
T.C.
KIRIKKALE
ÜNİVERSİTESİ
BİLGİSAYAR
MÜHENDİSLİĞİ

AĞ
OPTİMİZASYONU

DR. EVRENCAN ÖZCAN



DERS İÇERİĞİ

- AĞ OPTİMİZASYONUNA GİRİŞ
 - OPTİMİZASYON KAVRAMI
 - TEMEL ŞEBEKE KAVRAMLARI
 - ŞEBEKE OPTİMİZASYONUNUN UYGULAMA ALANLARI
- MİNİMUM YAYILAN AĞAÇ PROBLEMİ
- EN KISA YOL PROBLEMİ
- MAKSİMUM AKIŞ PROBLEMİ
- PROJE YÖNETİMİ
 - KRİTİK YOL METODU (CPM)
 - PROJE DEĞERLENDİRME VE GÖZDEN GEÇİRME TEKNİĞİ (PERT)
 - PROJE PLANLAMASINDA ZAMAN-MALİYET İLİŞKİSİ

PROJE YÖNETİMİNDE CPM VE PERT

1950'li yıllarda birbirinden bağımsız olarak geliştirilen ve günümüzde modern proje yönetim tekniklerinden en önemlileri olarak tanımlanan CPM ve PERT,

- Projenin ne zaman bitirileceğine,
- Projeyi geciktirecek kritik ve kritik olmayan aktivitelerin belirlenmesine,
- Projenin belirlenen tarihte bitirilme olasılığının (erken ya da geç) saptanmasına,
- Herhangi bir anda planlanan ve harcanan kaynakların tespitine,
- Projeyi zamanında bitirecek yeterli kaynakların ve projeyi zamanından önce bitirecek en verimli yolun tespitine yardımcı olmaktadır.

PROJE YÖNETİMİNDE CPM VE PERT

CPM ve PERT tekniklerinin proje yönetimini daha basit hale getiren en önemli araçlar olduğu bilinen bir gerçektir. Bu araçların günümüzde çok kullanılır hale gelmesi bilgisayar sektöründeki hızlı gelişim ile birlikte bu teknikleri uygulayan paket programların projelerde aktif olarak kullanılmasının bir sonucudur.

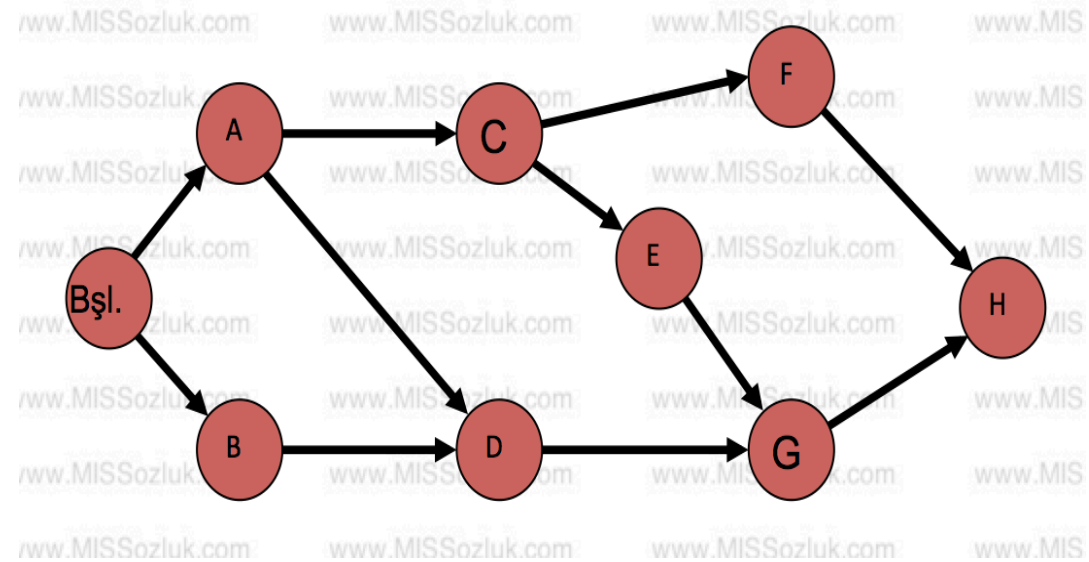
Paket bilgisayar programlar 1970'li yıllarda özellikle büyük askeri projelerde kullanılmaya başlanmıştır. Ancak o yıllarda bilgisayarların çizim kapasitelerinin yeterli olmaması ve çizici araçların oldukça pahalı olması bu araçların projelerde kullanımını sınırlı kılmıştır. Fakat günümüzde bilgisayarların hem maliyetlerinin düşmesi, yaygınlaşması hem de kapasitelerinin artması ile birlikte bir çok farklı endüstride proje yönetimi ile ilgili paket programlar kullanılır hale gelmiştir. Son yıllarda çeşitli firmalar tarafından proje yönetiminde en çok Microsoft Project ve Primavera adlı paket programlar kullanılmaktadır.

CPM - Critical Path Method

- 1950lerde DuPont ve Sperry Rand'deki araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir.
- Ağ modelleri birçok faaliyet içeren büyük ve karmaşık projeleri çizelgelemek için kullanılabilir.
- Eğer tüm faaliyetlerin süreleri kesin olarak biliniyorsa projenin tümünün bitirilmesi için gerekli süre Kritik Yol Yöntemi (CPM - ***Critical Path Method***) ile belirlenebilir.
- CPM ile faaliyetlerin proje toplam süresini uzatmadan ne kadar ertelenebileceğini bulmak için de kullanılabilir.

PERT - PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE

- PERT, 1950'lerin sonlarında Polarisin (füze) geliştirilmesinde çalışan danışmanlarca geliştirilmiştir.
- Eğer faaliyetlerin süreleri kesin olarak bilinmiyorsa proje için belirlenmiş bir teslim zamanında bitirme olasılığını bulmak için Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT - *Program Evaluation and Review Technique* (*PERT*) yöntemi kullanılabilir.



CPM/PERT UYGULAMA ALANLARINA ÖRNEKLER

- Bina, hava alanı, yol vb. inşaat projelerinin çizelgelenmesi
- Bilişim ağlarının tasarımı ve uygulaması
- Yeni ürünlerin tasarımı ve pazarlaması
- Gemi imalatı



CPM/PERT İLE CEVAPLANABİLECEK SORULAR

- Proje ne zaman bitecek?
- Projedeki kritik faaliyetler ve işler neler?
- Kritik olmayan faaliyetler hangileri?
- Belirli bir zamanda projenin bitme olasılığı ne?
- Proje plana göre yürüyor mu? Planın önünde mi? Planın gerisinde mi?
- Proje bütçenin üzerinde mi? Altında mı?
- Projeyi zamanında bitirebilmek için yeterli kaynak var mı?
- Eğer proje planlanandan önce bitirilmek isteniyorsa bu en az maliyet ile nasıl yapılabilir?



CPM/PERT'İN AVANTAJLARI

- Proje yönetiminin çeşitli aşamalarında kullanılması yararlıdır.
- Matematiksel olarak çok karmaşık değildir.
- Ağ gösterimi ile kullanıcıların görsel olarak proje faaliyetleri arasındaki ilişkileri görmelerini sağlar.
- Kritik yol ve gevşek zaman analizleri önemli faaliyetlere yakından bakmayı sağlar.
- Ağ yapısı gösterimi projelerin belgelenmesi için önemli bir kaynak oluşturur.
- Çok çeşitli projelerde ve sektörlerde uygulanabilir.
- Sadece süreleri gösteren çizelgeleri değil maliyetleri takip etmek için de yararlıdır.

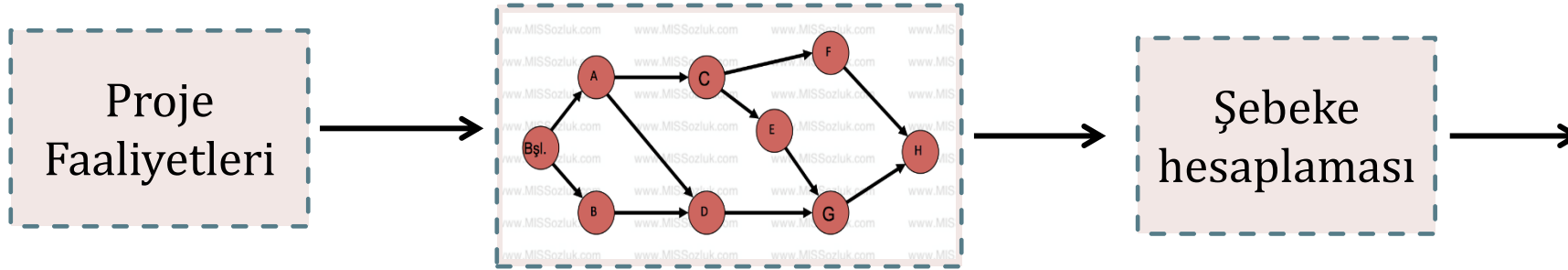


CPM/PERT'İN SINIRLAMALARI

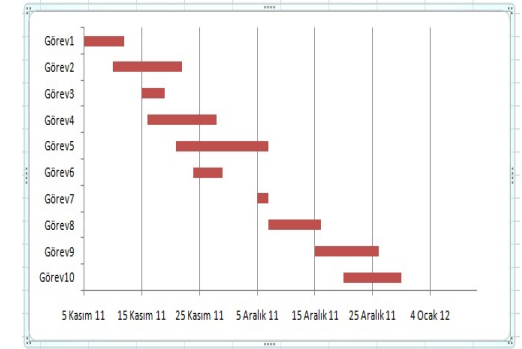
- Proje faaliyetleri açık olarak tanımlanmalıdır. Birbirlerinden bağımsız olmalıdır ve ilişkiler değiştirilemez.
- Öncelik ilişkileri belirli olmalıdır.
- PERT'teki faaliyet zamanları Beta olasılık dağılımına uymalıdır. Bu dağılıma uyduğu doğrulanmalıdır.
- Süre tahminleri genelde öznel ve yöneticilerin görüşlerine bağlıdır.
- Kritik yola çok fazla odaklanması riski ile karşılaşılabilir.

CPM/PERT'İN UYGULANMASI

Şebeke




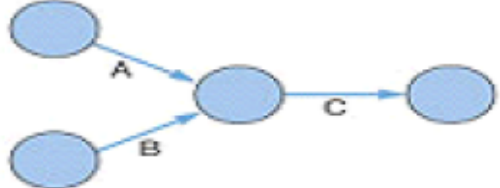
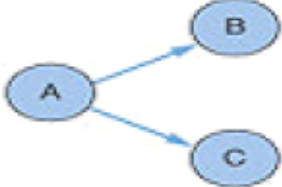
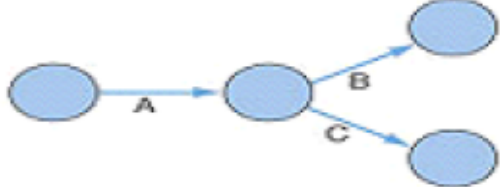
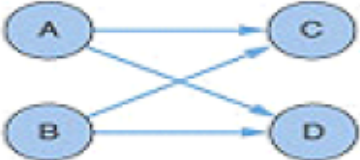
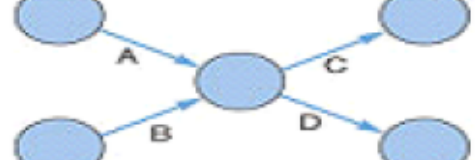
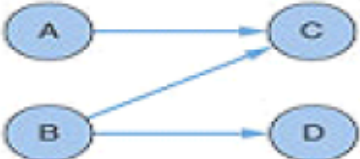

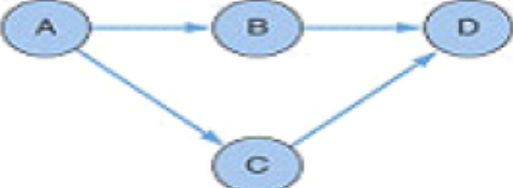
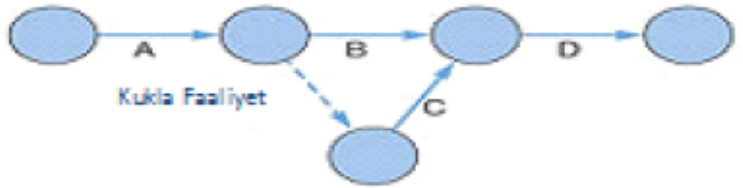


Zaman çizelgesi



CPM/PERT'İN UYGULANMASI

- CPM veya PERT'i uygulayabilmek için projeyi oluşturan faaliyetlerin listesi gereklidir.
- Tüm faaliyetler bittiğinde proje de biter.
- Her faaliyet için ondan önce bitmesi gereken faaliyetlerin (öncül faaliyetler) listesi verilmelidir.
- Öncelik ilişkilerini içeren Proje Ağı (şebeke) hazırlanmalıdır.
- Bağlantı şeması (AOA-Activity on Arc) kullanılır.

	Düğüm üzerinde faaliyet gösterimi	Faaliyetin anlamı	Ok üzerinde faaliyet gösterimi
a)		C' den önce B, B' den önce A gelir	
b)		C' nin başlayabilmesi için, önce A ve B faaliyetlerinin tamamlanması gerekir.	
c)		A tamamlanana kadar B ve C başlayamaz.	
d)		A ve B tamamlanana kadar C ve D başlayamaz	
e)		C ve D' nin başlayabilmesi için B' nin tamamlanması gerekir. C' nin tamamlanması için A' nın tamamlanması gerekir. B faaliyeti AOA yaklaşımında kukla değişken ile C' ye bağlanır.	
f)		B ve C' nin başlayabilmesi için A' nın tamamlanması gerekir. D' nin başlayabilmesi için hem B hem de D' nin tamamlanması gerekir. A faaliyeti AOA yaklaşımında kukla değişken ile C' ye bağlanır.	

CPM/PERT'İN KAVRAMLARI

- Projeleri başarıyla tamamlamak için, yönetilebilir alt işlere ayırmak gerekir. Bu işlerin her birine **faaliyet** denir.
- **Kritik Faaliyet** : Tamamlanmasındaki herhangi bir gecikmenin tüm projenin bitişini geciktireceği faaliyet.
- Kritik Olmayan Faaliyet
- Faaliyet süresi : t
- **Kritik Yol** : Herhangi birisinin gecikmesinin tüm projeyi geciktireceği birbirine bağlı faaliyetler dizisi.
- En **Erken Başlangıç** Zamanı : EB
- En **Geç Başlangıç** Zamanı : GB
- En **Erken Sonlanma** Zamanı : ES
- En **Geç Sonlanma** Zamanı : GS
- **Faaliyet Serbestliği (Bolluk)** : FS (Bir faaliyetin zamanlanmasındaki gecikebilme serbestliğidir.)

CPM/PERT'İN KAVRAMLARI

$$FS = GS - EB - t \text{ veya } FS = GB - EB$$

CPM : Deterministik

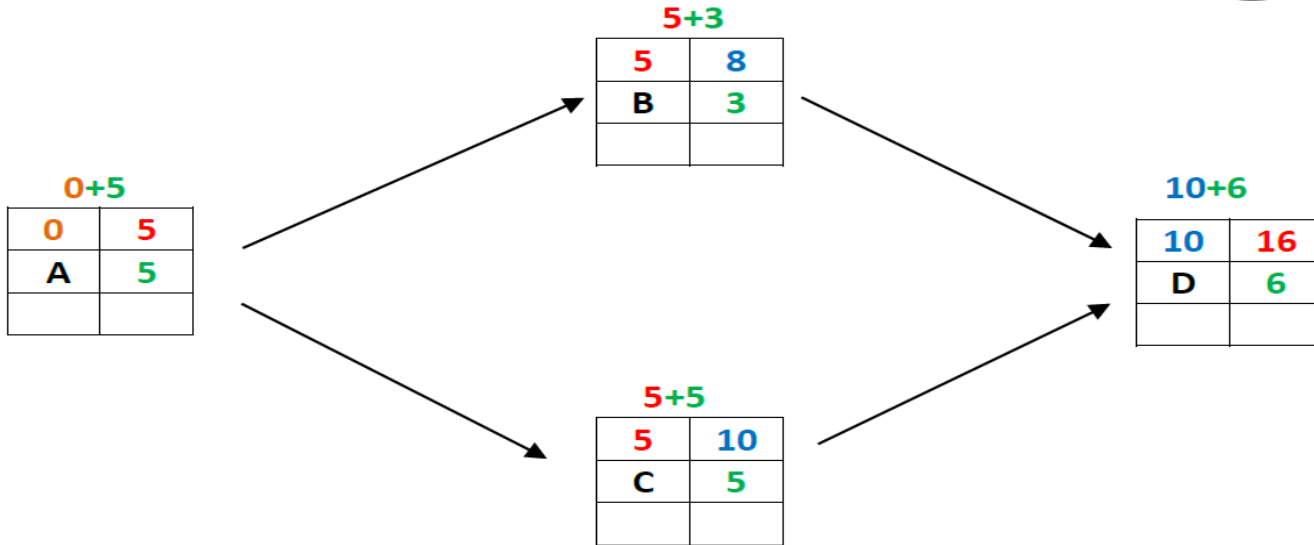
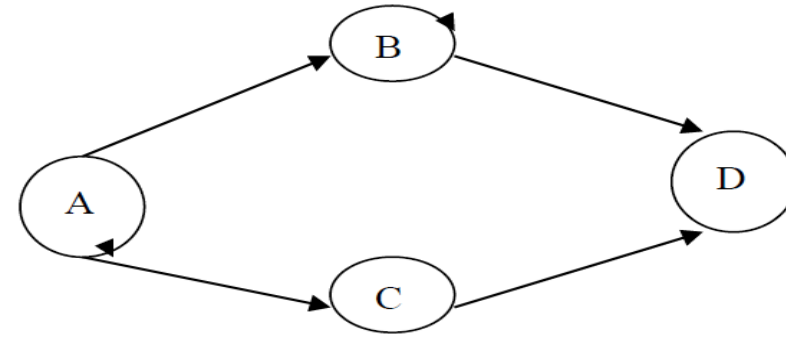
PERT : Rassal değişkene bağlı

CPM, faaliyet sürelerini deterministik (önceden belirlenmiş ve kesin) olarak alırken, PERT bu sürelerin olasılıklı olduğunu kabul etmektedir.

En Erken Başlama	EB	ES	En Erken Sonlanma
Faaliyetin Adı	i	t _i	Faaliyetin Süresi
En Geç Başlama	GB	GS	En Geç Sonlanma

ÖRNEK-1

Faaliyet Adı	Öncelik	Süre (gün)
A	-	5
B	A	3
C	A	5
D	B,C	6



ÖRNEK-1

İleriye Geçiş – EB ve ES Hesaplamaları:

1) Önceliği olmayan faaliyetin (A) EB si 0 alınır.

2) ES ler EB lere faaliyet süresi eklenerek bulunur:

$$ES_i = EB_i + t_i$$

3) Öncesinde faaliyet olan faaliyetlerin EB değeri, bir önceki faaliyetin ES değerine eşit alınır:

$$EB_{i+1} = ES_i$$

4) Bir faaliyetin birden fazla önceliği var ise bu önceliklerinin ES değerlerinin maksimumu, faaliyetin EB değeri olur:

$$EB_j = \max \{ES_i\}$$

ÖRNEK-1

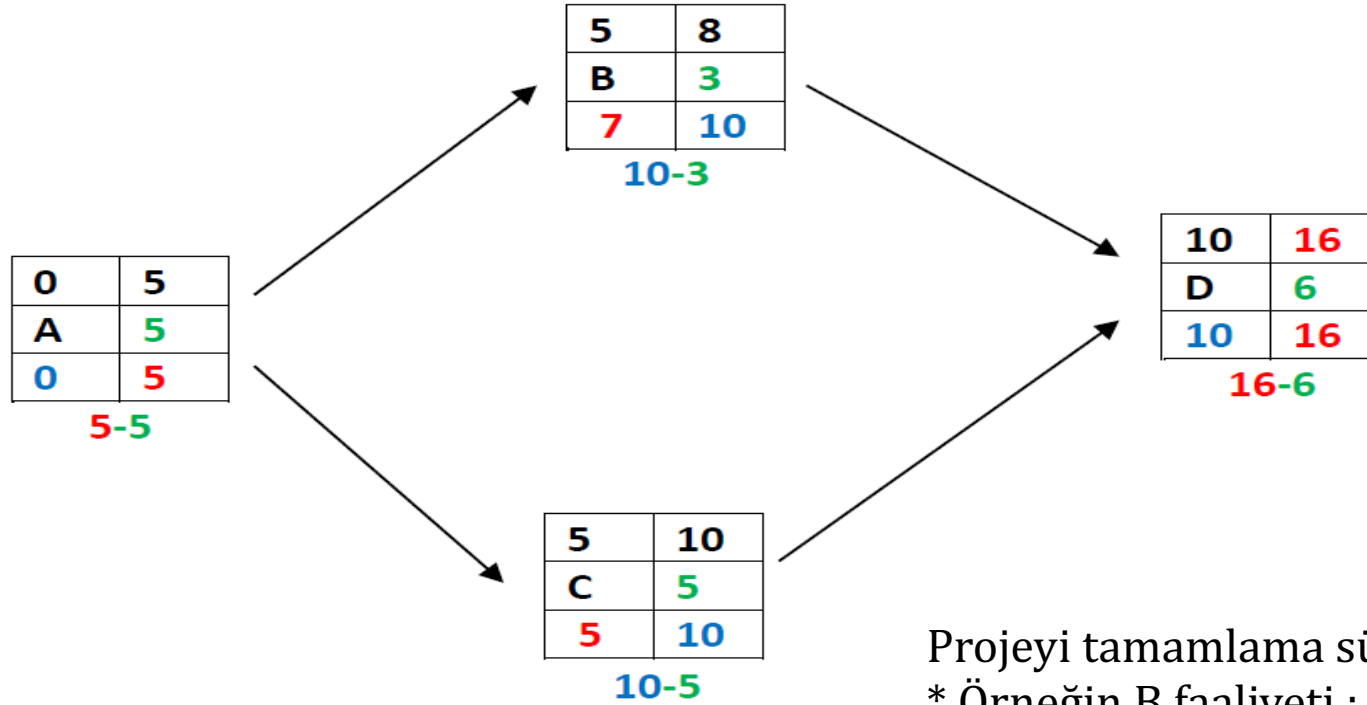
Geriye Geçiş – GB ve GS Hesaplamaları:

- 1) En son faaliyetin GS değeri ES değeriyle aynı olacaktır.
- 2) GB değeri ise GS değerinden faaliyetin süresi çıkarılarak bulunur:
$$GB_i = GS_i - t_i$$
- 3) Son faaliyetten ilk faaliyete doğru geriye giderken, önceki faaliyetin GB değeri, sonraki faaliyet(ler)in GS değeri olarak alınır.
- 4) Bir faaliyetten önce birden fazla faaliyet var ise, faaliyetin GS değeri, önceki faaliyetlerin GB değerlerinin minimumu alınarak bulunur:

$$GS_i = \min \{GB_j\}$$

ÖRNEK-1

Geriye Geçiş - GB ve GS Hesaplamaları:



Projeyi tamamlama süresi: 16 gün

* Örneğin B faaliyeti ; en erken 5. gün başlayıp 8. gün biterken
en geç 7.gün başlayıp 10.gün bitmelidir.

ÖRNEK-1

Her iki durumda da ve bunların arasındaki durumlarda projenin toplam süresi 16 günü geçmeyecektir.

Her faaliyet için serbestlikleri (bolluklar):

$$FS_A = GS_A - EB_A - T_A = 5 - 0 - 5 = 0 \text{ * (Kritik Faaliyet)}$$

$$FS_B = GS_B - EB_B - T_B = 10 - 5 - 3 = 2$$

$$FS_C = GS_C - EB_C - T_C = 10 - 5 - 5 = 0 \text{ * (Kritik Faaliyet)}$$

$$FS_D = GS_D - EB_D - T_D = 16 - 10 - 6 = 0 \text{ * (Kritik Faaliyet)}$$

Kritik Yol : A-C-D zinciridir.

ÖRNEK-2

Ege Dijital Şirketi elektronik aletler üretmektedir. Yeni üretmeyi planladığı taşınabilen MP3 çalar için üretim, eğitim ve tanıtım aşamalarını kapsayan, gerçekleştirilmesi gereken temel faaliyetler, bu faaliyetlerin öncelikleri ve tahmini süreleri, şirket uzmanlarının yaptığı çalışmalar sonucu Tablo-1'deki gibi hazırlanmıştır.

Şirket yönetimi projenin ne kadar sürede biteceğini, hangi faaliyetlerin kritik faaliyet olduğunu ve tüm faaliyetlerin başlangıç – bitiş zamanlarını bilmek istemektedir.

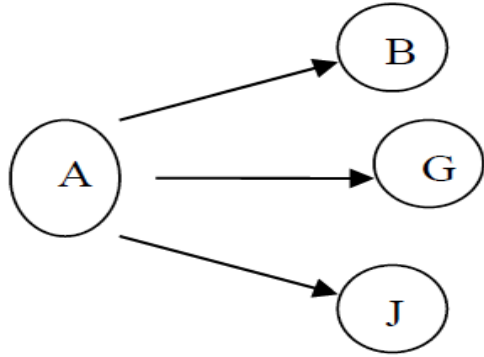
PROJE FAALİYETLERİ

Tablo 1: Faaliyetlerin öncelikleri ve tahmini süreleri

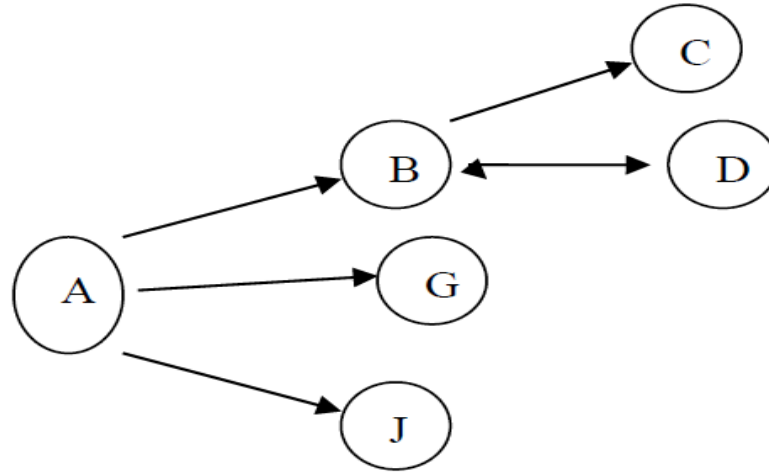
<u>Kod</u>	<u>Faaliyetler</u>	<u>İzlediği Faaliyet</u>	<u>Süre(Gün)</u>
A	Ürün özelliklerinin belirlenmesi	-	30
B	Bütçe ve fiziksel çalışmaları	A	8
C	Prototip üretimi	B	8
D	Hammadde temini ve üretim hazırlıkları	B	5
E	Son tasarımın hazırlanması	H	2
F	Üretim	D,E	25
G	Personel eğitimi	A	10
H	Personelin prototip hakkındaki önerileri	C,G	3
I	Satış eğitimi ve kullanım klavuzu hazırlama	E	5
J	Pazarlama karmasının belirlenmesi	A	5
K	Tanıtım kampanyası	I,J	15
L	Projenin sonlandırılması	F,K	2

PROJE ŞEBEKE ÇİZİMİ

Örneğimizde herhangi bir önceliği olmayan A faaliyeti ilk düğümde gösterilerek şebeke oluşturulmaya başlanabilir. Faaliyetler ve öncelikler tablosunu incelediğimizde, A faaliyetinden sonra B, G ve J faaliyetlerinin başladığını görürüz (Şekil 1). Aynı şekilde, B faaliyetinin tamamlanmasından sonra başlanacak C ve D faaliyetleridir. (Şekil 2)



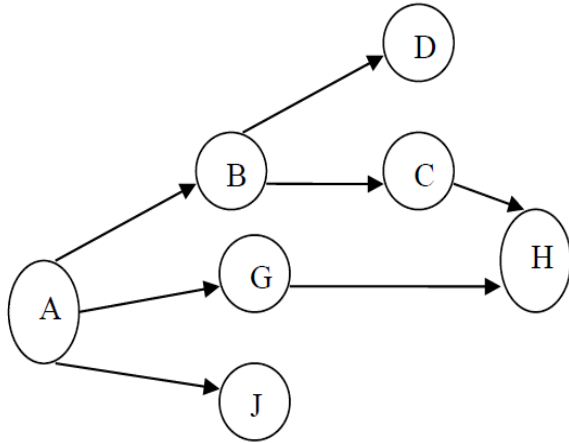
Şekil - 1



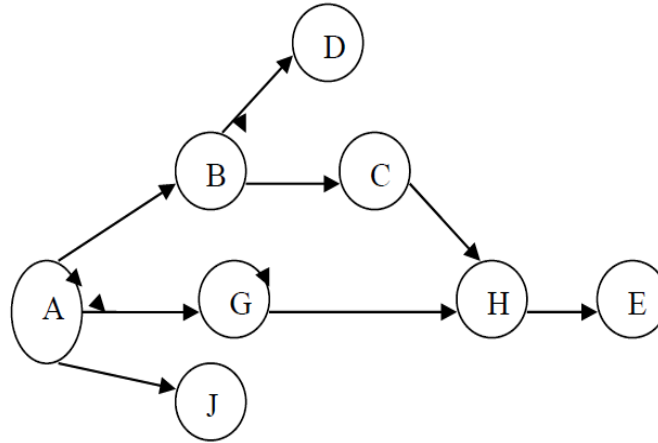
Şekil - 2

PROJE ŞEBEKE ÇİZİMİ

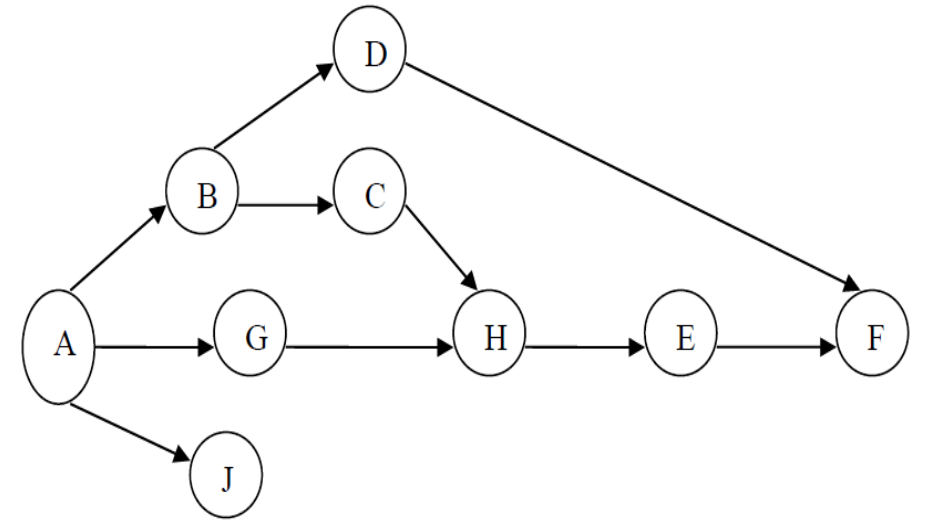
E faaliyeti için öncelikle H faaliyeti bitmesi gerekmektedir. H faaliyeti için ise G ve C faaliyetleri bitirilmelidir. O halde Şekil-3 elde edilir. Daha sonra Şekil-4 deki gibi E faaliyeti eklenir. E faaliyeti gerçekleştikten sonra ise F faaliyeti şebekeye eklenir.(Şekil-5)



Şekil - 3



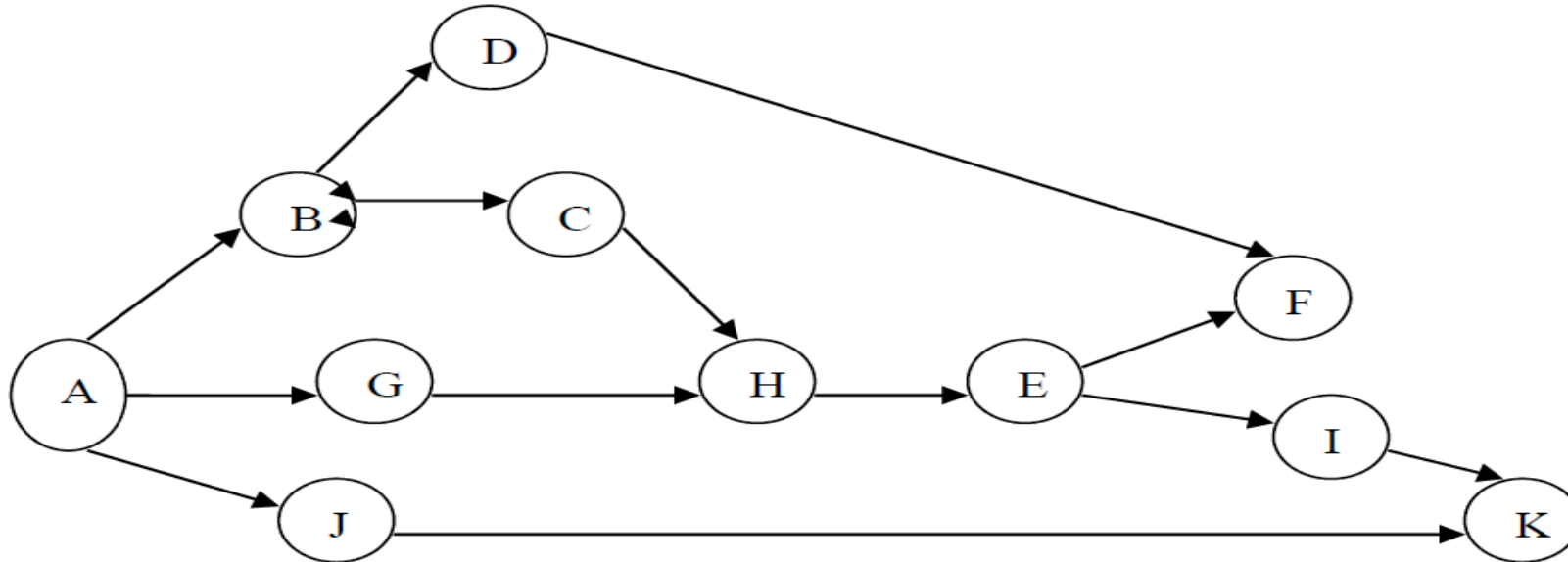
Şekil - 4



Şekil - 5

PROJE ŞEBEKE ÇİZİMİ

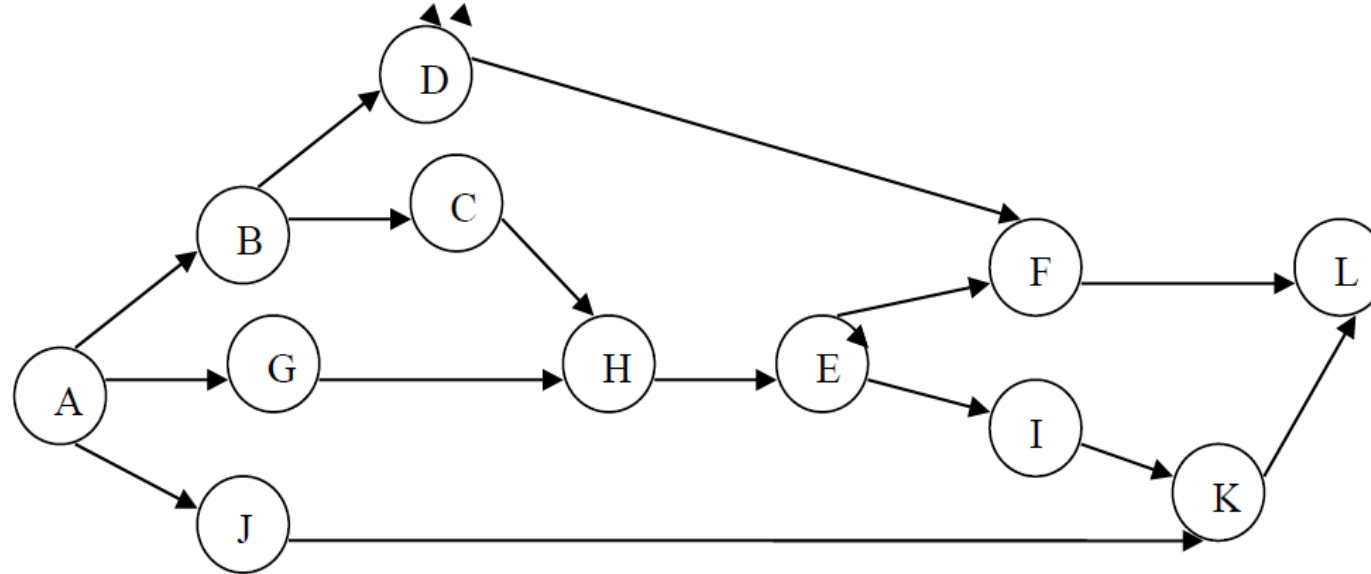
I faaliyeti E den sonra başlamalı, K faaliyeti ise I ve J den sonra gerçekleşmelidir.
(Şekil-6)



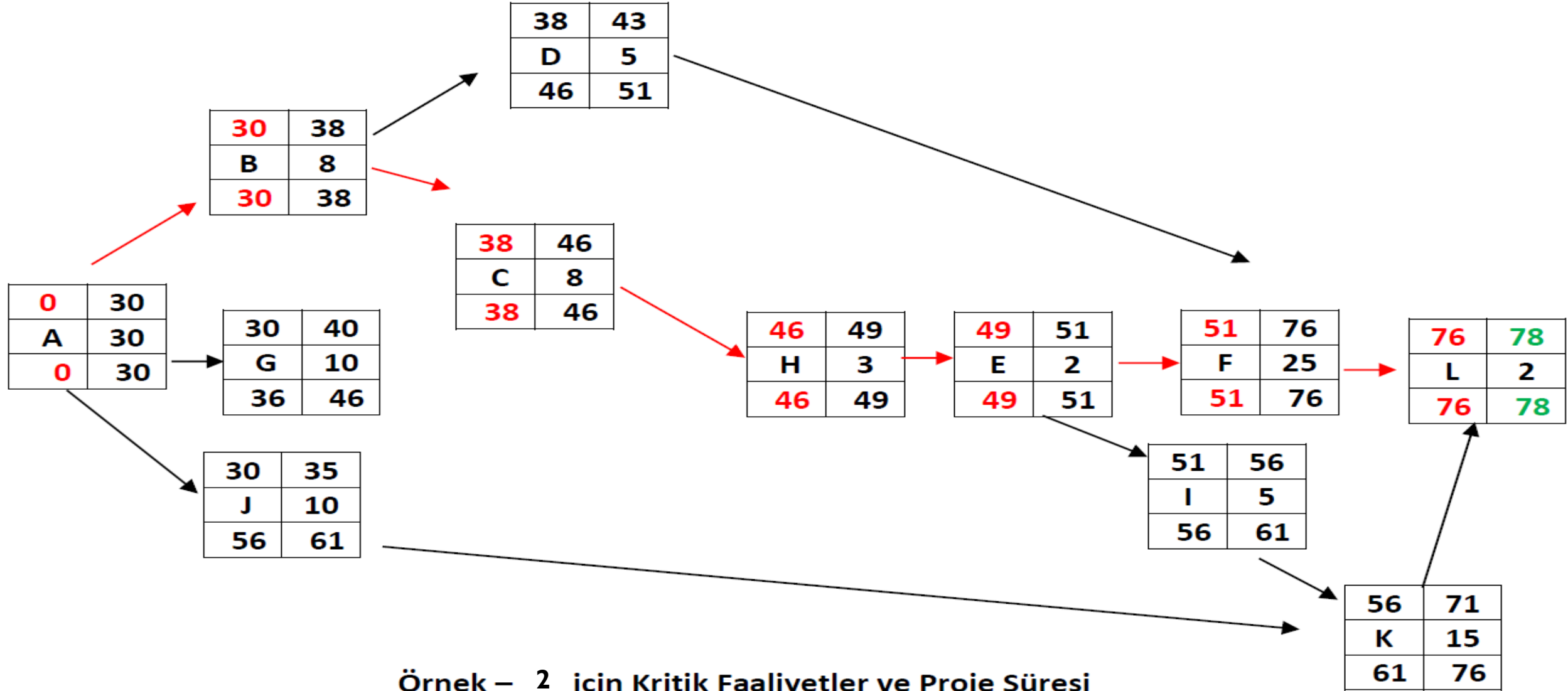
Şekil – 6

PROJE ŞEBEKE ÇİZİMİ

Son olarak F ve K faaliyetlerinin ardından L faaliyeti çizilerek proje şebekesinin çizimi tamamlanmış olur.(Şekil-7)



Şekil – 7 Ege Dijital MP3 çalar üretim projesi şebekesi



Örnek – 2 için Kritik Faaliyetler ve Proje Süresi

ÖRNEK-2

Proje 78 günde sonlanacaktır.

Her faaliyet için serbestlikler (bolluklar):

$$FS_A = 30 - 0 - 30 = 0 \quad * \quad FS_G = 46 - 30 - 10 = 6$$

$$FS_B = 38 - 30 - 8 = 0 \quad * \quad FS_H = 49 - 46 - 3 = 0 \quad *$$

$$FS_C = 46 - 38 - 8 = 0 \quad * \quad FS_I = 61 - 51 - 5 = 5$$

$$FS_D = 51 - 38 - 5 = 8 \quad FS_J = 61 - 30 - 5 = 26$$

$$FS_E = 51 - 49 - 2 = 0 \quad * \quad FS_K = 76 - 56 - 15 = 5$$

$$FS_F = 76 - 51 - 25 = 0 \quad * \quad FS_L = 78 - 76 - 2 = 0 \quad *$$

ÖRNEK-2

*Kritik Faaliyet

→ : Kritik Yol kırmızı oklarla gösterilmiştir.

Şimdi bazı faaliyetlerde meydana gelebilecek gecikmelerin proje süresini nasıl etkileyeceğini inceleyelim :

- A faaliyetinde 1 gün gecikme olursa?

A faaliyeti kritik faaliyet olduğu için A ya bağlı tüm faaliyetler 1 gün ertelenecektir. Projenin tamamlanma süresi de 78 günden 79 güne uzayacaktır.

- E faaliyeti 6 gün gecikirse?

E kritik faaliyet olduğu için proje 6 gün gecikecektir.

- D 7 gün gecikirse?

D kritik faaliyet olmadığı için, serbestlik süresine bakılır : $FS_D = 8$, gecikme 7 gün olduğu için projenin süresini uzatmayacaktır.

- K 8 gün gecikirse?

Kritik faaliyet değildir, serbestlik süresine bakmalıyız: $FS_K = 5$ gün olduğu için proje $8-5=3$ gün gecikerek $78+3=81$ güne çıkacak ve kritik yola dahil olacaktır.

Kritik faaliyet, Faaliyet Serbestliği 0 olan, bir başka deyişle En Erken Başlama Zamanı, En Geç Başlama Zamanına eşit ($EB=GB$) olan faaliyettir.

T.C.
KIRIKKALE
ÜNİVERSİTESİ
BİLGİSAYAR
MÜHENDİSLİĞİ

AĞ OPTİMİZASYONU

DR. EVRENCAN ÖZCAN

OFİS:275

EVRENCAN.OZCAN@KKU.EDU.TR

TEŞEKKÜRLER