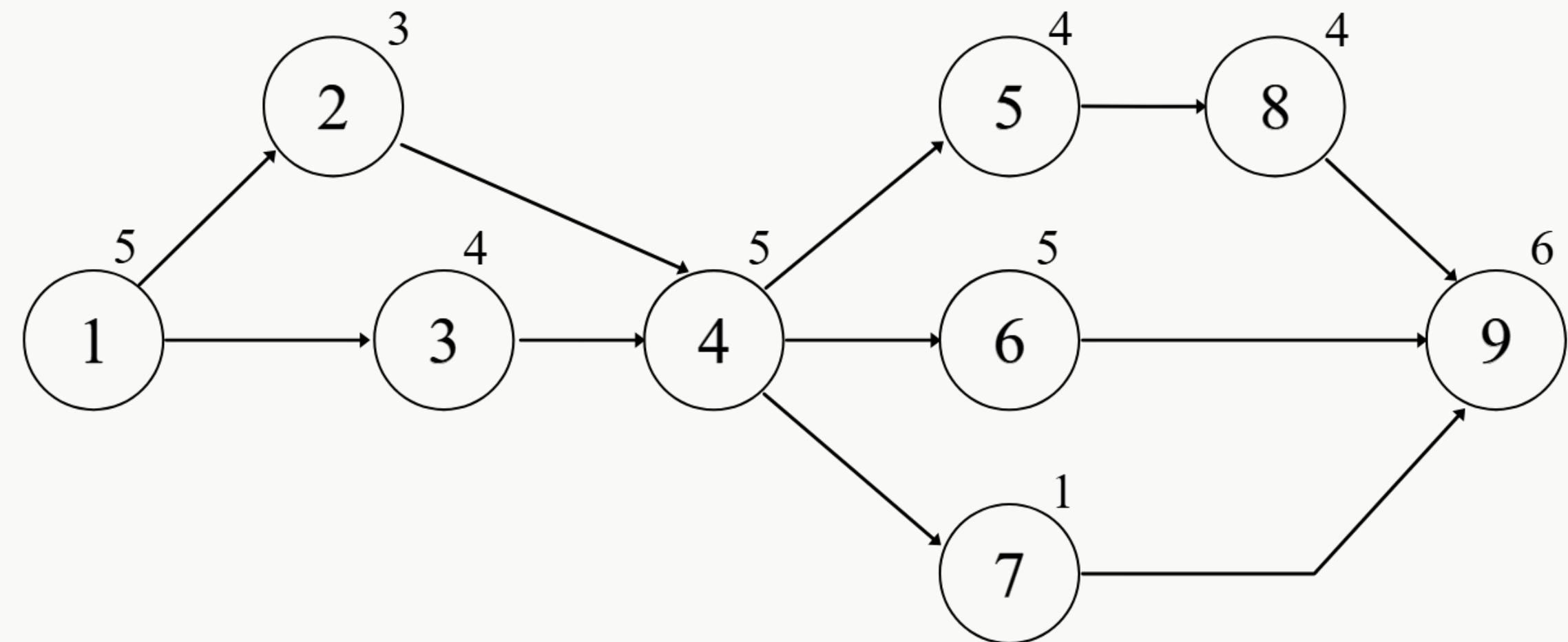


# Jaeschake Öncelik Diyagramı

ooo

- 9 görev
- Öncelik ilişkileri
- Görev süreleri
- $K = 4$
- Tip 2



# Jaeschake Öncelik Diyagramı Optimal Hat Dengeleme Çözümü

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo

A26	v	X	✓	fx	Arcus1
24	A	B	C		
24	Problems and optimal solutions				
25	Precedence graph				
119	Heskiaoff	342	3		
120	Jackson	7	8		
121	Jackson	9	6		
122	Jackson	10	5		
123	Jackson	13	4		
124	Jackson	14	4		
125	Jackson	21	3		
126	Jaeschke	6	8		
127	Jaeschke	7	7		
128	Jaeschke	8	6		
129	Jaeschke	10	4		
130	Jaeschke	18	3		
131	Kilbridge	56	10		

**K = 4 için C = 10 olmalı.**

# Jaeschake Öncelik Diyagramı Optimal Hat Dengeleme Çözümü

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



```
* 1. KUMELER (SETS)
Set i "Gorevler" / 1*9 /;
```

```
Set k "Istasyonlar" / 1*4 /;
* K=4 olduğu için
```

```
Alias(i, j);
```

```
* 2. PARAMETRELER (GOREV SURELERİ)
```

```
Parameter t(i) "Gorev Sureleri"
/
```

```
1 5.0
2 3.0
3 4.0
4 5.0
5 4.0
6 5.0
7 1.0
8 4.0
9 6.0
```

```
* 3. ONCELIK ILISKILERI (PRECEDENCE)
```

```
* Excel'deki oklara göre: Kimden önce kim geliyor?
```

```
Set Oncelik(i,j) "i, j'den önce yapılmalı"
```

1.2
1.3
2.4
3.4
4.5
4.6
4.7
5.8
6.9
7.9
8.9

```
/;
```

```
* 4. DEGISKENLER
```

```
Binary Variable x(i,k) "i görevi k istasyonuna atanırsa 1, değilse 0";
```

```
Positive Variable C "Cevrim Zamani (Minimize edilecek)";
```

```
Variable Z "Amac Fonksiyonu Degeri";
```

# Jaeschake Öncelik Diyagramı Optimal Hat Dengeleme Çözümü

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



## \* 5. DENKLEMLER

### Equations

AmacFonksiyonu	"Cevrim zamanini minimize et"
AtamaKisiti(i)	"Her görev mutlaka bir istasyona atanmalı"
KapasiteKisiti(k)	"İstasyonun yuku C'yi asamaz"
OncelikKisiti(i,j)	"Oncelik sırasına uyulmalıdır";

### \* --- DENKLEM TANIMLARI ---

\* Amacımız C'yi (Cycle Time) en küçük yapmak:

AmacFonksiyonu..

`Z =e= C;`

\* Her i görevi, tüm k istasyonları içinde yalnızca birine atanmalı:

AtamaKisiti(i)..

`sum(k, x(i,k)) =e= 1;`

\* Her k istasyonundaki işlerin toplamı C'den küçük veya eşit olmalı:

KapasiteKisiti(k)..

`sum(i, t(i)*x(i,k)) =l= C;`

\* Eğer i, j'den önce geliyorsa (Oncelik setinde varsa);

\* j'nin istasyon numarası, i'nin istasyon numarasından büyük veya eşit olmalı.

\* Örnek: i 1. istasyondaysa, j 1, 2 veya 3'te olabilir. Ama j 1'deyse i 2'de olamaz.

OncelikKisiti(i,j)\$Oncelik(i,j)..

`sum(k, k.val * x(j,k)) =g= sum(k, k.val * x(i,k));`

# Jaeschake Öncelik Diyagramı Optimal Hat Dengeleme Çözümü

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



```
* 6. MODEL VE COZUM
Model Tip2_MHD /all/;

* C'ye bir baslangic alt siniri verelim (En buyuk tekil is sureinden az olamaz)
c.lo = smax(i, t(i));

Solve Tip2_MHD using MIP minimizing Z;

* 7. SONUCLARI GOSTER
Display "SONUC: Minimum Cevrim Zamani (C):", c.l;
Display x.l;
```

# Jaeschake Öncelik Diyagramı Optimal Hat Dengeleme Çözümü

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



---- 91 SONUC: Minimum Cevrim Zamani (C):  
VARIABLE C.L = 10.000 Cevrim Zamani (Minimize edilecek)  
---- 92 VARIABLE x.L i görevi k istasyonuna atanırsa 1, degilse 0

	1	2	3	4
1	1.000			
2		1.000		
3	1.000			
4		1.000		
5			1.000	
6			1.000	
7			1.000	
8				1.000
9				1.000

# Jaeschake Öncelik Diyagramı Optimal Hat Dengeleme Çözümü

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



İstasyon	Atanan Görevler	İşlem Süreleri	İstasyon Yükü	Boş Zaman
1	1, 3	5 + 4	9	$10 - 9 = 1$
2	2, 4	3 + 5	8	$10 - 8 = 2$
3	5,6,7	4+5+1	10	$10 - 10 = 0$
4	8, 9	4 + 6	10	$10 - 10 = 0$
TOPLAM			37	3

# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo

Görev No	Ardıl Sayısı	Atandığı İstasyon
1	8	1. istasyon
2	6	2. istasyon
3	6	1. istasyon
4	5	2. istasyon
5	2	3. istasyon
6	1	3. istasyon
7	1	3. istasyon
8	1	4. istasyon
9	0	4. istasyon

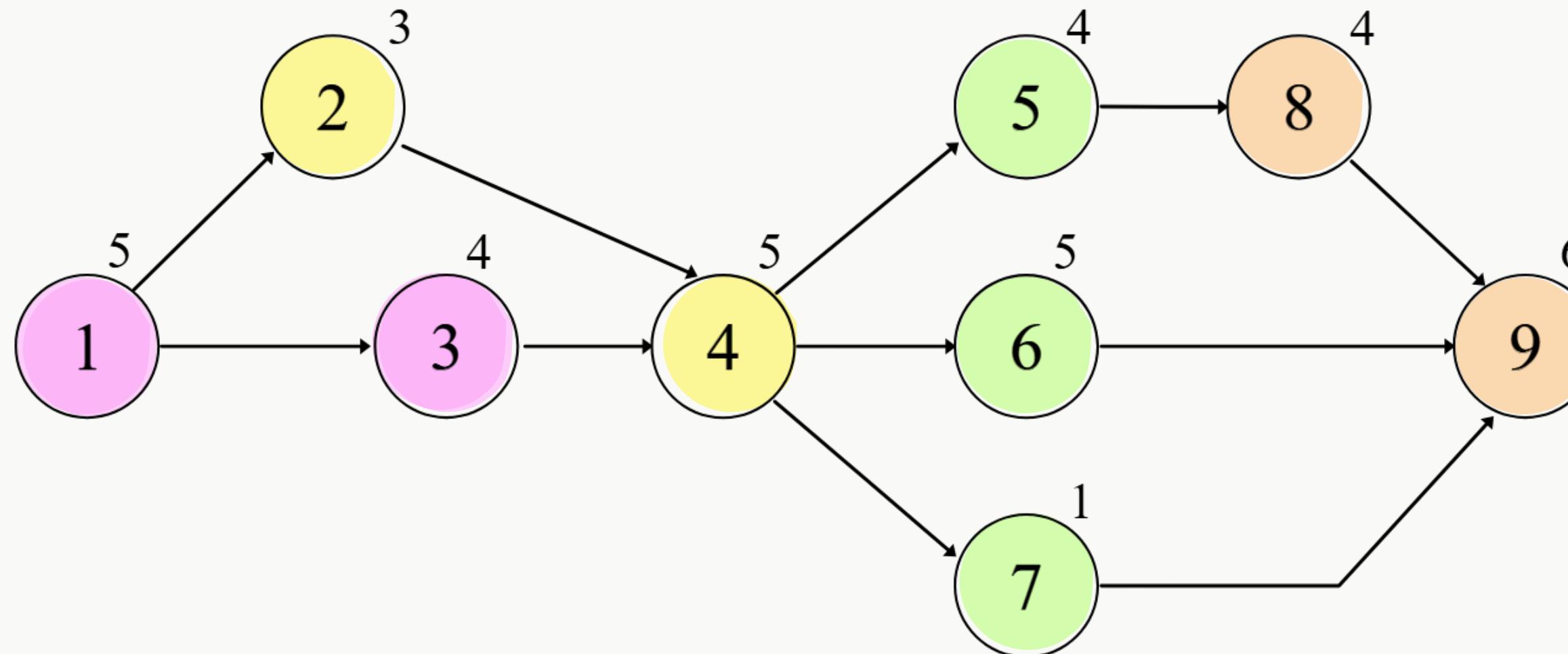


Görev No	Ardıl Sayısı	Atandığı İstasyon
1	8	1. istasyon
3	6	1. istasyon
2	6	2. istasyon
4	5	2. istasyon
5	2	3. istasyon
6	1	3. istasyon
7	1	3. istasyon
8	1	4. istasyon
9	0	4. istasyon

# Jaeschake Öncelik Diyagramı Optimal Hat Dengeleme Çözümü

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



- 1. İstasyon
- 2. İstasyon
- 3. İstasyon
- 4. İstasyon

# Jaeschake Benzetim Tavlama Sezgiseli Çalışma Mantığı

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo

Hangi sıcaklıkta (T)



komşu çözüm



komşu çözümün c'si



yeni çözümle mevcut çözüm arasındaki farkı gösterir.



i	T	s	s'	f(s)	f(s')	$\Delta$	$e^{-\Delta/T}$	u	Karar	Best
1	100.000	[1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	[1, 3, 2, 8, 5, 6, 7, 4, 9]	10.0003	-	-	-	-	RED (öncelik)	10.0003
2	95.000	[1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	10.0003	10.0003	+0.0000	1.000	0.875	KABUL	10.0003
3	90.250	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	10.0003	10.0003	+0.0000	1.000	0.363	KABUL	10.0003
4	85.737	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	10.0003	10.0003	+0.0000	1.000	0.334	KABUL	10.0003
5	81.451	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	[1, 2, 3, 4, 5, 8, 7, 6, 9]	10.0003	11.0005	+1.0001	0.988	0.087	KABUL	10.0003
6	77.378	[1, 2, 3, 4, 5, 8, 7, 6, 9]	[1, 2, 3, 4, 5, 8, 7, 6, 9]	11.0005	11.0005	+0.0000	1.000	0.159	KABUL	10.0003
7	73.509	[1, 2, 3, 4, 5, 8, 7, 6, 9]	[1, 5, 3, 4, 2, 8, 7, 6, 9]	11.0005	-	-	-	-	RED (öncelik)	10.0003
8	69.834	[1, 2, 3, 4, 5, 8, 7, 6, 9]	[1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 6, 9]	11.0005	11.0005	+0.0000	1.000	0.807	KABUL	10.0003
9	66.342	[1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 6, 9]	[1, 2, 3, 8, 5, 7, 4, 6, 9]	11.0005	-	-	-	-	RED (öncelik)	10.0003
10	63.025	[1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 6, 9]	[7, 2, 3, 4, 5, 1, 8, 6, 9]	11.0005	-	-	-	-	RED (öncelik)	10.0003

mevcut görev sıralaması



mevcut çözümün c'si



bazen daha kötü çözümler de kabul edilebilir



Eğer  $\Delta > 0$ :

$u < P \rightarrow \text{KABUL}$

$u \geq P \rightarrow \text{RED}$

- $\Delta > 0$ : Yeni çözüm, mevcut çözüme göre daha kötü bir değere sahiptir.
- Yüksek T: Algoritma, kötü çözümleri de kabul edebilir
- Eğer  $\Delta > 0$  ve sıcaklık düştüyse, kötü çözüm kabul edilmez.

# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



DETAYLI İSTASYON ATAMA TABLOSU ( $C = 10.0003$ )				
---		---		---
İstasyon Boş (Idle)	Görevler	Süreler	Yük	---
1 2.0003	1, 2	5+3	8	
2 1.0003	3, 4	4+5	9	
3 0.0003	6, 5, 7	5+4+1	10	
4 0.0003	8, 9	4+6	10	
---				
TOPLAM BOŞ ZAMAN (Total Idle Time): 3.0013				
HAT ETKİNLİĞİ (Line Efficiency): %92.50				
---				
---				

# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



İTERASYON	SICAKLIK (T)	MEVCUT C	EN İYİ C	DURUM
1	100.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
2	100.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
5	100.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
8	100.00	12.0006	11.0005	⚠ KÖTÜLLEŞME (Kabul)
9	100.00	11.0005	11.0005	✓ İYİLEŞME
11	90.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
14	90.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
18	90.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
22	81.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
26	81.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
29	81.00	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
32	72.90	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
33	72.90	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
38	72.90	12.0006	11.0005	⚠ KÖTÜLLEŞME (Kabul)
42	65.61	11.0005	11.0005	✓ İYİLEŞME
45	65.61	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
46	65.61	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
49	65.61	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
50	65.61	11.0005	11.0005	● EŞİT (Kabul)
60	59.05	10.0003	10.0003	⭐ REKOR KIRILDI!
61	53.14	11.0005	10.0003	⚠ KÖTÜLLEŞME (Kabul)
66	53.14	10.0003	10.0003	✓ İYİLEŞME

# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



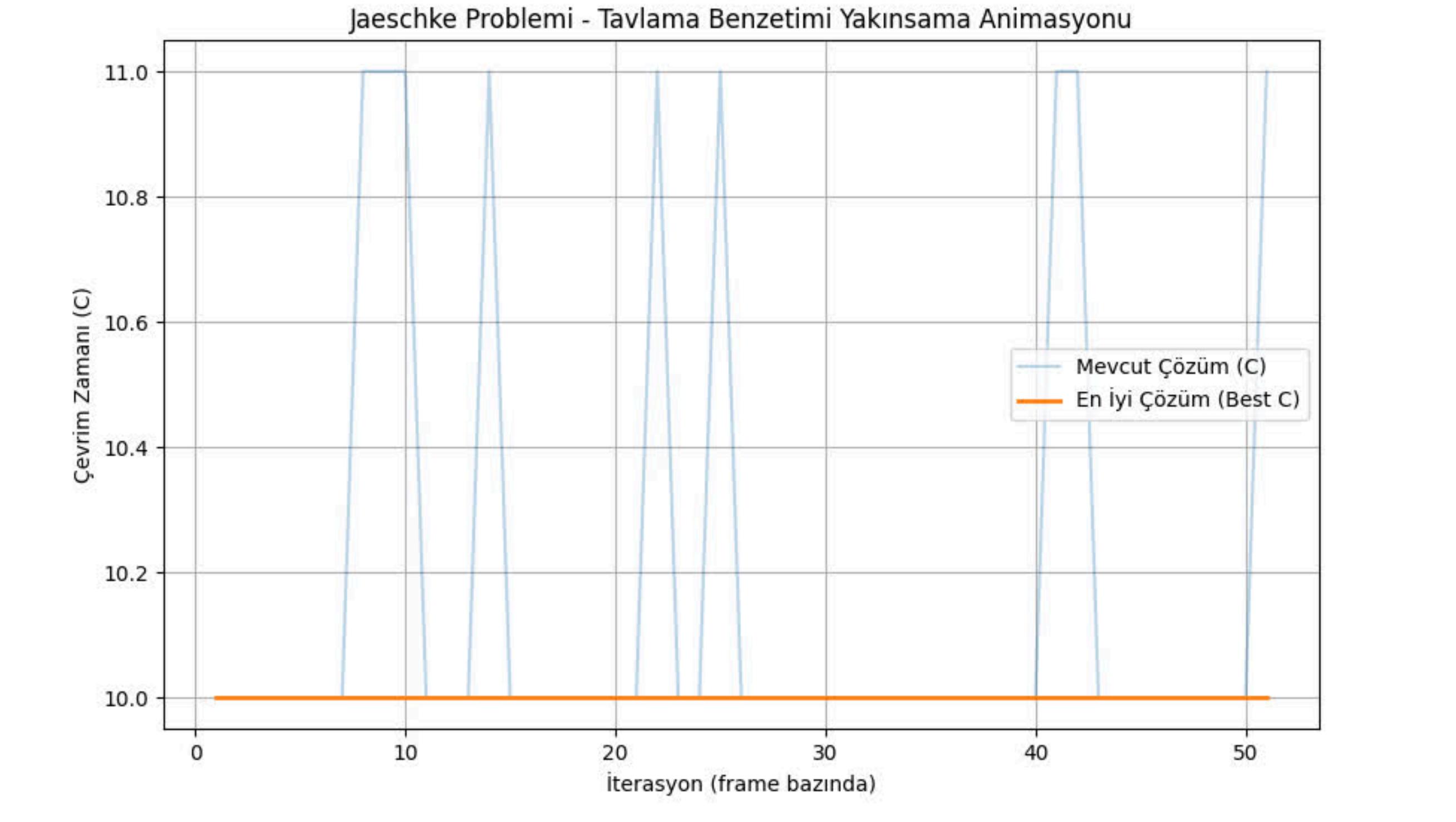
439	1.08	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
446	0.97	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
450	0.97	11.0005	10.0003	KÖTÜLLEŞME (Kabul)	
452	0.87	11.0005	10.0003	EŞİT (Kabul)	
454	0.87	10.0003	10.0003	✓ İYİLEŞME	
456	0.87	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
461	0.79	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
462	0.79	10.0003	10.0003	✗ RED	
464	0.79	10.0003	10.0003	✗ RED	
465	0.79	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
(Kabul)					
483	0.64	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
490	0.64	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
491	0.57	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
493	0.57	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
496	0.57	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
497	0.57	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
499	0.57	10.0003	10.0003	✗ RED	
502	0.52	10.0003	10.0003	✗ RED	
506	0.52	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	
507	0.52	10.0003	10.0003	EŞİT (Kabul)	

SONUÇ: En İyi C = 10.0003

# Jaeschake Benzetim Tavlama Sezgiseli Animasyonu

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

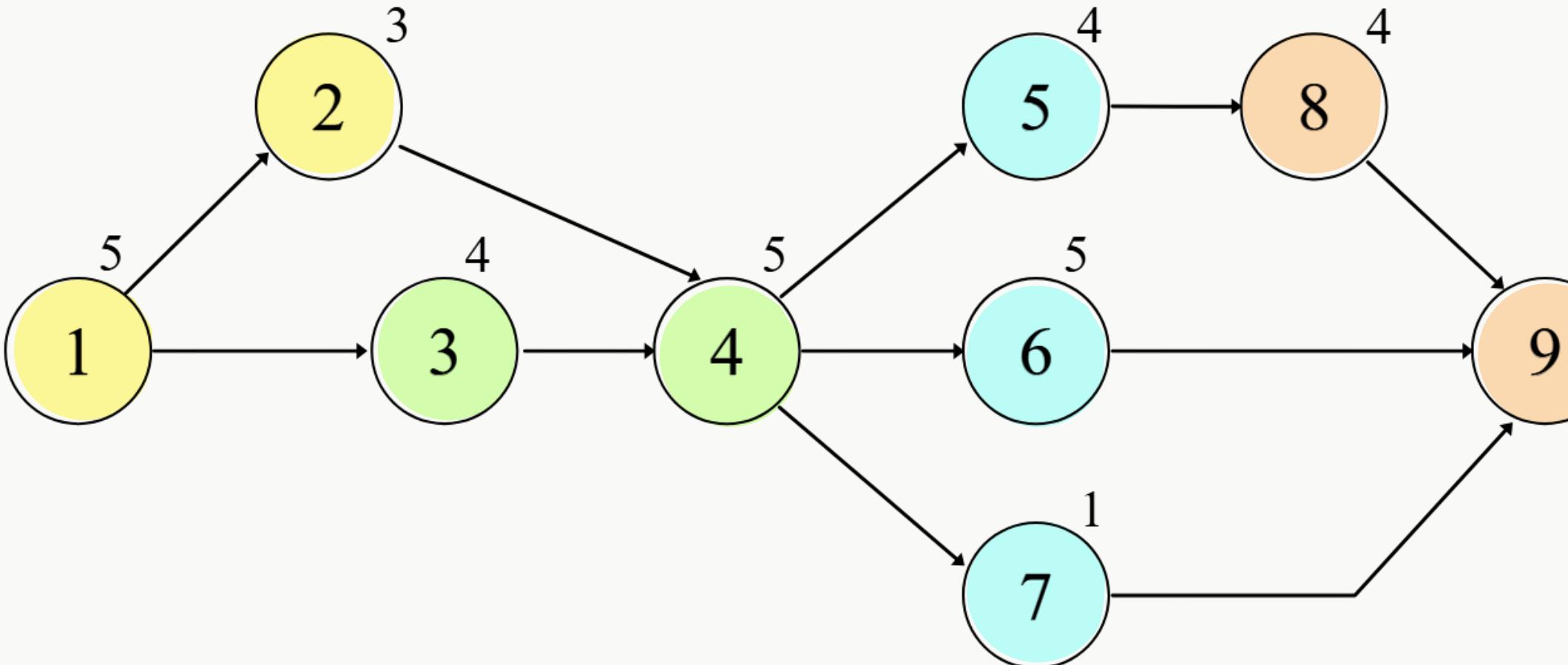
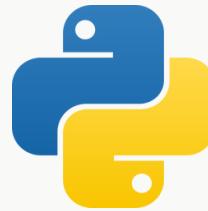
ooo



İstasyon No	Atanan Görevler (Sırasıyla)	İşlem Süreleri ( $t_i$ )	İstasyon Yükü	Boş Zaman (Idle)
1	1, 2	5 + 3	8	$10 - 8 = 2$
2	3, 4	4 + 5	9	$10 - 9 = 1$
3	6, 5, 7	5+4+1	10	$10 - 10 = 0$
4	8, 9	4 + 6	10	$10 - 10 = 0$
TOPLAM	9 Görev		37	3

# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4



- Yellow circle with arrow → 1. İstasyon
- Light green circle with arrow → 2. İstasyon
- Cyan circle with arrow → 3. İstasyon
- Orange circle with arrow → 4. İstasyon

ooo

# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4

ooo



İstasyon No	Atanan Görevler (Sırasıyla)	İşlem Süreleri (ti)	İstasyon Yükü	Boş Zaman (Idle)
1	1, 2	5 + 3	8	10 - 8 = 2
2	3, 4	4 + 5	9	10 - 9 = 1
3	6, 5, 7	5+4+1	10	10 - 10 = 0
4	8, 9	4 + 6	10	10 - 10 = 0
TOPLAM	9 Görev		37	3

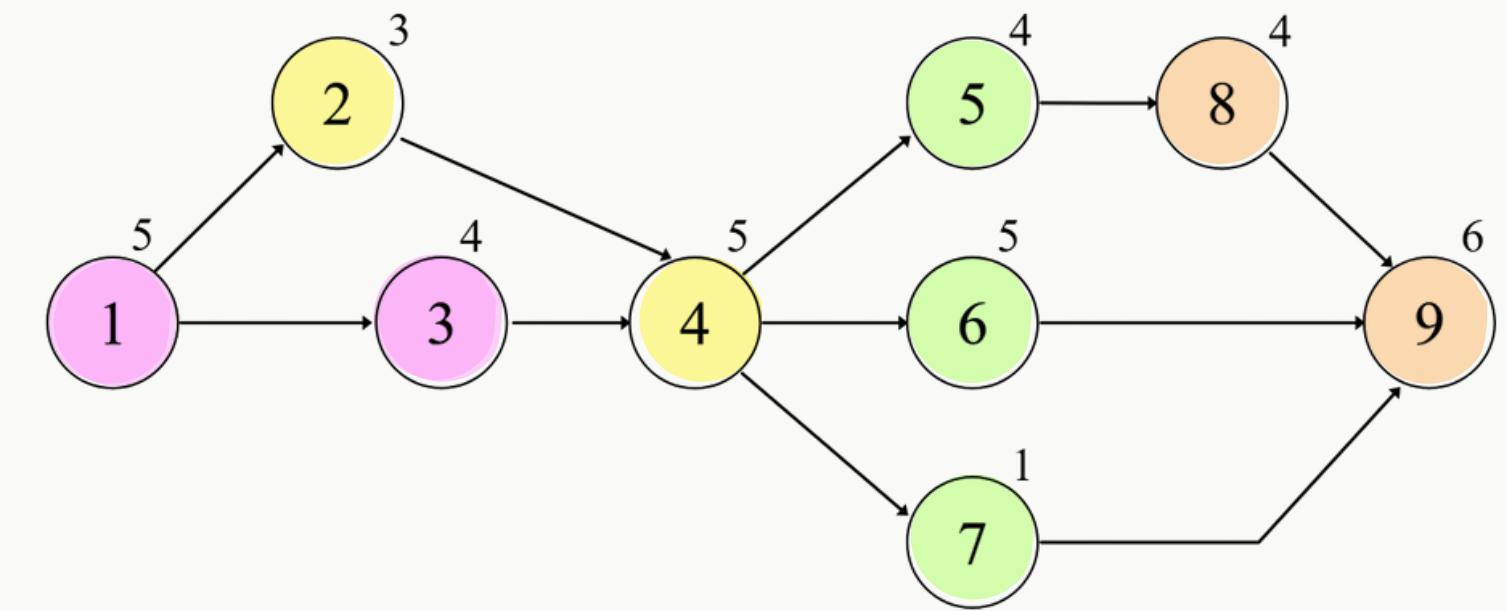
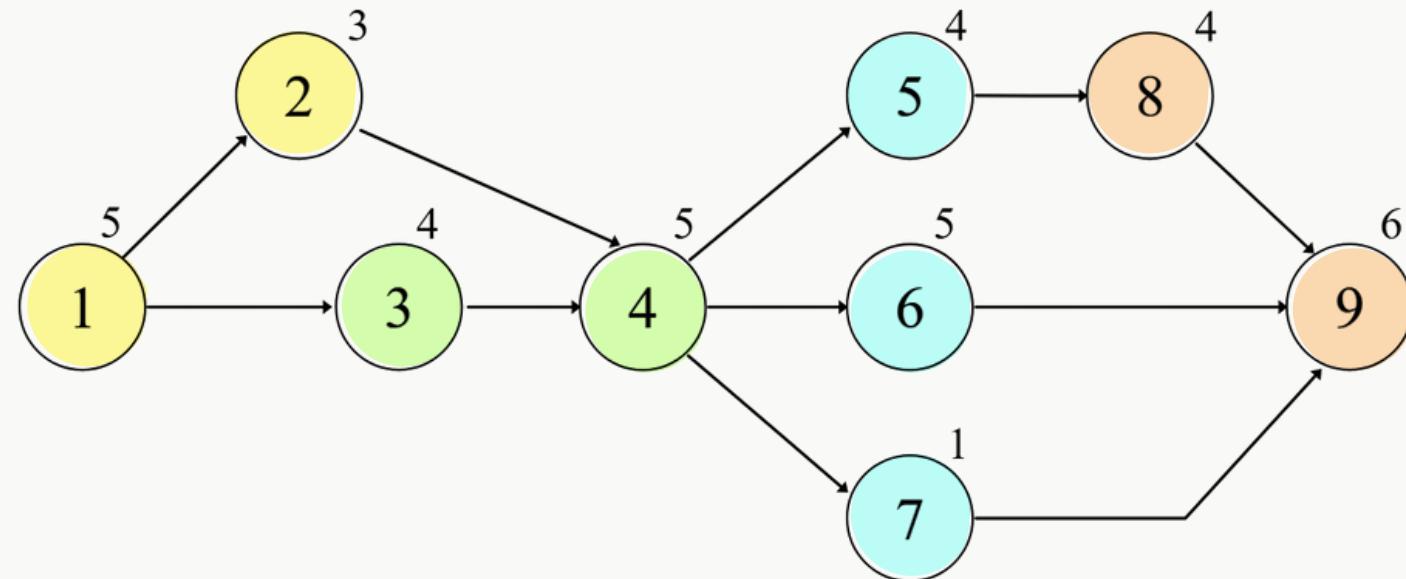
İstasyon	Atanan Görevler	İşlem Süreleri	İstasyon Yükü	Boş Zaman
1	1, 3	5 + 4	9	10 - 9 = 1
2	2, 4	3 + 5	8	10 - 8 = 2
3	5,6,7	4+5+1	10	10 - 10 = 0
4	8, 9	4 + 6	10	10 - 10 = 0
TOPLAM	9 Görev		37	3

C=10.0003

C=10

# Jaeschake Öncelik Diyagramı | Benzetim Tavlama Sezgiseli

Görev sayısı (N): 9 | İstasyon sayısı (k): 4



- → 1. İstasyon
- → 2. İstasyon
- → 3. İstasyon
- → 4. İstasyon

- → 1. İstasyon
- → 2. İstasyon
- → 3. İstasyon
- → 4. İstasyon

ooo

## Kaynakça

Sawyer, J. H. F. (1970). Line balancing with variable element times. *Industrial Engineering*, 2(1), 24-29.

Jaeschke, G. (1964). Eine allgemeine Methode zur Lösung kombinatorischer Probleme. *Ablauf- und Planungsforschung*, 5, 133-153.

Jaeschke, G. (1964). Eine allgemeine Methode zur Lösung kombinatorischer Probleme. *Ablauf- und Planungsforschung*, 5, 133-153.

---

ooo

Dinlediğiniz için Teşekkürler.