

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Montaj Hattı Tasarımı ve Analizi - 7

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKOÇ

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

TEK MODELLİ U-TİPİ MONTAJ HATTI DENGELEME (TMU) PROBLEMİ

TMU Montaj Hattı Dengeleme Problemi

- TMU problemleri, TMD problemlerinin üzerine inşa edilmiştir. TMD problemleri için kullanılan **atama** ve **çevrim zamanı** kısıtları, TMU probleminde de **aynen geçerlidir**. Yalnızca **öncelik ilişkileri kısıtı**, U-tipi montaj hatlarının özel yapısından dolayı farklılık göstermektedir.
- U-tipi montaj hatlarında hattın **girişle çıkışının aynı** yönde olması sebebiyle hat içerisinde çalışan bir işçi, hattın hem başlangıç hem de bitiş tarafındaki görevleri yerine getirebilecektir.

TMU Montaj Hattı Dengeleme Problemi

- Buna bağlı olarak, TMU problemi için öncelik ilişkileri kisiti aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

*Bir görevin bir istasyona atanabilmesi için; o görevin **bütün öncüllerinin veya bütün ardıllarının** daha önce oluşturulan istasyonlara veya üzerinde atama yapılmakta olan istasyona atanmış olması gerekir.*

- TMU problemlerini TMD problemlerinden ayıran en önemli özellik yukarıda belirtilen **öncelik ilişkileri kisitidir.**
- Düz hat dengelemede, bir istasyona yalnızca, öncülü olmayan veya bütün öncülleri daha önceki istasyonlara atanmış görevler atanabilecekken; U-tipi MHD'de, bir istasyona hem öncülü olmayan görevler hem de ardılı olmayan görevler atanabilecektir.

TMU Montaj Hattı Dengeleme Problemi

- Dolayısıyla herhangi bir istasyon için, o istasyona atanabilecek görevlerin oluşturacağı küme U-tipi montaj hatlarında, düz montaj hatlarına göre daha geniş olacaktır.
- Bunun sonucu olarak bir montaj hattını U-tipi olarak dengelemek, aynı hattı düz olarak dengelemeye göre daha fazla dengeleme esnekliği sağlamakta ve açılacak istasyon sayısı **daha az olabilmektedir**.
- TMU probleminin, bahsi geçen öncelik ilişkilerine yönelik özel durumu dışında tüm varsayımları ve kısıtları TMD hat dengeleme problemi ile aynıdır.

Tip-1 TMU: Matematiksel Model

Tip-1 TMU probleminin matematiksel modeli şöyledir:

Notasyon:

- i, r, s : görev
- k : istasyon
- C : çevrim zamanı
- K_{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_{ik} : 1, i görevi k istasyonunun ön tarafına atanmış ise; 0, aksi halde
- w_{ik} : 1, i görevi k istasyonunun arka tarafına atanmış ise; 0, aksi halde
- z_k : 1, k istasyonu açılmış ise; 0, aksi halde

Tip-1 TMU: Matematiksel Model

**Amac
Fonksiyonu**

$$\text{Minimize } \sum_{k=1}^{K_{max}} z_k \quad (1)$$

KISITLAR

$$\sum_{k=1}^{K_{max}} (x_{ik} + w_{ik}) = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N t_i (x_{ik} + w_{ik}) \leq C \cdot z_k \quad \forall k \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{K_{max}} k(x_{rk} - x_{sk}) \leq 0 \quad \forall (r, s) \in S \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{K_{max}} k(w_{sk} - w_{rk}) \leq 0 \quad \forall (r, s) \in S \quad (5)$$

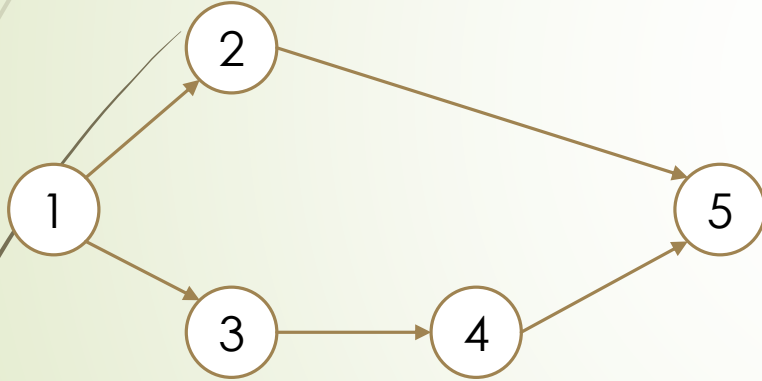
$$x_{ik}, w_{ik}, z_k \in \{0,1\} \quad \forall i; \forall k \quad (6)$$

Tip-1 TMU: Matematiksel Model

- Problemin amaç fonksiyonu, düz hat dengelemede olduğu gibi hat boyunca açılan **istasyon sayisini minimize etmeye** yöneliktir (**tip-1** MHD problemi).
- **2 numarali kisit**, bütün görevlerin istasyonlara atanmasini ve her görevin, hattin ya ön ya da arka tarafina olmak üzere bir kere atanmasini sağlamaktadır.
- **3 numarali kisit**, açılan bir istasyona, hattin ön ve arka tarafindan atanmış tüm görevlerin görev süreleri toplamının çevrim zamanini aşmaması içindir.
- **4 ve 5 numarali kisitler** öncelik ilişkileri kisitleri olup, 4 numarali kisit öncülü olan bir görevin ya öncülüyle aynı istasyona ya da öncülünden sonraki bir istasyona atanmasini sağlamaktadır. 5 numarali kisit ise ardili olan bir görevin ya ardiliyle aynı istasyona ya da ardilindan sonraki bir istasyona atanmasini sağlamaktadır
- **6 numarali kisit** ise modeldeki bütün x_{ik} , w_{ik} ve z_k değişkenlerinin ikili düzende (binary) (0–1) olduğunu ifade etmektedir.

Tip-1 TMU: Matematiksel Model - Örnek

- **Örnek 4-2:** Aşağıda öncelik diyagramı ve görev süreleri verilen montaj hattı dengeleme problemi için, tek modellenli U-tipi (TMU) hat dengeleme modelini matematiksel olarak yazalım. Çevrim zamanı 10 zaman birimi olsun. ($C = 10$)



Görev	Görev Süresi
1	3
2	6
3	4
4	5
5	1

Tip-1 TMU: Matematiksel Model Örnek

$$K_{teorik} = \left\lceil \frac{\sum t_i}{c} \right\rceil = \left\lceil \frac{19}{10} \right\rceil = 2, \quad K_{olasi} = 1$$

$K_{min} = \max\{2,1\} = 2$ ise $K_{max} = 3$ olsun.

Amac Fonksiyonu: **Min** $z_1 + z_2 + z_3$

Atama Kisitlari:

1. gorev icin (i=1):	$x_{11} + w_{11} + x_{12} + w_{12} + x_{13} + w_{13} = 1$
2. gorev icin (i=2):	$x_{21} + w_{21} + x_{22} + w_{22} + x_{23} + w_{23} = 1$
3. gorev icin (i=3):	$x_{31} + w_{31} + x_{32} + w_{32} + x_{33} + w_{33} = 1$
4. gorev icin (i=4):	$x_{41} + w_{41} + x_{42} + w_{42} + x_{43} + w_{43} = 1$
5. gorev icin (i=5):	$x_{51} + w_{51} + x_{52} + w_{52} + x_{53} + w_{53} = 1$

Tip-1 TMU: Matematiksel Model Örnek

Cevrim Zamani Kisitlari:

$$1. \text{ istasyon icin (k=1): } 3(x_{11} + w_{11}) + 6(x_{21} + w_{21}) + 4(x_{31} + w_{31}) + 5(x_{41} + w_{41}) + 1(x_{51} + w_{51}) \leq 10z_1$$

$$2. \text{ istasyon icin (k=2): } 3(x_{12} + w_{12}) + 6(x_{22} + w_{22}) + 4(x_{32} + w_{32}) + 5(x_{42} + w_{42}) + 1(x_{52} + w_{52}) \leq 10z_2$$

$$3. \text{ istasyon icin (k=3): } 3(x_{13} + w_{13}) + 6(x_{23} + w_{23}) + 4(x_{33} + w_{33}) + 5(x_{43} + w_{43}) + 1(x_{53} + w_{53}) \leq 10z_3$$

Oncelik Iliskileri Kisitlari:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Isaret (Yön) Kisitlari:

Montaj Hattı Tasarımı ve Analizi - 7

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}, \dots, x_{52}, x_{53} \in \{0,1\}$$

$$w_{11}, w_{12}, w_{13}, \dots, w_{52}, w_{53} \in \{0,1\}$$

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

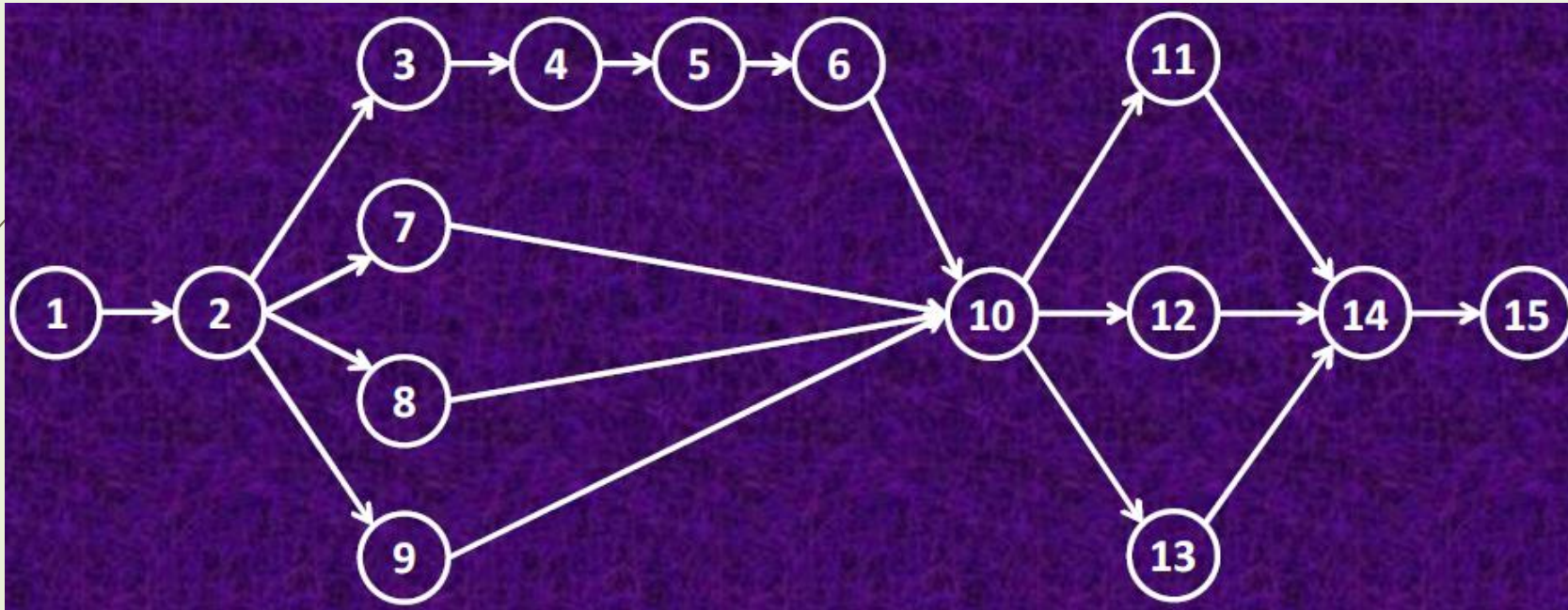
Tip-1 TMU: Örnek 1

- Asagida oncelik iliskileri ve sureleri verilen bilgisayar montajina ait islerin dengelenmesini inceleyelim.

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

Tip-1 TMU: Örnek 1

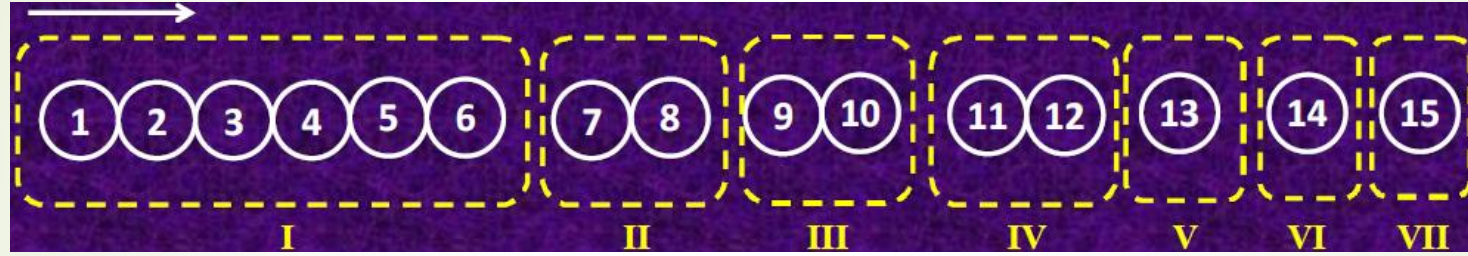
- Görevler arasındaki öncelik ilişkilerini gösteren diyagram aşağıdaki gibi olacaktır:



(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 1

- Bu montaj işlemine ait görevler çevrim zamanı 140 sn olacak şekilde **duz bir hat üzerinde (TMD)** dengelenirse elde edilen optimal hat dengesi aşağıdaki gibi olacaktır:



- Probleme ilişkin göstergeler ise şöyle olacaktır:

	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 = 200sn

Denge Gecikmesi = % 20,4

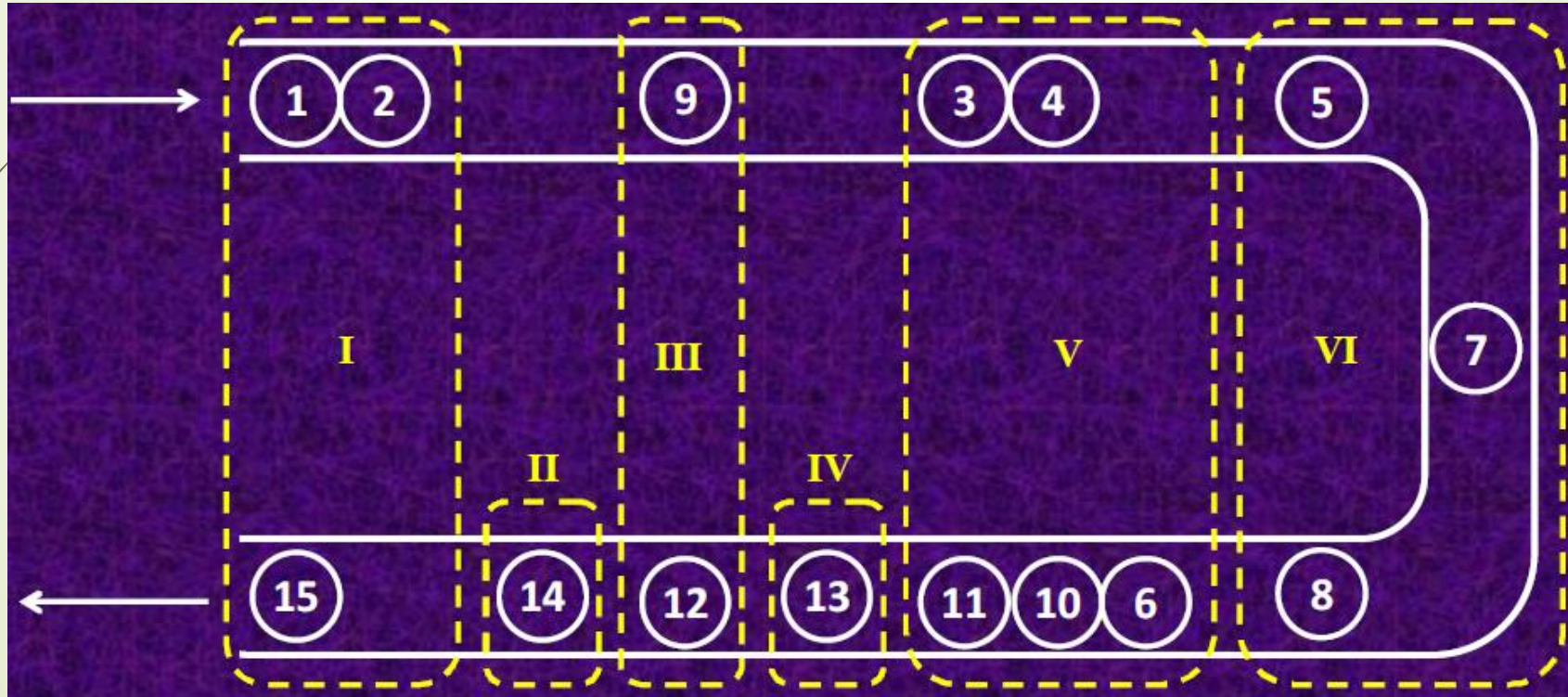
Hat Etkinliği = % 79,6

Düzensizlik İndeksi = 71.76

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 1

- Bilgisayar montajı örneğini aynı verilerle **U - tipi olarak** dengelersek karşımıza çıkan optimal çözüm 6 istasyonlu ve şu şekildedir:



(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 1

- Dengeleme sonucu, istasyon zamani, istasyon boş zamani ve toplam boş zaman verileri ise şöyle ortaya çıkmıştır:

	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 = 60sn

Denge Gecikmesi = % 7.14

Hat Etkinliği = % 92.86

Düzensizlik İndeksi = 30.82

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 1

- Bilgisayar montajı örneği, **C = 140** için düz ve U – tipi olarak dengelendiğinde, **u – tipi dengelemenin** istasyon sayısı ve toplam boş zaman açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bunun yanında, genel olarak U – tipi hat dengelemenin düz hat dengelemeye göre avantajlarını şöyle sıralayabiliriz:
 - İşçiler birbirlerine yakın bir şekilde çalıştıkları için aralarındaki iletişim ve etkileşim daha fazla olmaktadır. Ortaya çıkan her türlü problemde işçiler kolaylıkla birbirlerine yardım edebilirler.
 - İşçiler hattın çeşitli istasyonlarında çalıştıkları için kısa sürede çok fonksiyonlu işçi haline gelmektedirler. Böylece talepte meydana gelen değişmelere kolayca uyum sağlanabildiği gibi işçiler de ortaya çıkabilecek farklı problemleri çözme yeteneği kazanmaktadırlar. Çok fonksiyonlu işçiler farklı süreçler ve operasyonlar arası ilişkileri daha iyi kavrayarak iyileştirme çalışmalarına da daha fazla katkı yapabilmektedirler.

Tip-1 TMU: Örnek 1

- Talepte meydana gelen değişimlere bağli olarak U-tipi montaj hattinin tamamlamasi gereken ürün miktarı, çok fonksiyonlu işçilerin hatta eklenip çıkarılmasıyla kolayca ayarlanabilir. Düz montaj hatlarında hattin çıktisi çalışma saatleri ile ayarlanır.
 - Aynı miktarda çıktı elde etmek için U-tipi montaj hatlarında ihtiyaç duyulan istasyon sayısı düz montaj hatlarında ihtiyaç duyulan istasyon sayısına eşit veya bundan daha az olmaktadır, hiçbir zaman fazla olamaz.
 - U-tipi montaj hatları, yukarıda belirtilen üstünlüklerinin yani sıra düşük stok seviyeleri, basit malzeme taşıma, basit üretim planlama ve kontrol, yüksek kalite, ekip çalışması gibi çok sayıda avantaj da sağlamaktadır.

Tip-1 TMU: Sezgisel Cozum

- Su ana kadar bahsedilen sezgisel algoritmalar yalnızca TMD problemi için açıklanmıştır.
- Bir **TMU problemi** bu sezgisel algoritmalarından biriyle çözmek istenirse, algoritmada küçük uyarlamalar yapılarak TMU probleminin çözümüne uygun hale getirilmesi gerekir.
- Örneğin, **pozisyon ağırlığı** yöntemini düşünelim. TMD problemi için en büyük pozisyon ağırlığına sahip görevin atanmasının amacı, kendisinden sonra yapılması gereken görevlerin süresi en uzun olan görevi önceki istasyonlara atamak ve böylece istasyon sayısını azaltmaktır.
- Ancak, TMU probleminde öncelik diyagramı üzerinden gidilirse, öncülü olmayan veya öncülleri atanmış görevlerin yani sıra, ardili olmayan veya ardillari atanmış görevlerin atanabilmesi de söz konusu olacaktır.

Tip-1 TMU: Sezgisel Cozum

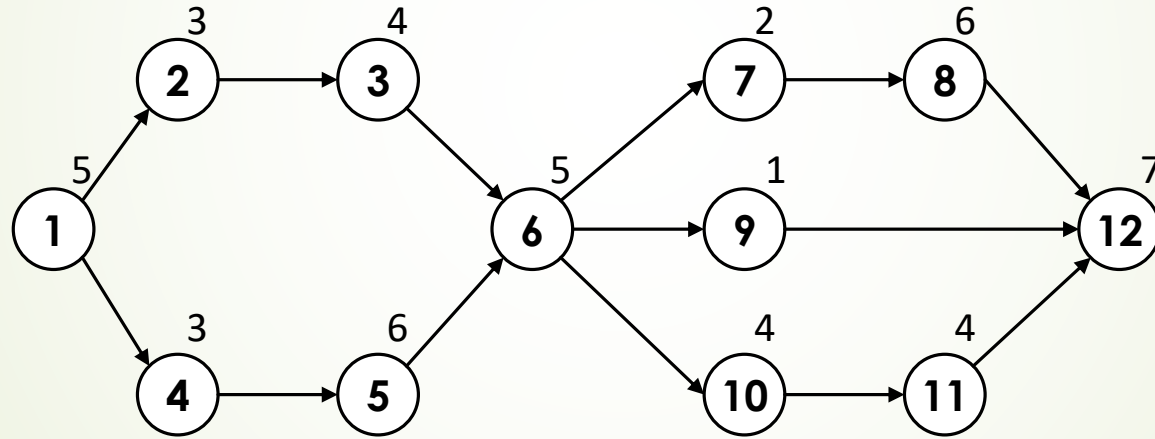
- Öncelik diyagramına göre ardili olmayan bir görev, öncelik diyagraminin en sonunda yer alan görevdir. Dolayısıyla, pozisyon ağırlığı kullanarak dengeleme yapacağımızda, kendisi ve kendisinden sonra yapılması gereken görevlerin süreleri toplamına eşit olan pozisyon ağırlığı bu görev için birşey ifade etmeyecektir.
- Ardili olmayan bir görevin pozisyon ağırlığı yalnızca kendi görev süresine eşit olacak ve diğer pozisyon ağırlıklarına göre oldukça küçük bir değer alacaktır. Bu durumda alternatifler arasından bu görevin seçilme ihtimali ortadan kalkacaktır.
- Buradan anlaşıldığı üzere, TMU probleminin yapısına bağlı olarak öncelik diyagramı üzerinden **hem ileriye doğru hem de geriye doğru** ilerleme imkanı bulunmakta ancak **geriye doğru ilerlerken** görevlerin seçilmesi sürecinde, ileriye doğru ilerlerken kullanılan seçme kriterinden **farklı bir kritere** ihtiyaç duyulmaktadır.

Tip-1 TMU: Sezgisel Cozum

- Bahsedilen bu kriter, pozisyon ağırlığı yöntemi için **ters pozisyon ağırlığı'** dir. **Ters pozisyon ağırlığı, pozisyon ağırlığının tersine, bir görevin kendi süresi ile tüm öncüllerinin görev süreleri toplamına eşittir.**
- TMU problemi pozisyon ağırlığı yöntemiyle dengelenirken, öncelik diyagramının hem ön hem de arka tarafından atanabilecek görevler karşımıza çıkacaktır.
- Atanabilir görevler kümesi bu iki kümenin birleşiminden oluşur ve bu görevler arasından seçim yaparken, öncelik diyagramının ön tarafından gelen görevler için pozisyon ağırlığı, arka tarafından gelen görevler için ters pozisyon ağırlığı değerleri dikkate alınır ve bu değerler arasından en büyük değere sahip görev seçilir.
- Bunu örnek üzerinden görelim.

Tip-1 TMU: Örnek 2

- Asagida oncelik diyagrami ve sureleri verilen problemi $C = 10$ için pozisyon ağırlığı yöntemi ile **U – tipi** hat yerlesiminde dengeleyelim.



(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

- Öncelikle görevlerin pozisyon ağırlıklarını ve ters pozisyon ağırlıklarını belirleyelim.

Görev (i)	Pozisyon Ağırlığı	Ters Pozisyon Ağırlığı
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

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

- Şimdi algoritmayı adım adım işletelim.

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

- 1. görev için **PA**, 12. görev için **TPA** değerlerine bakıyoruz. Her ikisi de 50 olduğu için herhangi birini seçebiliriz. **1. görevi** seçelim ve 1. istasyona hattın **ön tarafına** atayalım.

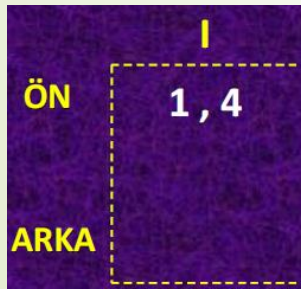


(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Normal ve ters PA'lar arasında en yüksek değer 50 ile 12. göreve aittir. Ancak 12. görev çeyrim zamanı kısıtı nedeniyle 1. istasyona atanamaz. Bir sonraki en yüksek değer **4. göreve** aittir ve bu görev 1. istasyona hattın **ön tarafından** atanır.

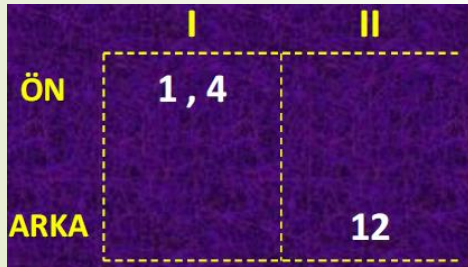


(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Atanabilir görevler arasında çevrim zamanı kısıtını ihlal etmeden 1. İstasyona atanabilecek görev yoktur. Yeni bir istasyon açılır ve en yüksek PA değerine sahip **12. Görev** hattın **arka tarafına** atanır.



(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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 değerine sahip görev 36 ile **2. görev**dir. Cevrim zamanı kısıtını ihlal etmediği için 2. istasyonun **ön tarafına** atanır.

	I	II
ÖN	1, 4	2
ARKA		12

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Atanabilir görevler arasında çevrim zamanı kısıtı nedeniyle bu istasyona atanabilecek görev yoktur. 3. istasyon açılır ve **5. görev** hattın **ön tarafına** atanır.

	I	II	III
ÖN	1, 4	2	5
ARKA		12	

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Atanabilir görevler arasında en yüksek PA değerine sahip görevler 8 ve 11'dir. 8. görev çeyrim zamanı kısıtını sağlamadığı için **11. görev** seçilir ve hattın **arka tarafına** atanır.

	I	II	III
ÖN	1, 4	2	5
ARKA		12	11

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Atanabilir görevler arasında çevrim zamanı kısıtı nedeniyle bu istasyona atanabilecek görev yoktur. 4. istasyon açılır ve **8. görev** hattın **arka tarafına** atanır.

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

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- ➔ En yüksek PA değerine sahip görev **3. görevdir** ve 4. istasyona hattın **ön tarafına** atanır.

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

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Atanabilir görevler arasında çevrim zamanı kısıtı nedeniyle bu istasyona atanabilecek görev yoktur. 5. istasyon açılır ve **10. görev** hattın **arka tarafına** atanır.

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

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Atanabilir görevler arasında en yüksek PA değerine sahip görev 29 ile **6. görevdir** ve hattın **ön tarafına** atanır.

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

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Atanabilir görevler arasında en yüksek PA değerine sahip görev olan 7. görev çevrim zamanı kısıtı nedeniyle bu istasyona atanamaz. Diğer görev olan **9. görev** ise bu istasyona hattın hem ön hem arka tarafına atanabilir. Biz **arkaya** atayalım.

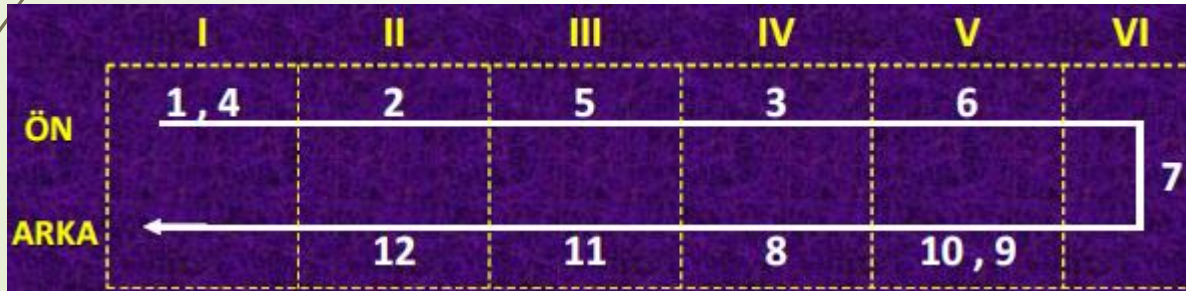
	I	II	III	IV	V
ÖN	1, 4	2	5	3	6
ARKA		12	11	8	10, 9

(Kara, 2015)

Tip-1 TMU: Örnek 2

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

- Geriye kalan **7. görev** ise çevrim zamani kisiti nedeniyle bu istasyona atanamaz ve 6. istasyon açılarak bu istasyona atanir.



(Kara, 2015)

Kaynaklar

- Kara, Y., 2015. Uretim Planlama-II Ders Notlari, Selcuk Universitesi, Konya, <http://goo.gl/Uccn8S>.
- Kara, Y., 2004. 'U-tipi Montaj Hatti Dengeleme Problemleri için Yeni Modeller ve Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama', Yayinlanmamış Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Urban, T.L., 1998. 'Optimal Balancing of U-shaped Assembly Lines'. Management Science 44: 5, 738-741.