

# YAZILIM PROJESİ GELİŞTİRME DERS NOTLARI

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

# YAZILIM PROJESİ PLANLAMA

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

# YAZILIM PROJELERİNDE MALİYET KESTİRİM YÖNTEMLERİ

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

# BAZI FAYDALI BİLGİLER

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

## Süre Dönüşümleri

Örneğin COCOMO düzeltilmiş işgücü formülü sonucunda bulunan değer; 45,36 MM (Adam.Ay) ise;

1 AY 22 İŞ GÜNÜ OLARAK ALINIR.

45,36 MM (Adam.Ay) →  $45,36 \times 22$  Gün = **997,92 Adam.Gün**

$997,92 \text{ Adam.Gün} / 5 = \textcolor{red}{199,58 \text{ Adam.Hafta}}$

1 HAFTA 5 İŞ GÜNÜ OLARAK ALINIR.

1 GÜN 8 ÇALIŞMA SAATİ OLARAK ALINIR.

**Adam.Saat:**  $997,92 \text{ Adam.Gün} \times 8 \text{ Saat} = \textcolor{red}{7983,36 \text{ Adam.Saat}}$

# Proje Faaliyetlerinin Süre Hesaplamaları

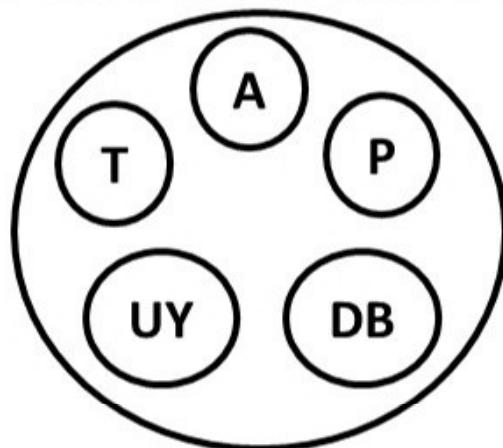
- CPM metodunda bir projeye ait tüm faaliyetlerin sürelerinin bilindiği varsayılop bu metodun kurallarını uygulayarak projelere ait; toplam proje süresi (Adam.Hafta/veya Adam.Ay), projenin kritik yolu ve kritik faaliyetleri, belirlenmiştir.
- Önceki slaytlarda da projeye ait faaliyetlerin sürelerinin nasıl hesaplandığı anlatılmıştı.
- Projenin her bir faaliyetine ait (özellikle uygulamaların geliştirilmesi ve veritabanı işlemleri) sürelerin hesaplanmasında ara model kullanılarak hesaplamalar yapılmalıdır. Bu faaliyetlerin süreleri hesaplanırken ayrıntı model de kullanılabilir. Ya da ara model ile birlikte yapılan hesaplamalar da; bir proje tek bir platform olarak düşünülüp hesaplamaların yapılabileceği gibi aşağıda belirtilen yaklaşımlarla hesaplamalar daha da ayrıstırılarak detaylandırılabilir.

# Proje Faaliyetlerinin Süre Hesaplamaları (Farklı Platformlar)

## PROJE

### FAALİYET – A

(RAPORLAMA PLATFORMU)



A: ANALİZ

T: TASARIM

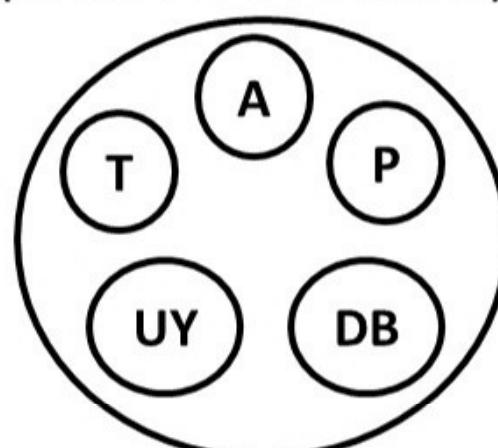
P: PLANLAMA

DB: DATABASE (SQL)

UY: UYGULAMA PROGRAMLARI (C, C++, JAVA, PYTHON VB)

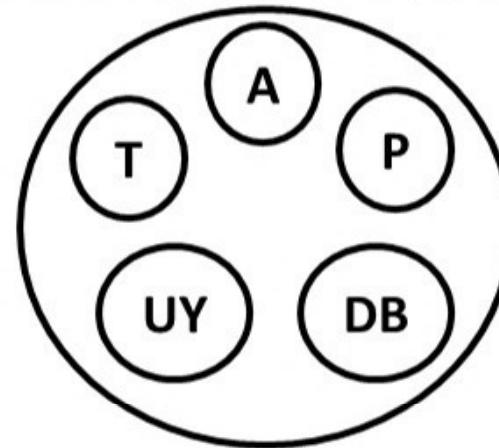
### FAALİYET – B

(CRM PLATFORMU)



### FAALİYET – C

(FATURALAMA PLATFORMU)



NOT: YUKARIDAKİ PROJEDE HERBİR PLATFORMDAKİ  
ÇALIŞMALAR BİR FAALİYET OLARAK DÜŞÜNÜLMÜŞTÜR.

# Proje Faaliyetlerinin Süre Hesaplamaları

- Yukarıdaki faaliyetlerin bir projenin farklı platformlar üzerinde çalışacak parçaları olduğunu kabul edersek, her bir parçayı birbirinden bağımsız düşünüp faaliyet sürelerini ayrıntılı hesaplayabiliriz.
- Örneğin, bir faaliyet içerisinde; analiz, tasarım ve planlama çalışmaları ile kodlama (geliştirme) çalışmaları içerik ve süre açısından farklı oldukları için ayrı değerlendirilmesinde fayda olacaktır.
- Şayet, aynı platform üzerindeki (örneğin raporlama platformu) bir faaliyet içerisinde analiz, tasarım, planlama, uygulama geliştirme, DB geliştirme işlemlerinin olduğunu varsayırsak izlenecek yol aşağıdaki gibi olmalıdır.
- Uygulama yazılımı ile DB çalışmalarına ait sürelerin ayrı ayrı hesaplanması, şayet bu çalışmaları aynı kişi/kışiler yapacaksa sürelerin birbirine ilave edilmesi gerekecektir.

# Proje Faaliyetlerinin Süre Hesaplamaları

- Şayet, uygulama yazılımı ile DB çalışmalarını farklı kişi/kİŞiler aynı anda paralel olarak yapacaksA o zaman bu faaliyet için uzun süreli olacak çalışmanın süresini (uygulama ve DB için) dikkate almak yeterli olacaktır. Bu durum, projeyi geliştiren firma / ekip yapısı / organizasyonu ile de ilgilidir.
- Bir platformda geliştirilecek faaliyetlerde; analiz, tasarım ve planlama çalışmaları geliştirme (kodlama) çalışmalarından çok daha kısa süreli çalışmalar olduğundan bu üç çalışma için ortak ve genel bir süre tahmini verilebilir.

# ÖRNEK-2

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

Bir yazılım projesinde (Ayrık proje-IT Yazılım Projesi), projenin A'dan J'ye kadar olan 10 faaliyetinden; G ve H faaliyetlerine ait süreler bilinmemektedir. Bu faaliyetlere ait analiz bilgileri aşağıda verilmiştir.

S.1) Faaliyet G ve H için aşağıda verilen analiz bilgilerine göre, işlev noktaları ve COCOMO yöntemlerini (ara model) kullanarak; G (uygulama geliştirme) ve H (database işlemleri) faaliyetlerinin COCOMO'ya göre kaç Adam.Hafta süreceğini hesaplayınız.

### **Faaliyet G:**

Nesne Kökenli Diller ile geliştirme faaliyetleri yapılacaktır,

Ortalama SS (Satır Sayısı)/İN = 30, TKF=60

### **Faaliyet H:**

Database işlemleri ile ilgili geliştirmeler (SQL) programlama dili ile yapılacaktır,  
Ort. SS/İN=20, TKF=40

S.2) Yukarıda S.1'de hesaplanan G ve H faaliyet sürelerini aşağıdaki faaliyetler ve bağımlılıklar tablosundaki projenin diğer faaliyetlerine ait sürelerle ve faaliyetlere ilave ederek ve faaliyetlerin birbirlerine olan bağımlılıklarını da dikkate alarak;

- a) CPM metodunu kullanarak toplam proje süresini (Adam.Hafta olarak)
- b) Projenin kritik faaliyetlerini ve projenin kritik yolunu,
- c) Projenin faaliyetlerindeki gecikmelerin proje süresini nasıl etkileyeceğini bulduğunuz sonuçlara göre yorumlayınız.

## G ve H Faaliyetlerine ait analiz bilgileri

### Sistem Bilgi Ortamı

Ölçüm Parametresi	SİSTEM BİLGİ ORTAMININ İNCELENMESİ			
	FAALİYET G		FAALİYET H	
	SAYI	AĞIRLIK FAKTÖRÜ	SAYI	AĞIRLIK FAKTÖRÜ
Kullanıcı Girdi sayısı	15	6	10	4
Kullanıcı Çıktı sayısı	20	5	20	5
Kullanıcı Soru Sayısı	25	4	25	4
Kütük Sayısı	4	10	4	15
Dışsal Arayüz Sayısı	4	7	3	10

### Maliyet Etmenleri

MALİYET ETMENLERİ	FAALİYET - G	FAALİYET - H
Ürün Özellikleri		
RELY	1,40	1,15
CPLX	1,30	1,15
Personel Özellikleri		
ACAP	0,71	0,86
AEXP	1,29	0,91
PCAP	0,86	0,7
LEXP	1,07	0,95
Proje Özellikleri		
TOOL	1,1	0,91

**1)**

### **G FAALİYETİ:**

- **Satır sayısı kestirimi:**

$$AİN = 90+100+100+40+28 = 358,$$

**TKF** = 60 (14 Sorunun cevabına göre elde edilmiş Teknik Karmaşıklık Faktörü)

$$İN = AİN \times (0.65 + 0.01 \times TKF)$$

$$İN = 358 \times (0.65 + 0.01 \times 60) = 448 \text{ (İşlev Nokta Sayısı)}$$

$$SS = 448 \times 30 = 13440 \text{ (Satır Sayısı)}$$

- **İş Gücü, Maliyet Çarpanı ve Düzeltilmiş işgücünün bulunması:**

$$\text{İş Gücü (K)} = 3,2 \times S^{1.05}$$

$$K = 3,2 \times (13,44)^{1.05} = \textcolor{red}{48,97 \text{ MM (Adam.Ay)}}$$

**NOT: Yuvarlamalar sonuç bulunduğuunda yapılır, öncesinde yapılmaz.**

**Süre dönüşümler, (Ay, hafta, gün, saat) önceki slaytlarda gösterilmiştir.**

## Maliyet Çarpanı (C);

$$C = \prod_{i=1}^{15} c_i = C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_{15} \text{ ve Maliyet Etmenleri Tablosundan;}$$

$$\mathbf{C = 1,40 \times 1,3 \times 0,71 \times 1,29 \times 0,86 \times 1,07 \times 1,1 = 1,687}$$

(NOT: Diğer maliyet etmenleri “normal=1” alınmıştır.)

Düzeltilmiş iş gücü ( $K_d$ );  $K_d = K \times C$  den;

$$K_d = 48,97 \times 1,687 = \mathbf{82,61 \text{ MM} = 364 \text{ Adam.Hafta}}$$

**NOT:** G Faaliyetinin süresini ve ortalama personel sayısını cocomo formülü ile hesaplamak isteseydik aşağıdaki gibi devam edecektik;

$$\begin{aligned} \text{Faaliyet Süresi (T)} &= 2,5 \times (K_d)^{0,38} = 2,5 \times (82,61)^{0,38} = \mathbf{13,37 \text{ M (Ay)}} \\ &= \mathbf{58,82 \text{ Hafta} \cong 59 \text{ Hafta}} \end{aligned}$$

Ortalama Personel Sayısı =  $N = K_d / T = 82,61 \text{ MM} / 13,37 \text{ M} = \mathbf{6,17 \text{ Man(Adam)}}$   
 $\mathbf{N \cong 7 \text{ Adam olarak}}$  bulacaktık.

## H FAALİYETİ:

- **Satır sayısı kestirimi:**

$$AİN = 40+100+100+60+30 = 330,$$

TKF = 40 (14 Sorunun cevabına göre elde edilmiş Teknik Karmaşıklık Faktörü)

$$İN = AİN \times (0.65 + 0.01 \times TKF)$$

$$İN = 330 \times (0.65 + 0.01 \times 40) = 347 \text{ (İşlev Nokta Sayısı)}$$

$$SS = 347 \times 20 = 6940 \text{ (Satır Sayısı)}$$

- **İş Gücü, Maliyet Çarpanı ve Düzeltilmiş İşgütünün bulunması:**

$$\text{İş Gücü (K)} = 3,2 \times S^{1.05}$$

$$K = 3,2 \times (6,94)^{1.05} = \text{24,47 MM (Adam.Ay)}$$

**NOT: Yuvarlamalar sonuç bulunduğuunda yapılır, öncesinde yapılmaz.**

**Süre dönüşümler, (Ay, hafta, gün, saat) önceki slaytlarda gösterilmiştir.**

## Maliyet Çarpanı (C);

$C = \prod_{i=1}^{15} c_i = C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_{15}$  ve Maliyet Etmenleri Tablosundan;

$$C = 1,15 \times 1,15 \times 0,86 \times 0,91 \times 0,7 \times 0,95 \times 0,91 = 0,626$$

NOT: Diğer maliyet etmenleri “normal=1” alınmıştır.)

Düzeltilmiş iş gücü ( $K_d$ );  $K_d = K \times C$  den;

$$K_d = 24,47 \times 0,626 = 15,32 \text{ MM} = 68 \text{ Adam.Hafta}$$

**NOT:** H Faaliyetinin süresi ve ortalama personel sayısını cocomo formülü ile hesaplamak isteseydik aşağıdaki gibi devam edecektik;

$$\begin{aligned} \text{Faaliyet Süresi } (T) &= 2,5 \times (K_d)^{0.38} = 2,5 \times (15,32)^{0.38} = 7,05 \text{ M (Ay)} \\ &= 31,02 \text{ Hafta} \cong 32 \text{ Hafta} \end{aligned}$$

Ortalama Personel Sayısı =  $N = K_d / T = 15,32 \text{ MM} / 7,05 \text{ M}$

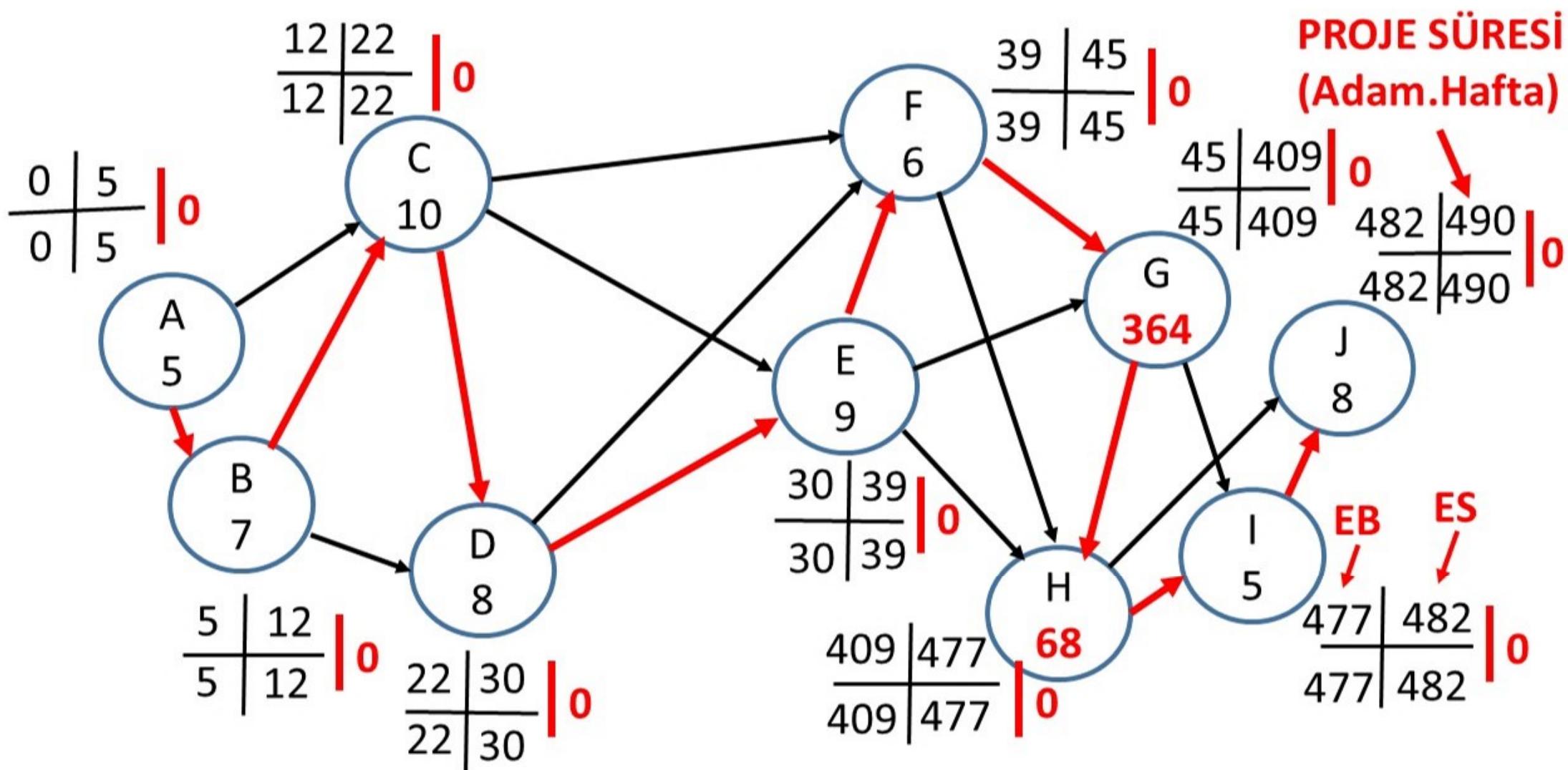
**N = 2,17 Man (Adam)  $\cong 3$  Adam olarak** bulacaktık.

## Faaliyetler ve Bağımlılıklar

F. ADI	BAĞIMLILIK	ORTALAMA FAALİYET SÜRESİ (ADAM.HAFTA)
A		5
B	A	7
C	A, B	10
D	A, C	8
E	B,D	9
F	D, E	6
G	E,F	364
H	F, G	68
I	F, G, H	5
J	H, I	8

Kırmızı renkli ortalama faaliyet süreleri hesaplamalar sonucunda bulunmuş olup tabloya sonradan yazılmıştır.

**NOT: G ve H faaliyetlerinin süreleri hesaplanarak tabloya yazılmıştır.**



## **2.a) PROJE SÜRESİ:**

$$\begin{aligned}\text{Proje Süresi (T)} &= \mathbf{A + B + C + D + E + F + G + H + I + J} \\ &= 5 + 7 + 10 + 8 + 9 + 6 + 364 + 68 + 5 + 8 = \mathbf{490 \text{ Adam.Hafta}}\end{aligned}$$

**NOT:** Proje Süresi- Kritik Yol Faaliyetleri sürelerinin toplamıdır.

## **b) KRİTİK FAALİYETLER: $A + B + C + D + E + F + G + H + I + J$**

Tüm faaliyetler kritik faaliyettir. Tüm faaliyetlerin esneklik süreleri sıfırdır.

**KRİTİK YOL:  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow J$**

**c)** Her bir faaliyetin esneklik süresi sıfır (0) olduğundan herhangi bir faaliyette meydana gelecek gecikmeler doğrudan proje süresinin de gecikmelerin toplamı kadar uzamasına neden olacaktır.

# ÖRNEK-3

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

Bir yazılım projesinde (ayrık proje), projenin A'dan J'ye kadar olan 10 faaliyetinden; G ve H faaliyetlerine ait süreler bilinmemektedir. Bu faaliyetlere ait analiz bilgileri aşağıda verilmiştir.

**Faaliyet G:**

Nesne Kökenli Diller ile geliştirme faaliyetleri, Ort. SS/İN = 30, TKF= 50

**Faaliyet H:**

Database işlemleri ile ilgili geliştirme (SQL) faaliyetleri, Ort. SS/İN=20, TKF=30

**S-1)** Faaliyet G ve H için verilen aşağıdaki analiz bilgilerine göre, işlev noktaları ve COCOMO yöntemlerini (ara model) kullanarak; G ve H faaliyetlerinin iş gücünü adam.hafta olarak hesaplayınız.

**S-2)** Yukarıda 1'de hesaplanan G ve H faaliyetlerine ait işgütünü aşağıdaki faaliyetler ve bağımlılıklar tablosundaki projenin diğer faaliyetlerine ait işgütünü ve faaliyetlerin birbirlerine olan bağımlılıklarını da dikkate alarak;

- a) CPM metoduyla, projenin toplam işgütünü ve süresini (Adam.Hafta Olarak)
- b) Projenin kritik faaliyetlerini ve projenin kritik yolunu bulunuz.
- c) Faaliyetlerdeki gecikmeler projenin süresini nasıl etkiler? Bulduğunuz sonuçlara göre yorumlayınız.

# G ve H Faaliyetlerine ait analiz bilgileri

## Sistem Bilgi Ortamı

## Maliyet Etmenleri

Ölçüm Parametresi	SİSTEM BİLGİ ORTAMININ İNCELENMESİ			
	FAALİYET G		FAALİYET H	
	SAYI	AĞIRLIK FAKTÖRÜ	SAYI	AĞIRLIK FAKTÖRÜ
Kullanıcı Girdi sayısı	10	6	10	4
Kullanıcı Çıktı sayısı	15	5	15	5
Kullanıcı Soru Sayısı	30	4	30	4
Kütük Sayısı	5	10	8	10
Dışsal Arayüz Sayısı	3	7	5	10

MALİYET ETMENLERİ	FAALİYET - G	FAALİYET - H
Ürün Özellikleri		
RELY	1,15	1,15
CPLX	1,3	1,15
Personel Özellikleri		
ACAP	0,71	0,86
AEXP	1,19	0,91
PCAP	0,86	0,7
LEXP	1,07	0,95
Proje Özellikleri		
TOOL	1,1	0,91

**1)**

**G FAALİYETİ:**

**a) Satır sayısı kestirimi:**

$$AİN = 60+75+120+50+21 = 326,$$

**TKF** = 50 (14 Sorunun cevabına göre elde edilmiş Teknik Karmaşıklık Faktörü)

$$İN = AİN \times (0.65 + 0.01 \times TKF)$$

$$İN = 326 \times (0.65 + 0.01 \times 50) = 375 \text{ (İşlev Nokta Sayısı)}$$

$$SS = 375 \times 30 = 11250 \text{ (Satır Sayısı)}$$

**b) İş Gücü ve Düzeltilmiş işgücünün bulunması:**

$$\text{İş Gücü (K)} = 3,2 \times S^{1.05}$$

$$K = 3,2 \times (11,25)^{1.05} = \textcolor{red}{40,63 \text{ MM (Adam.Ay)}}$$

**NOT: Yuvarlamalar sonuç bulunduğuunda yapılır, öncesinde yapılmaz.**

**Süre dönüşümler, (Ay, hafta, gün, saat) önceki slaytlarda gösterilmiştir.**

## Maliyet Çarpanı (C);

$$C = \prod_{i=1}^{15} c_i = C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_{15} \text{ ve Maliyet Etmenleri Tablosundan;}$$

$$\mathbf{C = 1,15 \times 1,3 \times 0,71 \times 1,19 \times 0,86 \times 1,07 \times 1,1 = 1,278}$$

NOT: Diğer maliyet etmenleri “normal=1” alınmıştır.)

Düzeltilmiş iş gücü;  $K_d = K \times C$  den;

$$K_d = 40,63 \times 1,278 = \mathbf{51,95 \text{ MM} = 229 \text{ Adam.Hafta}}$$

c) G Faaliyetinin süresi ve ortalama personel sayısını cocomo formülü ile hesaplamak isteseydik aşağıdaki gibi devam edecektik;

$$\begin{aligned} \text{Faaliyet Süresi } (T) &= 2,5 \times (K_d)^{0,38} = 2,5 \times (51,95)^{0,38} = \mathbf{11,22 \text{ M (Ay)}} \\ &= \mathbf{49,37 \text{ H} \cong 50 \text{ Hafta}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ortalama Personel Sayısı} &= \mathbf{N = K_d / T = 51,95 \text{ MM} / 11,22 \text{ M}} \\ &= \mathbf{4,63 \text{ Man(Adam)} \cong 5 \text{ Adam}} \end{aligned}$$

## **H FAALİYETİ:**

### **a) Satır sayısı kestirimi:**

$$AİN = 40+75+120+80+50 = 365,$$

**TKF** = 30 (14 Sorunun cevabına göre elde edilmiş Teknik Karmaşıklık Faktörü)

$$İN = AİN \times (0.65 + 0.01 \times TKF)$$

$$İN = 365 \times (0.65 + 0.01 \times 30) = 347 \text{ (İşlev Nokta Sayısı)}$$

$$SS = 347 \times 20 = 6940 \text{ (Satır Sayısı)}$$

### **b) İş Gücü ve Düzeltilmiş işgücünün bulunması:**

$$\text{İş Gücü (K)} = 3,2 \times S^{1.05}$$

$$K = 3,2 \times (6,94)^{1.05} = \textcolor{red}{24,47 \text{ MM (Adam.Ay)}}$$

**NOT: Yuvarlamalar sonuç bulunduğuunda yapılır, öncesinde yapılmaz.**

**Süre dönüşümler, (Ay, hafta, gün, saat) önceki slaytlarda gösterilmiştir.**

## Maliyet Çarpanı (C);

$$C = \prod_{i=1}^{15} c_i = C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_{15} \text{ ve Maliyet Etmenleri Tablosundan;}$$

$$\mathbf{C = 1,15 \times 1,15 \times 0,86 \times 0,91 \times 0,7 \times 0,95 \times 0,91 = 0,626}$$

NOT: Diğer maliyet etmenleri “normal=1” alınmıştır.)

Düzeltilmiş iş gücü;  $K_d = K \times C$  den;

$$K_d = 24,47 \times 0,626 = \mathbf{15,32 \text{ MM} = 68 \text{ Adam.Hafta}}$$

c) H Faaliyetinin süresi ve ortalama personel sayısını cocomo formülü ile hesaplamak isteseydik aşağıdaki gibi devam edecektik;

$$\begin{aligned} \text{Faaliyet Süresi } (T) &= 2,5 \times (K_d)^{0.38} = 2,5 \times (15,32)^{0.38} = \mathbf{7,05 \text{ M (Ay)}} \\ &= \mathbf{31,02 \text{ H} \cong 32 \text{ Hafta}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ortalama Personel Sayısı} &= \mathbf{N = K_d / T = 15,32 \text{ MM} / 7,05 \text{ M}} \\ &= \mathbf{2,17 \text{ M (Adam)} \cong 3 \text{ Adam}} \end{aligned}$$

## Faaliyetler ve Bağımlılıklar

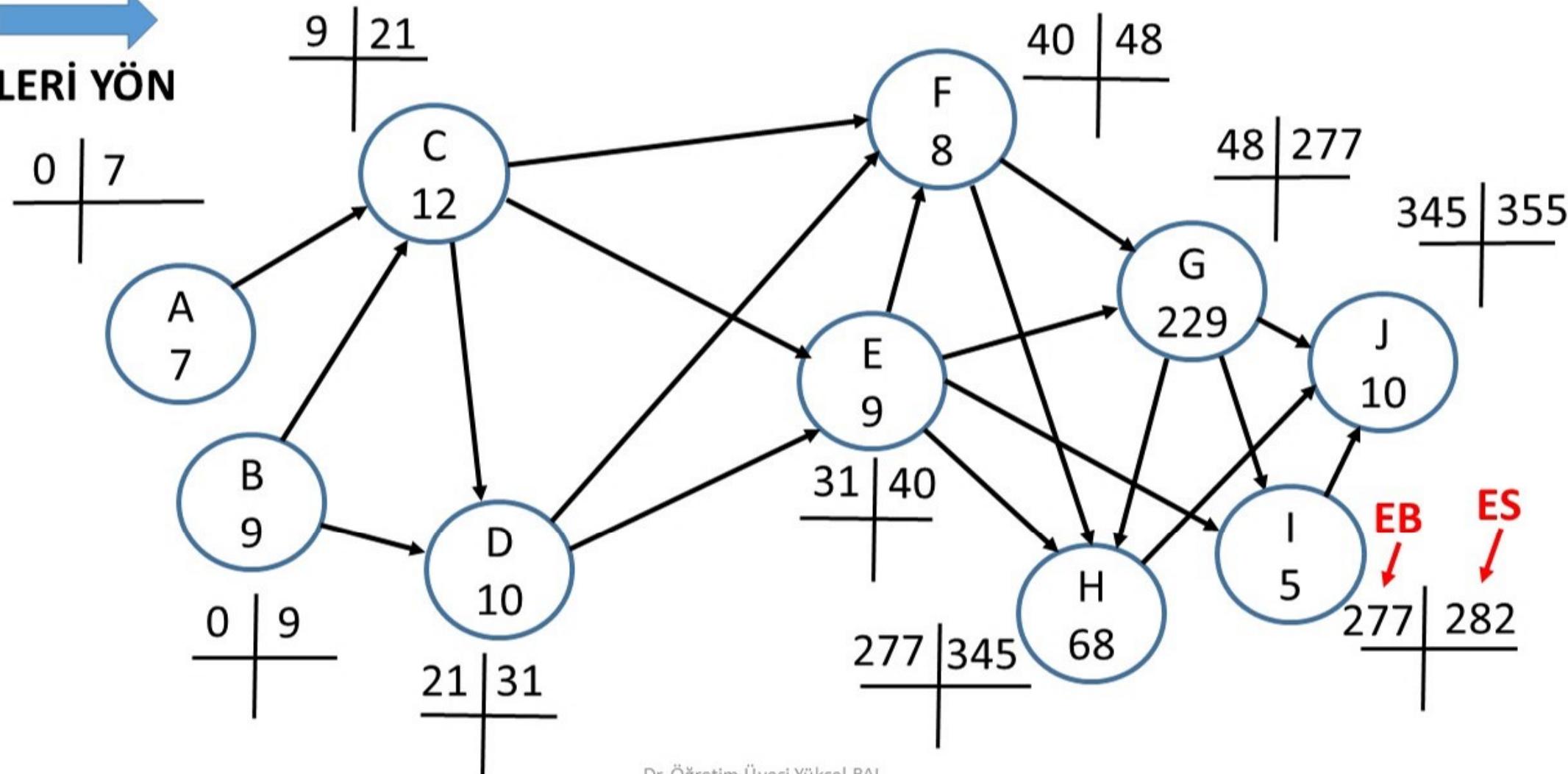
F. ADI	BAĞIMLILIK	ORTALAMA FAALİYET SÜRESİ (ADAM.HAFTA)
A		7
B		9
C	A, B	12
D	B, C	10
E	C,D	9
F	C, D, E	8
G	E,F	229
H	E, F, G	68
I	E, G	5
J	G, H, I	10

Kırmızı renkli ortalama faaliyet süreleri hesaplamalar sonucunda bulunmuş olup tabloya sonradan yazılmıştır.

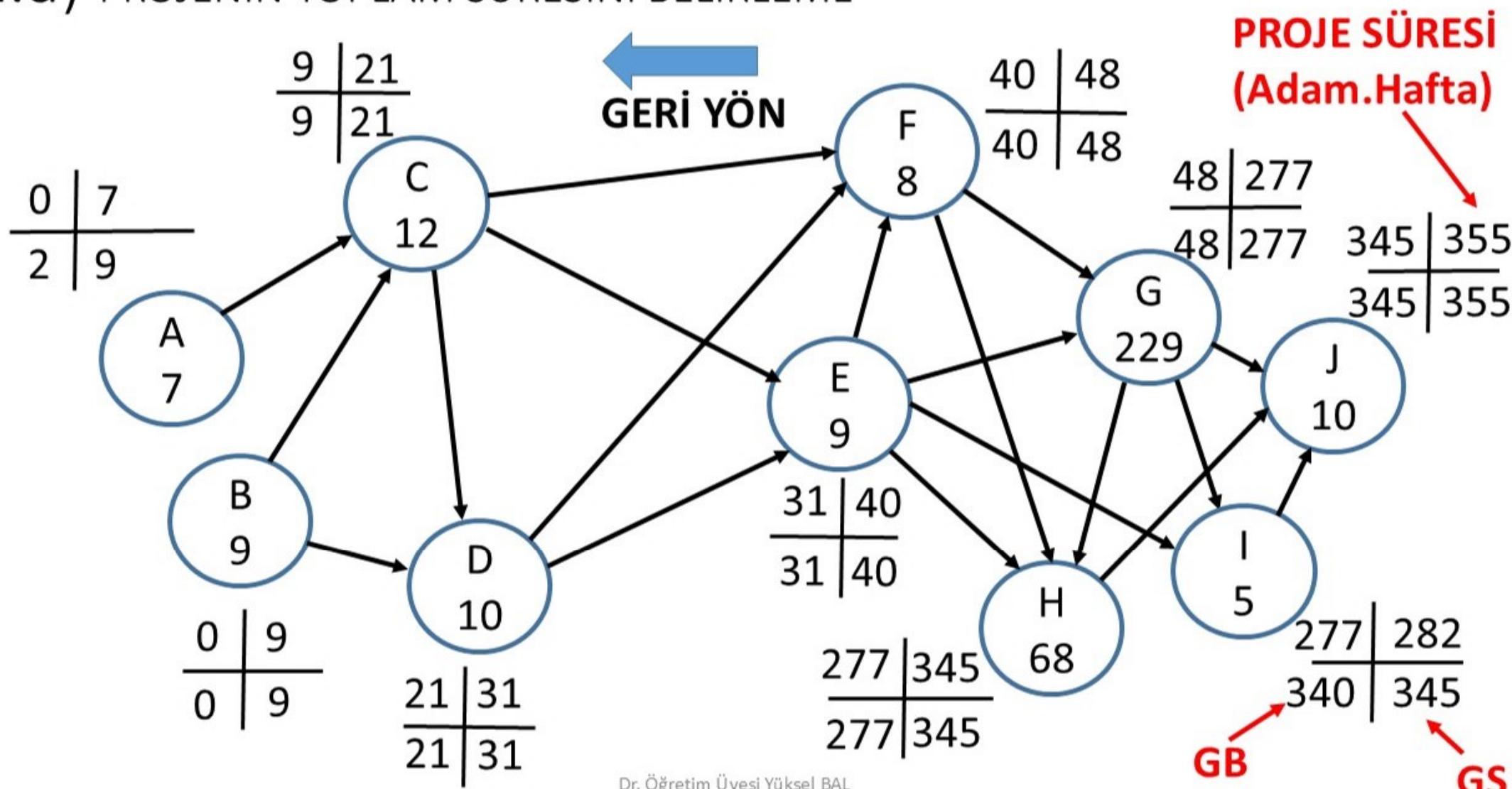
**NOT: G ve H faaliyetlerinin süreleri hesaplanarak tabloya yazılmıştır.**

## 2.a) İLERİ YÖNDE EB VE ES SÜRELERİNİ BELİRLEME

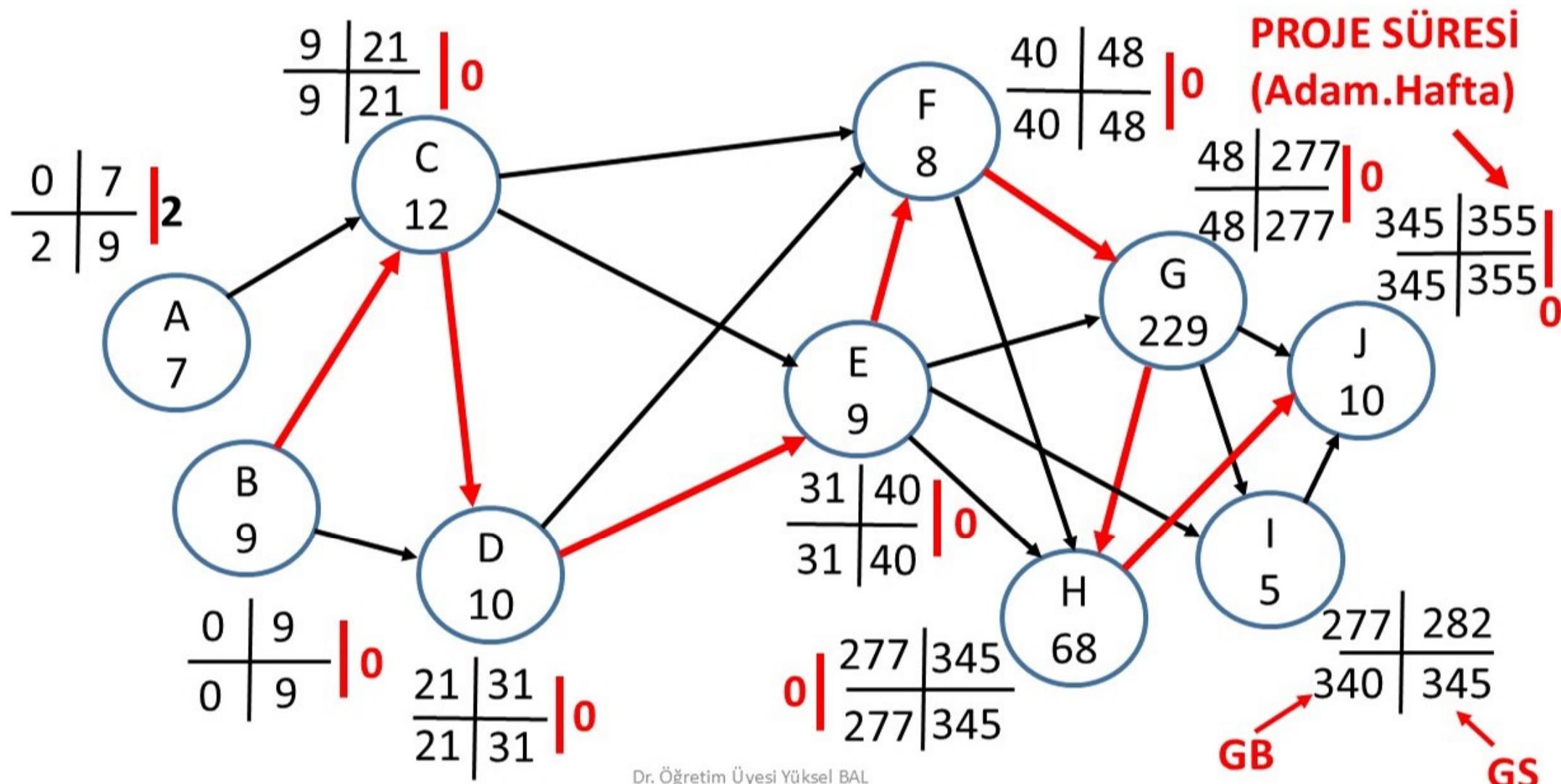
İLERİ YÖN



## 2.a) PROJENİN TOPLAM SÜRESİNİ BELİRLEME



## 2.b) GEVSEKLİK SÜRELERİNİ, KRİTİK FAALİYETLERİ VE KRİTİK YOLU BELİRLEME



## 2.b) PROJENİN SÜRESİ, KRİTİK FAALİYETLERİ VE KRİTİK YOLU

**Proje Süresi (T) = B + C + D + E + F + G + H + J**

$$= 9 + 12 + 10 + 9 + 8 + 229 + 68 + 10 = \mathbf{355 \text{ Adam.Hafta}}$$

(Proje Süresi: Kritik Yol üzerindeki faaliyetlerin sürelerinin toplamıdır.)

**b) KRİTİK FAALİYETLER: B + C + D + E + F + G + H + J**

Yukarıdaki faaliyetlerin esneklik süresi sıfır olup, kritik faaliyetlerdir.

**KRİTİK YOL: B -> C -> D -> E -> F -> G -> H -> J**

**c)** 'A' faaliyetinin 2 hafta esneklik süresi vardır, Max. **2 Adam.Hafta** geç başlanabilir ve bu durum proje süresini etkilemez. 'I' faaliyetinin ise **63 Adam.Hafta** esneklik süresi olup bu süre kadar geç başlanabilir. Ancak hiçbir faaliyet için esneklik süresini sonuna kadar kullanılması (başlanmaması) tavsiye edilmez. Daha fazla gecikme olması durumunda belirtilen sürelerin üzerindeki gecikmelerin toplamı kadar proje süresi uzar.

**Düzenleme**

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

# PERT METODU

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

# PERT (Program Evaluation and Review Technique)

- CPM; tüm faaliyetlere ait sürelerin deterministik olduğunu (net olarak bilindiğini) varsayarak hesaplamaları yapar. Bir çok projede ise bu durum **mümkün olmayabilir**.
- PERT ise faaliyetlere ait sürelerin **olasılıklı** olduğunu kabul etmektedir.
- PERT metodu, süreleri tam bilinmemeyen işlemlerin programda göz önüne alınmasını sağladığından kapsamı, CPM metoduna nazaran daha genişdir.
- **PERT metodunda, her faaliyet için üç değer belirlenmelidir:**
  - **İyimser süre (a):** Tüm faaliyetler son derece iyi gittiğinde oluşan süre,
  - **Kötümser süre (b):** Tüm faaliyetler son derece kötü gittiğinde oluşan süre
  - **Sürenin en olası değeri (m):** Tüm faaliyetler, normal şartlar altında yürütüldüğünde oluşan süre

# PERT

Bu tahminlere bağlı olarak, ortalama (beklenen) süre  $\mu$  ve varyans  $v$ ,  
**yaklaşık olarak;**

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$v = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

# PERT

- PERT'de; toplam proje süresinin **normal dağıldığı** varsayıılır. Bu varsayıım **merkezi limit teoremine** dayanmaktadır.
- Bu teoreme göre; bağımsız rastsal değişken değerlerinin toplamı **yaklaşık olarak normal dağılmaktadır**.
- Bu sebeple bir projenin toplam süresi; kritik faaliyetlerin süreleri toplamı olduğundan proje süresi normal dağılmalıdır.
- Burada, faaliyet süreleri bağımsız değişkenler olmalıdır.
- Bir proje içerisinde kritik yol üzerindeki faaliyetlerin süreleri;  
 $T_1, T_2, \dots, T_k$  ise, toplam proje süresi;  
 $T = T_1 + T_2 + \dots + T_k$  olduğu bilinmektedir.

# PERT

- Benzer şekilde **projenin ortalama süresi  $E(T)$  ve proje süresinin varyansı  $Var(T)$**  aşağıdaki gibi bulunur;

$$E(T) = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_k$$

$$Var(T) = v_1 + v_2 + \dots + v_k$$

- Bu hesaplamalar, olasılık teorisine dayanmaktadır. Bu teoriye göre; bağımsız rastsal değişkenlerin toplamının beklenen değeri, her bir bağımsız değişkenin beklenen değeri toplamına eşittir ve bağımsız rastsal değişkenlerin toplamının varyansı, herbir bağımsız değişkenin varyansları toplamına eşittir.

# ÖRNEK-1

Dr. Öğretim Üyesi Yüksel BAL

# PERT

Bir yazılım projesinde, 8 parçalı faaliyet bulunmaktadır. Bu faaliyetlerle ilgili; iyimser, kötümser ve muhtemel süreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Ayrıca, sonraki slaytta her bir faaliyet için muhtemel (en olası) ortalama değerler ve varyanslar hesaplanarak kritik yol üzerindeki faaliyetler de belirlenmiştir. Bu belirlenen değerlere göre aşağıda belirtilen 3 sorunun cevabını arayalım.

FAALİYET	a	m	b
A	3	5	7
B	4	6	8
C	1	3	5
D	5	8	11
E	1	2	3
F	9	11	13
G	1	1	1
H	10	12	14

# PERT

Bu değerlerden her biri için  $\mu$  ve  $v$  değerleri aşağıdaki formüllerden hesaplanarak yandaki tabloda verilmiştir.

FAALİYET	a	m	b	$\mu$	v
A	3	5	7	5	0,444
B	4	6	8	6	0,444
C	1	3	5	3	0,444
D	5	8	11	8	1,000
E	1	2	3	2	0,111
F	9	11	13	11	0,444
G	1	1	1	1	0,000
H	10	12	14	12	0,444

## ORTALAMA

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}$$

## KRİTİK YOL ÜZERİNDEKİ FAALİYETLER

VARYANS →  $v = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$

# PERT

## PROJE SÜRESİ:

$$E(T) = \underline{5} + \underline{8} + \underline{12} = 25 \text{ (Kritik Yol Üzerindeki Faaliyetlerin Toplam Süresidir)}$$

A D H

**A, D, H KRİTİK FAALİYETLERİNİN SÜRELERİ**

## PROJE İÇİN VARYANS:

$$\text{Var}(T) = \underline{0,444} + \underline{1} + \underline{0,444} = 1,888 \text{ (Varyans- Kritik Yol Üzerindeki Faaliyetlerin Varyansları Toplamıdır)}$$

A D H

**A, D, H FAALİYETLERİNİN VARYANSLARI**

## PROJE İÇİN STANDART SAPMA:

$$SS (\sigma) = \sqrt{\text{Var}(T)} = \sqrt{1,888} = 1,37$$

# PERT

**S-1)** Projenin 26 haftadan önce bitme ihtimali, normal dağılım özelliğinden aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P \{ T < 26 \} = P \left\{ \frac{T - \mu}{\sigma} < \frac{26 - \mu}{\sigma} \right\} = P \left\{ Z < \frac{26 - 25}{1,37} \right\} = P \{ Z < 0,73 \}$$

$$P \{ Z < 0,73 \} = \textcolor{red}{0,7673}$$

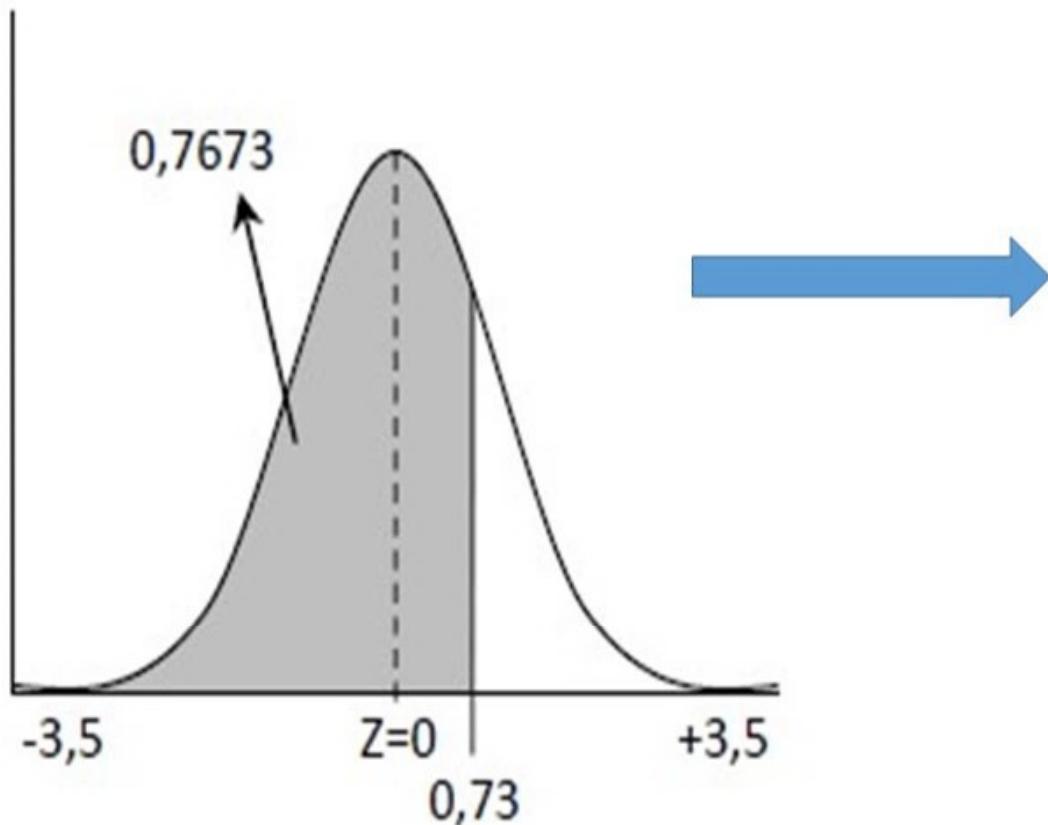


**Not:** Z tablosundan, **0,73** e karşılık gelen **OLASILIK** değeri

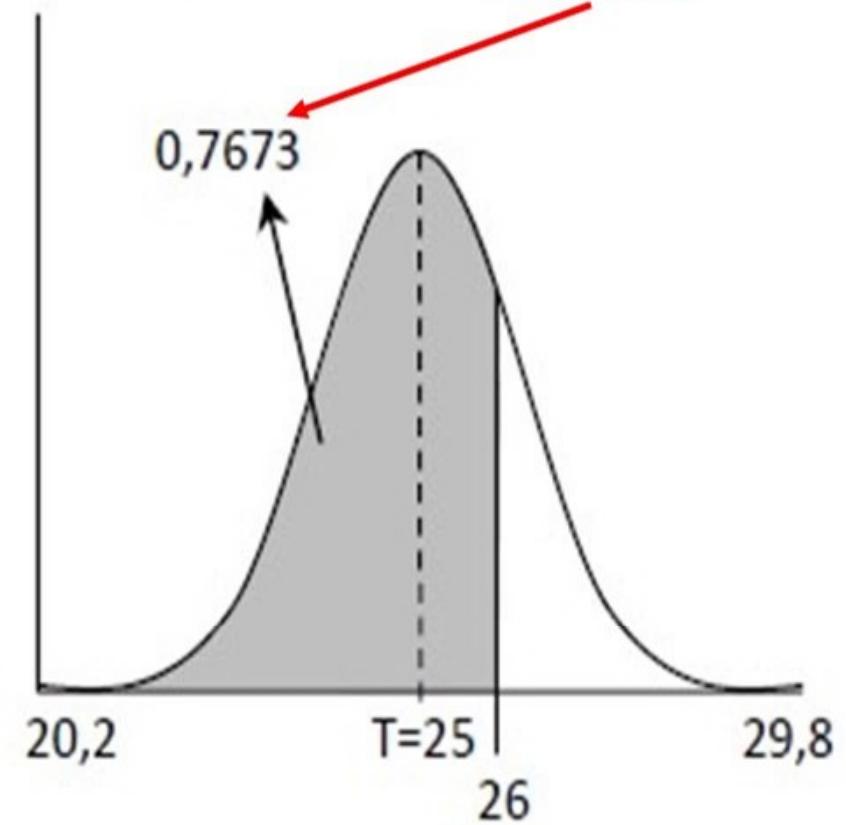
# PERT Yöntemi – Standard Normal Dağılım Tablosu

<i>z</i>	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5578	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0,03 → .7	.7580	.7611	→	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1,0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1,1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830

## PERT

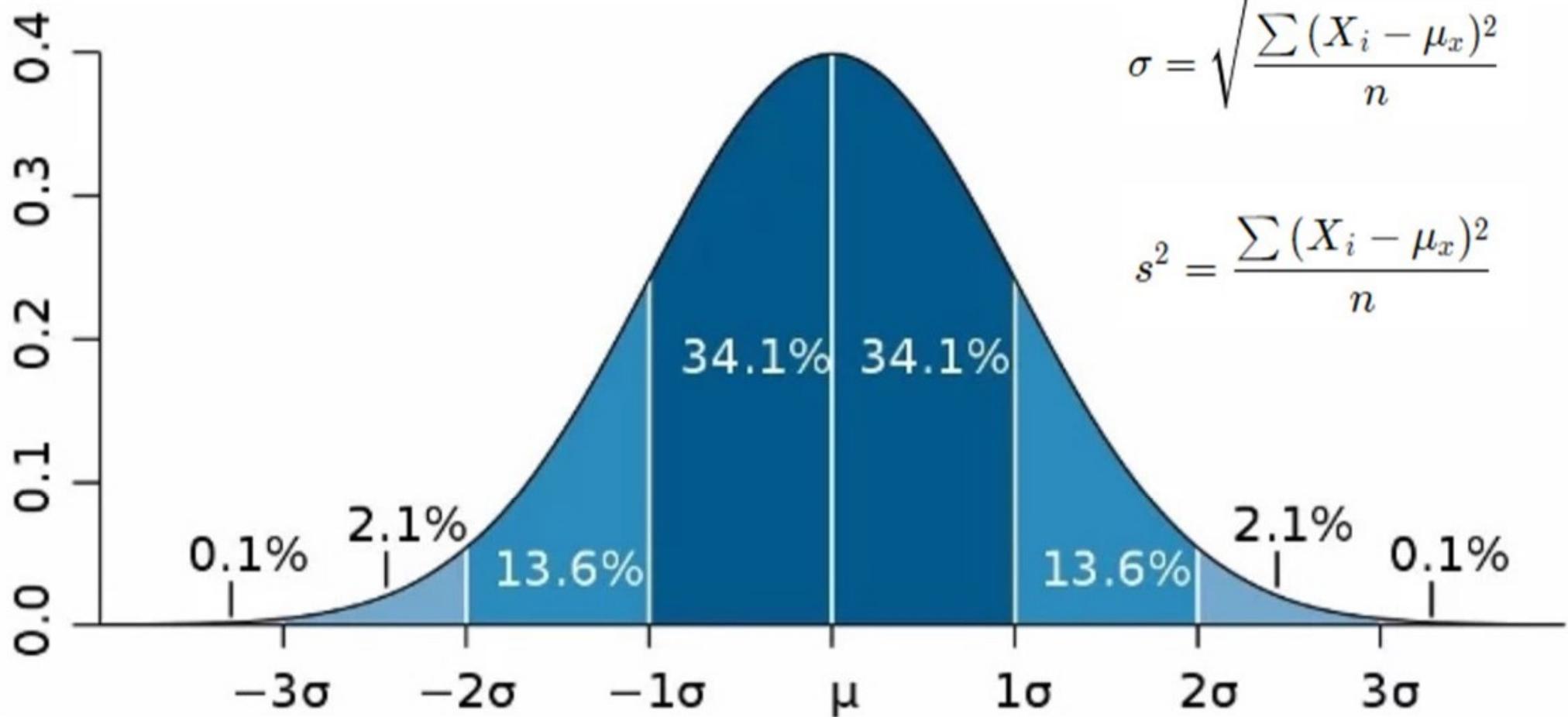


Projenin 26 haftadan önce  
bitme ihtimali: **%76,73**



NOT: Çan eğrisi altındaki alan 1 br<sup>2</sup> dir. Yukarıdaki grafikte boyalı alan 0,7673 br<sup>2</sup> dir.

# PERT



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \mu_x)^2}{n}}$$

$$s^2 = \frac{\sum (X_i - \mu_x)^2}{n}$$

## PERT

**S-2)** Projenin 28 haftadan fazla sürme ihtimali;

$$P \{ T > 28 \} = P \left\{ \frac{T - \mu}{\sigma} > \frac{28 - \mu}{\sigma} \right\} = P \left\{ Z > \frac{28 - 25}{1,37} \right\}$$

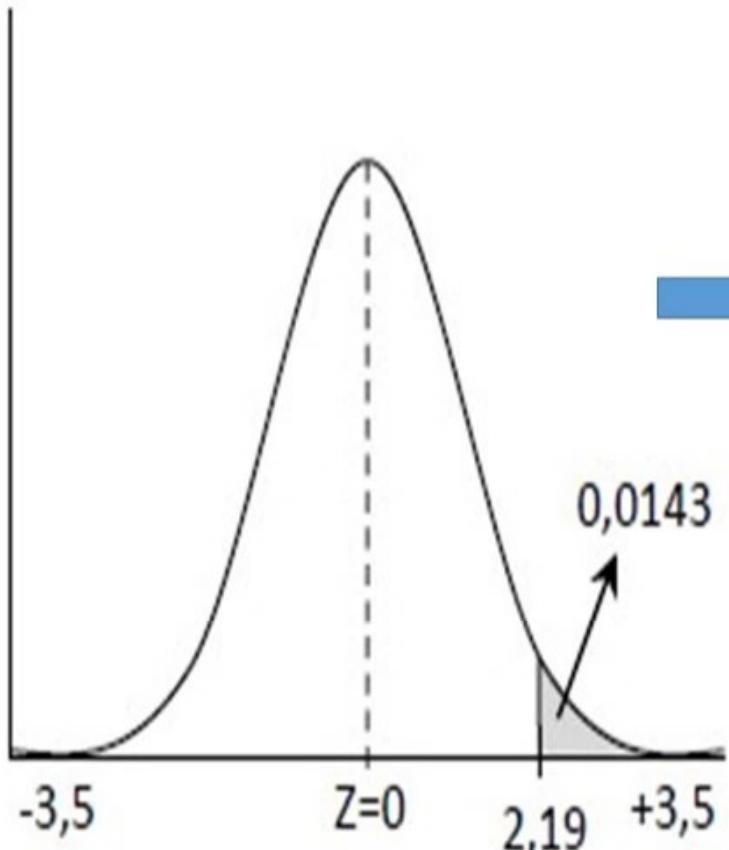
$$P \{ T > 2,19 \} = 1 - P \{ Z < 2,19 \} = 1 - 0,9857 \text{ (Z tablosundan)} = 0,0143$$

**NOT:** Projenin 28 haftadan daha uzun sürme ihtimali; **% 1,43** olup düşük bir ihtimaldir. Çan eğrisi altındaki alan 1 br2 olup, herhangi bir haftadan **fazla sürme ihtimali** sorgulandığı için formüle göre bulunan alan 1br2 den çıkarılarak bulunmaktadır.

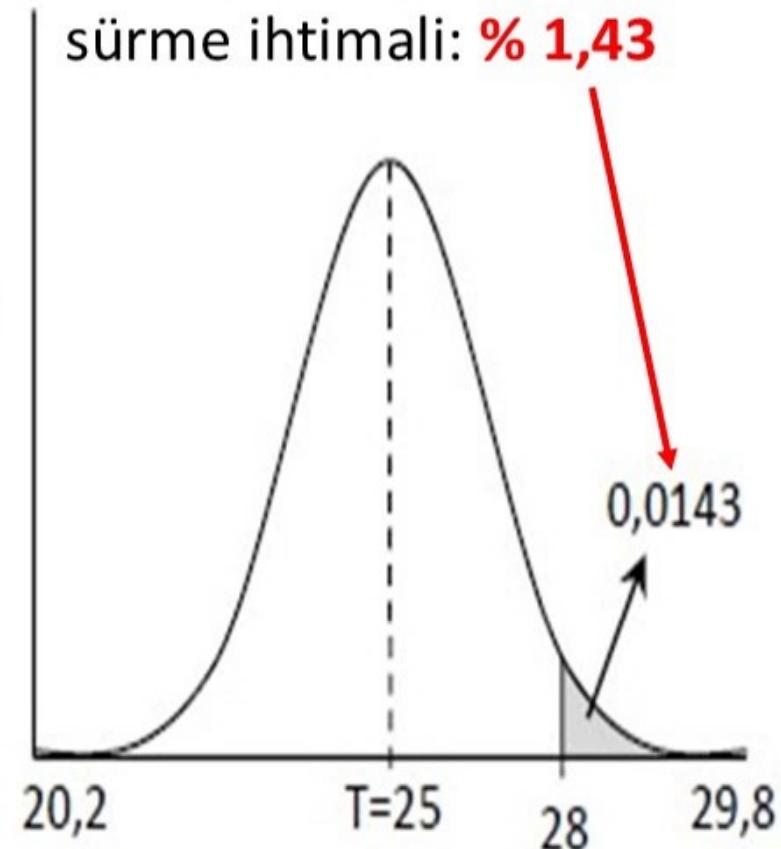
# PERT Yöntemi – Standard Normal Dağılım Tablosu

	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0,09	2,1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9857
2,10	2,2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887
	2,3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913
	2,4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934
	2,5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951
	2,6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963
	2,7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973
	2,8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9981

# PERT



Projenin 28 haftadan fazla  
sürme ihtimali: **% 1,43**



# PERT

**S-3)** Proje; %90 ihtimalle kaç haftada tamamlanabilir?

$$0,9 = P \{ Z < t \} = P \left\{ Z < \frac{t - \mu}{\sigma} \right\}$$

Bu defa işlem tersten yapılır, Z tablosundan 0,9'a en yakın Z değeri bulunur. (0,8997 bulunan değer). Bu Z değerine yatay ve düşeyda karşılık gelen değerlerin toplamı; **1,28** dir.

(En yakın Z değeri: **0,8997** – Bu değere karşılık gelen değer: **1,28**)

$$Z_{0,9} = \frac{t - \mu}{\sigma}$$

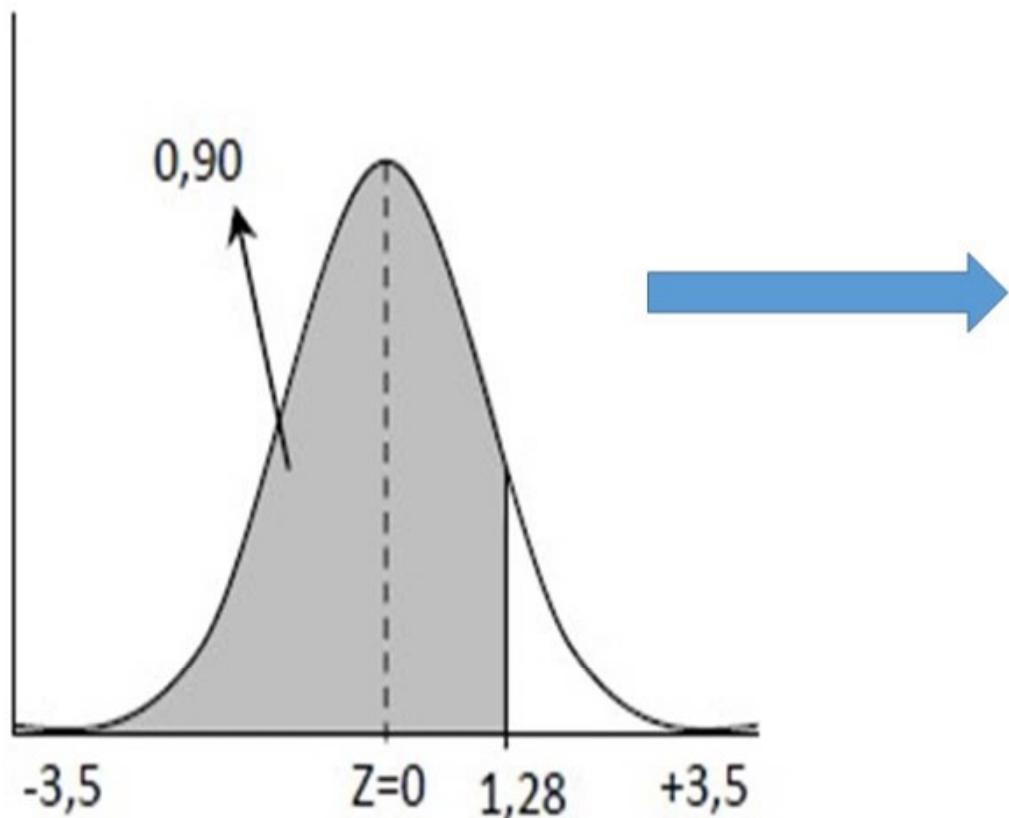
$$\mathbf{1,28} = \frac{t - \mu}{\sigma} \Rightarrow 1,28 \times 1,37 = t - 25 \Rightarrow$$

**t = 26,75** (Proje **%90** ihtimalle **27. haftada** bitecektir.)

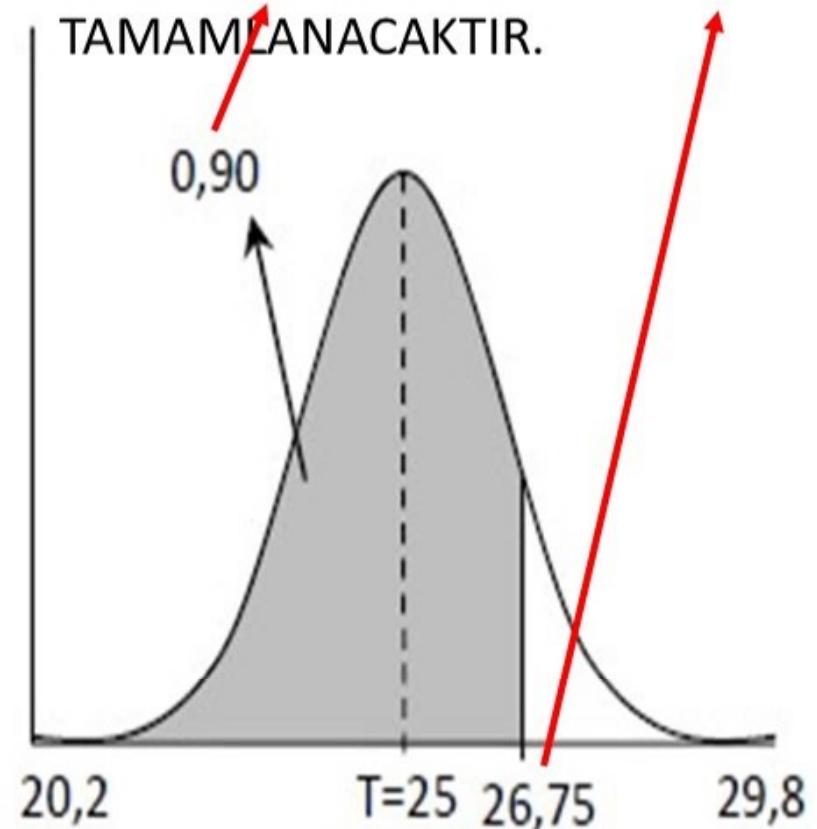
# PERT Yöntemi – Standard Normal Dağılım Tablosu

	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
0,08	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1,20 →	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441

# PERT



PROJE **%90** İHTİMAL İLE **27.HAFTA** DA  
TAMAMLANACAKTIR.



# Kaynaklar

- David Gustafson, 'Software Engineering'
- Yüksel Bal, 'Yazılım Projesi Geliştirme' Ders Notları
- Yüksel Bal, 'Yazılım Mühendisliği ve Sistem Analizi' Ders Notları,
- M. Erhan Sarıdoğan, 'Yazılım Mühendisliği',
- Ali Arifoğlu, Ali Doğru, 'Yazılım Mühendisliği'
- Oya Kalıpsız, Ayşe Buharalı, Ayşe Biricik, 'Sistem Analizi ve Tasarımı'
- Çeşitli İnternet Kaynakları,