27	ARKA
10	15	30	ARKA

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA ÇEVİRİM ZAMANI KISITI NEDENİYLE BU İSTASYONA ATANABİLECEK GÖREV YOKTUR. 5. İSTASYON AÇILIR VE 10. GÖREV HATTIN ARKA TARAFINA ATANIR.

	I	II	III	IV	V
ÖN	1, 4	2	5	3	
ARKA		12	11	8	10

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
6	29	26	ÖN
7	15	28	ARKA
9	8	27	ARKA

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA EN YÜKSEK PA DEĞERİNE SAHİP GÖREV 29 İLE **6. GÖREVDİR** VE HATTIN **ÖN TARAFINA** ATANIR.

	I	II	III	IV	V
ÖN	1, 4	2	5	3	6
ARKA		12	11	8	10

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
7	15	28	ÖN – ARKA
9	8	27	ÖN – ARKA

ATANABİLİR GÖREVLER ARASINDA EN YÜKSEK PA DEĞERİNE SAHİP GÖREV OLAN 7. GÖREV ÇEVİRİM ZAMANI KISITI NEDENİYLE BU İSTASYONA ATANAMAZ. DİĞER GÖREV OLAN **9. GÖREV** İSE BU İSTASYONA HATTIN HEM ÖN HEM ARKA TARAFINA ATANABİLİR. BİZ **ARKAYA** ATAYALIM

	I	II	III	IV	V
ÖN	1, 4	2	5	3	6
ARKA		12	11	8	10, 9

Doç. Dr. Yakup KARA

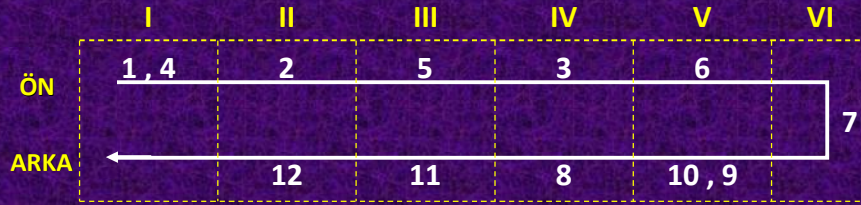
İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

TMU PROBLEMİ

ÖRNEK:

ATANABİLİR GÖREVLER	PA	TPA	ÖNC. DİY. KONUMU
7	15	28	ÖN – ARKA

GERİYE KALAN **7. GÖREV** İSE ÇEVİRİM ZAMANI KISITI NEDENİYLE BU İSTASYONA ATANAMAZ VE 6. İSTASYON AÇILARAK BU İSTASYONA ATANIR.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KARIŞIK MODELLİ MONTAJ HATLARI

Doç. Dr. Yakup KARA

ÜRETİM PLANLAMA – II

KARIŞIK MODELLİ MONTAJ HATLARI

FARKLI ÜRÜNLERİN VEYA AYNI ÜRÜNÜN FARKLI MODELLERİNİN AYNI HAT ÜZERİNDE ÜRETİLDİĞİ VEYA MONTAJININ GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ ÜRETİM TARZI **ÇOK/KARIŞIK MODELLİ ÜRETİM (MULTİ / MIXED MODEL PRODUCTION)** OLARAK ADLANDIRILIR.

ÇOK MODELLİ ÜRETİMDE ÇEŞİTLİ MODELLER AYNI HAT ÜZERİNDE PARTİLER HALİNDE ÜRETİLİR.

KARIŞIK MODELLİ ÜRETİMDE İŞE HATTAKİ PARTİ BÜYÜKLÜĞÜ BİR ADEDE KADAR DÜŞEBİLMEKTEDİR.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

KARIŞIK MODELLİ ÜRETİMİN BAŞARISI “**KARIŞIK MODELLİ HAT DENGEME**” VE “**MODEL SIRALAMA**” OLARAK ADLANDIRILAN İKİ ÖNEMLİ PROBLEMİN ETKİLİ ÇÖZÜMLERİNE BAĞLIDIR.

KARIŞIK MODELLİ MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMİNİN (**KMD**) TEK MODELLİ MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMİNDEN FARKI, HATTA ÜRETİLEN MODEL ÇEŞİDİNİN BİRDEN FAZLA OLMASI NEDENİYLE, GÖREVLERİN, GÖREV SÜRELERİNİN VE ÖNCELİK İLİŞKİLERİNİN MODELLER ARASINDA **FARKLILIK GÖSTERMESİDİR.**

MODEL SIRALAMA PROBLEMİ İSE, MONTAJ HATTINDA ÜRETİLEN ÇEŞİTLİ MODELLERİN HANGİ SIRADA ÜRETİLECEKLERİNİN BELİRLENMESİ İLE İLGİLİDİR.

BUGÜNE KADAR YAPILAN ÇALIŞMALAR İNCELENDİĞİNDE, KARIŞIK MODELLİ MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMLERİNİN İKİ TEMEL YAKLAŞIM KULLANILARAK BASİT MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMİNE DÖNÜŞTÜRÜLDÜĞÜ VE BU ŞEKİLDE ÇÖZÜLDÜĞÜ GÖRÜLMEKTEDİR:

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

1. BİRLEŞTİRİLMİŞ (COMBINED) ÖNCELİK DİYAGRAMI YÖNTEMLERİ
2. AYARLANMIŞ GÖREV SÜRELERİ YÖNTEMLERİ

BİRLEŞTİRİLMİŞ ÖNCELİK DİYAGRAMI, BİRDEN FAZLA SAYIDA MODELE AİT ÖNCELİK DİYAGRAMLARINI TEMSİL EDEN ORTAK BİR ÖNCELİK DİYAGRAMIDIR.

BU YAKLAŞIM, PROBLEMİN ÇÖZÜMÜNÜ ETKİLEYEN DEĞİŞKEN SAYISINI ÖNEMLİ DERECEDE DÜŞÜRMEKTEDİR.

FAKAT BURADA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN EN ÖNEMLİ NOKTA, FARKLI MODELLERDEKİ ÖNCELİK İLİŞKİLERİ ARASINDA HERHANGİ BİR UYUMSUZLUĞUN OLMAMASI GEREKTİĞİDİR.

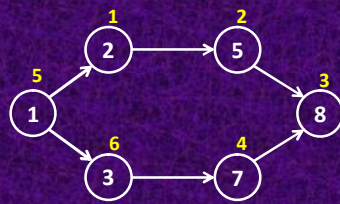
FARKLI BİR İFADE İLE, EĞER BİR MODELDE **2 NUMARALI** GÖREVİN **1 NUMARALI** GÖREVDEN SONRA YAPILMASI GEREKİYORSA, DİĞER BÜTÜN MODELLERDE DE 2 NUMARALI GÖREVİN 1 NUMARALI GÖREVDEN SONRA YAPILMASI GEREKİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

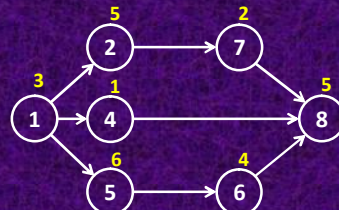
İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

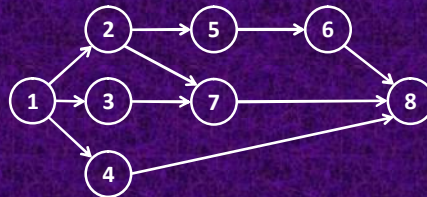
ŞEKİLDE **A** VE **B** GİBİ İKİ FARKLI MODELE AİT ÖNCELİK DİYAGRAMLARI İLE HER İKİ MODEL İÇİN DE GEÇERLİ OLAN BİRLEŞTİRİLMİŞ ÖNCELİK GÖRÜLMEKTEDİR.



A MODELİ



B MODELİ



BİRLEŞTİRİLMİŞ ÖNCELİK DİYAGRAMI

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

FARKLI MODELLERDE ORTAK OLAN GÖREVLERİN ZAMANLARININ AĞIRLIKLİ ORTALAMALARININ HESAPLANMASI SURETİYLE PROBLEMİN DÖNÜŞTÜRÜLDÜĞÜ YÖNTEMLER İSE **AYARLANMIŞ GÖREV SÜRELERİ** YÖNTEMLERİ OLARAK ADLANDIRILIR.

24 SAATLİK (1440 DAK.) BİR ÜRETİM DÖNEMİ İÇİN BİR ÖNCEKİ SLAYTTA ÖNCELİK DİYAGRAMLARI VERİLEN **A** VE **B** MODELLERİNİN TALEPLERİNİN SIRASIYLA **120 ADET** VE **60 ADET** OLDUĞUNU VE MODEL SIRASININ “AAB” ŞEKLİNDE OLDUĞUNU DÜŞÜNELİM.

BU DURUMDA, BELİRLENEN 1440 DAKİKALIK ÜRETİM DÖNEMİ İÇİN ÇEVİRİM ZAMANI;

C = 1440 dakika / (120+60) adet = **8 dakika/adet** OLARAK HESAPLANIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

BU ÖRNEK İÇİN AĞIRLIKLİ ORTALAMA GÖREV SÜRELERİ TABLODA GÖRÜLDÜĞÜ GİBİ HESAPLANIR.

HERHANGİ BİR GÖREV İÇİN AĞIRLIKLİ ORTALAMA GÖREV SÜRESİ, ÜRETİM DÖNEMİNDE O GÖREV İÇİN HARCANAN TOPLAM SÜRENİN TOPLAM ÜRETİM MİKTARINA ORANIDIR.

GÖREV	GÖREV SÜRELERİ			
	MODEL A	MODEL B	TOPLAM	AĞIRLIKLİ ORTALAMA
1	5	3	$120 \times 5 + 60 \times 3 = 780$	$780 / 180 = 4,33$
2	1	5	$120 \times 1 + 60 \times 5 = 420$	$420 / 180 = 2,33$
3	6	0	$120 \times 6 + 60 \times 0 = 720$	$720 / 180 = 4,00$
4	0	1	$120 \times 0 + 60 \times 1 = 60$	$60 / 180 = 0,33$
5	2	6	$120 \times 2 + 60 \times 6 = 600$	$600 / 180 = 3,33$
6	0	4	$120 \times 0 + 60 \times 4 = 240$	$240 / 180 = 1,33$
7	4	2	$120 \times 4 + 60 \times 2 = 600$	$600 / 180 = 3,33$
8	3	5	$120 \times 3 + 60 \times 5 = 660$	$660 / 180 = 3,66$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

KARIŞIK MODELLİ MONTAJ HATTI Dengeleme problemleri, birleştirilmiş öncelik diyagramı ve ağırlıklı ortalama görev süreleri ile tek modelli montaj hattı dengeleme problemine dönüştürülmüş olur.

KARIŞIK MODELLİ PROBLEM TEK MODELLİ MONTAJ HATTI Dengeleme problemine dönüştürüldükten sonra herhangi bir yöntemle çözülebilir.

FAKAT Dengelemede ağırlıklı ortalama görev sürelerinin kullanılması, dengeleme sonrasında **GERÇEK GÖREV SÜRELERİ DİKKATE ALINDIĞINDA** bazı istasyonların iş yüklerinin çevrim zamanını aşması durumunun ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir.

DÜZ MONTAJ HATLARINDA BU DURUMU ortadan kaldırmak için **DÜZGÜNLEŞTİRME ALGORİTMALARI** kullanılmaktadır.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

YUKARIDAKİ ÖRNEK PROBLEM, birleştirilmiş öncelik diyagramı ve ağırlıklı ortalama görev süreleri ile, **8 DAKİKALIK** çevrim zamanı için DÜZ MONTAJ HATTI OLARAK dengelediğinde ortaya çıkan optimal hat dengesi **4 İSTASYONDAN OLUŞMAKTADIR** ve şöyledir:



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

BU MONTAJ HATTINDA HERHANGİ BİR ÇEVİRİMDE BİR İSTASYONDA SADECE BİR MODELİN ÜRETİMİ SÖZKONUSUDUR. FARKLI MODELLER İÇİN BU DÖRT İSTASYONUN İŞ YÜKLERİ TABLODA VERİLMİŞTİR.

İSTASYON	1	2	3	4
ATANAN GÖREVLER	{1,2,4}	{3,5}	{6,7}	{8}
1. ÇEVİRİM: A MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	6	8	4	3
2. ÇEVİRİM: A MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	6	8	4	3
3. ÇEVİRİM: B MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	9	6	6	5

TABLODA GÖRÜLDÜĞÜ GİBİ, BİRİNCİ İSTASYONDA B MODELİNİN ÜRETİMİ SÖZKONUSU OLDUĞUNDA İSTASYON YÜKÜ 8 DAKİKALIK ÇEVİRİM ZAMANINI AŞMAKTADIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

AYARLANMIŞ GÖREV SÜRELERİ KULLANILARAK DENGELENMİŞ MONTAJ HATLARINDA, ELDE EDİLEN OPTİMAL İSTASYON SAYISI DEĞİŞTİRİLMEDEN ARDIŞIK İŞ İSTASYONLARI ARASINDA BAZI GÖREV DEĞİŞİKLİKLERİ YAPMAK SURETİYLE (DÜZGÜNLEŞTİRME) ÇEVİRİM ZAMANINI AŞAN İŞ YÜKLERİ EN AZA İNDİRİLMEMEYE ÇALIŞILABİLİR.

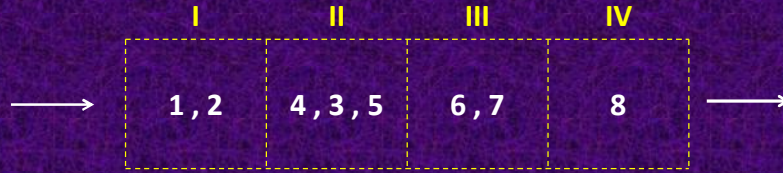
BU ÖRNEKTE 1. İSTASYONDA YER ALAN 4 NUMARALI GÖREV 2. İSTASYONA KAYDIRILIRSA HEM ÖNCELİK İLİŞKİLERİ İHLAL EDİLMEMİŞ HEM DE GERÇEK GÖREV SÜRELERİ GÖZ ÖNÜNE ALINDIĞINDA TÜM İSTASYONLAR İÇİN ÇEVİRİM ZAMANI KISITI SAĞLANMIŞ OLACAKTIR.

İSTASYON	1	2	3	4
ATANAN GÖREVLER	{1,2}	{4,3,5}	{6,7}	{8}
1. ÇEVİRİM: A MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	6	8	4	3
2. ÇEVİRİM: A MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	6	8	4	3
3. ÇEVİRİM: B MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	8	7	6	5

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

AYARLANMIŞ GÖREV SÜRELERİ KULLANILARAK DENGEME YAPILMASI DURUMUNDA, DEĞİŞKEN VE KISIT SAYISINDA ÖNEMLİ BİR AZALMA OLURKEN, DENGEME İŞLEMİNDEN SONRA BİR TAKIM DÜZGÜNLEŞTİRME İŞLEMLERİNE İHTİYAÇ DUYULDUĞU BELİRTİLMİŞTİ.

ANCAK BAZI DURUMLARDA, ÖNCELİK İLİŞKİLERİ VE ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARI NEDENİYLE DÜZGÜNLEŞTİRME İŞLEMİ YAPILAMAYACAK ÇÖZÜMLERLE KARŞILABİLECEKTİR.

BU DURUMDA GERÇEK GÖREV SÜRELERİ GÖZ ÖNÜNE ALINDIĞINDA ÇEVİRİM ZAMANI KISITI SAĞLANMAMIŞ OLACAKTIR.

HEM BU DURUMUN ÜSTESİNDEN GELMEK HEM DE DÜZGÜNLEŞTİRME İŞLEMİNE İHTİYAÇ DUYMAMAK İÇİN, KMD PROBLEMİNİ, DEĞİŞKEN VE KISIT SAYISININ ARTMASINA GÖZ YUMARAK BİR TAKIM MATEMATİKSEL MODELLER YARDIMIYLA ÇÖZMEK MÜMKÜNDÜR.

BU MODELLERDEN BİRİNİ İNCELEYELİM.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

KMD PROBLEMİ İÇİN KULLANILAN BU MODELDE, ÖNCELİK İLİŞKİLERİNİ YİNE **BİRLEŞTİRİLMİŞ ÖNCELİK DİYAGRAMI** ÜZERİNDEN SAĞLARKEN, GÖREV SÜRELERİ İÇİN **GERÇEK GÖREV SÜRELERİNİ** KULLANACAĞIZ.

MODELİN VARSAYIMLARI ŞÖYLEDİR:

- GÖREVLERİN HER BİR MODEL İÇİN GÖREV SÜRELERİ BELLİDİR VE BİLİNMEKTEDİR. ORTAK GÖREVLER FARKLI MODELLERDE FARKLI GÖREV SÜRELERİNE SAHİP OLABİLİR.
- HER BİR MODEL İÇİN GÖREVLERİN ARALARINDAKİ ÖNCELİK İLİŞKİLERİ BİLİNMEKTEDİR.
- İSTASYONLAR ARASI ARA STOKLARA İZİN VERİLMEMEKTEDİR.
- FARKLI MODELLERDEKİ ORTAK GÖREVLER AYNI İSTASYONA ATANMAK ZORUNDADIR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

KISALTMALAR:

i, r, s	: görev
j	: istasyon
p	: model (ürün)
C	: çevrim zamanı
m_{max}	: maksimum istasyon sayısı
n	: toplam görev sayısı
P	: model sayısı
t_{ip}	: i görevinin p modeli için tamamlanma süresi
S	: öncelik ilişkileri kümesi
$(r,s) \in S$	: bir öncelik ilişkisi; r görevi s görevinin komşu öncülüdür
x_{ij}	: 1, i görevi j istasyonuna atanmış ise; 0, aksi halde
z_j	: 1, j istasyonunu açılmış ise; 0, aksi halde

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

MODEL:

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^{m_{\max}} z_j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{\max}} x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n t_{ip} x_{ij} \leq C \cdot z_j \quad \forall j; \forall p \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{\max}} j(x_{rj} - x_{sj}) \leq 0 \quad \forall (r,s) \in S \quad (4)$$

$$x_{ij}, z_j \in \{0,1\} \quad (5)$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

PROBLEMİN AMAÇ FONKSİYONU, HAT BOYUNCA AÇILAN **İSTASYON SAYISINI** **MINİMİZE ETMEYE** YÖNELİKTİR.

2 NUMARALI KISIT, ATAMA KISITLARIDIR.

3 NUMARALI KISIT, AÇILAN BİR İSTASYONDAKİ GÖREVLERİN GÖREV SÜRELERİ TOPLAMININ HER MODEL İÇİN O MODELİN ÇEVİRİM ZAMANINI AŞMAMASI İÇİNDİR.

4 NUMARALI KISIT BİRLEŞTİRİLMİŞ ÖNCELİK DİYAGRAMINA GÖRE ÖNCÜLÜ OLAN BİR GÖREVİN YA ÖNCÜLÜYLE AYNI İSTASYONA YA DA ÖNCÜLÜNDEN SONRAKİ BİR İSTASYONA ATANMASINI SAĞLAMAKTADIR.

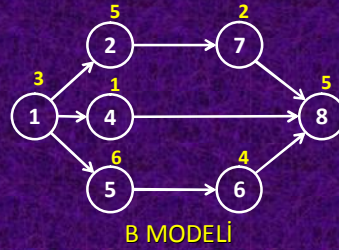
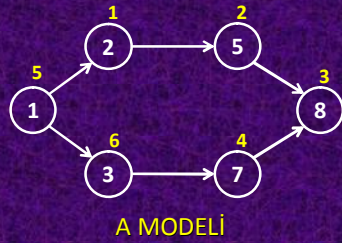
5 NUMARALI KISIT İSE MODELDEKİ BÜTÜN x_{ij} , z_j DEĞİŞKENLERİNİN İKİLİ DÜZENDE **(BINARY)** (0–1) OLDUĞUNU İFADE ETMEKTEDİR.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

ÖRNEK: DAHA ÖNCE VERİLEN 2 MODELLİ ÖRNEK PROBLEM İÇİN $c = 15$ KABUL EDEREK MODELİ AÇALIM.



Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

ÖRNEK:

$$m_{\min} = \left\lceil \frac{\sum t_i}{c} \right\rceil^+$$

A MODELİ İÇİN: $m_{\min} = \left\lceil \frac{21}{15} \right\rceil^+ = 2$

B MODELİ İÇİN: $m_{\min} = \left\lceil \frac{26}{15} \right\rceil^+ = 2$

İSE $m_{\max} = 3$ OLSUN.

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

ÖRNEK:

AMAÇ FONKSİYONU:

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

ATAMA KISITLARI:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1$$

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

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

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} = 1$$

$$x_{51} + x_{52} + x_{53} = 1$$

$$x_{61} + x_{62} + x_{63} = 1$$

$$x_{71} + x_{72} + x_{73} = 1$$

$$x_{81} + x_{82} + x_{83} = 1$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

ÖRNEK:

ÇEVİRİM ZAMANI KISITLARI:

A MODELİ İÇİN

$$5x_{11} + 1x_{21} + 6x_{31} + 2x_{51} + 4x_{71} + 3x_{81} \leq 15z_1$$

$$5x_{12} + 1x_{22} + 6x_{32} + 2x_{52} + 4x_{72} + 3x_{82} \leq 15z_2$$

$$5x_{13} + 1x_{23} + 6x_{33} + 2x_{53} + 4x_{73} + 3x_{83} \leq 15z_3$$

B MODELİ İÇİN

$$3x_{11} + 5x_{21} + 1x_{41} + 6x_{51} + 4x_{61} + 2x_{71} + 5x_{81} \leq 15z_1$$

$$3x_{12} + 5x_{22} + 1x_{42} + 6x_{52} + 4x_{62} + 2x_{72} + 5x_{82} \leq 15z_2$$

$$3x_{13} + 5x_{23} + 1x_{43} + 6x_{53} + 4x_{63} + 2x_{73} + 5x_{83} \leq 15z_3$$

Doç. Dr. Yakup KARA

İMALAT / MONTAJ HATTI DENGEME

KMD PROBLEMİ

ÖRNEK:

ÖNCELİK İLİŞKİLERİ KISITLARI:

$$S = \{(1,2), (1,3), (1,4), (2,5), (2,7), (3,7), (4,8), (5,6), (6,8), (7,8)\}$$

$$1(x_{11} - x_{21}) + 2(x_{12} - x_{22}) + 3(x_{13} - x_{23}) \leq 0$$

$$1(x_{11} - x_{31}) + 2(x_{12} - x_{32}) + 3(x_{13} - x_{33}) \leq 0$$

$$1(x_{11} - x_{41}) + 2(x_{12} - x_{42}) + 3(x_{13} - x_{43}) \leq 0$$

$$1(x_{21} - x_{51}) + 2(x_{22} - x_{52}) + 3(x_{23} - x_{53}) \leq 0$$

$$1(x_{21} - x_{71}) + 2(x_{22} - x_{72}) + 3(x_{23} - x_{73}) \leq 0$$

$$1(x_{31} - x_{71}) + 2(x_{32} - x_{72}) + 3(x_{33} - x_{73}) \leq 0$$

$$1(x_{41} - x_{81}) + 2(x_{42} - x_{82}) + 3(x_{43} - x_{83}) \leq 0$$

$$1(x_{51} - x_{61}) + 2(x_{52} - x_{62}) + 3(x_{53} - x_{63}) \leq 0$$

$$1(x_{61} - x_{81}) + 2(x_{62} - x_{82}) + 3(x_{63} - x_{83}) \leq 0$$

$$1(x_{71} - x_{81}) + 2(x_{72} - x_{82}) + 3(x_{73} - x_{83}) \leq 0$$

Doç. Dr. Yakup KARA

KMD PROBLEMİ

MODELİN ÇÖZÜLMESİ SONUCU ELDE EDİLEN OPTİMAL HAT DENGESİ ŞÖYLE OLACAKTIR:



İSTASYON	1	2
ATANAN GÖREVLER	{1,2,3,4,5}	{6,7,8}
1. ÇEVİRİM: A MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	14	7
2. ÇEVİRİM: A MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	14	7
3. ÇEVİRİM: B MODELİ İÇİN İŞ YÜKÜ	15	11

Doç. Dr. Yakup KARA

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1) KARA, Y., 2004. "U-TİPİ MONTAJ HATTI DENGEME PROBLEMLERİ İÇİN YENİ MODELLER VE OTOMOTİV YAN SANAYİİNDE BİR UYGULAMA", YAYINLANMAMIŞ DOKTORA TEZİ, SELÇUK ÜNİVERSİTESİ, KONYA.
- 2) ELSAYED, A.E. and BOUCHER, T.O., "ANALYSIS AND CONTROL OF PRODUCTION SYSTEMS", PRENTICE HALL, SECOND EDITION, NEW JERSEY, 1994.
- 3) TANYAŞ, M. ve BASKAK, M., "ÜRETİM PLANLAMA VE KONTROL", İRFAN YAYINCILIK, 3. BASKI, İSTANBUL, 2008.
- 4) URBAN, T.L., 1998. "OPTIMAL BALANCING OF U-SHAPED ASSEMBLY LINES". MANAGEMENT SCIENCE 44: 5, 738-741.
- 5) HELGESON W.P. and BIRNIE D.P., "ASSEMBLY LINE BALANCING USING THE RANKED POSITIONAL WEIGHT TECHNIQUE", JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING, 12(6), pp. 394-398, 1961.
- 6) HACKMAN S.T., MAGAZINE M.J. and WEE T.S., "FAST, EFFECTIVE ALGORITHMS FOR SIMPLE ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEMS", OPERATIONS RESEARCH, 37(6), pp. 916-924, 1989.
- 7) ARCUS, A.L., 1966, "COMSOAL: A COMPUTER METHOD OF SEQUENCING OPERATIONS FOR ASSEMBLY LINES", INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH, 4, 4.

Doç. Dr. Yakup KARA