

# Koruma

---

DR. ÖĞRETİM ÜYESİ ABDULLAH SEVİN

# Koruma ve restorasyon

---

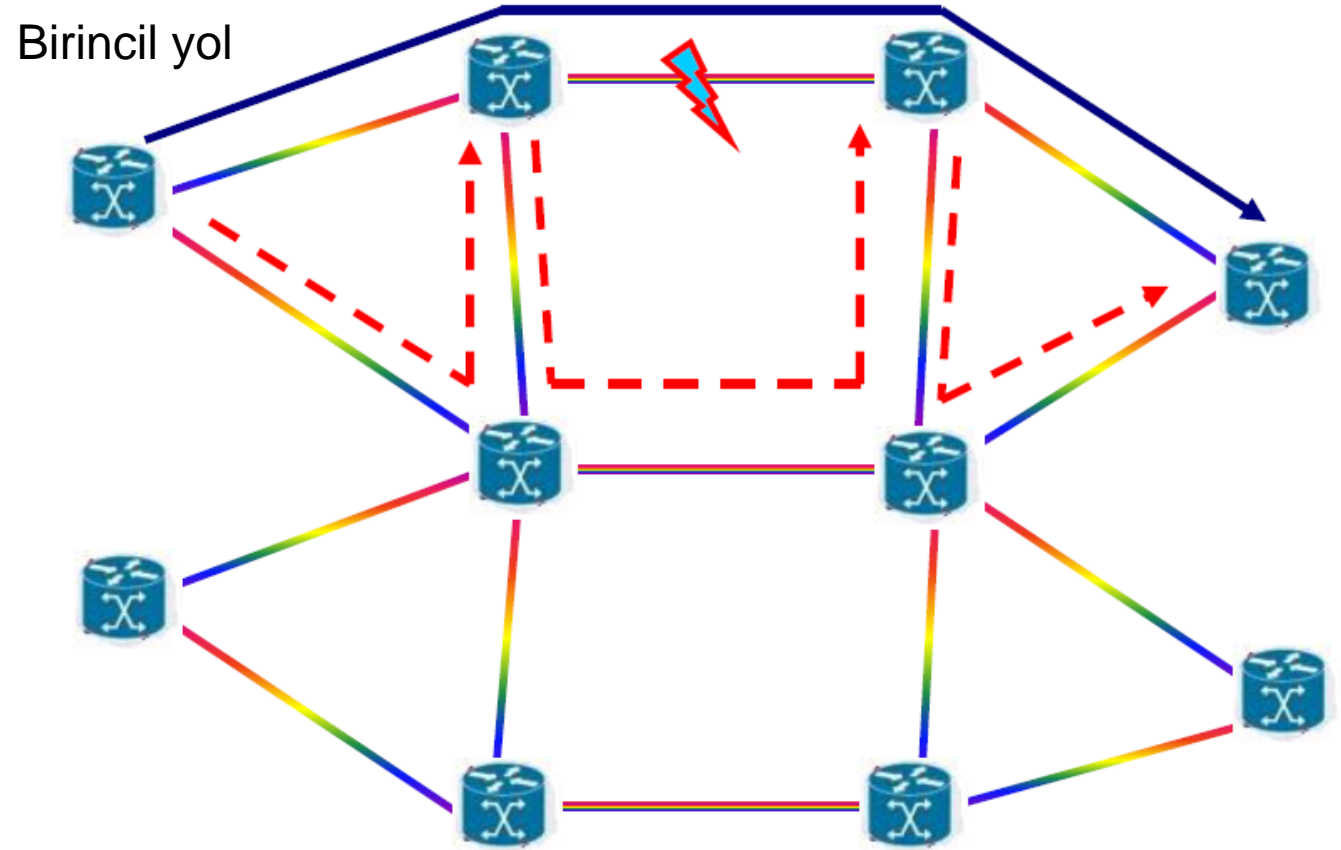
## □ Koruma

- Birincil kaynakları sağlarken yedek kaynakları önceden rezerve etmek
- Arızalara karşı onarım garantisi
- Hızlı onarım... fakat kaynak kullanımı fazla olabilir

## □ Restorasyon

- Arıza oluştuğundan sonra yedek yolun dinamik olarak bulunması
- Kaynak kullanım verimliliği
- Garanti yok
- Korumaya oranla yavaş onarım

# Adanmış bağlantı koruması (Dedicated Link Protection-DLP)

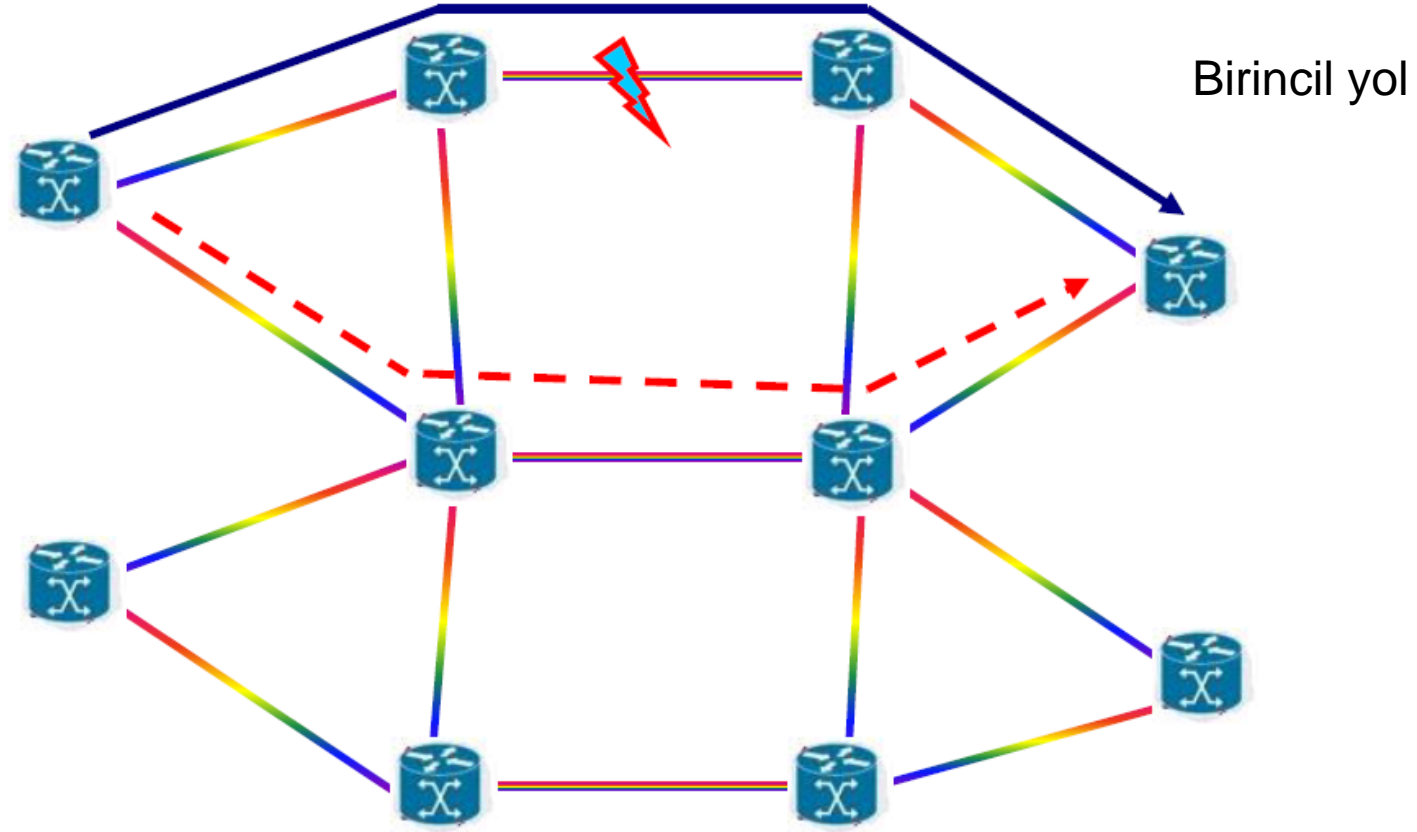


\*Herbir bağlantıya ait yedek yol var.

Çoklu bozulmalara karşı avantajlı.

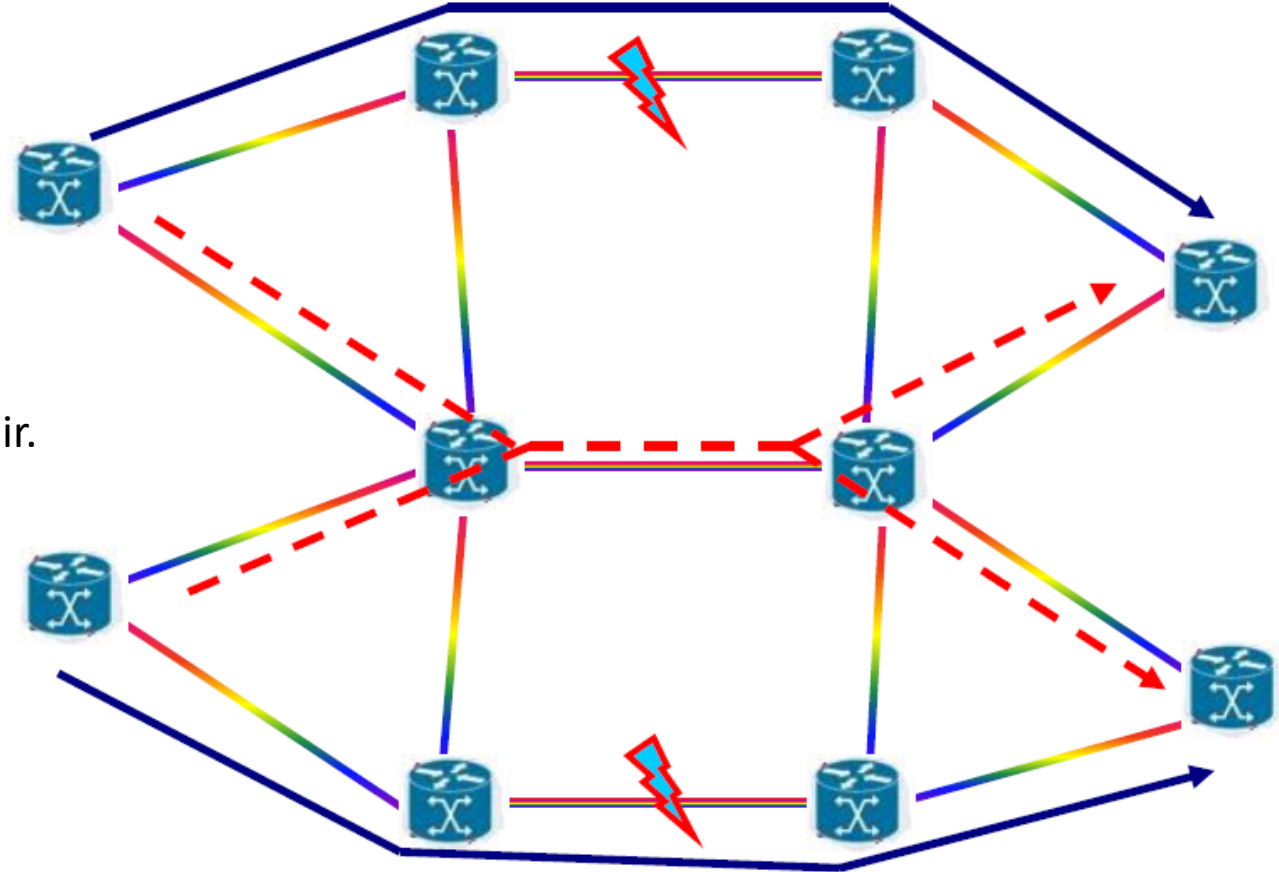
\*Fakat fazla kapasite kullanımı (3 yol için 7 yol tahsis edilir.)

# Adanmış yol koruması (Dedicated Path Protection - DPP)



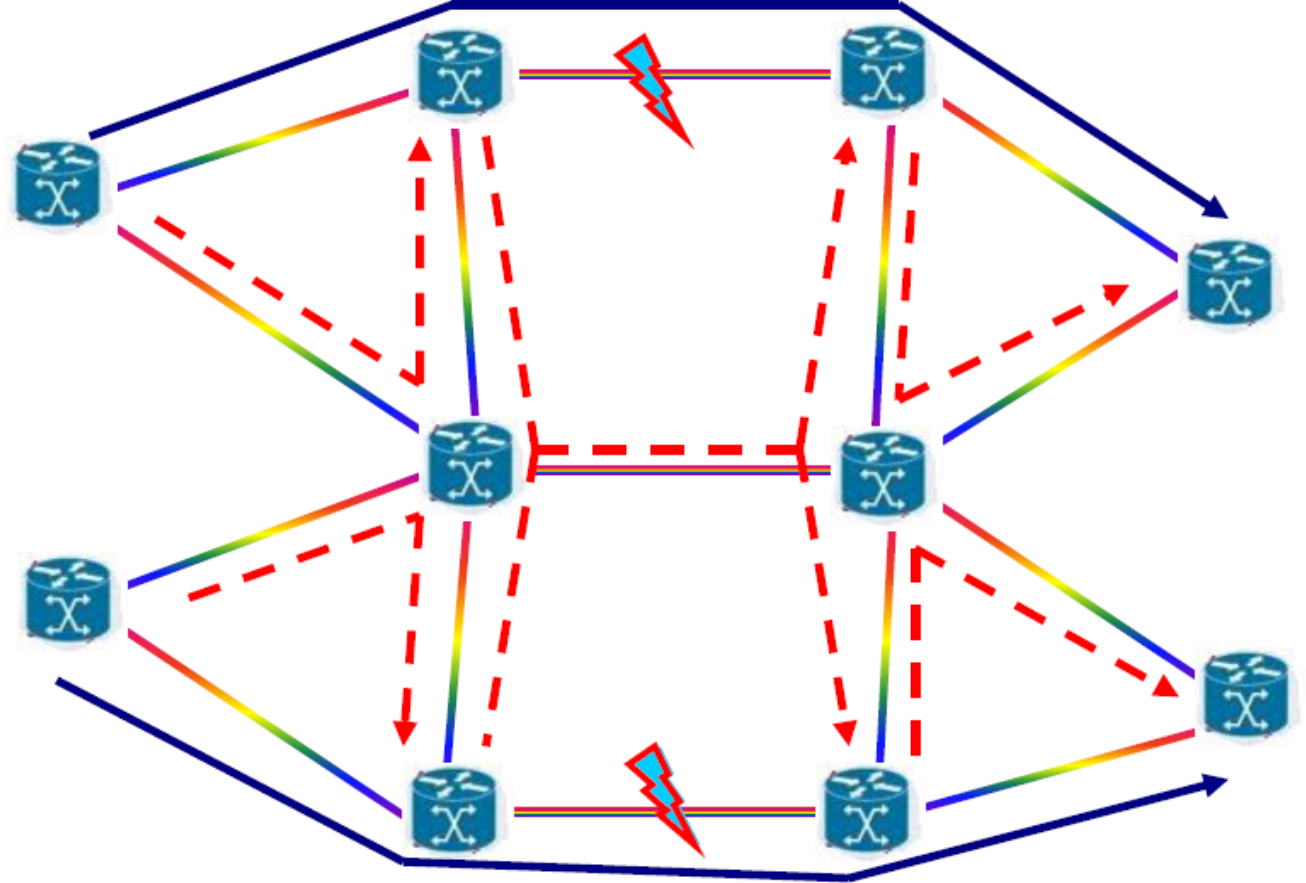
# Paylaşımli yol koruması (Shared Path Protection-SPP)

Bu 2 yol koparsa sadece biri kullanabilir.



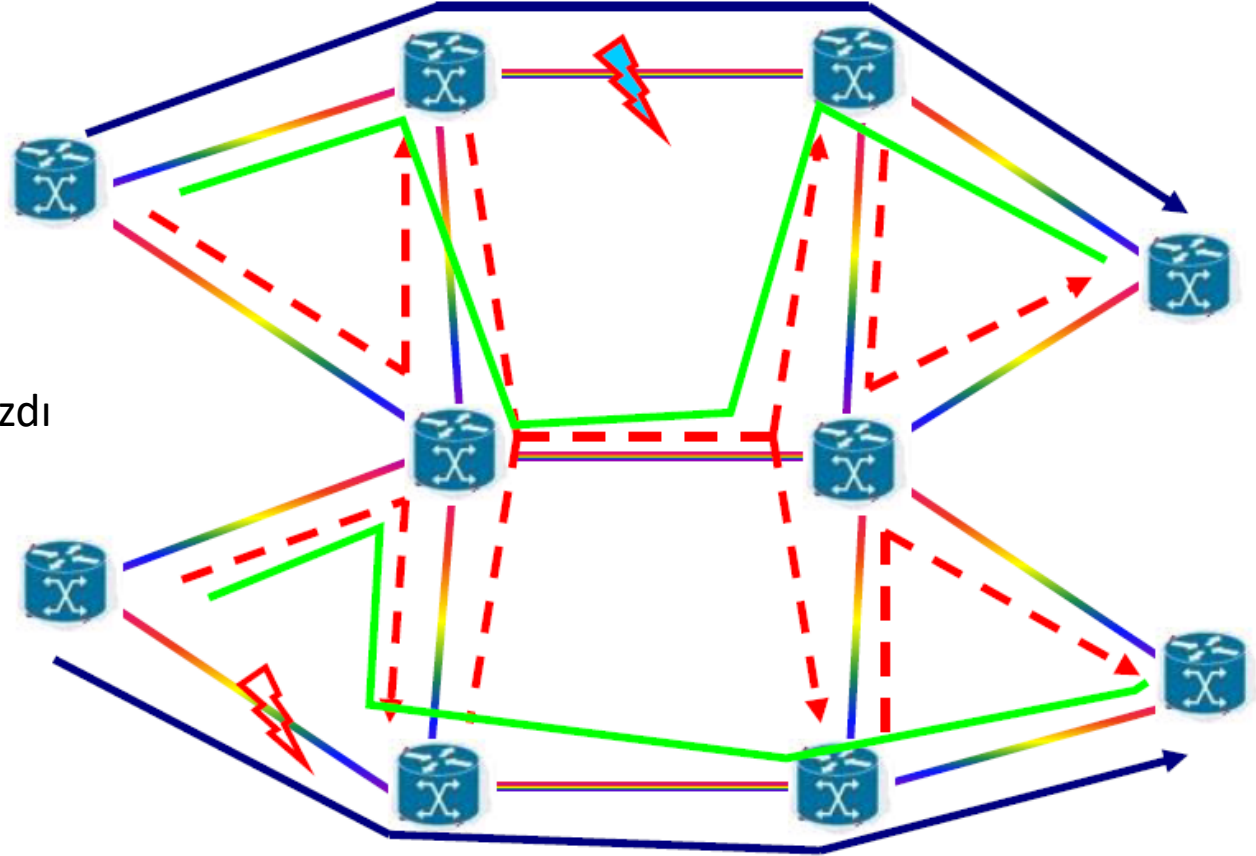
# Paylaşımli Bağlantı koruması (Shared Link Protection-SLP)

Bu 2 yol koparsa sadece biri kullanabilir.



# Paylaşımli Bağlantı koruması (Shared Link Protection-SLP)

- Bu 2 yol koparsa ikisi kullanabilir.
- Bu 2 bağlantı paylaşımli yol korumasında kopsaydı yedek yollar aynı anda kullanılamazdı (yani kullanılabilirliği daha yüksek)



# Koruma yöntemlerinin karşılaştırılması

---

□ **Kurma süresi (ST):** Birincil ve yedek ışıkyollarının kurulması için gereken süre (Setup Time).

$$ST_{DLP}(\approx 90 \text{ ms}) > ST_{DPP}(\approx 50 \text{ ms}) > ST_{SLP}(\approx 40 \text{ ms}) = ST_{SPP}$$

□ **Koruma geçiş süresi (PST):** Arıza durumunda birincil yoldan yedek yola geçiş için gereken süre

$$PST_{DLP}(\approx 25 \text{ ms}) < PST_{DPP}(\approx 55 \text{ ms}) < PST_{SLP}(\approx 60 \text{ ms}) < PST_{SPP}(\approx 100 \text{ ms})$$

- Adanmış yönt. Konfigürasyonu (Yollara port ataması) en başta (ST'de )
- Paylaşımlı yönt. Konfigürasyon arıza olduktan sonra yapılır (PST'de)



# Koruma yöntemlerinin karşılaştırılması

---

□ **Kullanılabilirlik (A):** Servisin kullanılır olduğu zamanın servisin sözleşme süresine oranı. Tekil arızalarda %100 ama çoklu arızalarda;

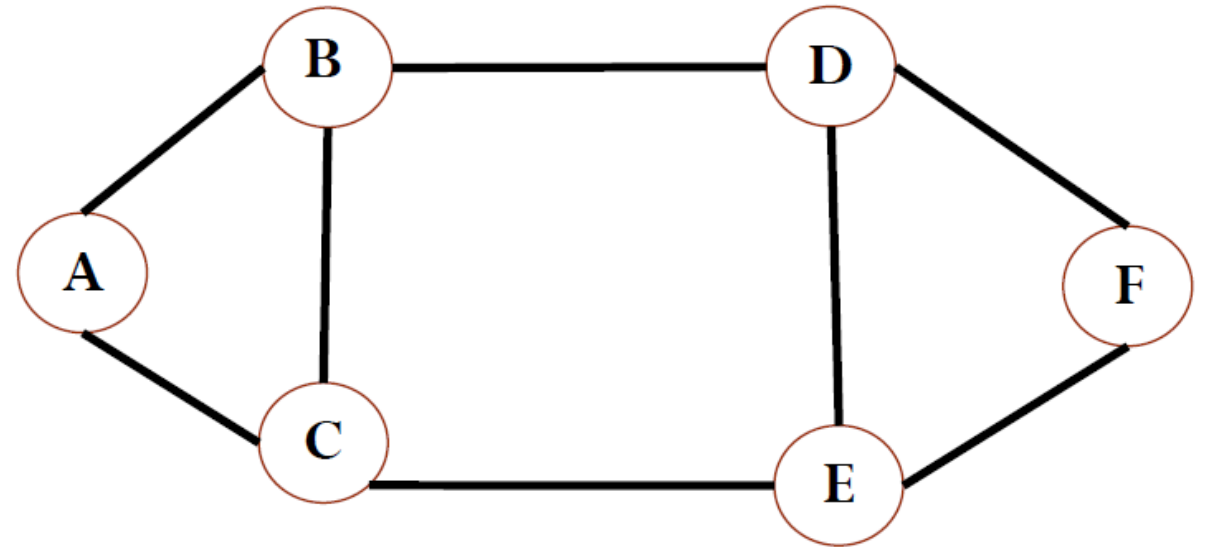
$$A_{DLP}(> 0.99999) > A_{DPP}(> 0.9999) > A_{SLP}(0.9999 - 0.9995) > A_{SPP}(0.9998 - 0.999)$$

□ **Kapasite Gereksinimi (CR):** gereken yedek kapasite toplam kapasiteye oranı.

$$CR_{DLP} > CR_{DPP} > CR_{SLP} > CR_{SPP}$$

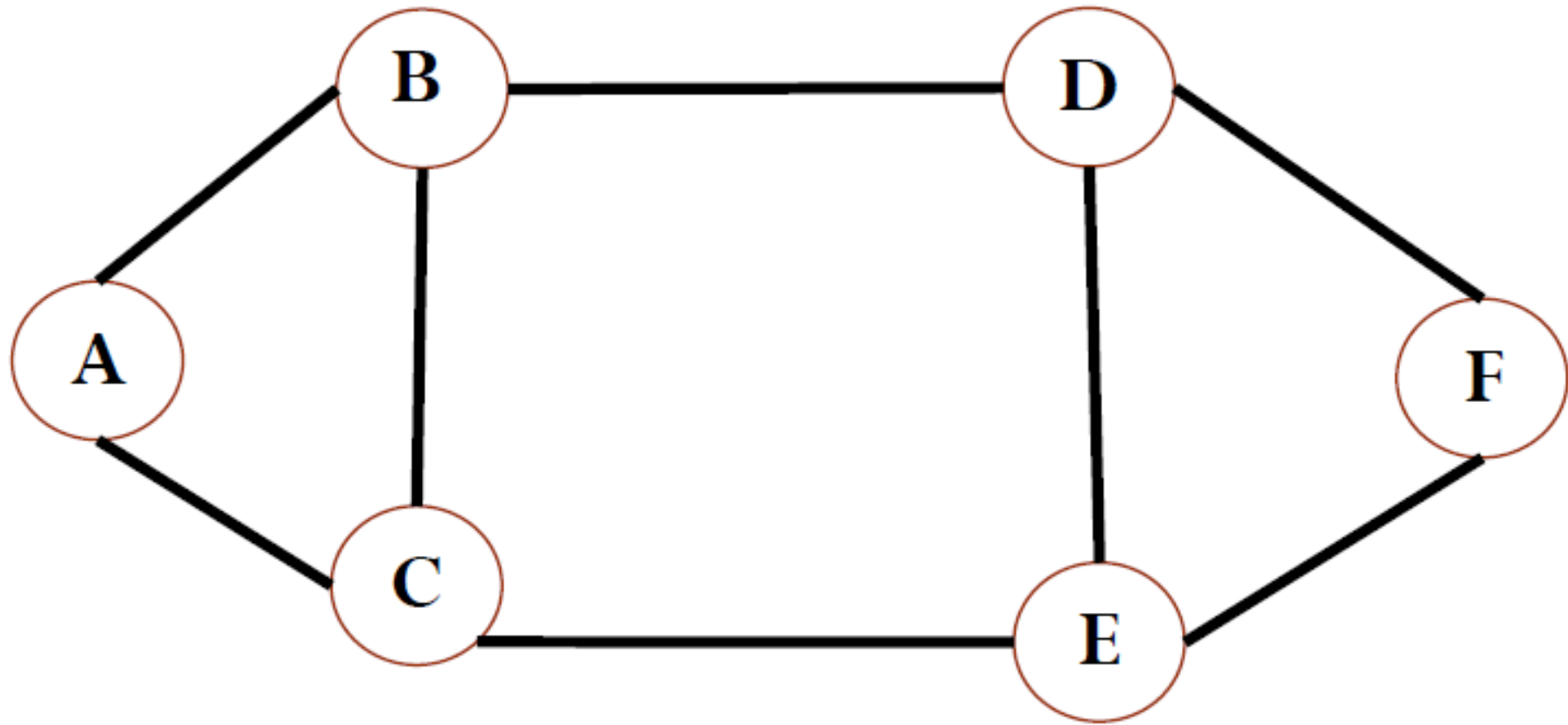
# Örnek

- ❑ Varsayımlar:
- ❑ Her bir fiber üzerinde her yönde 4 dalga boyu vardır.
- ❑ Her bir düğümde dalga boyu çevirici vardır.
- ❑ Servis talepleri aşağıdaki sıra ile gelmektedir.
  - A <-> F (A-B-D-F)
  - B <-> E (B-C-E)
  - D <-> C (D-E-C)
  - E <-> F
- ✓ DLP: 26 Fiber dalga boyu
- ✓ DPP: 14 Fiber dalga boyu
- ✓ SPP: 14 Fiber dalga boyu
- ✓ SLP=18 Fiber dalga boyu



# Örnek

---



# Paylaşımı maksimize etmek

---

- ❑ Sadece tekil-fiber paylaşımının gerçekleştiği varsayımında paylaşımı maksimize etmek daha verimli kaynak kullanımı sağlar.
- ❑ Farklı servisler ana yollarını topoloji etrafına mümkün olduğu kadar dağıtılmasını ve aynı zamanda yedek yolların, aynı kaynaklar fazlasıyla kullanılacak şekilde planlanmasını gerektirir. İkisini birden gerçekleştirmek çok zordur.
- ❑ Paylaşımı maksimize etmek için mevcut ağ durumuna göre anayolu sabitleyip, yedek yolu optimize etmek faydalı bir yöntemdir.
- ❑ Bu bağlantı ağırlıklarını ağdaki mevcut kaynak kullanımına göre ayarlayarak yapılabilir.
- ❑ NOT: Bu bölümde göstereceğimiz teknikler tüm düğümlerde dalgaboyu çeviricisi olduğu varsayımına dayanmaktadır (yani dalgaboyu devamlılığı yok).

# Bağlantı vektörü

---

- Bağlantı vektörü bir fiber bağlantısı üzerindeki kaynakpaylaşımını veren bir vektördür.
- $v_j(p, b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_N, b)$ , j bağlantısına ait bağlantı vektörü göstermektedir. N toplam fiber sayısıdır.
- p, ana yollar için j bağlantısı üzerinde kullanılan dalgaboyu sayısını,
- $b_i$ , j bağlantısı üzerinde i bağlantısından geçen servisleri korumak için kullanılan dalgaboyu sayısını (yani i bağlantısından geçen  $b_i$  adet servisin yedek yolları j bağlantısından geçmektedir.),
- b ise j bağlantısı üzerinde koruma amaçlı kullanılan dalgaboyu sayısını vermektedir.

# Bağlantı ağırlığının ayarlanması

---

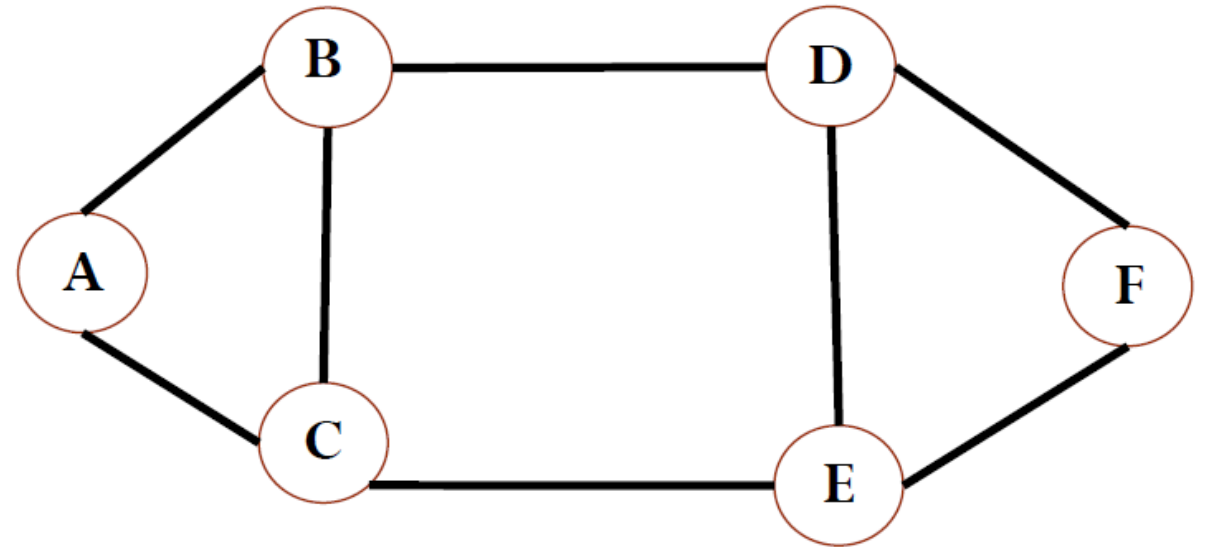
□ Bir servisin ana yolu  $m_1, m_2, \dots, m_n$  bağlantıları üzerinden geçiyorsa, bu durumda bağlantı ağırlıkları aşağıdaki formüle göre ayarlanır. Bu yeni ağırlıklara göre yedek yol bulunur.

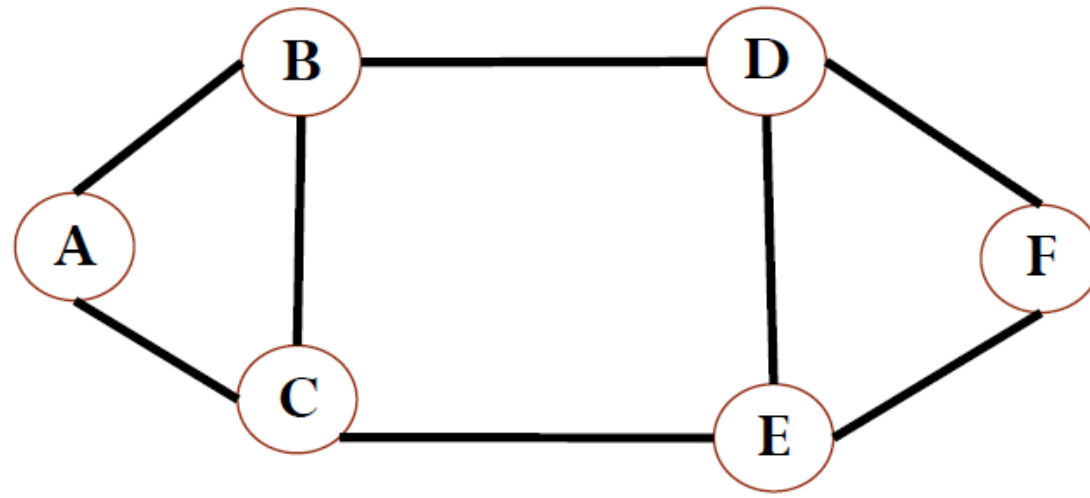
$$\square C(j) = \begin{cases} \infty & j \text{ ana yolda ise} \\ 0 & b_{m_1} < b, b_{m_2} < b, \dots, b_{m_n} < b \\ 1 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

# Örnek: (SPP-Paylaşımlı yol koruması)

## Varsayımlar:

- ❑ Her bir fiber üzerinde her yönde 8 dalgaboyu vardır.
- ❑ Her bir düğümde dalgaboyu çevirici vardır.
- ❑ Servis talepleri aşağıdaki sıra ile gelmektedir
  - $A \leftrightarrow B$
  - $B \leftrightarrow F$
  - $E \leftrightarrow B$
  - $F \leftrightarrow A$
  - $C \leftrightarrow D$
  - $D \leftrightarrow E$



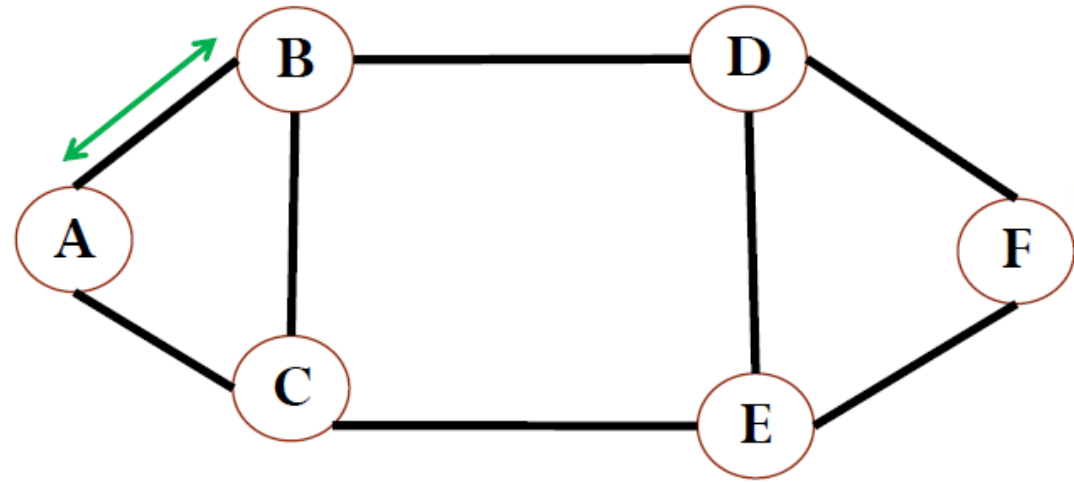
[illegible]



**A <-> B**

Ana yolu bul ve  
bağlantı vektöründe p değerini güncelle

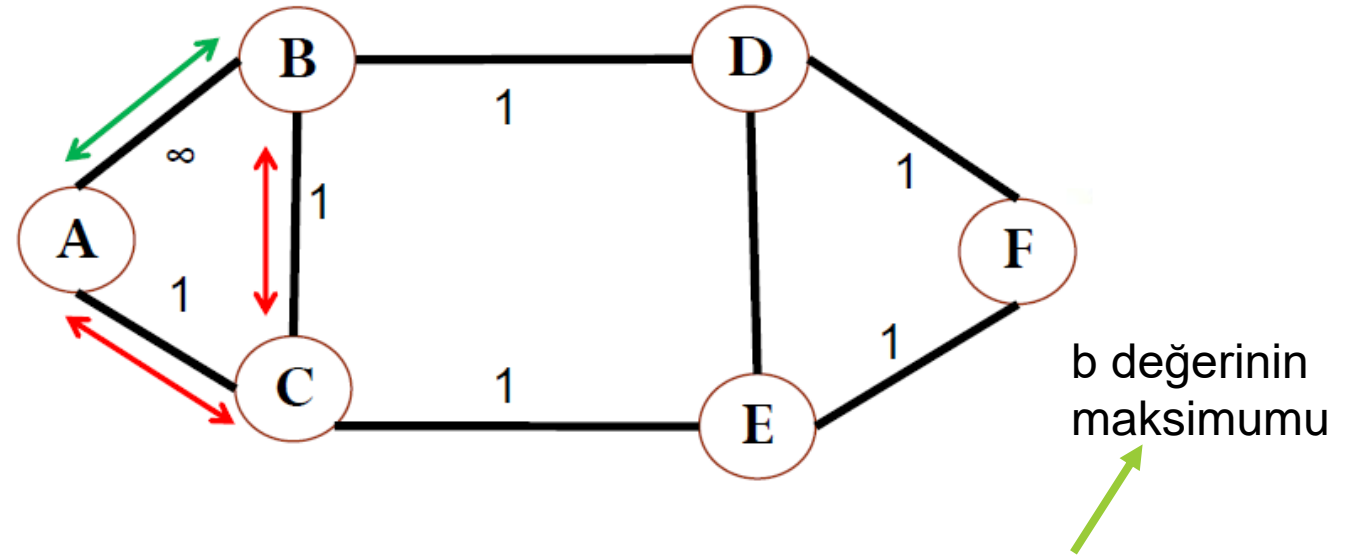
$b_{A-B}$  sütunu  $< b$  sütunu ise 0 yaz  
Aksi halde 1

[illegible]

## Bağlantı Vektörleri

Fiber ağırlıklarını tablodaki verilere göre ayarla,  
en kısa yol üzerinde yedek yolu kur

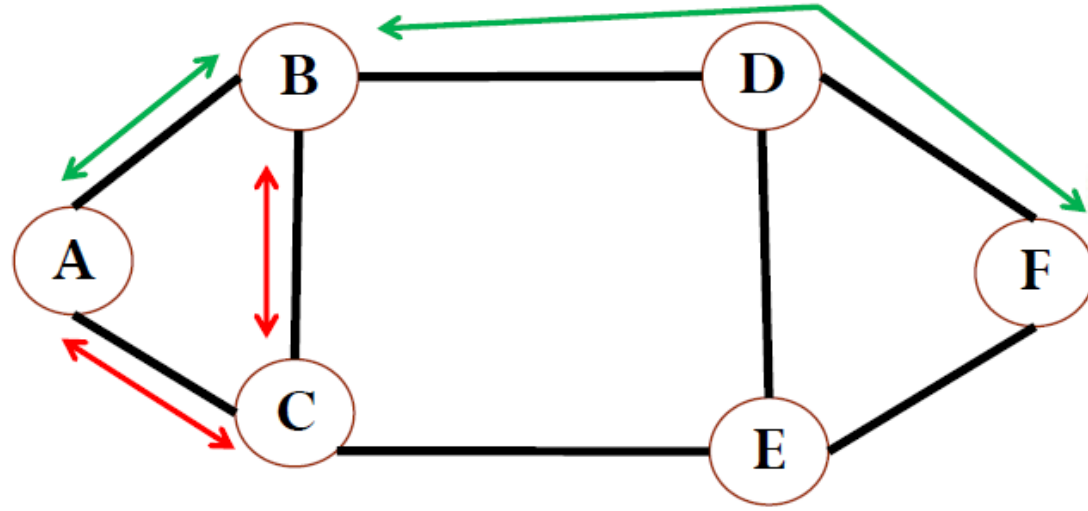
Yedek Yol = A-C-B

[illegible]

# Bağlantı Vektörleri

**B <-> F**

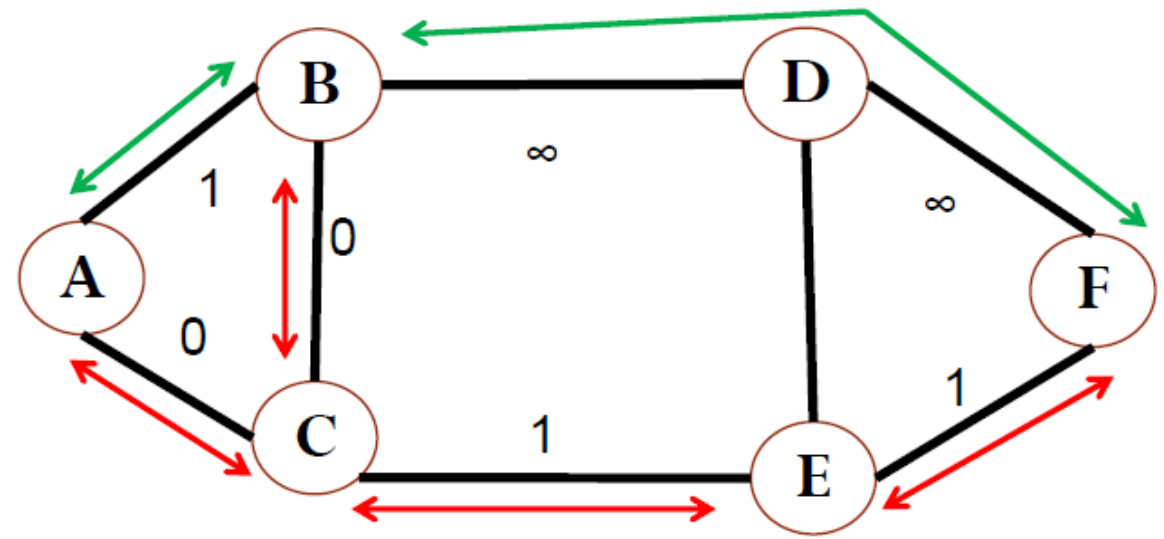
$(b_{B-D} \text{ ve } b_{D-F} \text{ sütunu}) < b$  sütunu ise 0 yaz  
Aksi halde 1

[illegible]

## Bağlantı Vektörleri

**B <-> F**

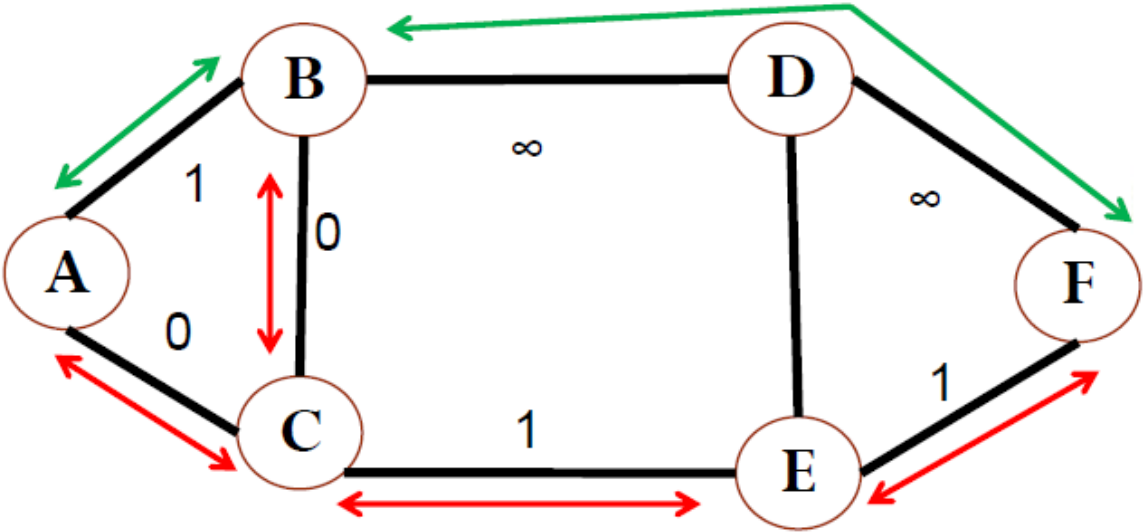
0: paylaşılabılır,  
yedek yol için yeni dalgaboyu kullanmaya gerek yok;  
(yeni bir dalgaboyu eklenmedi)  
1: paylaşılamaz,  
yedek yol için yeni dalgaboyu kullanmaya gerek var

[illegible]

# Bağlantı Vektörleri

$B \leftrightarrow F$

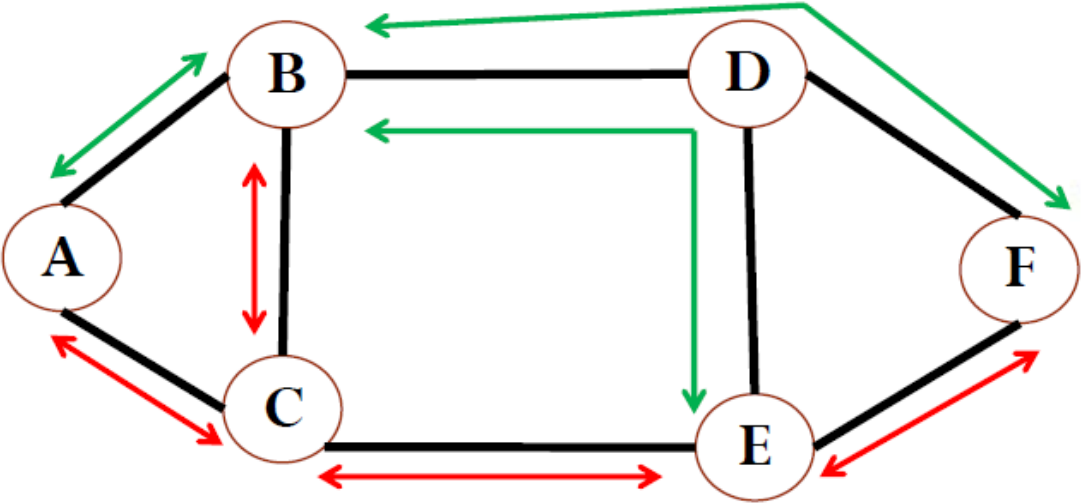
Yedek Yol: B-C-E-F



Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-E	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
D-E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-F	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1

$E \leftrightarrow B$

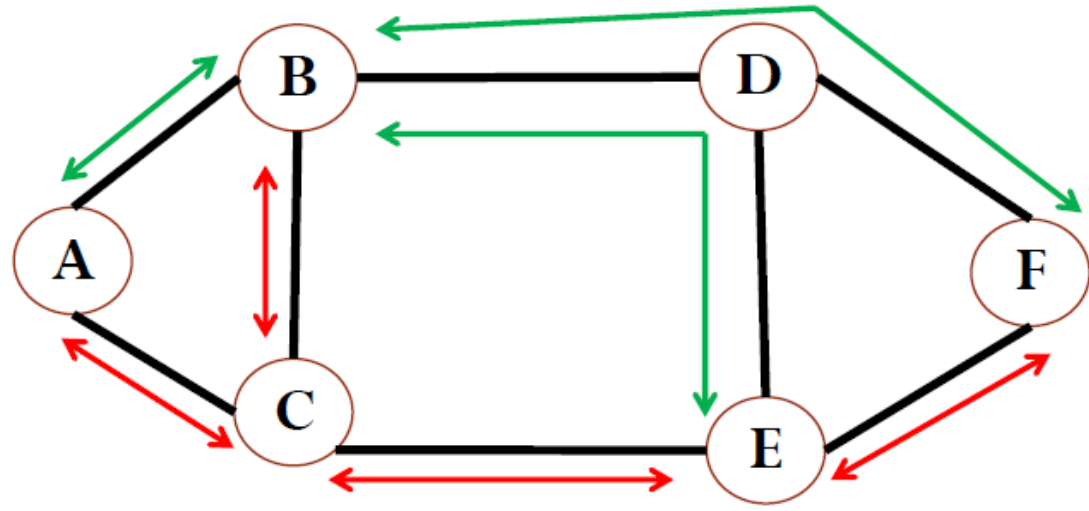


Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-E	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
D-E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-F	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1

$$E \leftrightarrow B$$

( $b_{B-D}$  ve  $b_{D-E}$  sütunu) < b sütunu ise 0 yaz  
Aksi halde 1



Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-E	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
D-E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-F	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1

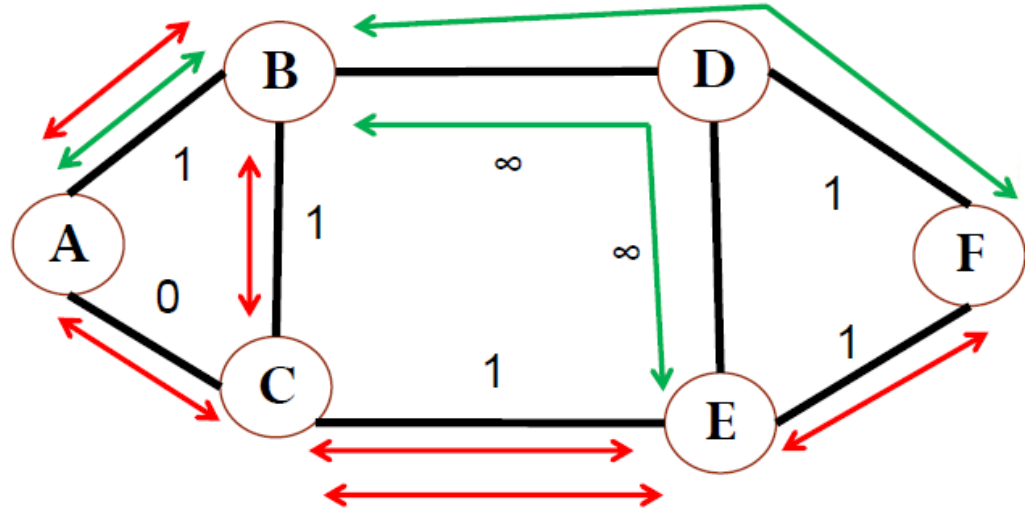
$E \leftrightarrow B$

2 Kısa yol var

Yedek Yol1: B-A-C-E = 2 birim

Yedek Yol2: B-C-E = 2 birim

Paylaşımı arttırmak için B-A-C-E yolu seçilir



Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-C	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-E	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
D-E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-F	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1



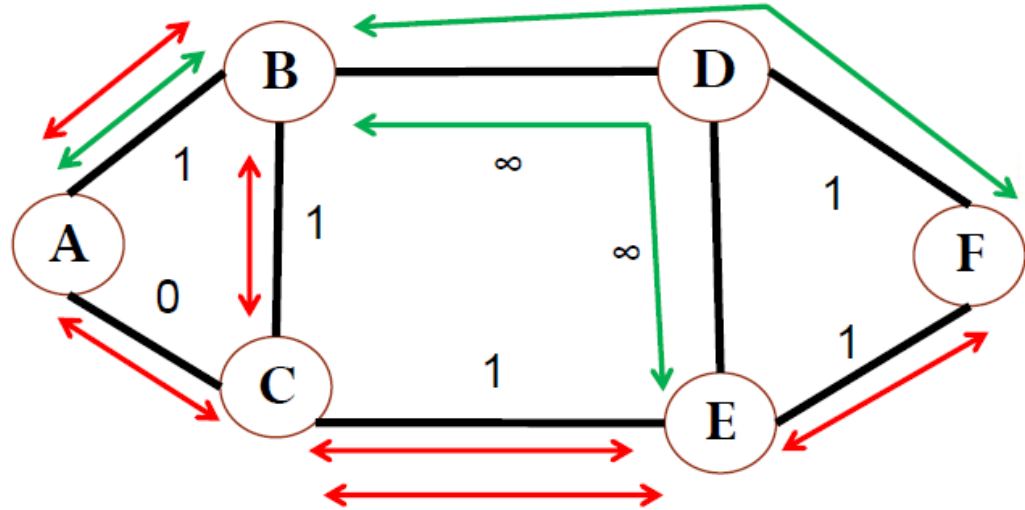
**E <-> B**

2 Kısa yol var

Yedek Yol1: B-A-C-E = 2 birim

Yedek Yol2: B-C-E = 2 birim

Paylaşımı arttırmak için B-A-C-E yolu seçilir

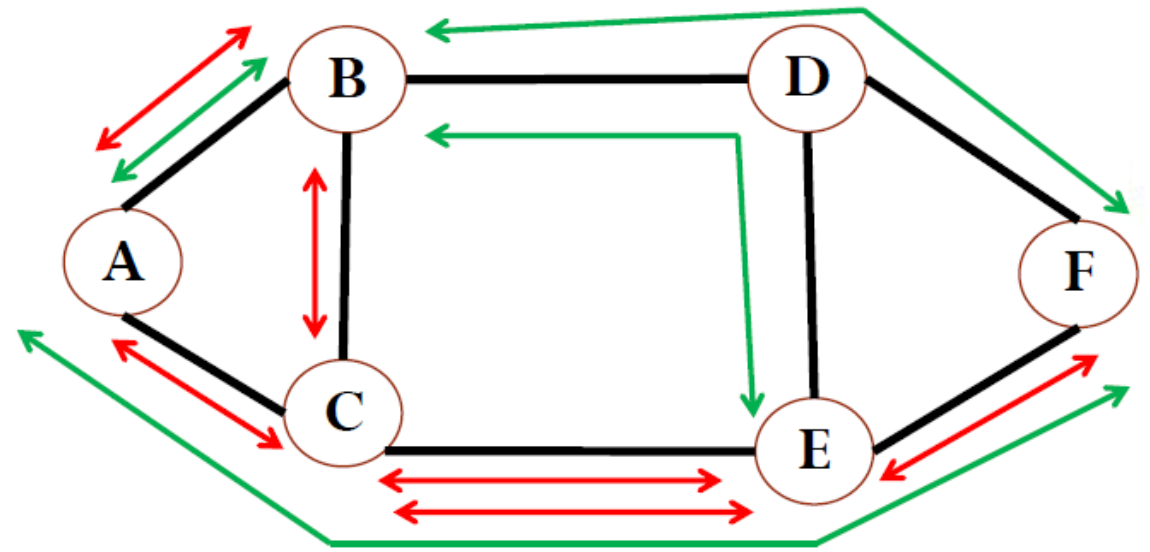


	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
A-C	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-E	0	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-F	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1

## Bağlantı Vektörleri

$$F \leftrightarrow A$$

( $b_{A-C}$ ,  $b_{C-E}$  ve  $b_{E-F}$  sütunu) < b sütunu ise 0 yaz  
Aksi halde 1

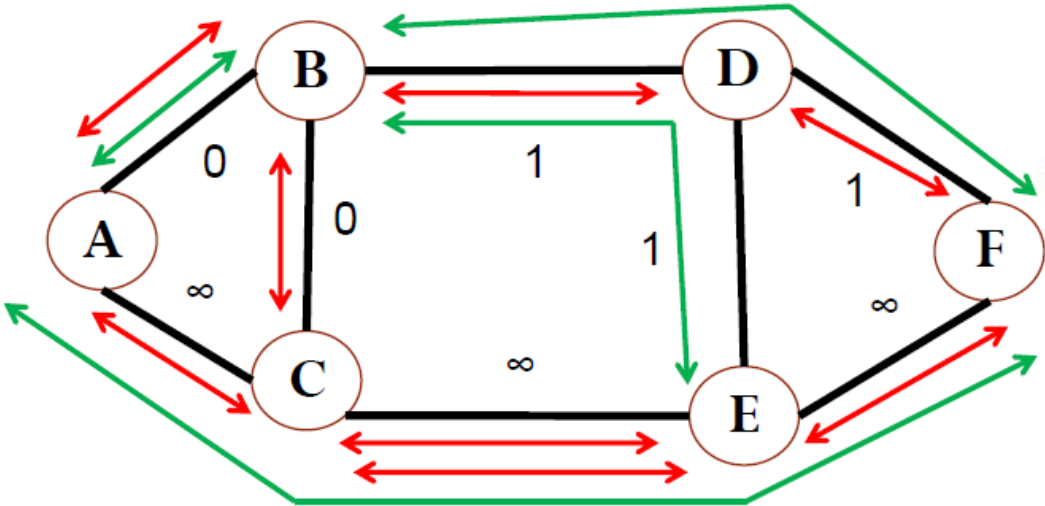


Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-E	1	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

$$F \leftrightarrow A$$

Yedek yol: A-B-D-F

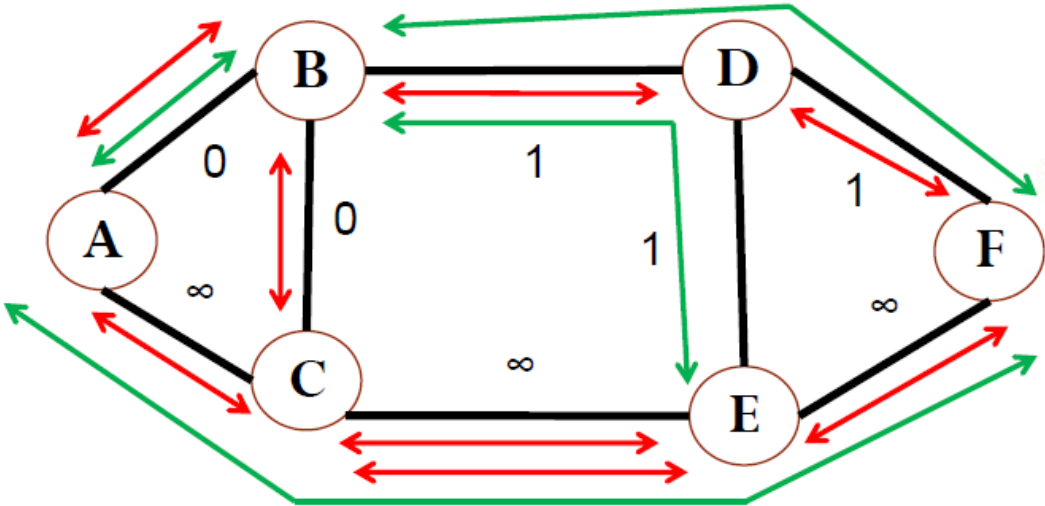


Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-E	1	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

$$F \leftrightarrow A$$

Yedek yol: A-B-D-F

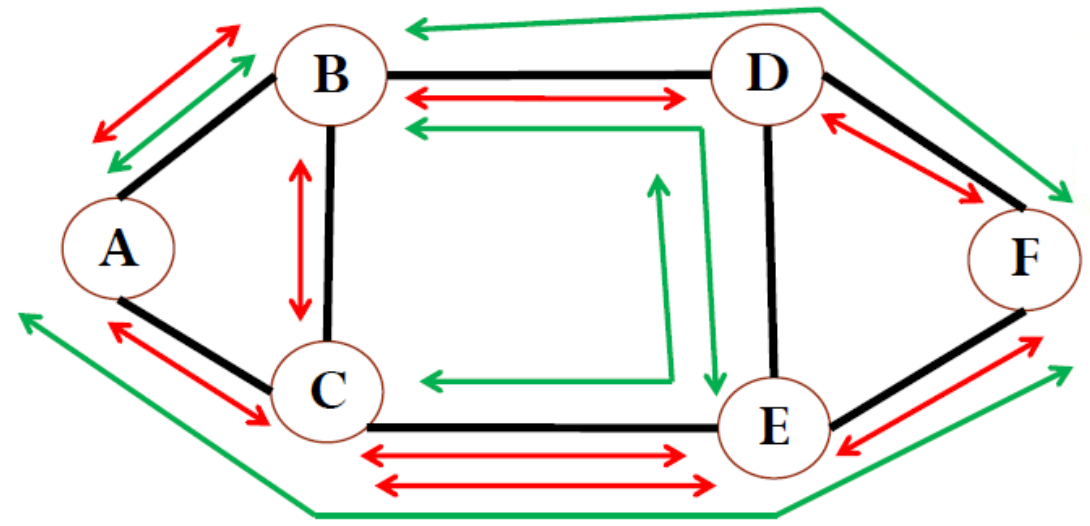


Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	1	0	0	1	0	0	1	1
C-E	1	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

$C \leftrightarrow D$

( $b_{C-E}$  ve  $b_{E-D}$  sütunu) < b sütunu ise 0 yaz  
Aksi halde 1

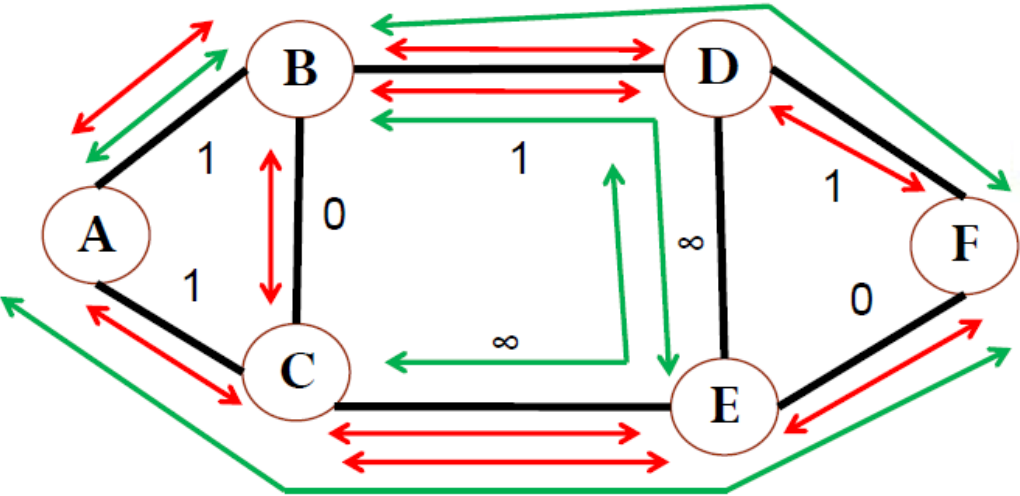


Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	1	0	0	1	0	0	1	1
C-E	2	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

C <-> D

Yedek yol: C-B-D

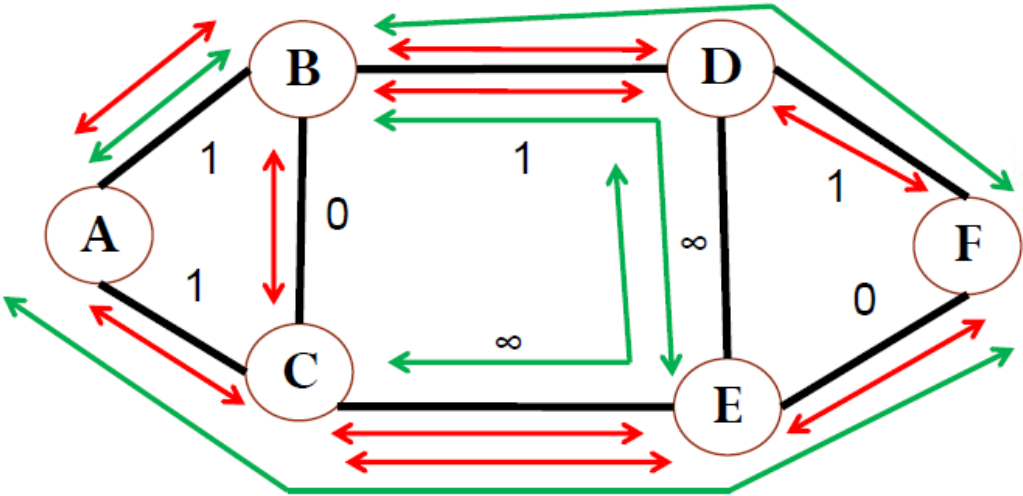


Bağlantı Vektörleri

	<i>p</i>	<i>b</i> <sub>A-B</sub>	<i>b</i> <sub>A-C</sub>	<i>b</i> <sub>B-C</sub>	<i>b</i> <sub>B-D</sub>	<i>b</i> <sub>C-E</sub>	<i>b</i> <sub>D-E</sub>	<i>b</i> <sub>D-F</sub>	<i>b</i> <sub>E-F</sub>	<i>b</i>
A-B	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
B-D	2	0	1	0	0	1	0	0	1	1
C-E	2	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

$$C \leftrightarrow D$$

Yedek yol: C-B-D

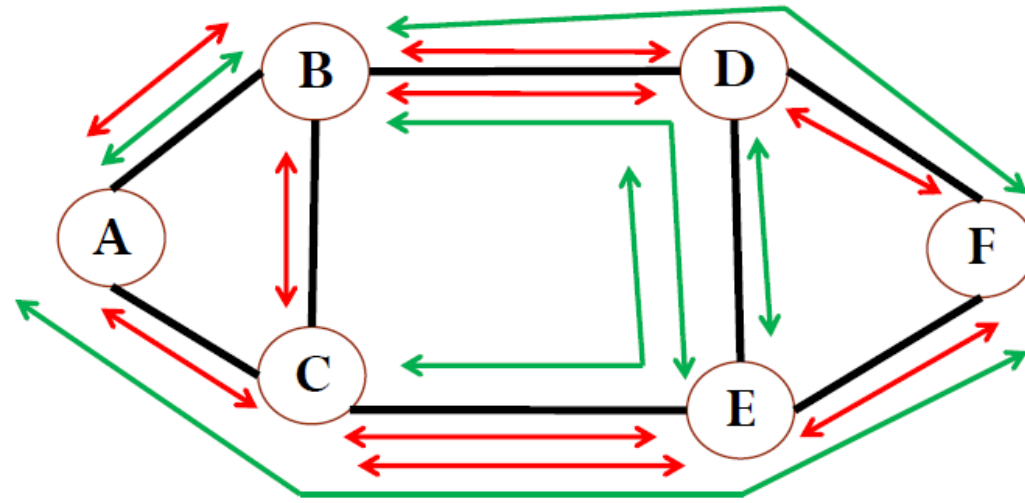


Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
B-D	2	0	1	0	0	2	1	0	1	2
C-E	2	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

$D \leftrightarrow E$

$b_{E-D}$  sütunu < b sütunu ise 0 yaz  
Aksi halde 1



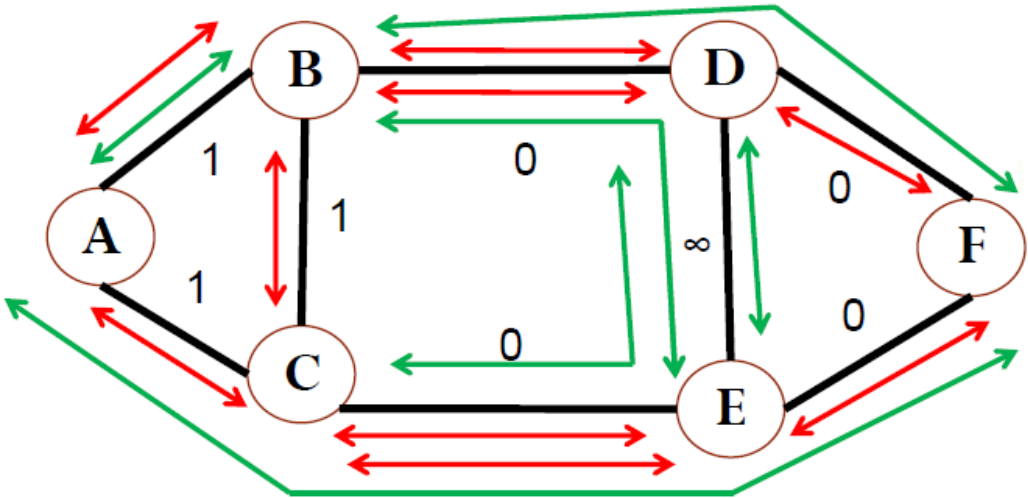
Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
B-D	2	0	1	0	0	2	1	0	1	2
C-E	2	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1



D<-> E

Yedek yol=D-F-E

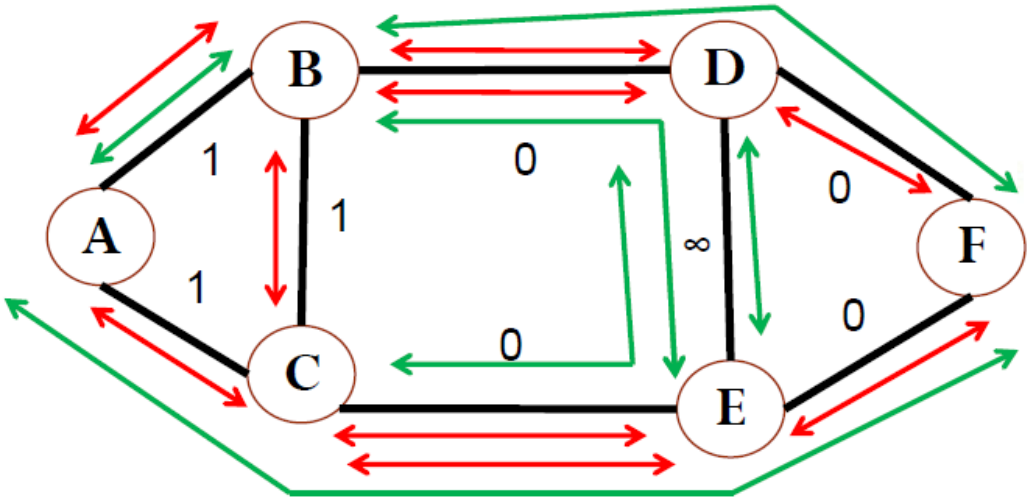


Bağlantı Vektörleri

	$p$	$b_{A-B}$	$b_{A-C}$	$b_{B-C}$	$b_{B-D}$	$b_{C-E}$	$b_{D-E}$	$b_{D-F}$	$b_{E-F}$	$b$
A-B	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
B-D	2	0	1	0	0	2	1	0	1	2
C-E	2	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
E-F	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1

D<-> E

Yedek yol=D-F-E



Bağlantı Vektörleri

	<i>p</i>	<i>b</i> <sub>A-B</sub>	<i>b</i> <sub>A-C</sub>	<i>b</i> <sub>B-C</sub>	<i>b</i> <sub>B-D</sub>	<i>b</i> <sub>C-E</sub>	<i>b</i> <sub>D-E</sub>	<i>b</i> <sub>D-F</sub>	<i>b</i> <sub>E-F</sub>	<i>b</i>
A-B	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
A-C	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
B-C	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
B-D	2	0	1	0	0	2	1	0	1	2
C-E	2	0	0	0	2	0	1	1	0	2
D-E	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-F	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1
E-F	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1