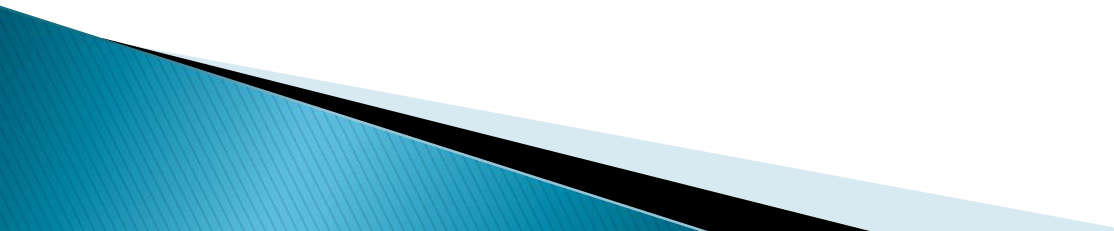


# ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ

Π. ΦΙΤΣΙΛΗΣ

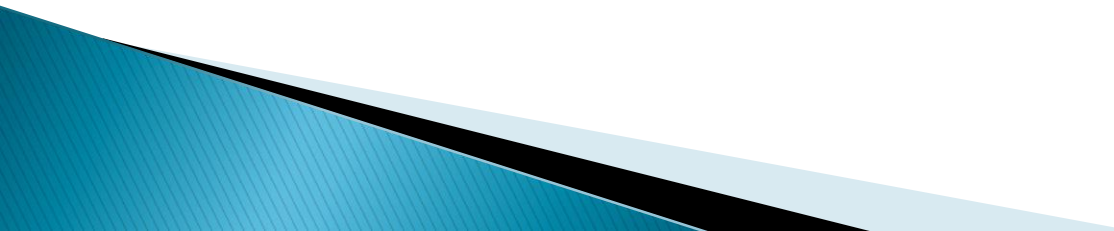
# ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΈΡΓΩΝ

- ▶ Προσδιορισμός δραστηριοτήτων
  - ▶ Ορισμός σειράς δραστηριοτήτων
  - ▶ Ορισμός διάρκειας και κόστους
  - ▶ Καθορισμων κρίσιμων δραστηριοτήτων
- 

# PERT ΚΑΙ CPM

- ▶ Δικτυακή ανάλυση
- ▶ Αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 50
  - CPM από τον DuPont για χημικά εργοστάσια (1957)
  - PERT από Booz, Allen & Hamilton για το U.S. Navy, για τον πύραυλο Polaris (1958)
- ▶ Ορίζουν σχέσεις μεταξύ δραστηριοτήτων
- ▶ Ορίζουν διαφορετικές εκτιμήσεις χρόνου

# ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

- ▶ Ποιές είναι οι κρίσιμες δραστηριότητες του έργου?
  - ▶ Είναι η πρόοδος του έργου ικανοποιητική?
  - ▶ Ποιά είναι η πιθανότητα να τελειώσει το έργο στην ώρα του?
  - ▶ Μπορώ να συντομεύσω το έργο?
- 

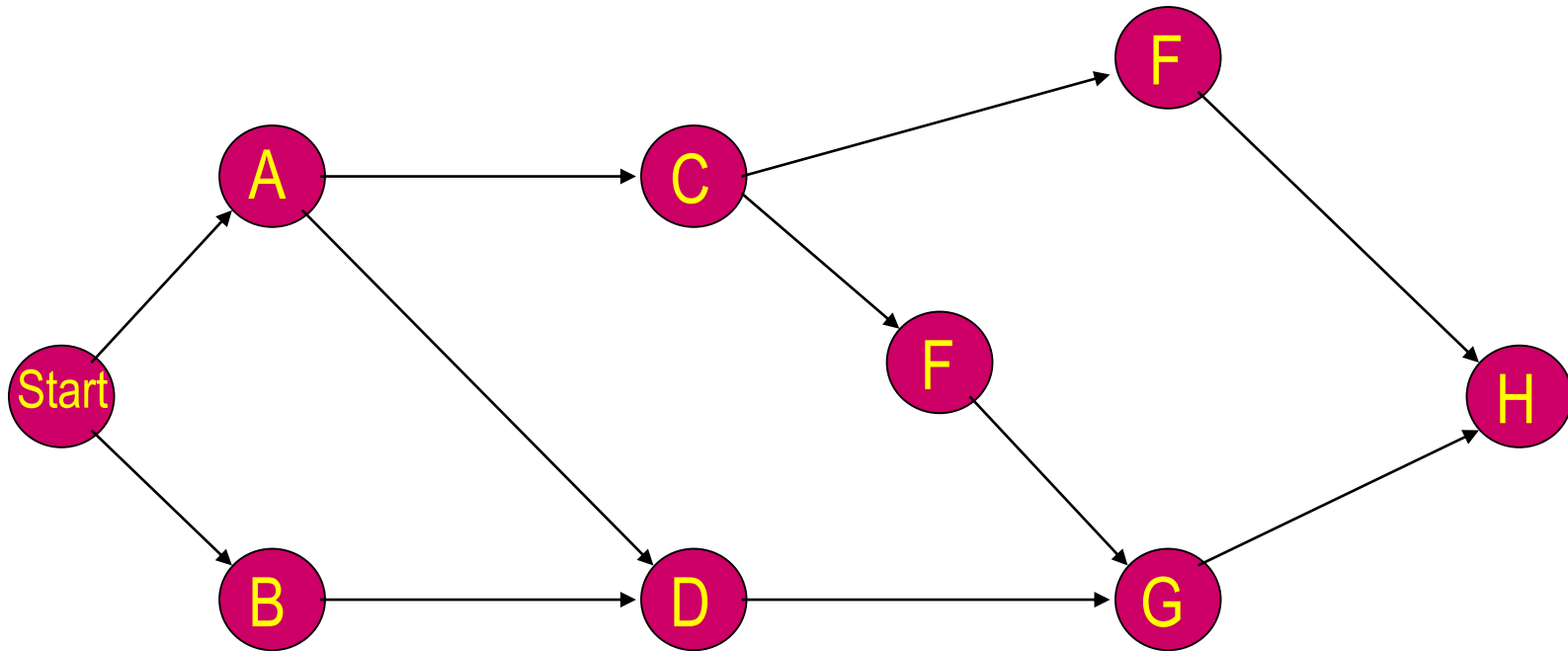
# ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΟΝ AND ΑΟΑ

	Activity on Node (AON)	Activity Meaning	Activity on Arrow (AOA)
(a)		A comes before B, which comes before C.	
(b)		A and B must both be completed before C can start.	
(c)		B and C cannot begin until A is completed.	
(d)		C and D cannot begin until A and B have both been completed.	
(e)		C cannot begin until both A and B are completed; D cannot begin until B and C are completed. A dummy activity is introduced in AOA.	
(f)		B and C cannot begin until A is completed. D cannot begin until both B and C are completed. A dummy activity is again introduced in AOA.	

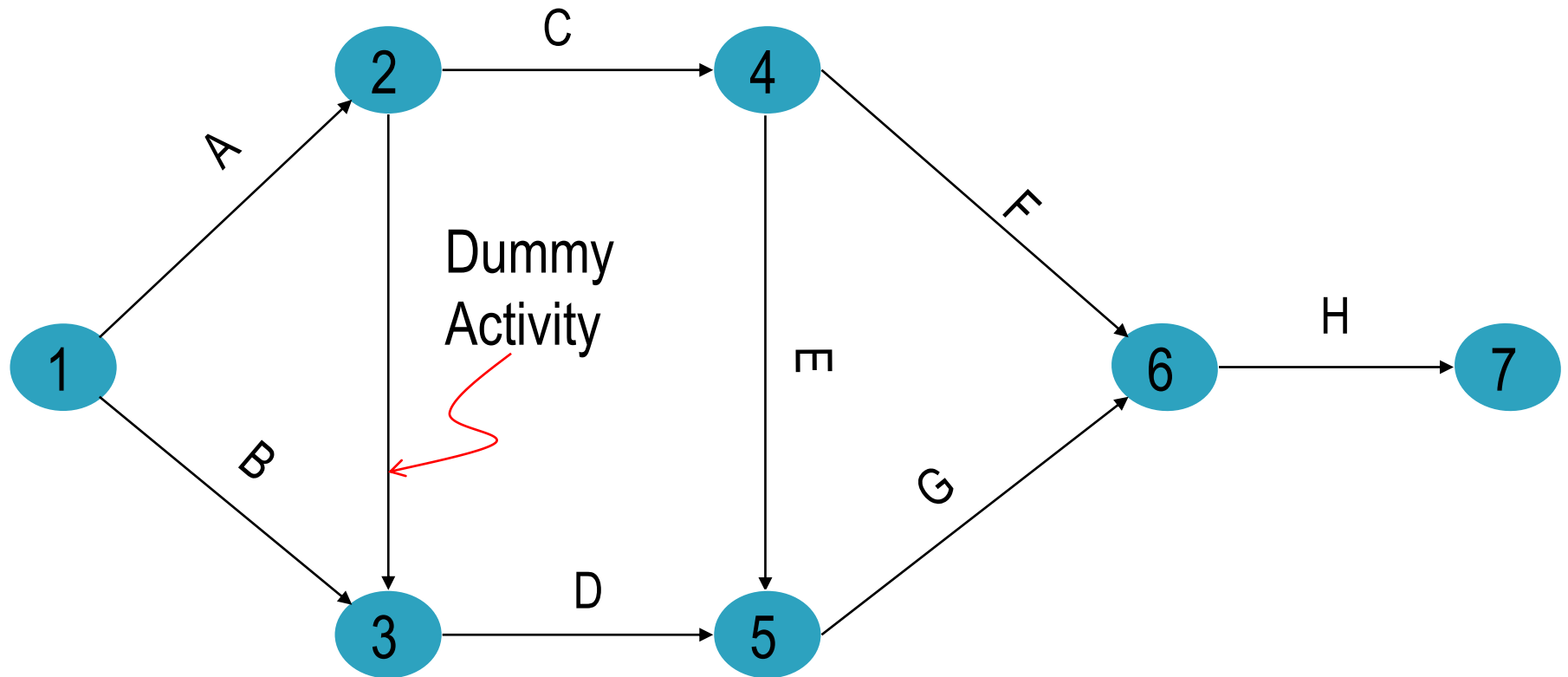
# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Δραστηριότητα	Προηγούμενη
A	-
B	-
C	A
D	A, B
E	C
F	C
G	D, E
H	F, G

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



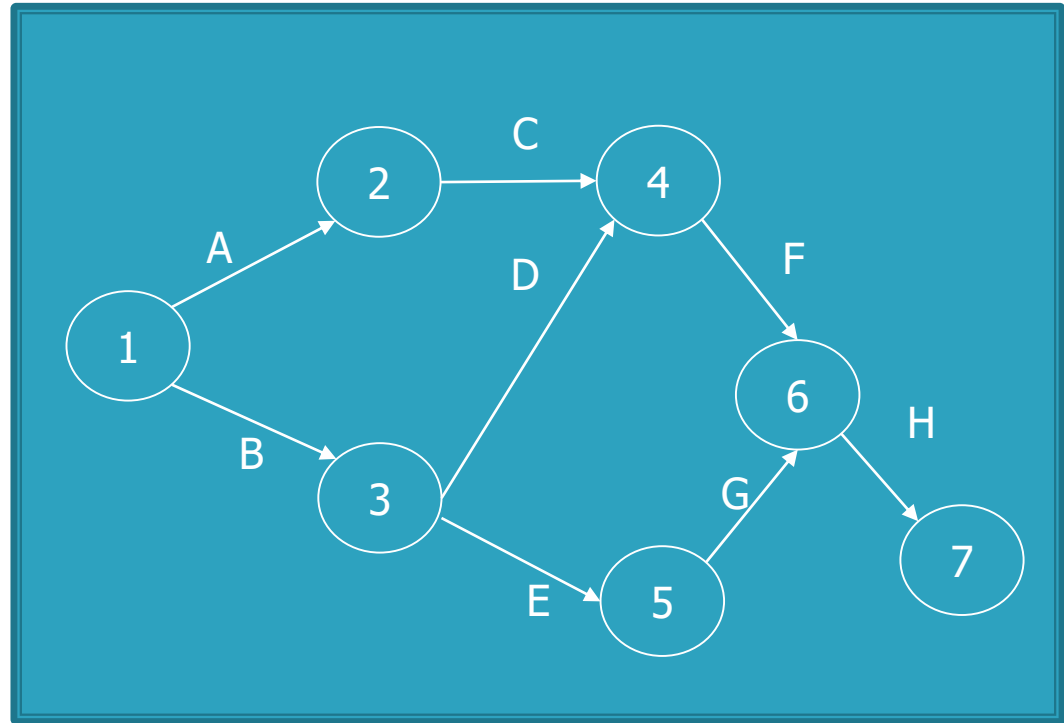
# ΔΙΚΤΥΟ ΑΟΑ





# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

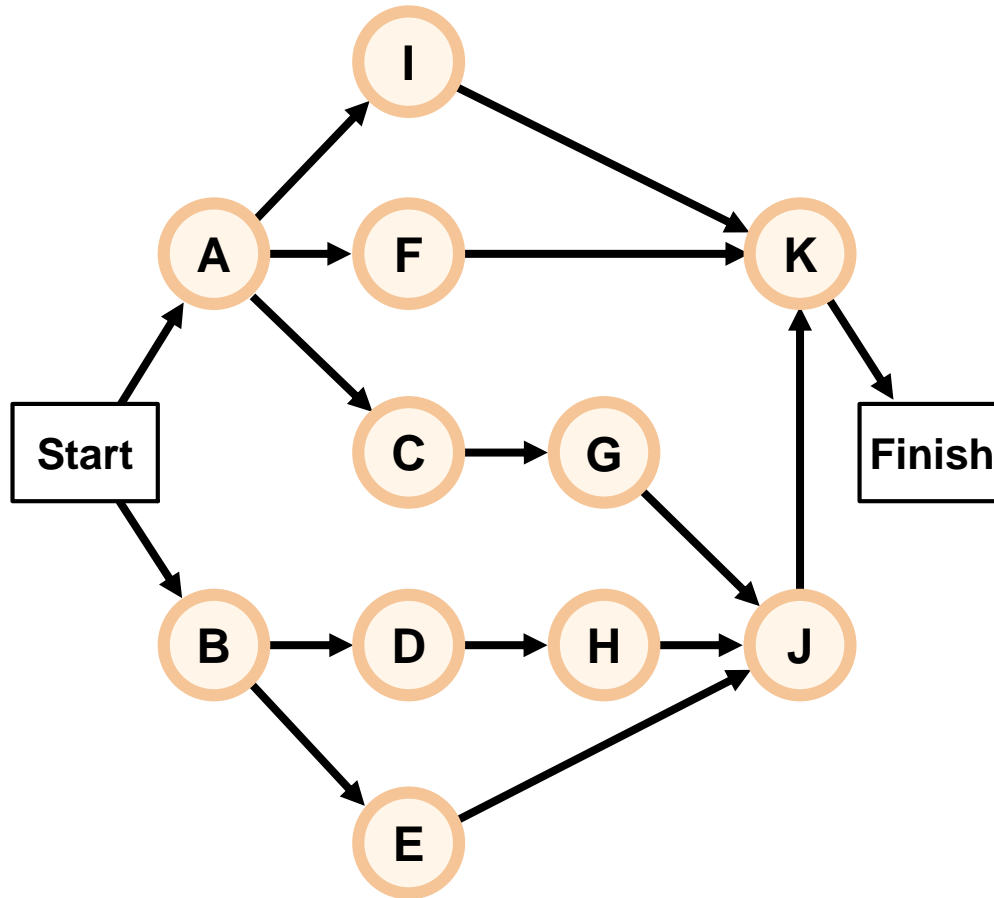
Διαδικασία	Προηγούμενη	Χρόνος
A		5
B		4
C	A	6
D	B	2
E	B	5
F	C, D	8
G	E	2
H	G, F	3



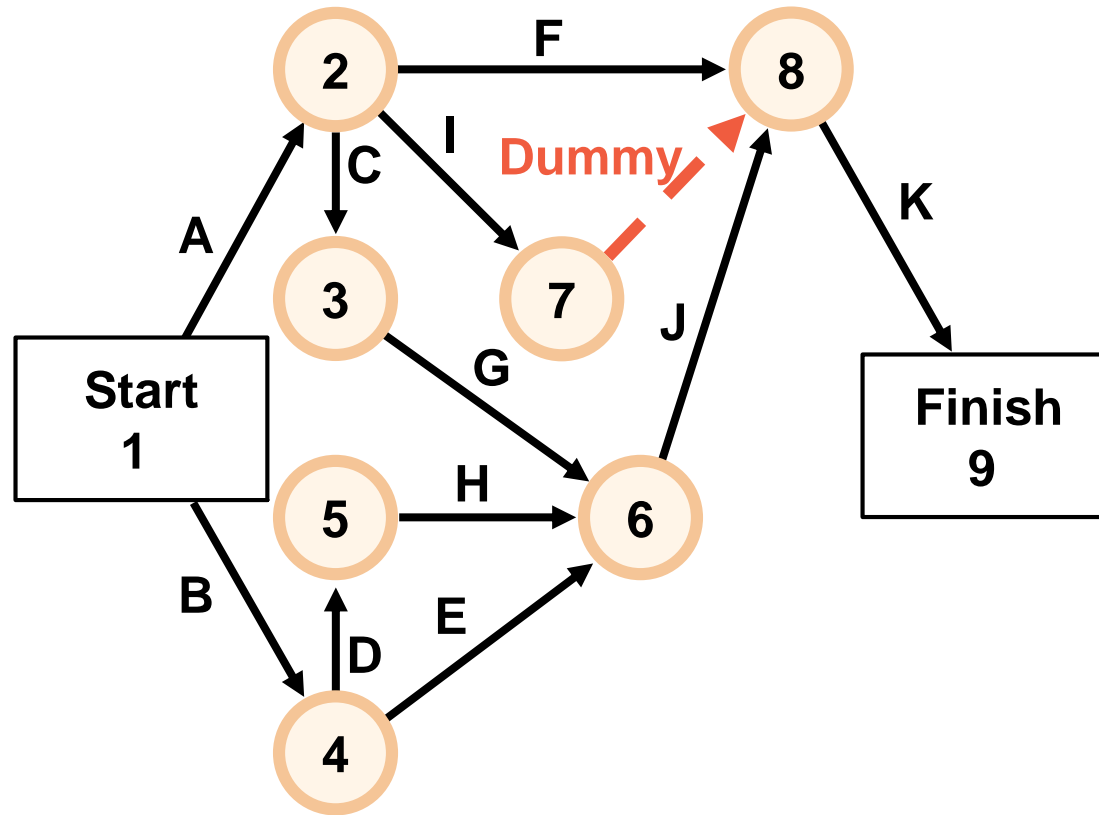
# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Περιγραφή</b>	<b>Προηγούμενη Δραστηριότητα</b>
<b>A</b>	<b>Δημιουργία ομάδας έργου</b>	<b>—</b>
<b>B</b>	<b>Καταγραφή απαιτήσεων</b>	<b>—</b>
<b>C</b>	<b>Ανάλυση απαιτήσεων</b>	<b>A</b>
<b>D</b>	<b>Σχεδίαση αρχιτεκτονικής συστήματος</b>	<b>B</b>
<b>E</b>	<b>Προμήθεια εξοπλισμού</b>	<b>B</b>
<b>F</b>	<b>Λεπτομερής σχεδίαση</b>	<b>A</b>
<b>G</b>	<b>Κατασκευή συστήματος</b>	<b>C</b>
<b>H</b>	<b>Έλεγχος του συστήματος</b>	<b>D</b>
<b>I</b>	<b>Ολοκλήρωση του συστήματος</b>	<b>A</b>
<b>J</b>	<b>Εγκατάσταση εξοπλισμού</b>	<b>E,G,H</b>
<b>K</b>	<b>Εκπαίδευση προσωπικού</b>	<b>F,I,J</b>

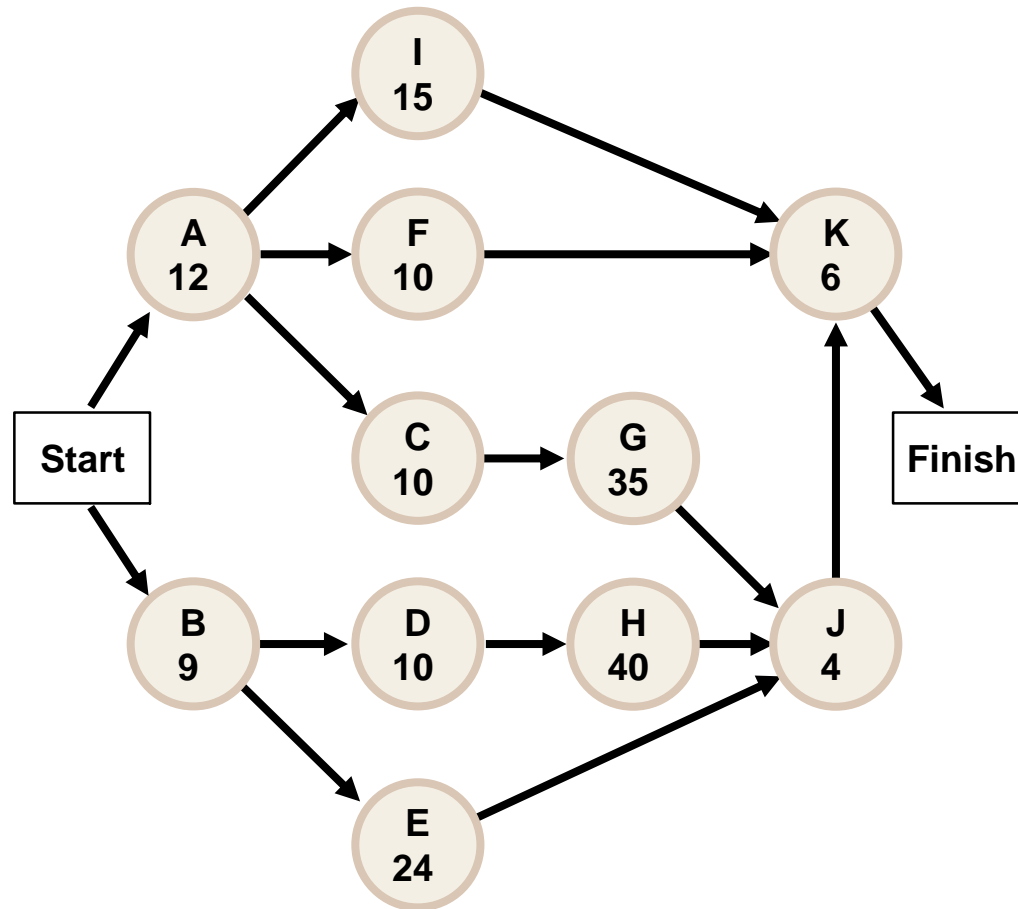
# AON NETWORK



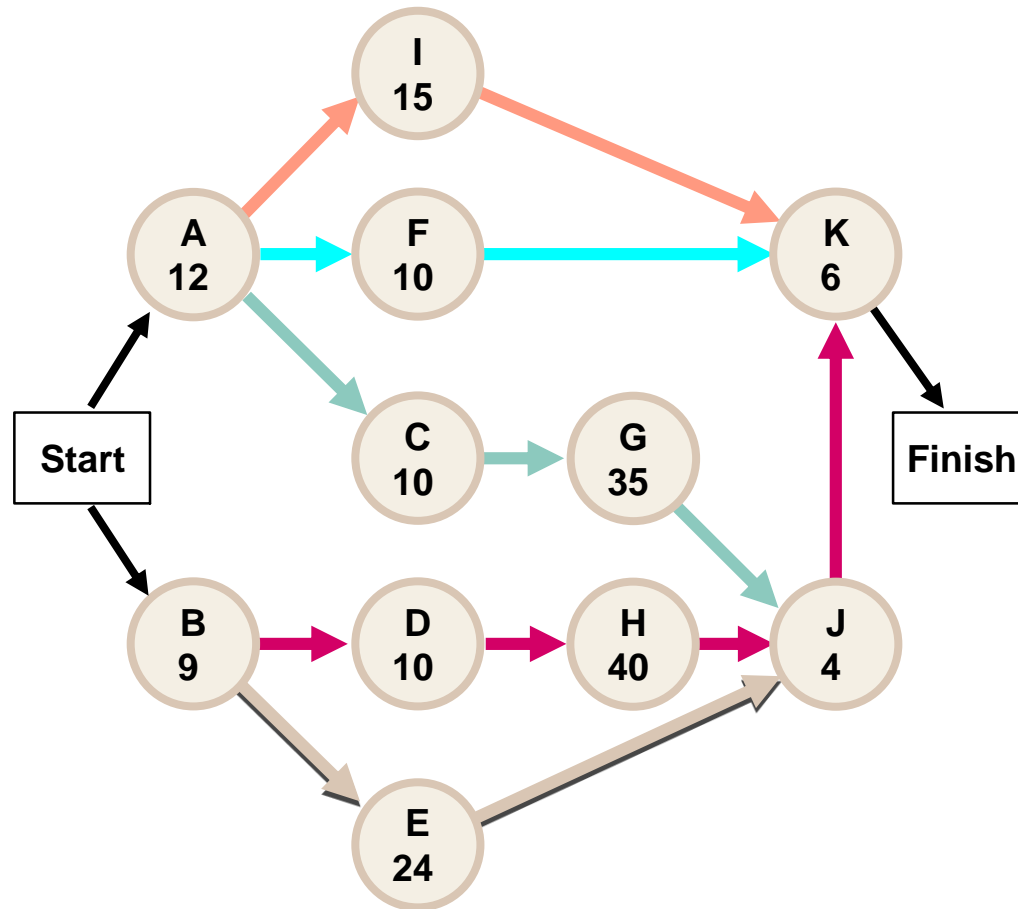
# AOA NETWORK



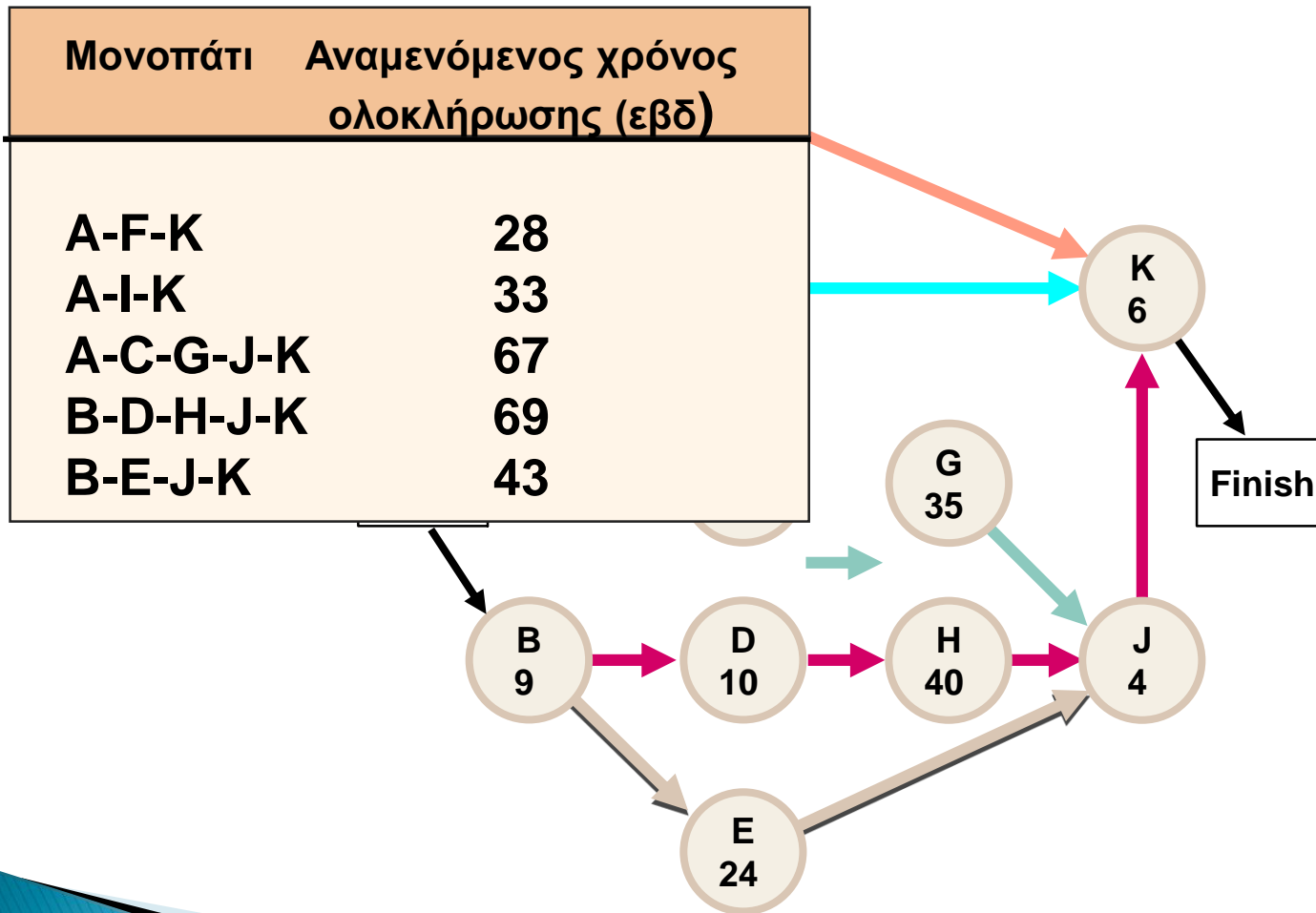
# ΧΡΟΝΟΙ ΠΕΡΑΤΩΣΗΣ



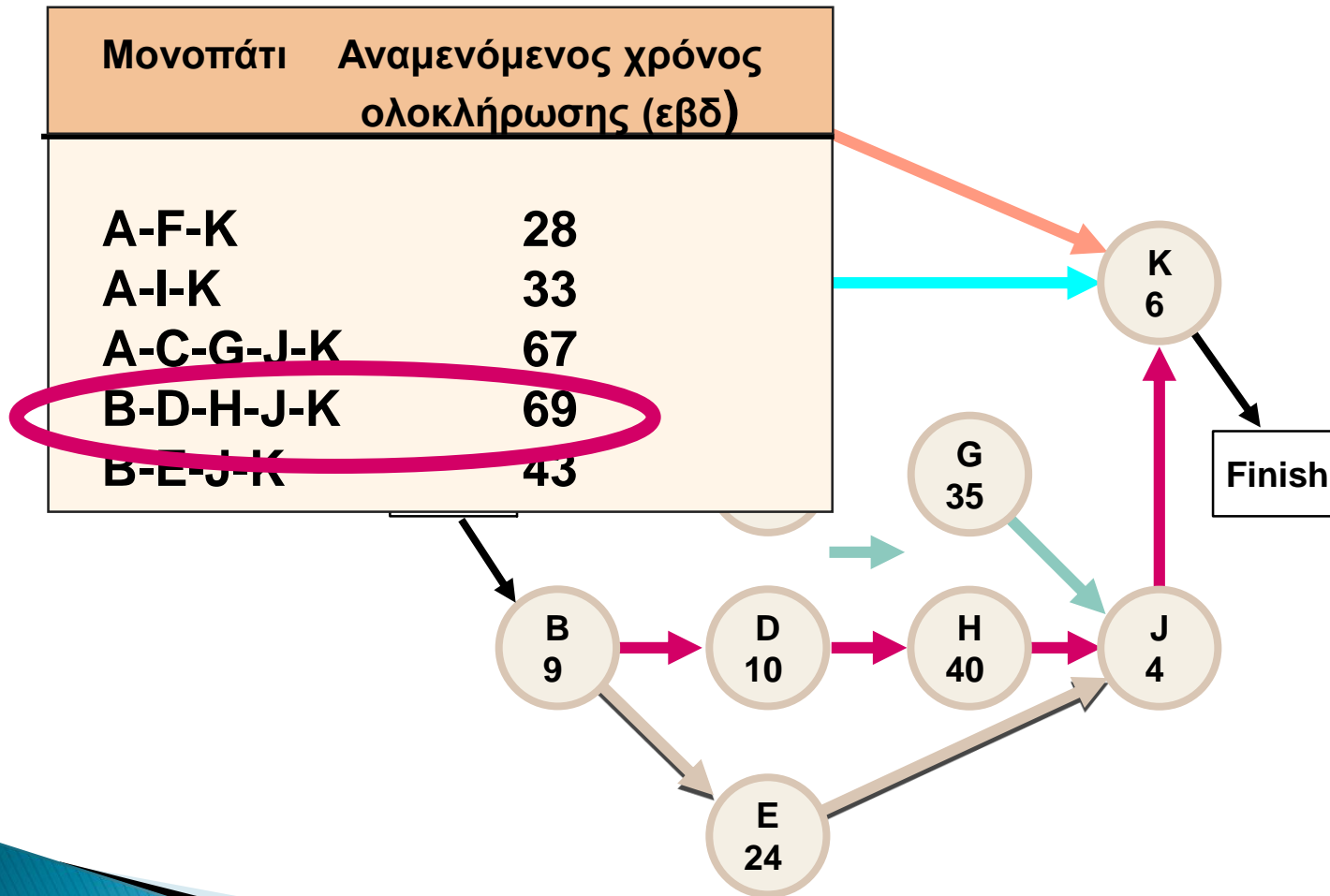
# ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ



# ΔΙΑΡΚΕΙΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΩΝ



# ΔΙΑΡΚΕΙΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΩΝ





# 4 ΕΙΔΗ ΕΞΑΡΤΗΣΕΩΝ

- ▶ **Υποχρεωτικές Εξαρτήσεις**
  - Εξαρτήσεις “Hard logic”
  - Επιβάλλονται από τη φύση της εργασίας
  - Παράδειγμα: Coding πριν testing
  - Παράδειγμα : UI design πριν UI implementation
- ▶ **Προαιρετικές Εξαρτήσεις**
  - Εξαρτήσεις “Soft logic”
  - Επιβάλλονται από
    - την ομάδα διαχείρισης έργου,
    - την διεργασία
  - Παράδειγμα : Η σειρά υλοποίησης των modules

# 4 ΕΙΔΗ ΕΞΑΡΤΗΣΕΩΝ

## ▶ Εξωτερικές εξαρτήσεις

- Από του προμηθευτές
- Από τη διαθεσιμότητα προϊόντων

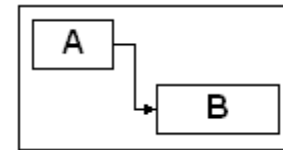
## ▶ Εξαρτήσεις πόρων

- Δύο δραστηριότητες που απαιτούν τον ίδιο πόρο

# ΣΧ'ΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

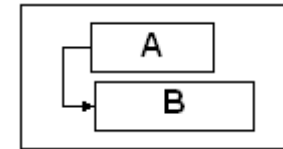
## ▶ Finish-to-Start (FS)

- B cannot start till A finishes
- A: Construct fence; B: Paint Fence



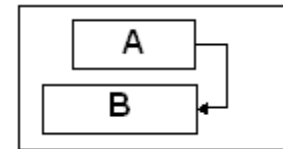
## ▶ Start-to-Start (SS)

- B cannot start till A starts
- A: Pour foundation; B: Level concrete



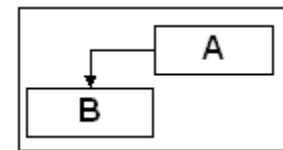
## ▶ Finish-to-Finish (FF)

- B cannot finish till A finishes
- A: Add wiring; B: Inspect electrical



## ▶ Start-to-Finish (SF)

- B cannot finish till A starts (rare)



# ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΡΙΣΙΜΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

## CRITICAL PATH ANALYSIS

- ▶ Πληροφορίες για τις δραστηριότητες
  - Earliest (**ES**) & latest (**LS**) start
  - Earliest (**EF**) & latest (**LF**) finish
  - Slack (**S**): Χρονικό περιθώριο
- ▶ Το κρίσιμο μονοπάτι
  - *Μακρύτερο* μονοπάτι στο δίκτυο
  - *Ελάχιστος* χρόνος που το έργο μπορεί να τελειώσει
  - Οποιαδήποτε καθυστέρηση στο κρίσιμο μονοπάτι καθυστερεί όλο το έργο
  - Οι δραστηριότητες του κρίσιμου μονοπατιού έχουνε **0** χρονικό περιθώριο

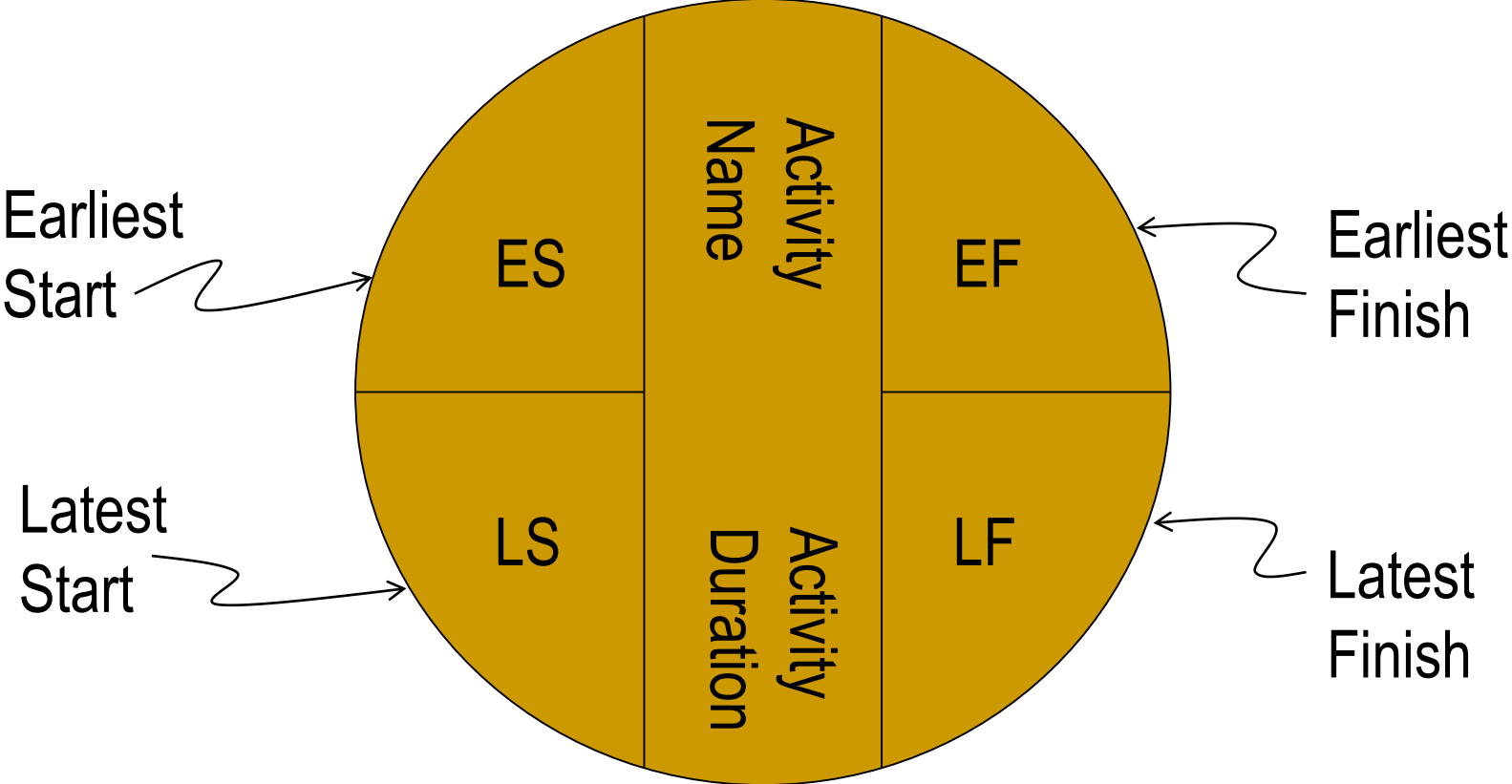
# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ES ΚΑΙ EF

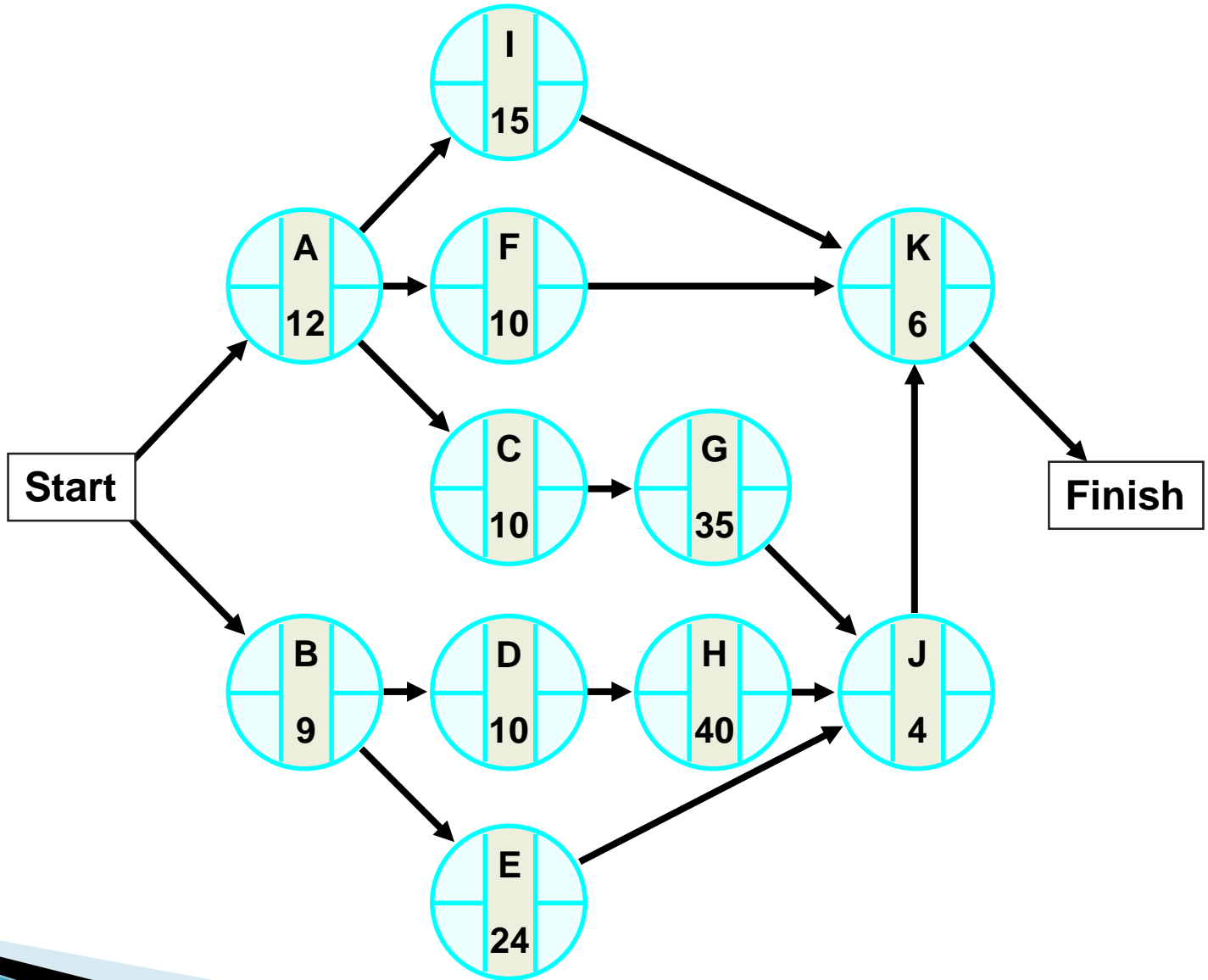
- ▶ Ξεκινάμε από την αρχική δραστηριότητα
- ▶  $ES = 0$  για τις αρχικές
  - Όπου ES το νωρίτερο ξεκίνημα
- ▶  $EF = ES + \text{Χρόνο που απαιτεί η δραστηριότητα}$ 
  - Όπου EF το νωρίτερο τελείωμα
- ▶ Αν ES έχει πολλές προηγούμενες δραστηριότητες τότε  $ES = \text{Maximum EF των προηγούμενων διαδικασιών}$

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ LS ΚΑΙ LF

- ▶ Ξεκινάμε από το τέλος και δουλεύουμε προς την αρχή
- ▶  $LF = \text{Maximum EF}$  των τελικών δραστηριοτήτων
- ▶  $LS = LF - \text{Χρόνο που απαιτεί η δραστηριότητα}$
- ▶  $LF = \text{Minimum LS}$  των επόμενων δραστηριοτήτων

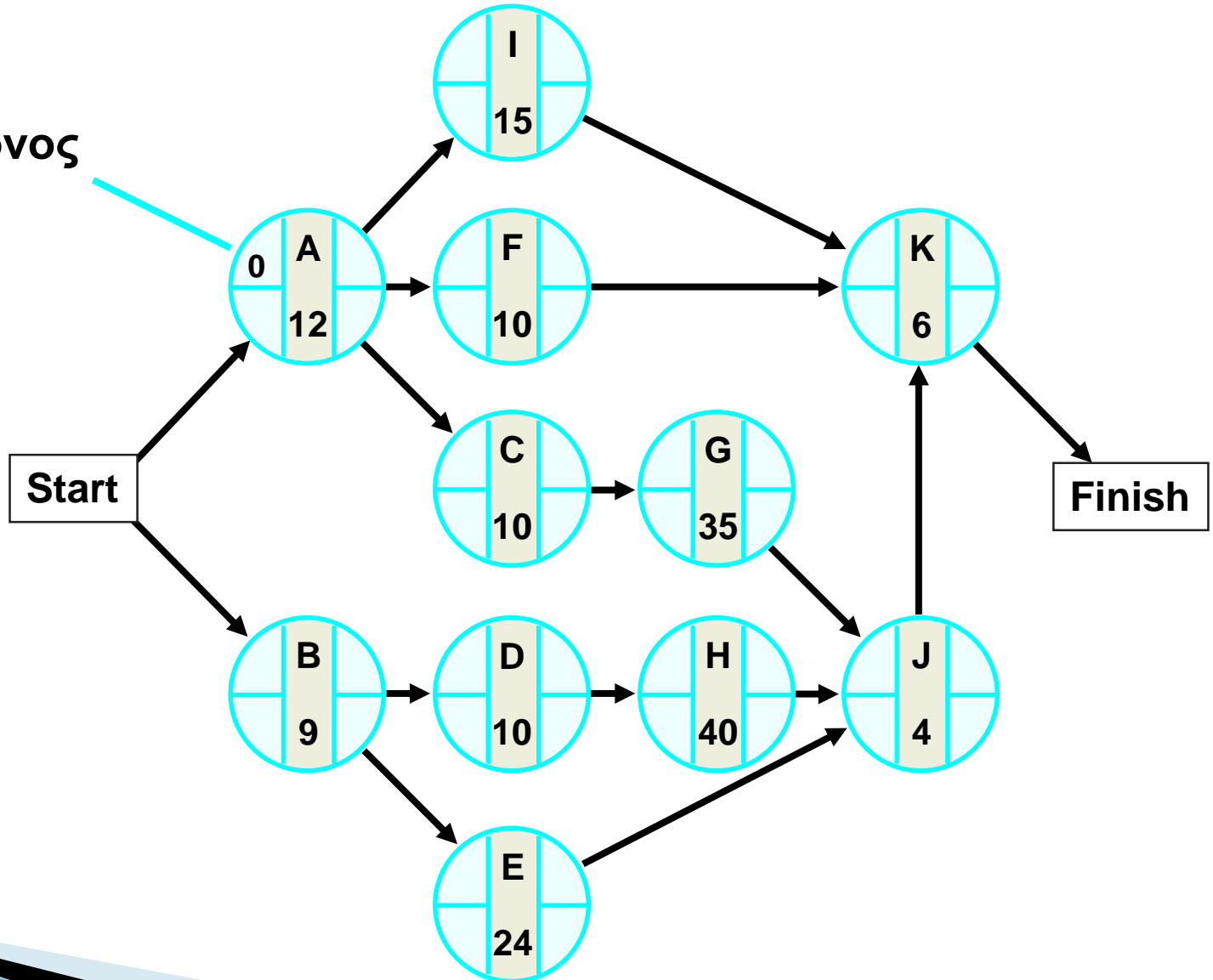
# ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ

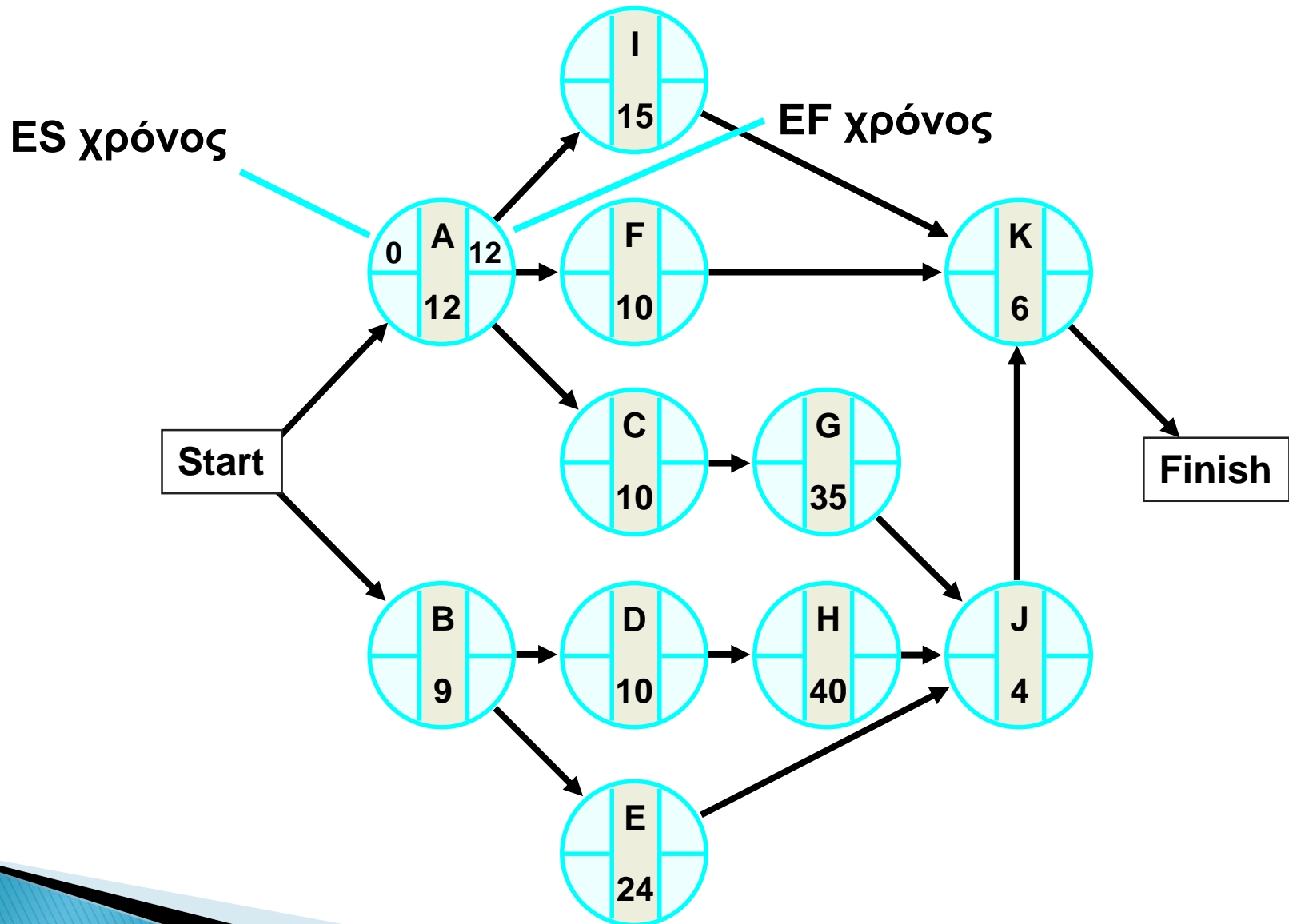


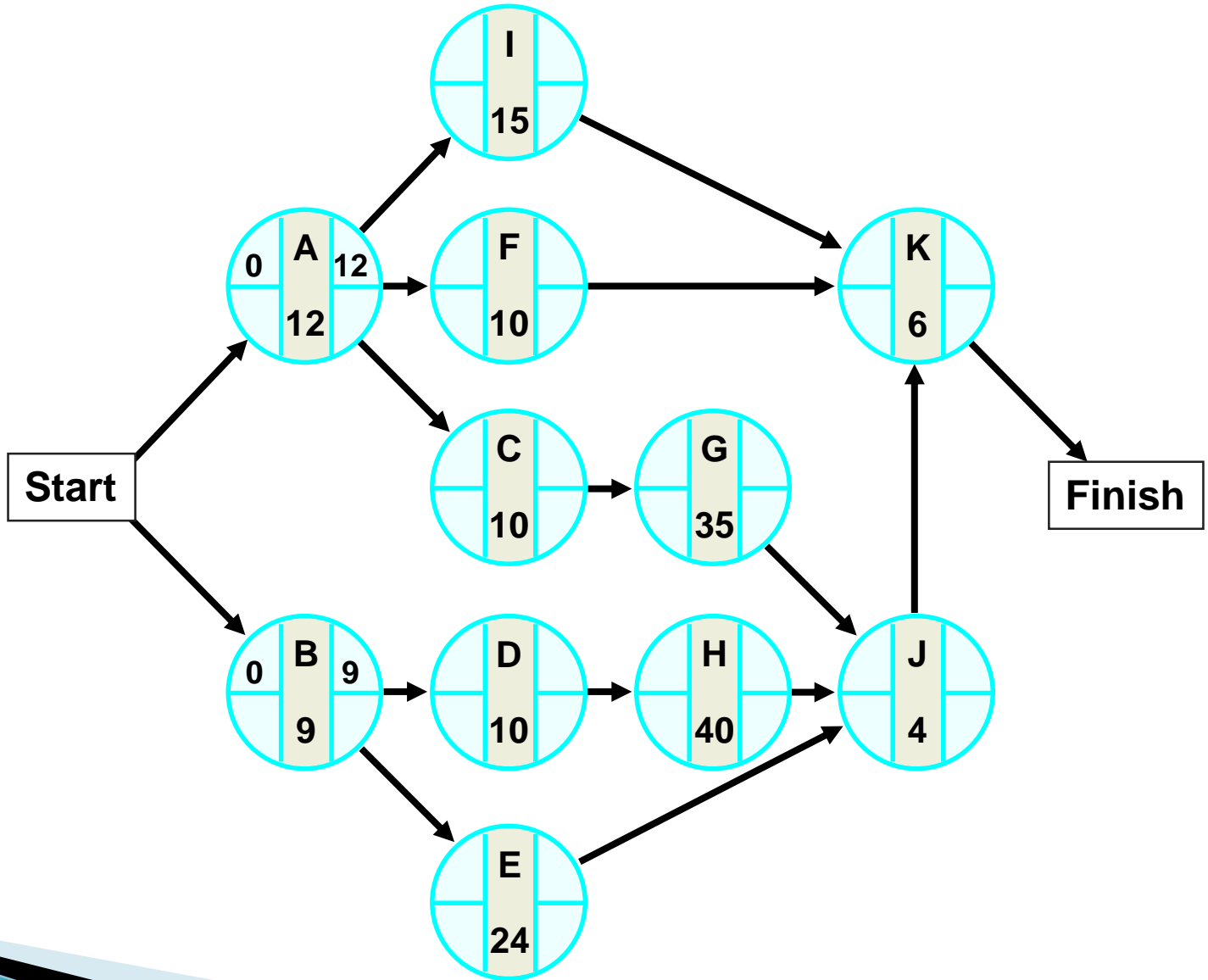


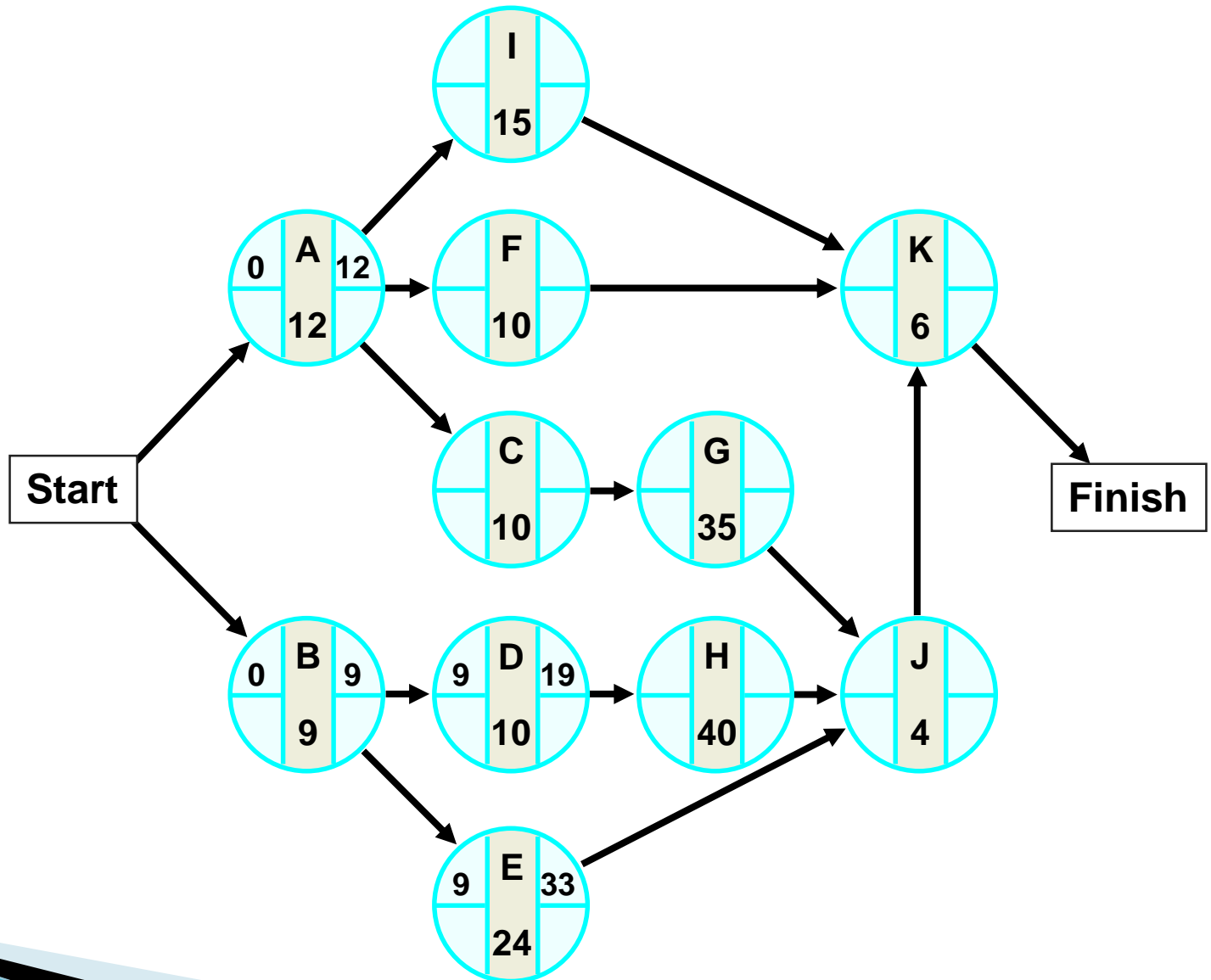


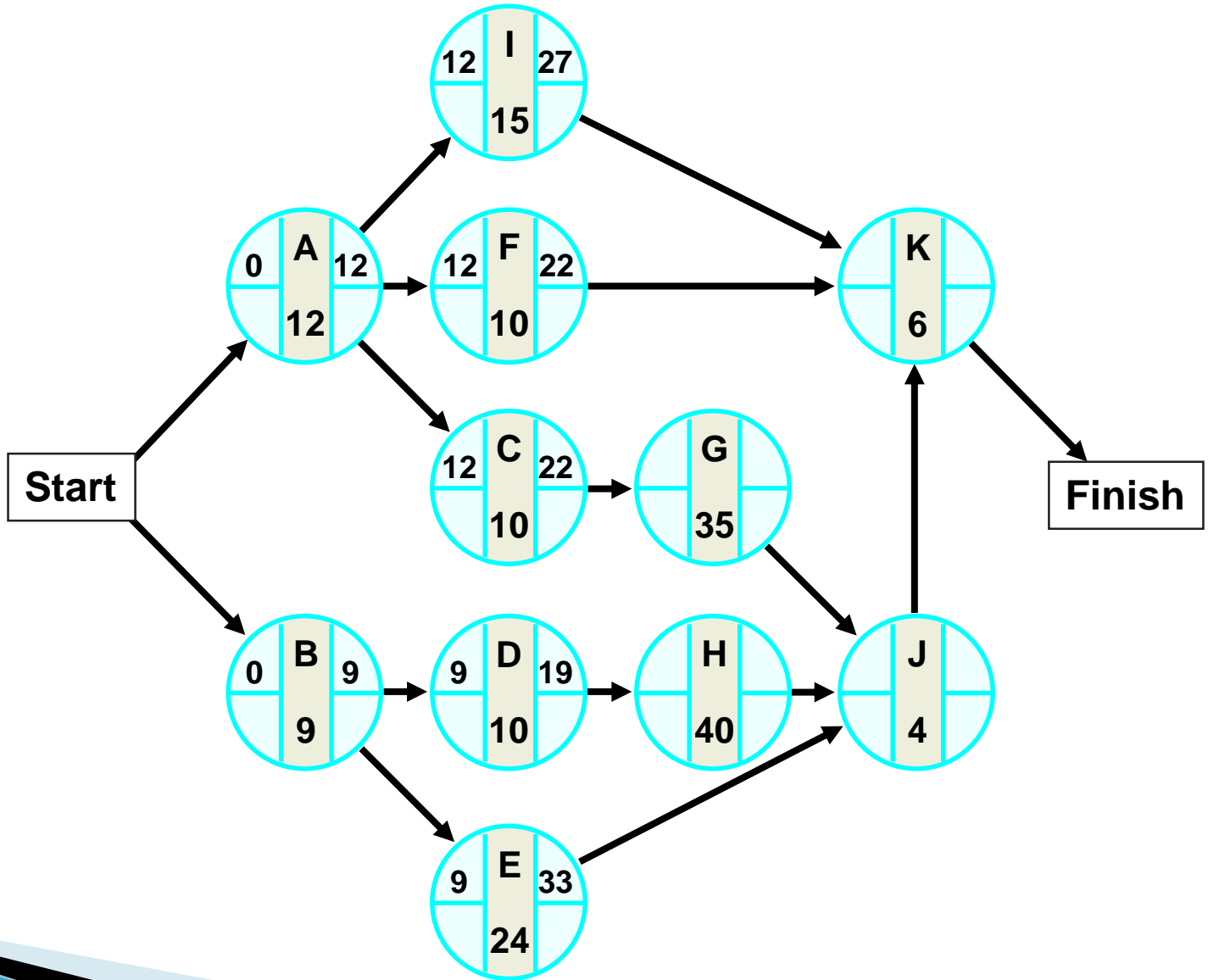
ES χρόνος

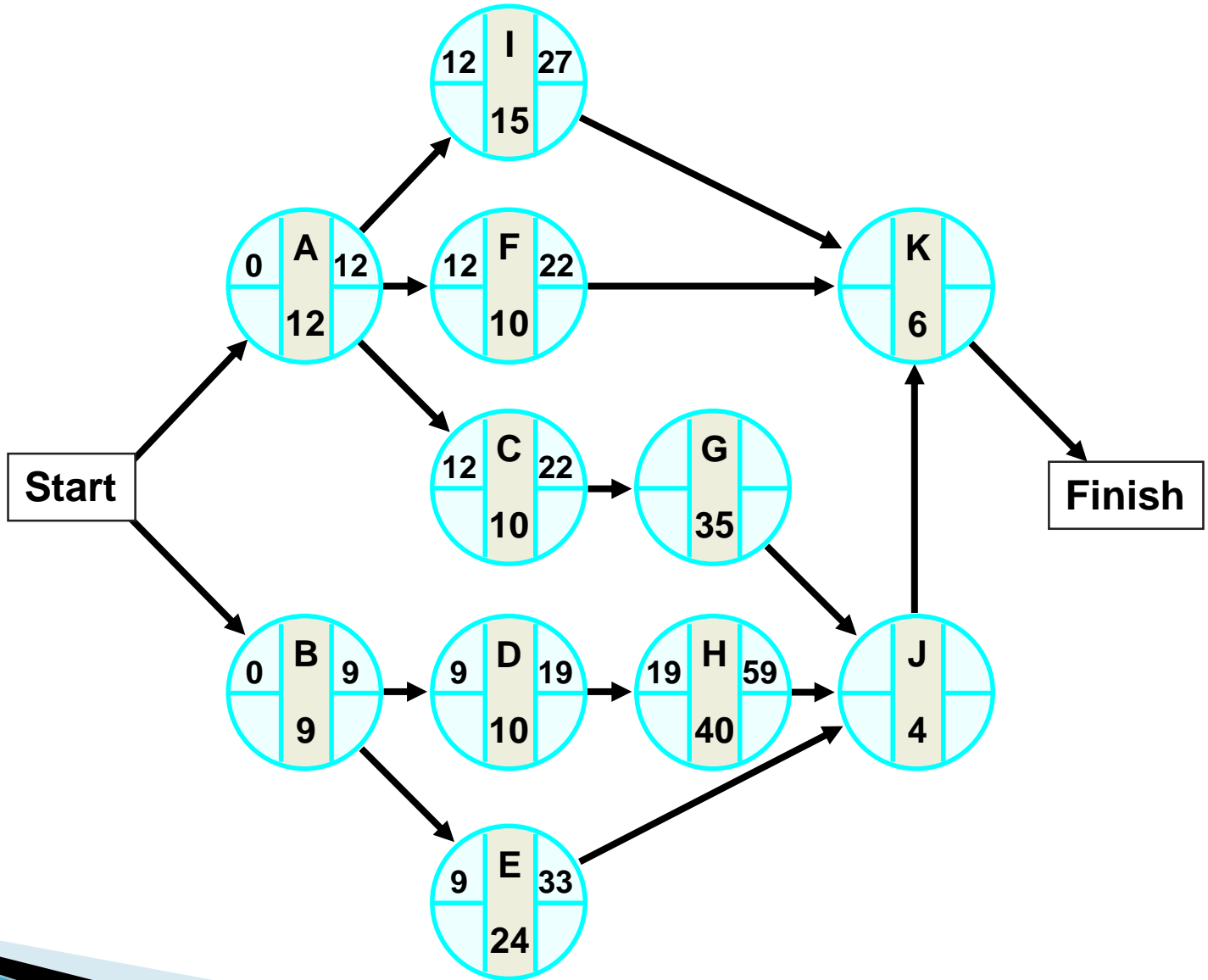


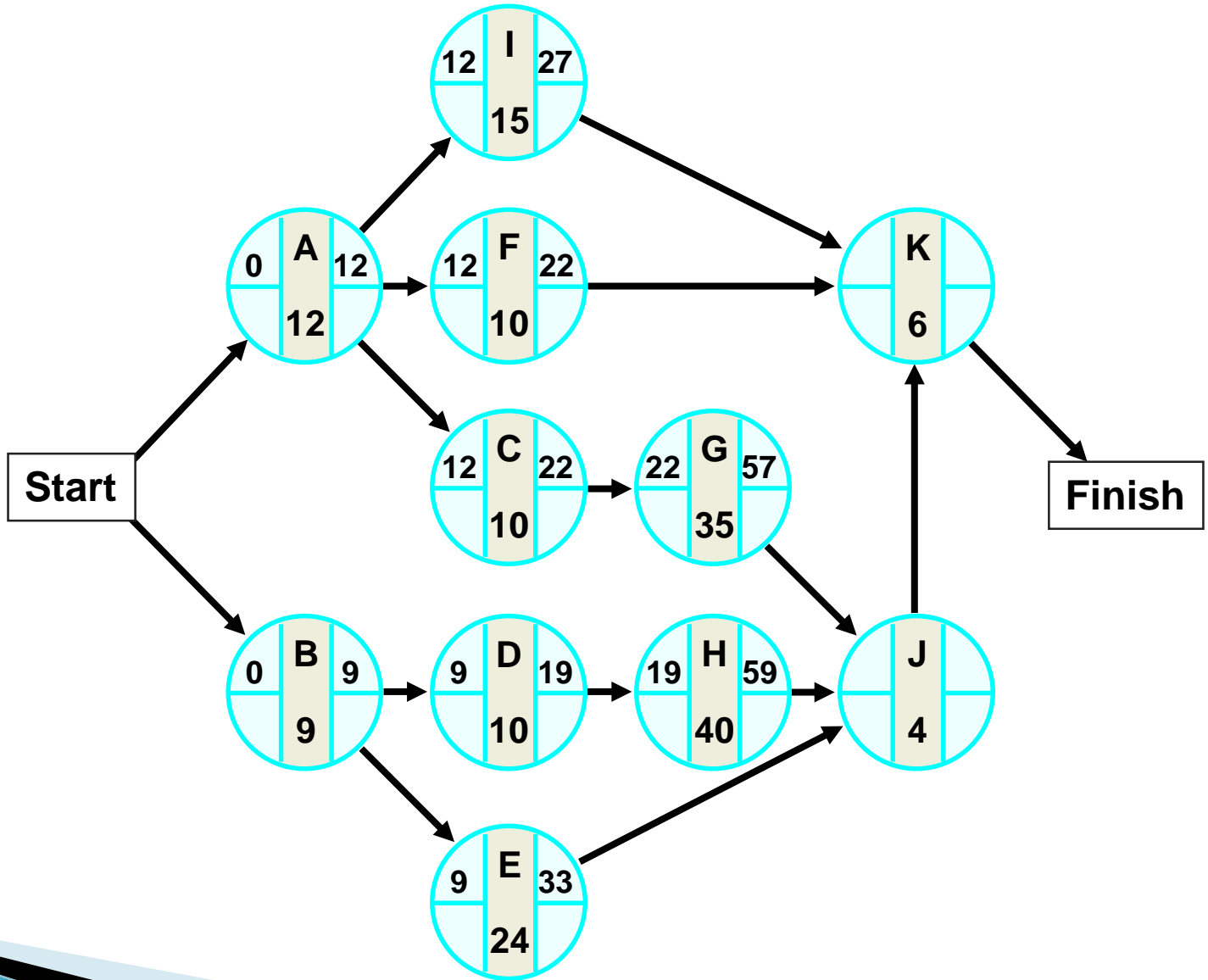


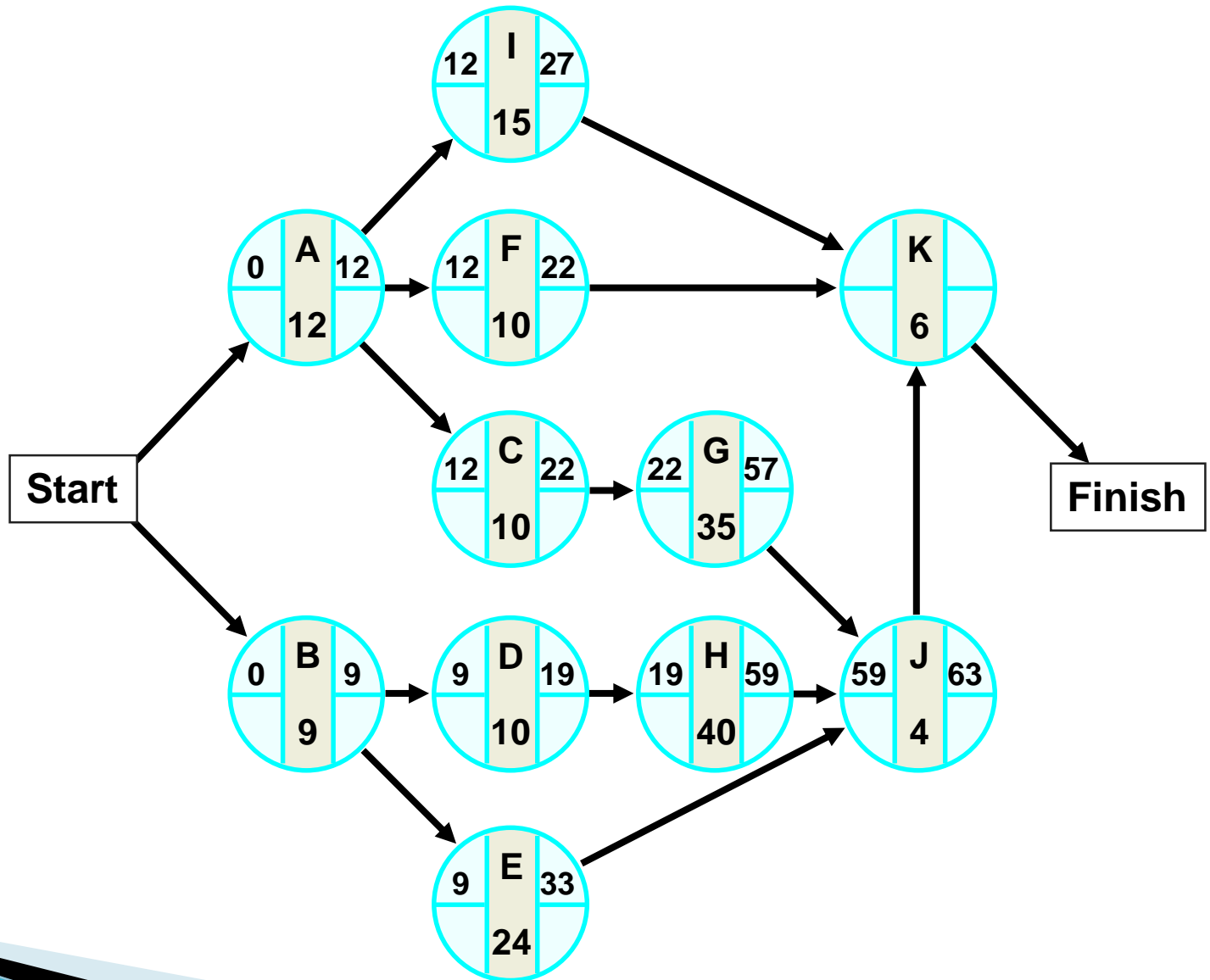




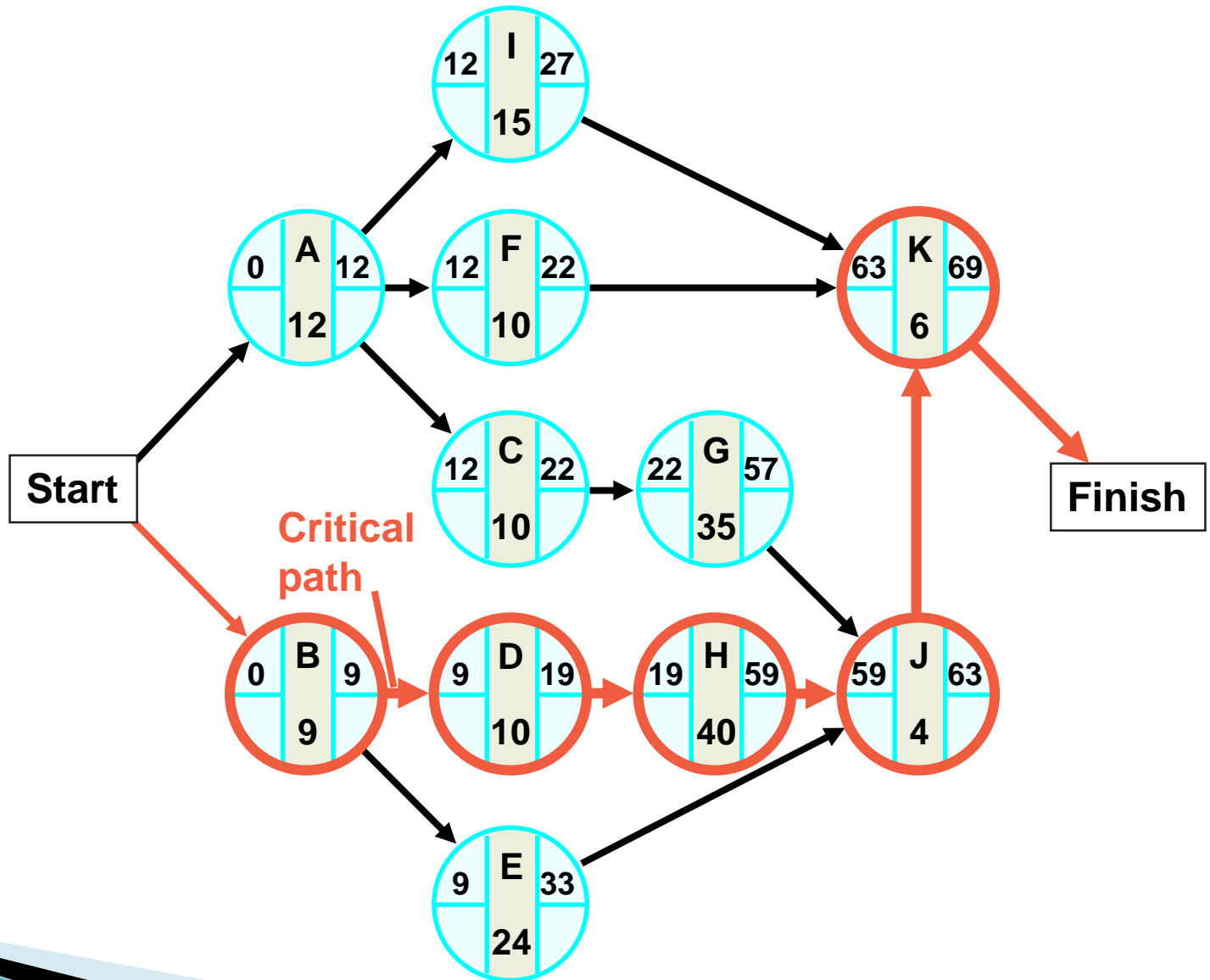


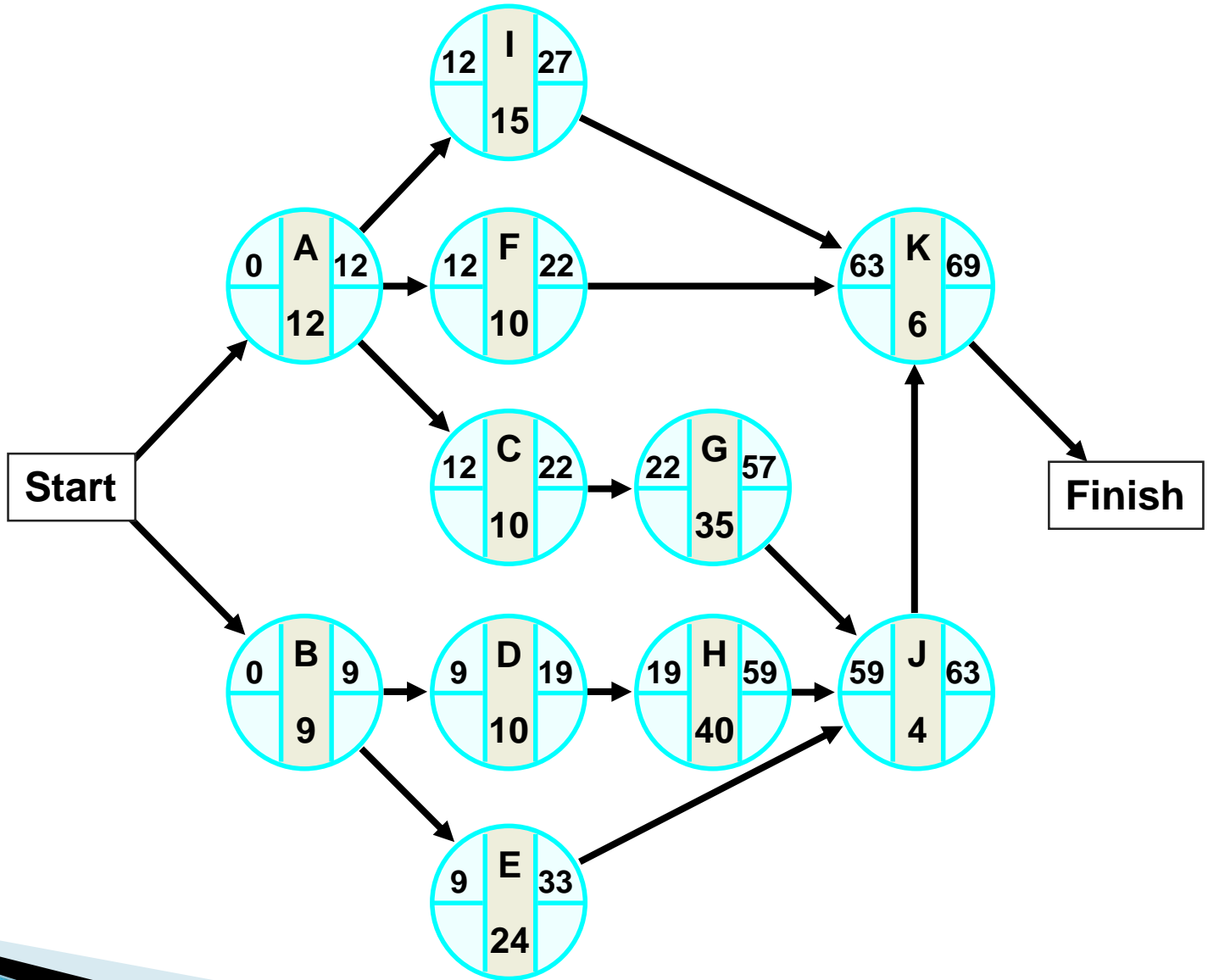


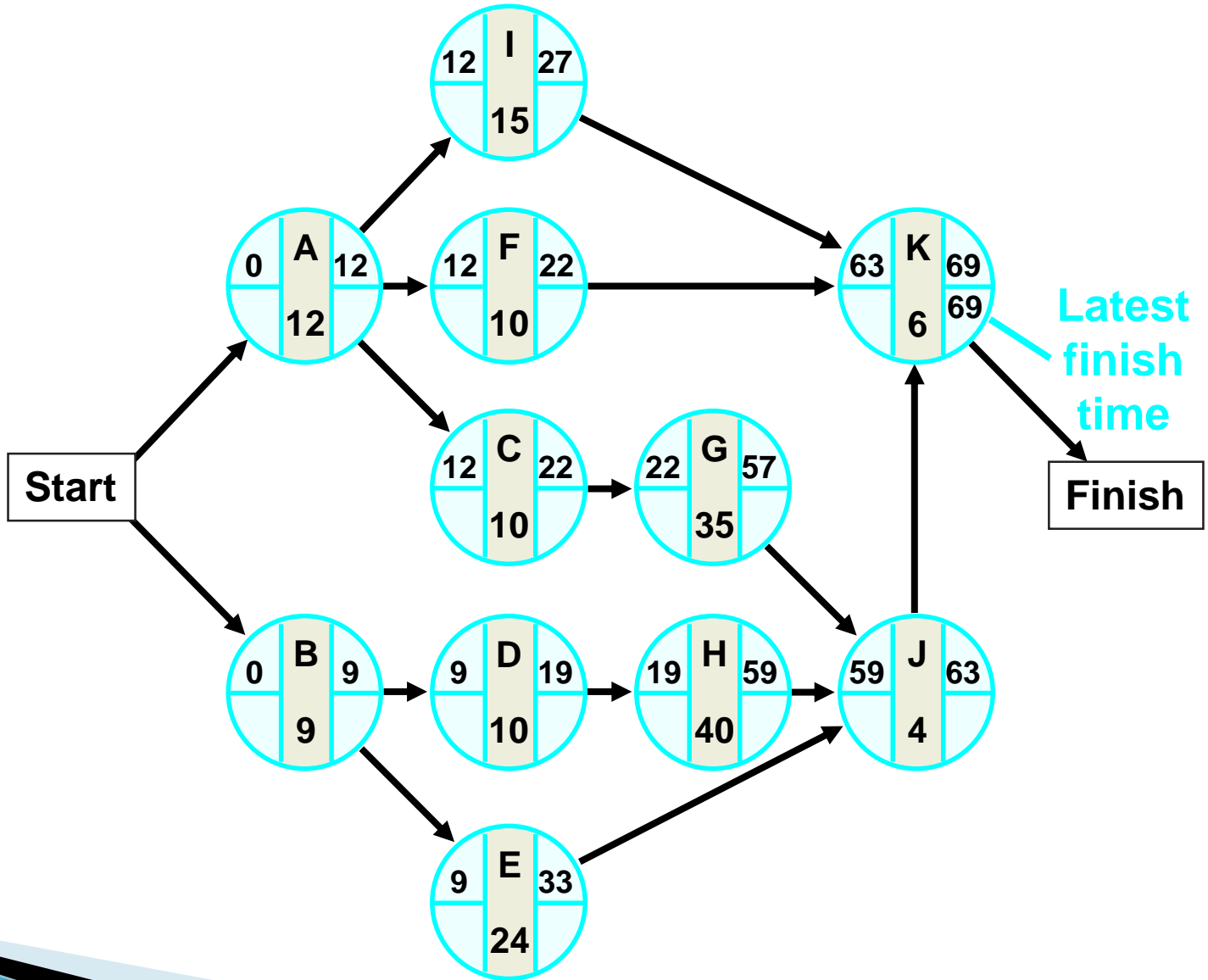


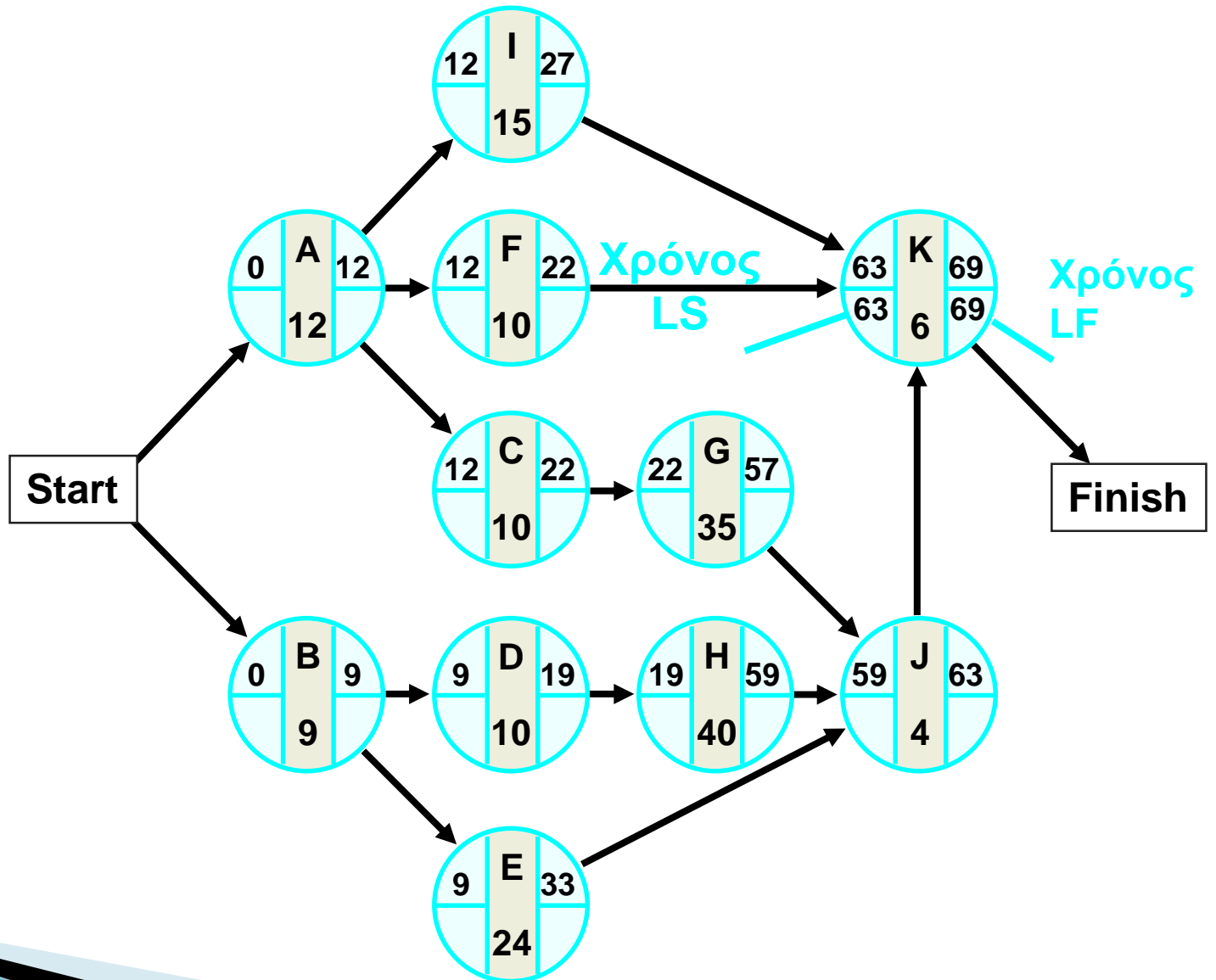


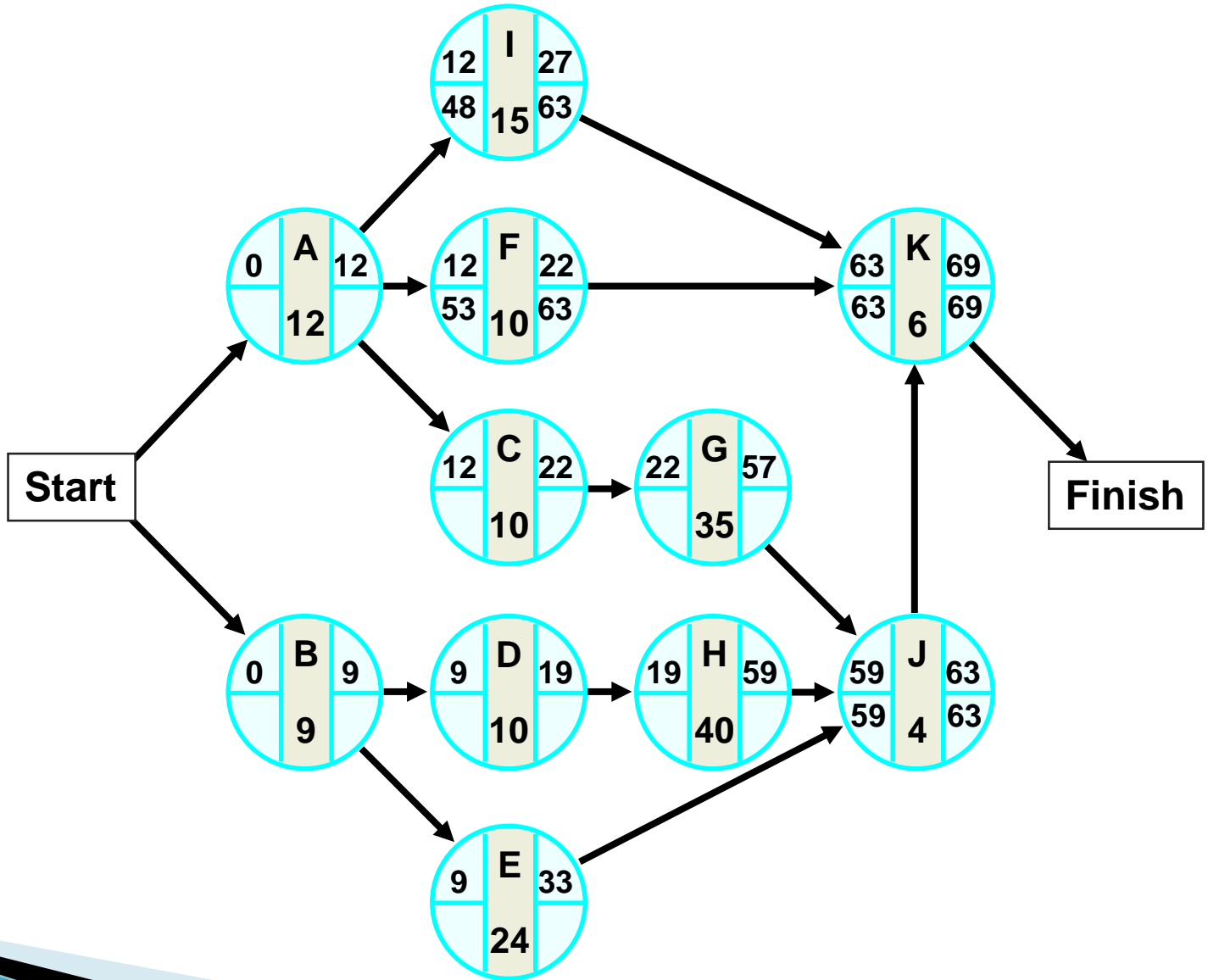


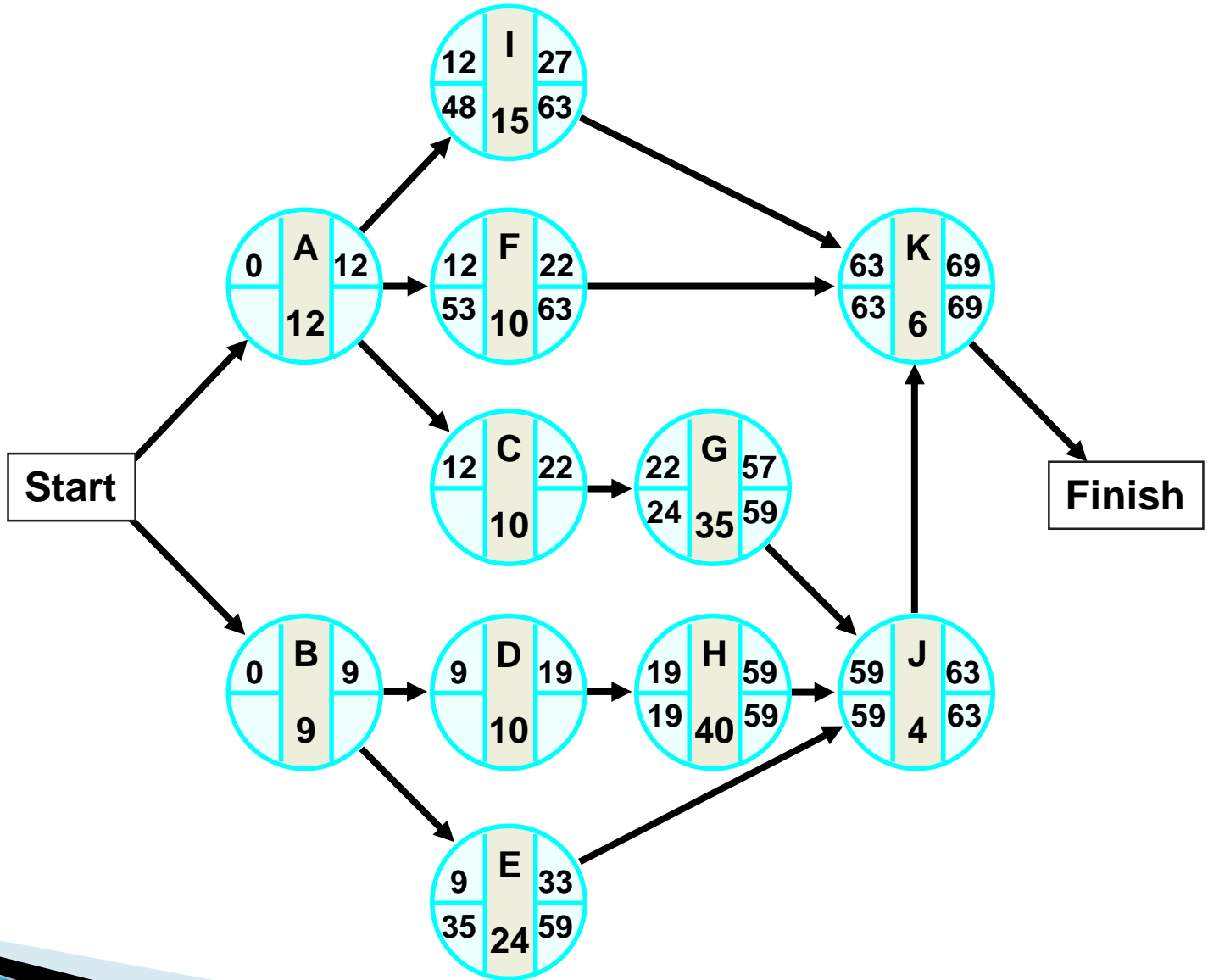


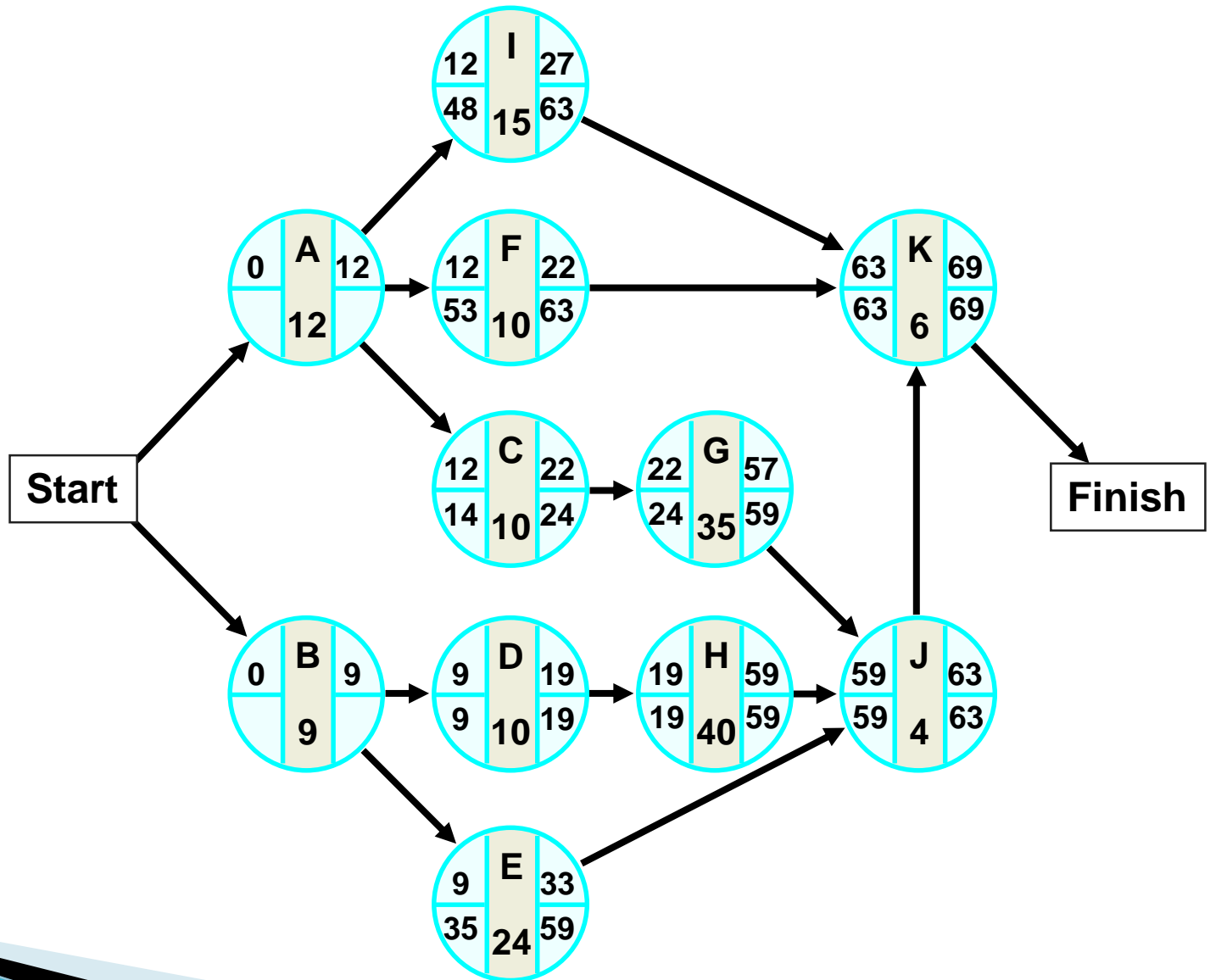


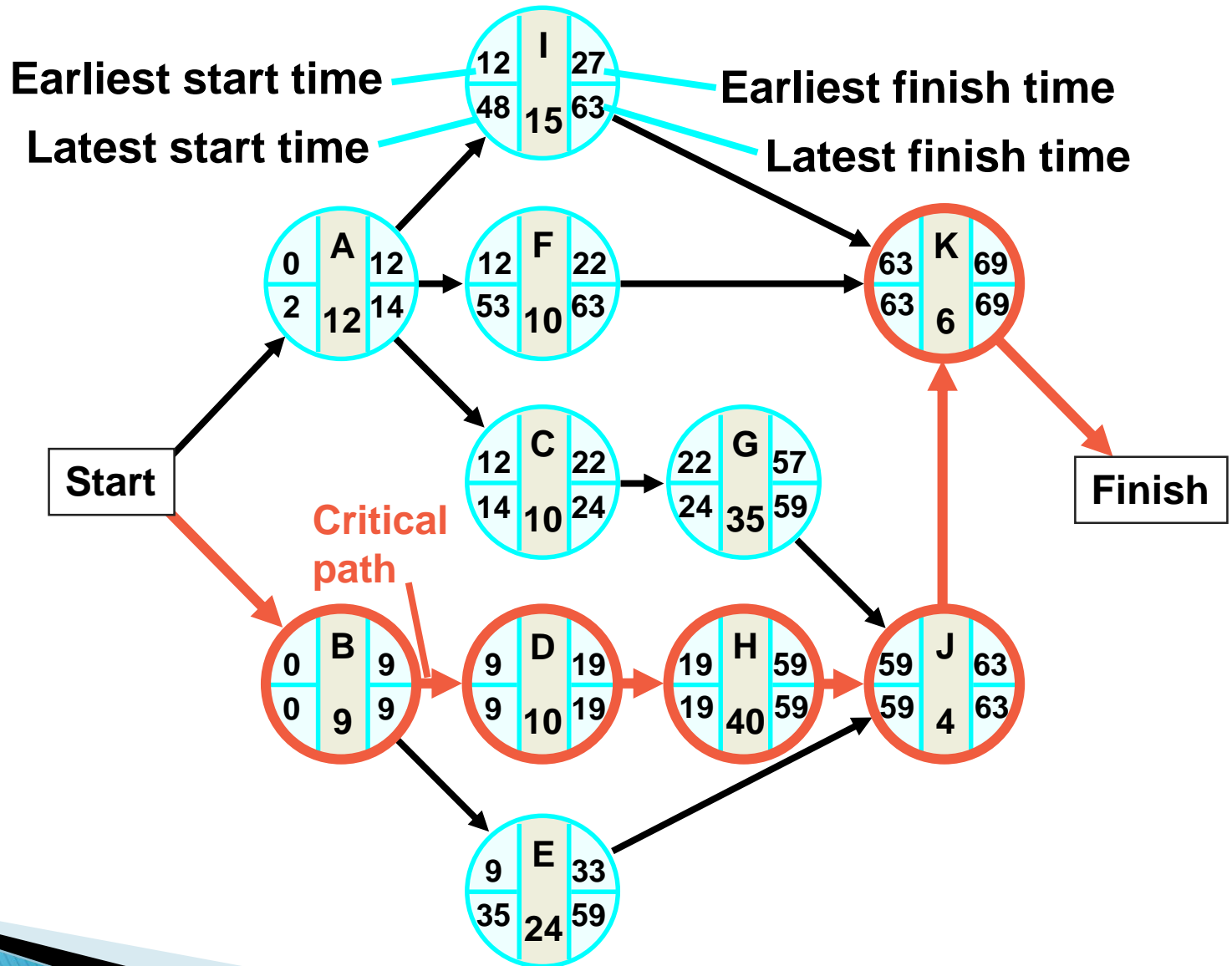














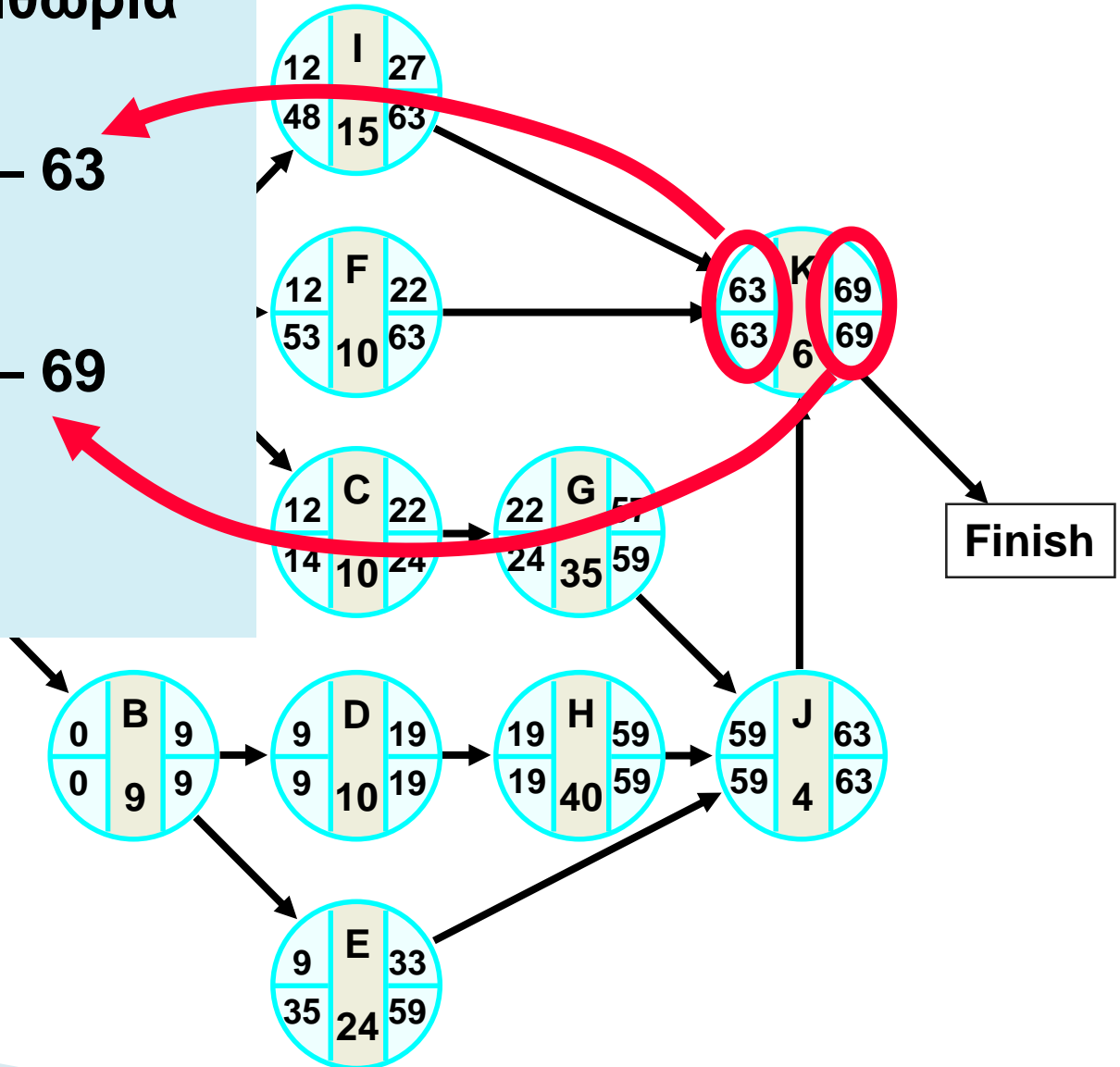
# Χρονικά περιθώρια

$$\text{Slack}_K = 63 - 63$$

or

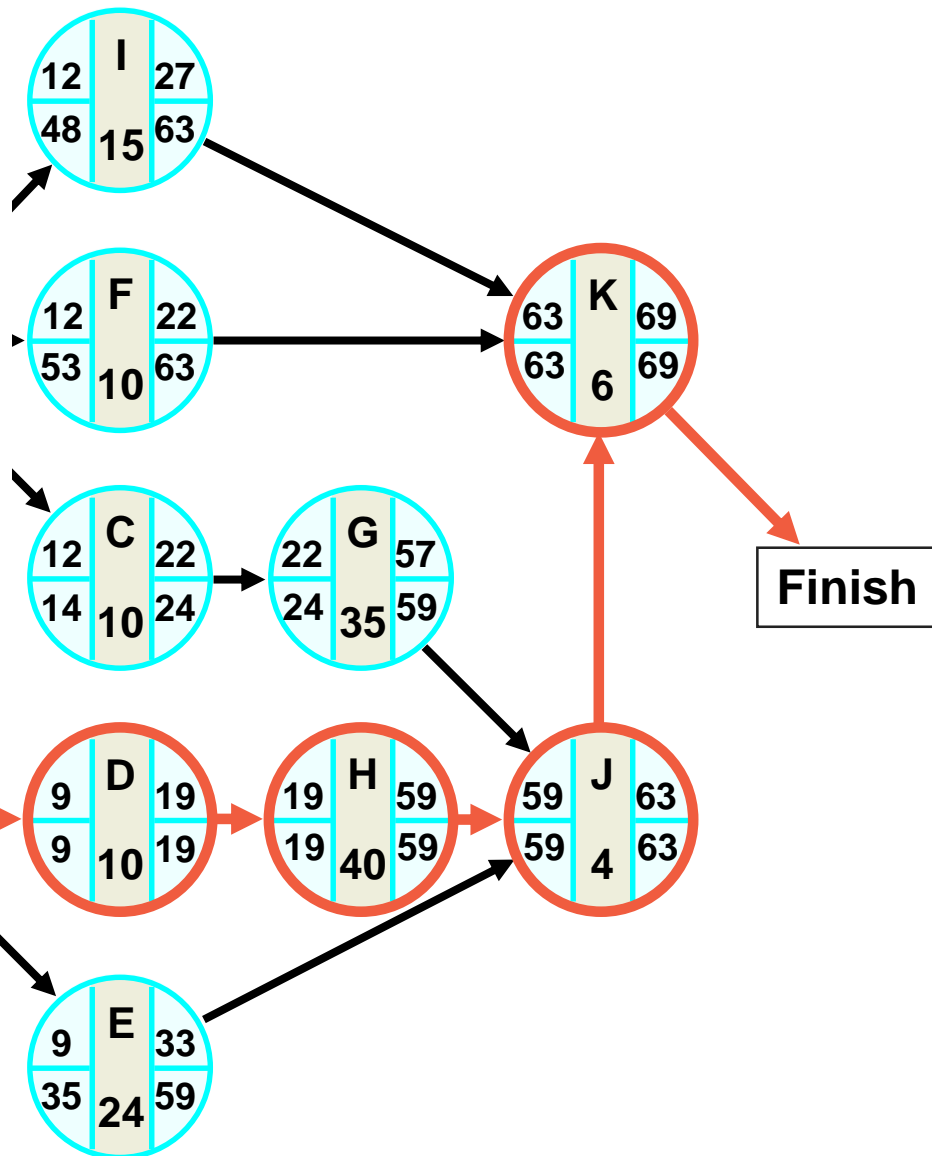
$$\text{Slack}_K = 69 - 69$$

# Ανάλυση χρονικών περιθωρίων



**Node Duration ES LS Slack**

Node	Duration	ES	LS	Slack
A	12	0	2	2
<b>B</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
C	10	12	14	2
<b>D</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
E	24	9	35	26
F	10	12	53	41
G	35	22	24	2
<b>H</b>	<b>40</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>0</b>
I	15	12	48	36
<b>J</b>	<b>4</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>0</b>
<b>K</b>	<b>6</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>0</b>



**Critical Path**

# ΟΡΟΛΟΓΙΑ

## ▶ Slack & Float

- **Float & Slack:** συνώνυμα

- **Free Slack**

- Ο χρόνος που μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα χωρίς να καθυστερήσει η επόμενη

- **Total Slack**

- Ο χρόνος που μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα χωρίς να καθυστερήσει το έργο

- **Project slack**

- Ο χρόνος που μπορεί να καθυστερήσει ένα έργο χωρίς να καθυστερήσει μια εξωτερική δραστηριότητα

- **Slack Time**  $T_S = T_L - T_E$

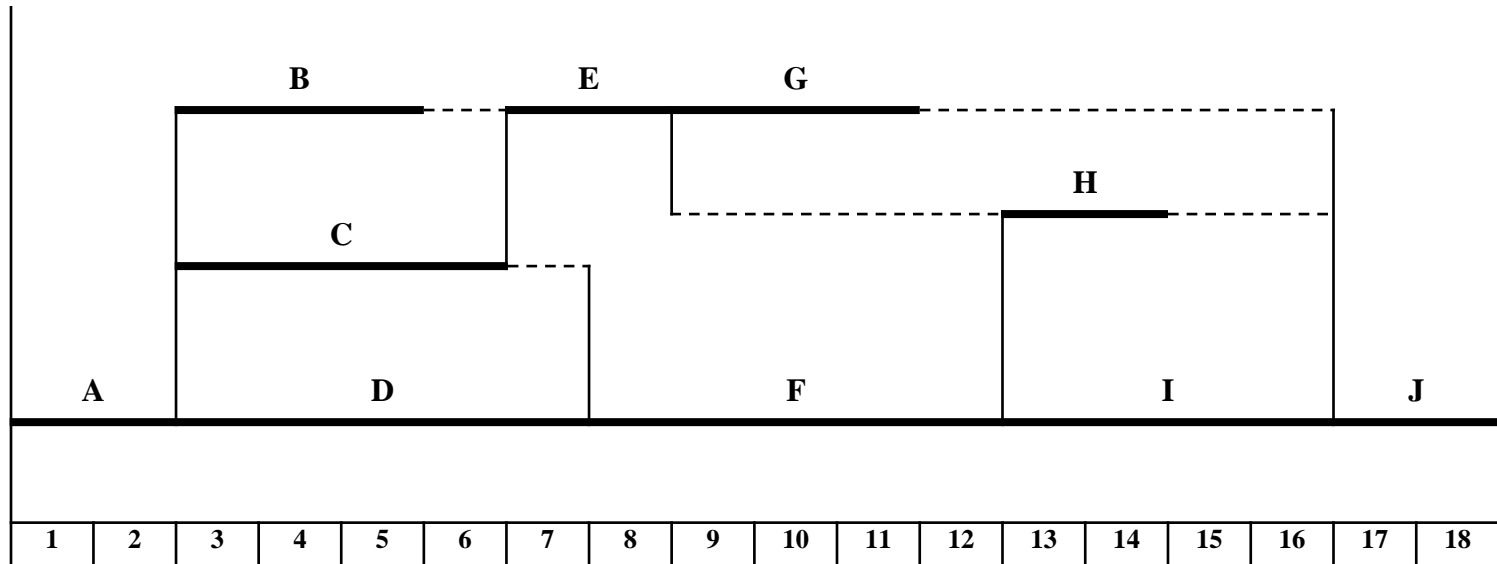
- $T_E$  = earliest time an event can take place

- $T_L$  = latest date it can occur w/o extending project's completion date

## ■ Παράδειγμα

Δραστηριότητα	Προηγούμενη	Διάρκεια
E	B, C	2
B	A	3
C	A	4
G	E	3
F	C, D	5
A	None	2
H	E, F	2
D	A	5
I	F	4
J	G, H, I	2

# ■ Παράδειγμα



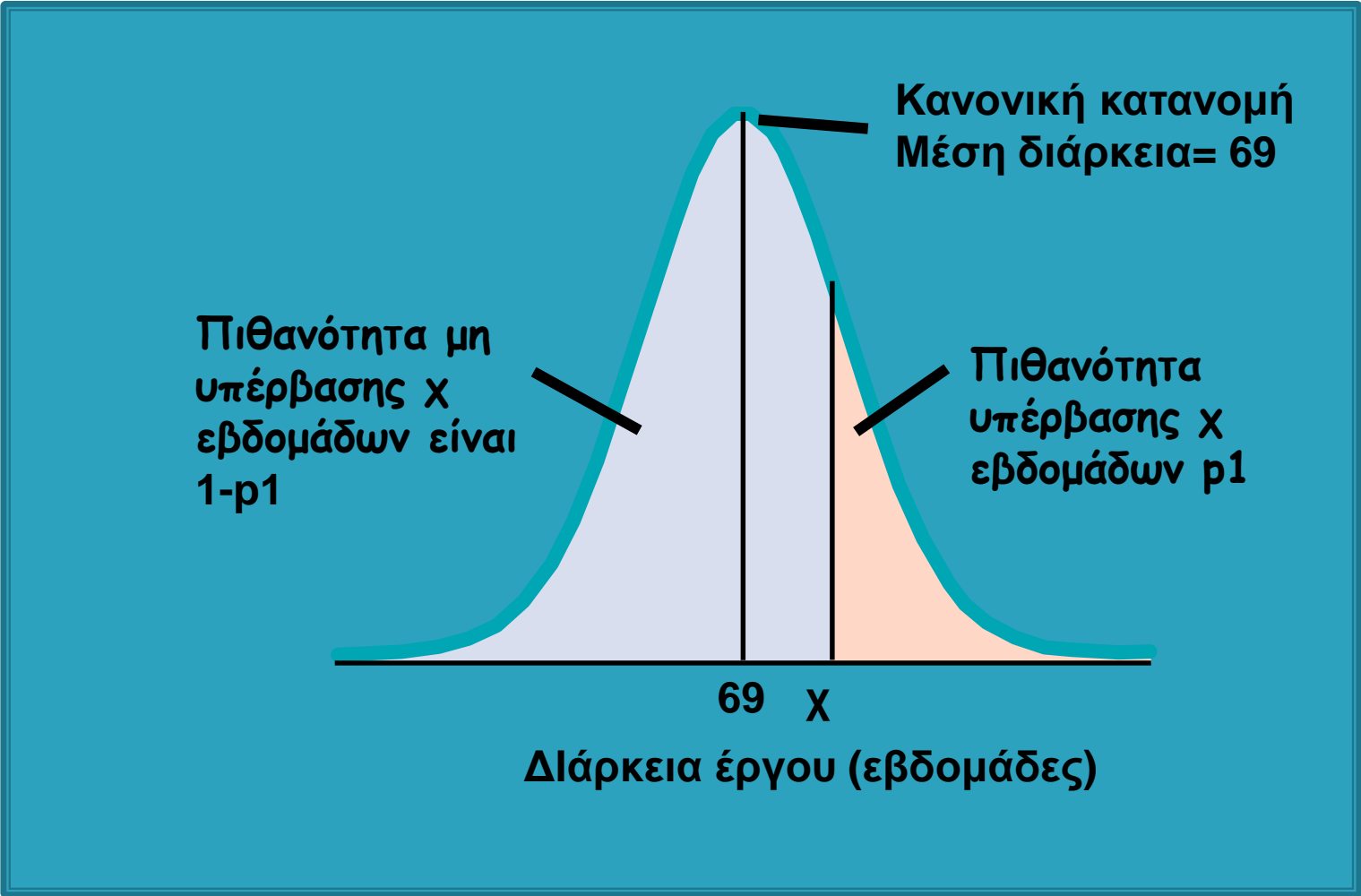
45

- Χρόνος ολοκλήρωσης έργου = 18 ημέρες
- Κρίσιμο Μονοπάτι: A, D, F, I J.

Δραστηριότητα	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Total float	0	6	1	0	5	0	5	2	0	0
Free float	0	1	0	0	0	0	5	2	0	0

# PERT – ΧΡΟΝΟΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

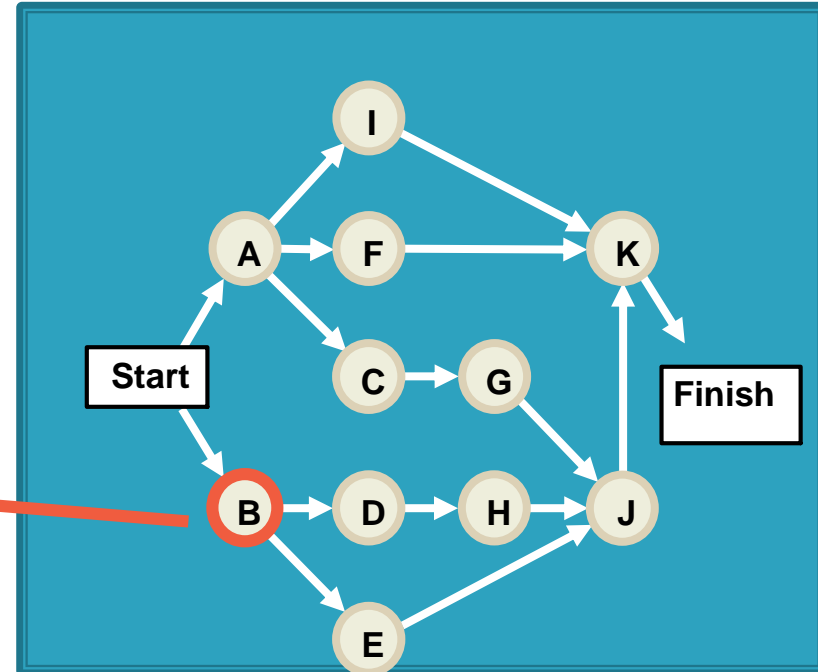
- ▶ 3 εκτιμήσεις χρόνου
  - Optimistic ( $a$ ) – αισιόδοξη
  - Most-likely time ( $m$ ) – πιο πιθανή
  - Pessimistic time ( $b$ ) – απασιόδοξη
- ▶ Αναμενόμενος χρόνος:
  - $TE = (a + 4m + b)/6$
- ▶ Διακύμανση:  $\sigma^2 = ((b - a) / 6)^2$
- ▶ Τυπική Απόκλιση  $\sigma$



# ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΥ

## Δραστηριότητα B

Αισιόδοξη (a)	Πιθανή (m)	Απαισιόδοξη (b)
7	8	15



$$t_e = \frac{7 + 4(8) + 15}{6} = 9 \text{ εβδομάδες}$$

$$\sigma^2 = \left( \frac{15 - 7}{6} \right)^2 = 1.78$$

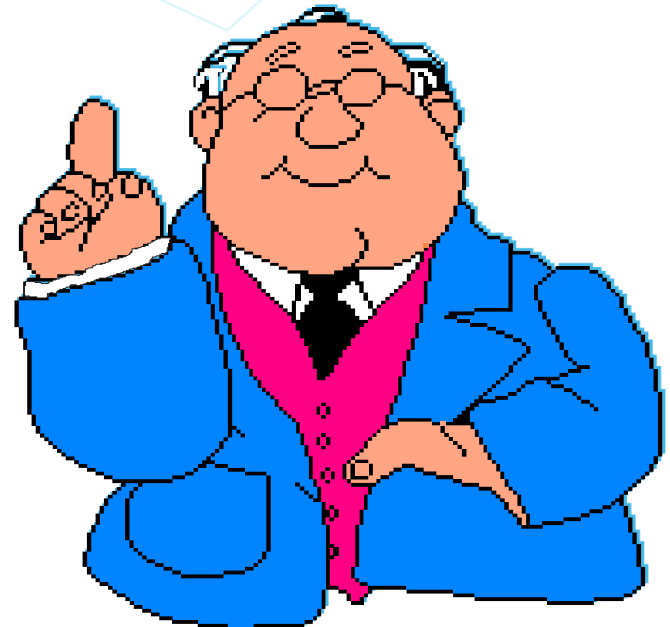


Δραστ.	Εκτιμήσεις χρόνου (εβδ.)			Στατιστικά	
	Αισιόδοξη (a)	Πιθανή (m)	Απαισιόδοξη (b)	Αναμενόμενος Χρόνος ( $t_e$ )	Απόκλιση ( $\sigma^2$ )
A	11	12	13	12	0.11
B	7	8	15	9	1.78
C	5	10	15	10	2.78
D	8	9	16	10	1.78
E	14	25	30	24	7.11
F	6	9	18	10	4.00
G	25	36	41	35	7.11
H	35	40	45	40	2.78
I	10	13	28	15	9.00
J	1	2	15	4	5.44
K	5	6	7	6	0.11

# ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

- ▶ Αναμενόμενη διάρκεια έργου ( $T_E$ )
  - Άθροισμα αναμενόμενων χρόνων δραστηριοτήτων που είναι στο κρίσιμο μονοπάτι
  - Διακύμανση έργου ( $\sigma^2$ )
    - Άθροισμα των τυπικών αποκλίσεων των δραστηριοτήτων που είναι στο κρίσιμο μονοπάτι
    - $\sigma^2 = ((b - a) / 6)^2$

Χρησιμοποιείτε για να βρούμε την πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου



ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΝΑ ΤΕΛΕΙΩΣΕΙ ΣΕ  
ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΑΠΟ 72 ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ?

Κρίσιμο μονοπάτι = B - D - H - J - K

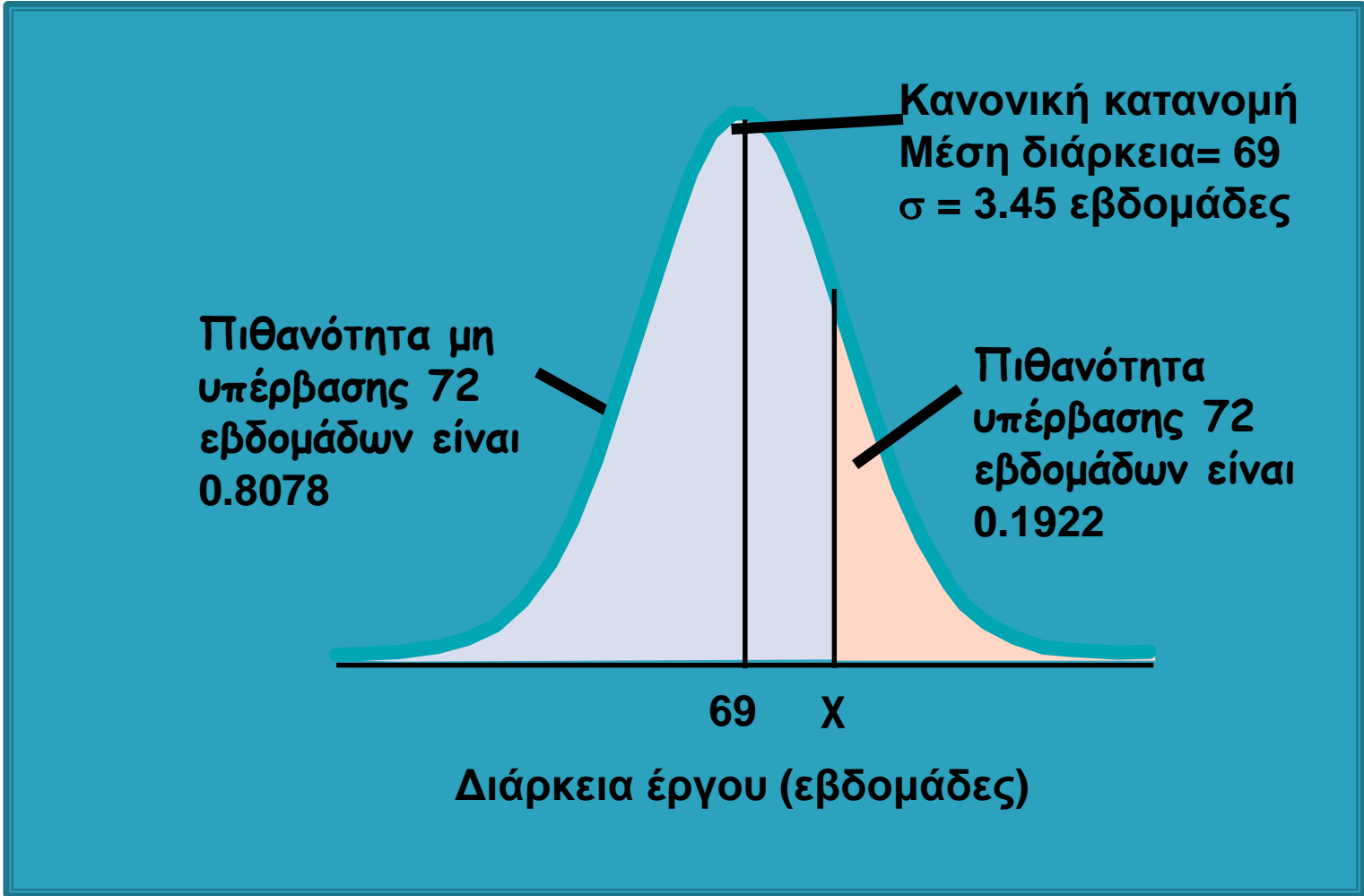
$$T = 72 \quad T_E = 69$$

$$\sigma^2 = \sum (\text{απόκλιση δραστηριοτήτων}) \quad z = \frac{T - T_E}{\sqrt{\sigma^2}}$$

$$\sigma^2 = 1.78 + 1.78 + 2.78 + 5.44 + 0.11 = 11.89$$

$$z = \frac{72 - 69}{\sqrt{11.89}} = 0.87$$

$$P_z = .8078 \approx .81$$



# ΜΟΝΟΠΑΤΙ = A - C - G - J - K

$T = 72$  days

$T_E = 67$  days

$\sigma^2 = \sum$  (απόκλιση δραστηριοτήτων)

$$z = \frac{T - T_E}{\sqrt{\sigma^2}}$$

$$\sigma^2 = 0.11 + 2.78 + 7.11 + 5.44 + 0.11 = 15.55$$

$$z = \frac{72 - 67}{\sqrt{15.55}} = 1.27$$

$$P_z = .8980 \approx .90$$

# ΆΣΚΗΣΗ

- ▶ Έχει παρατηρηθεί ότι ο χρόνος που χρειάζεται ένα software module για να γίνει testing, ακολουθεί κατά προσέγγιση κανονική κατανομή με μέση τιμή  $\mu = 17 \text{ min}$  και τυπική απόκλιση  $\sigma = 3 \text{ min}$ . Να βρεθεί η πιθανότητα, ο χρόνος που θα χρειασθεί το testing,
  - α) να είναι το πολύ  $15 \text{ min}$
  - β) να είναι περισσότερο από  $22 \text{ min}$
  - γ) να είναι τουλάχιστον  $13 \text{ min}$  και το πολύ  $21 \text{ min}$

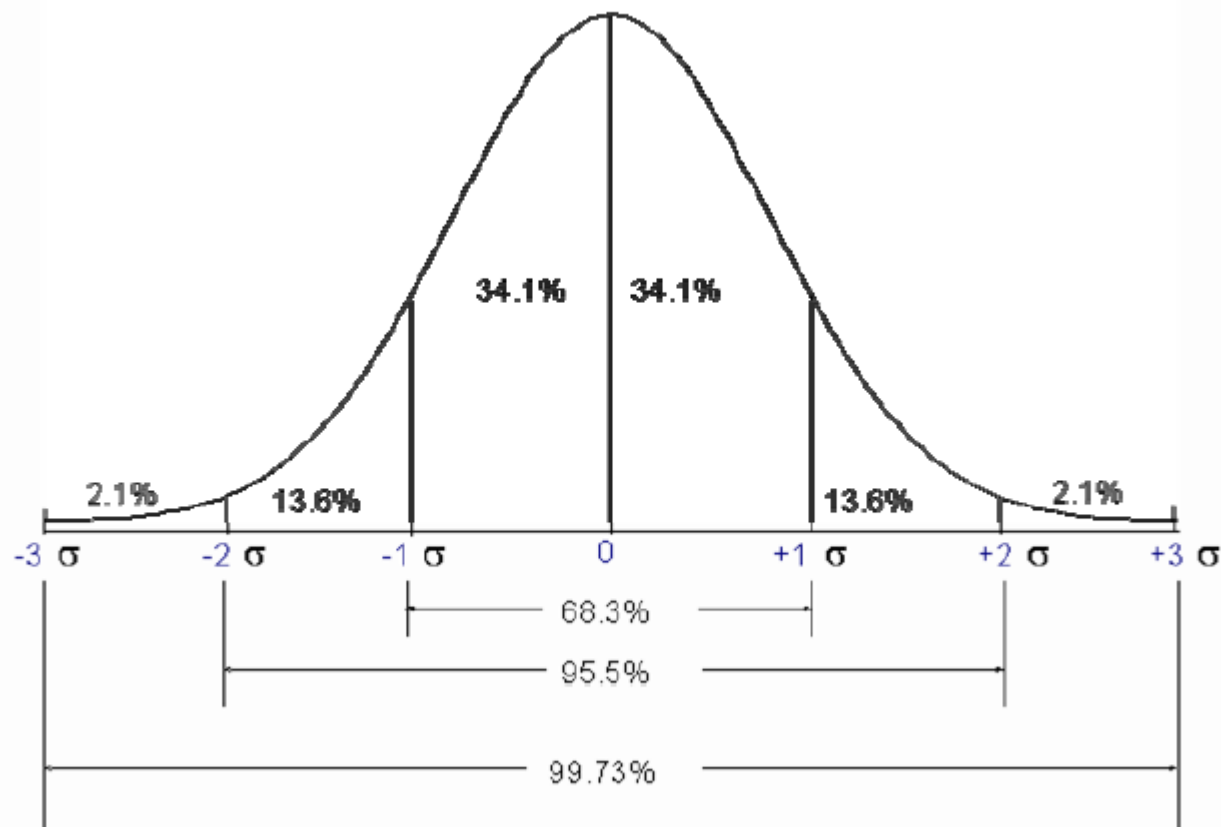
# ΑΠΑΝΤΗΣΗ

$$\alpha) P(X \leq 15) = P\left(\frac{X-17}{3} \leq \frac{15-17}{3}\right) = P(Z \leq -0.67) = \Phi(-0.67) = \\ = 1 - \Phi(0.67) = 1 - 0.7486 = 0.25$$

$$\beta) P(X > 22) = P\left(\frac{X-17}{3} > \frac{22-17}{3}\right) = P(Z > 1.67) = 1 - P(Z \leq 1.67) = \\ = 1 - \Phi(1.67) = 1 - 0.9525 = 0.0475$$

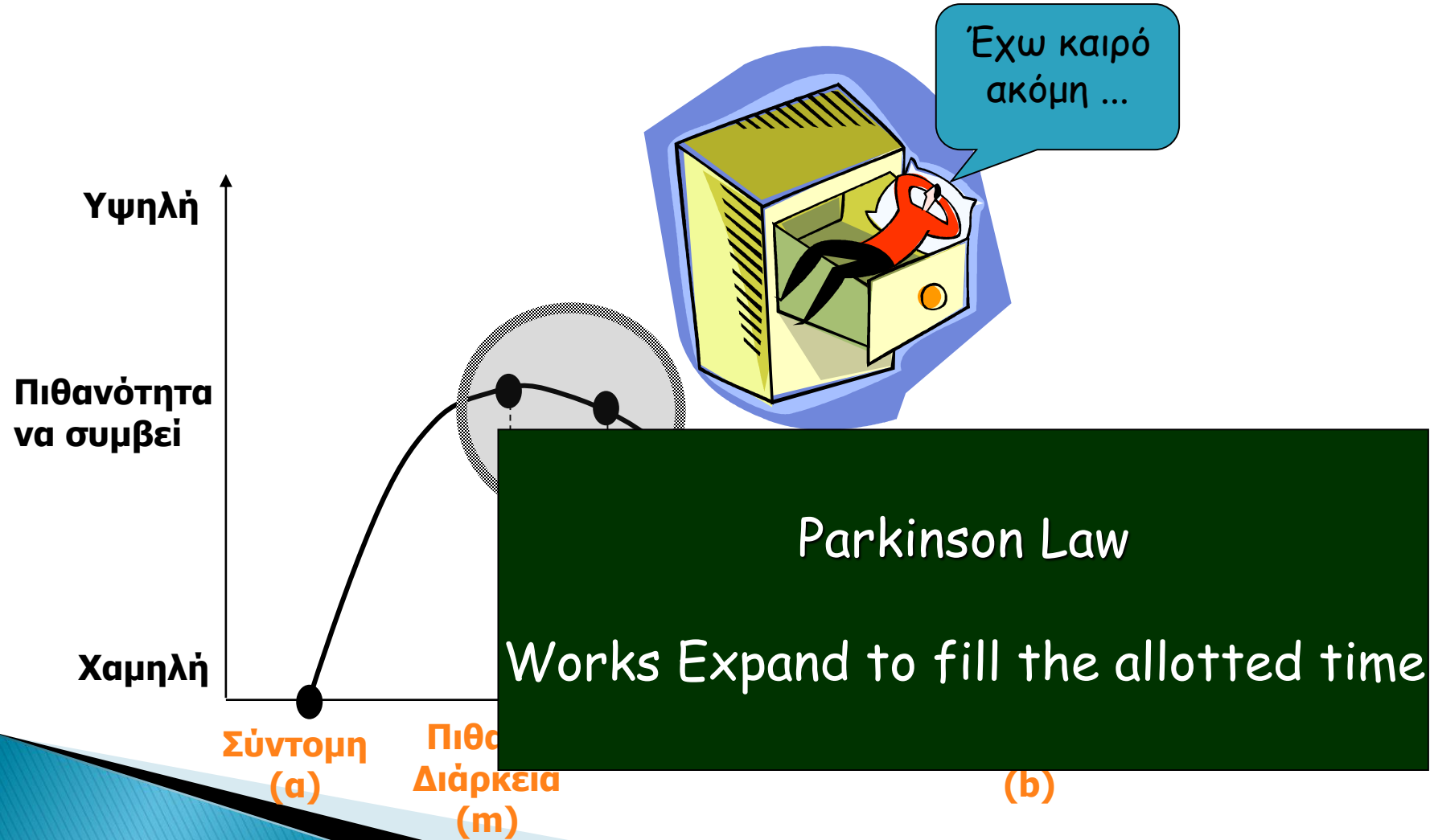
$$\gamma) P(13 \leq X \leq 21) = P\left(\frac{13-17}{3} \leq \frac{X-17}{3} \leq \frac{21-17}{3}\right) = P(-1.33 \leq Z \leq 1.33) = \\ = 2 \cdot \Phi(1.33) - 1 = 2 \cdot 0.9082 - 1 = 0.8164$$

# Η ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΞΥ $3\sigma$





# ΓΙΑΤΙ ΝΑ ΤΕΛΕΙΩΣΩ ΝΩΡΥΤΕΡΑ???



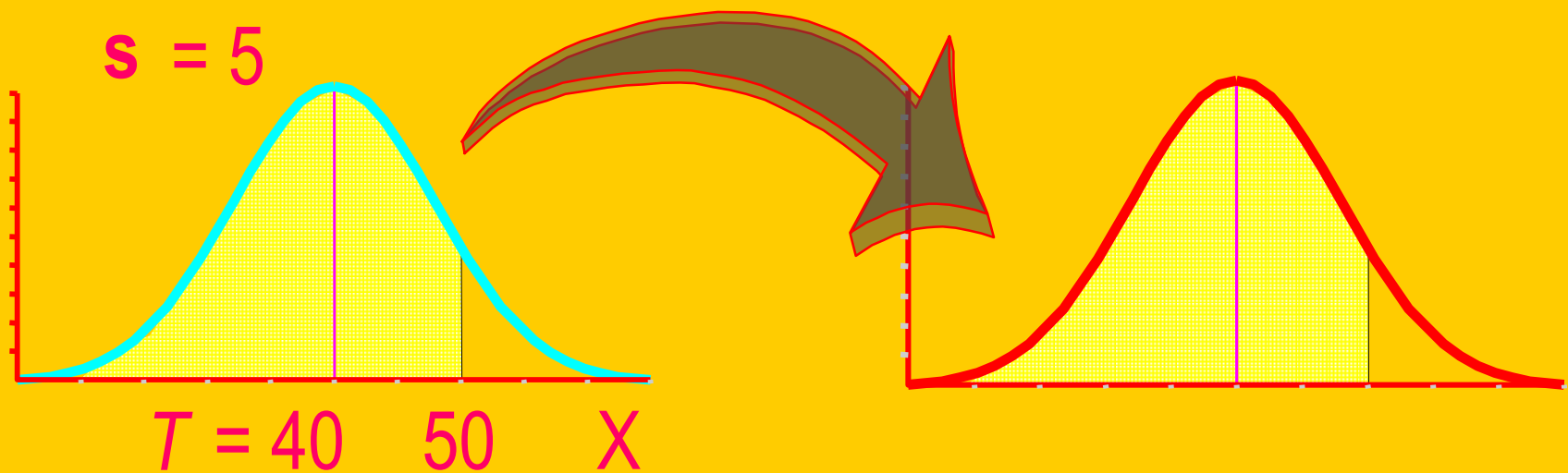
# ΑΣΚΗΣΗ – ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

Ποια είναι η αναμενόμενη πιθανότητα ολοκλήρωσης έργου διάρκειας 40 εβδομάδων με τυπική απόκλιση 5 εβδομάδες. Ποια είναι η πιθανότητα να τελειώσει το έργο σε 50 εβδομάδες ή λιγότερο.

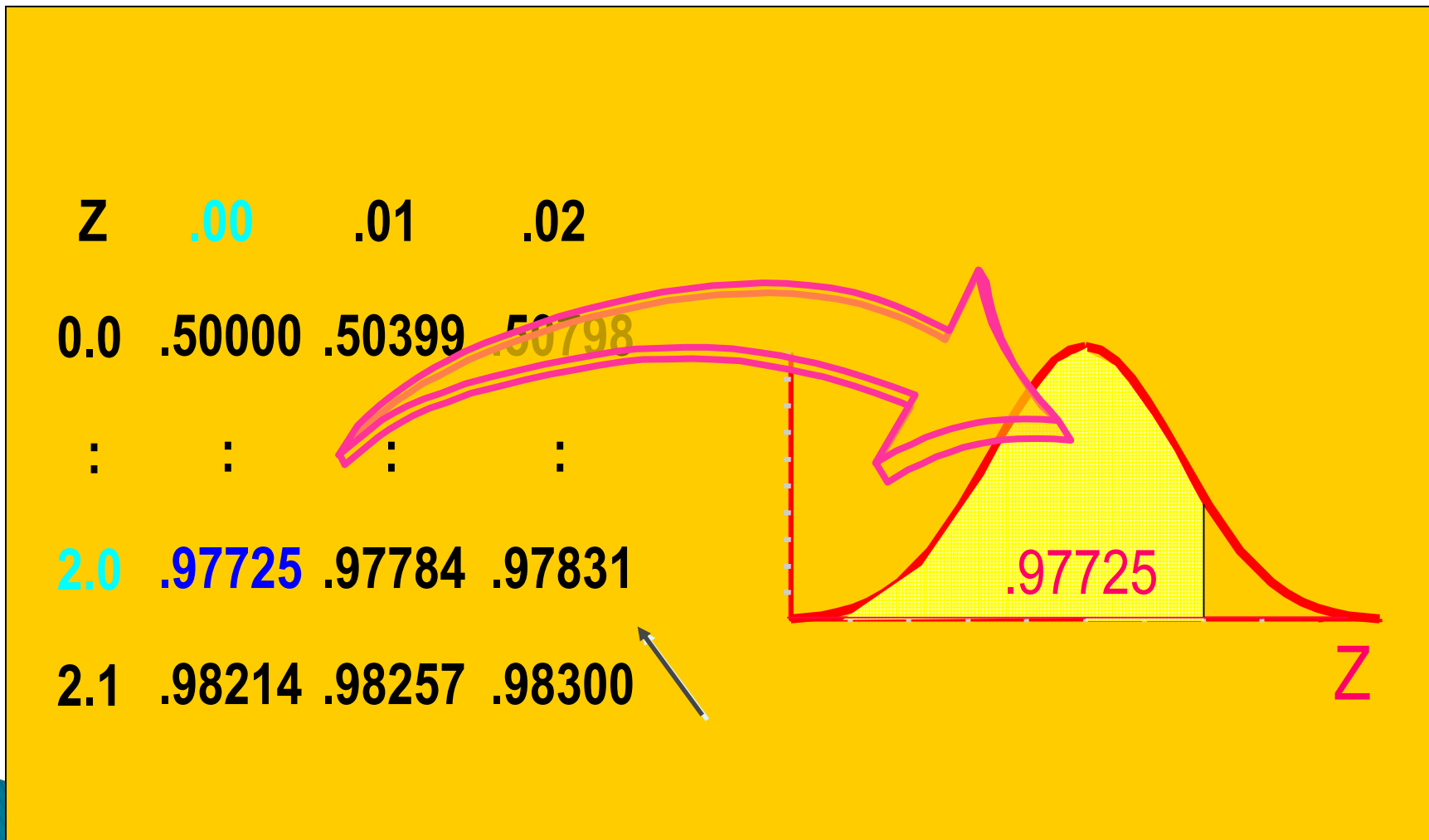
# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ Z

$$Z = \frac{X - T}{s} = \frac{50 - 40}{5} = 2.0$$

Κανονική κατανομή



# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ



# ΆΣΚΗΣΗ

**Exercise** Test yourself. Draw a network diagram, and answer the questions below.

You are the project manager for a new project and have figured out the following dependencies:

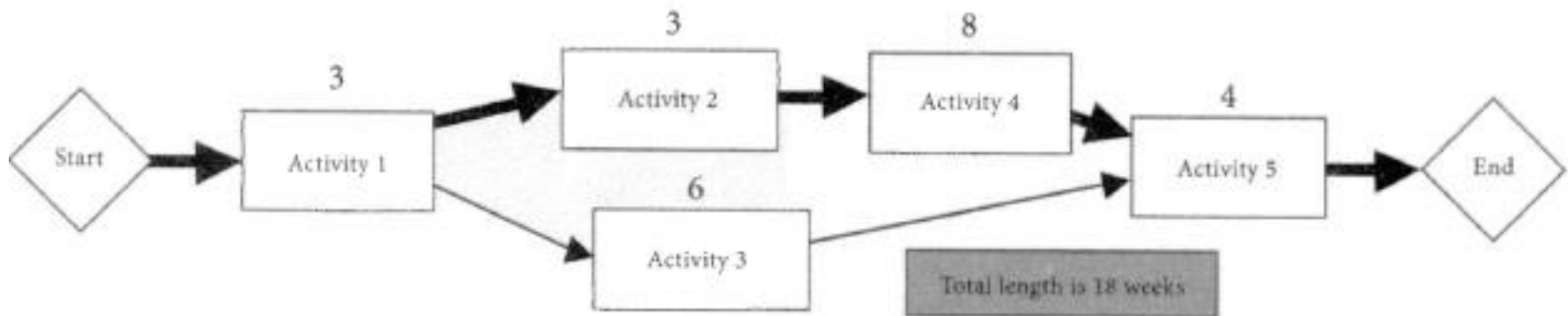
- ▶ Activity 1 can start immediately and has an estimated duration of 3 weeks.
- ▶ Activity 2 can start after activity 1 is completed and has an estimated duration of 3 weeks.
- ▶ Activity 3 can start after activity 1 is completed and has an estimated duration of 6 weeks.
- ▶ Activity 4 can start after activity 2 is completed and has an estimated duration of 8 weeks.
- ▶ Activity 5 can start after activity 4 is completed and after activity 3 is completed. This activity takes 4 weeks.

# ΆΣΚΗΣΗ

1. What is the duration of the critical path?\_\_\_\_\_
2. What is the float of activity 3?\_\_\_\_\_
3. What is the float of activity 2?\_\_\_\_\_
4. What is the float of the path with the longest float?\_\_\_\_\_
5. The resource working on activity 3 is replaced with another resource who is less experienced. The activity will now take 10 weeks. How will this affect the project?  
\_\_\_\_\_
6. After some arguing between stakeholders, a new activity 6 is added to the project. It will take 11 weeks to complete and must be completed before activity 5 and after activity 3. Management is concerned that adding the activity will add 11 weeks to the project. Another stakeholder argues the time will be less than 11 weeks. Who is correct? Use the original information (without the change to activity 3 listed in the previous question) to answer this question.  
\_\_\_\_\_

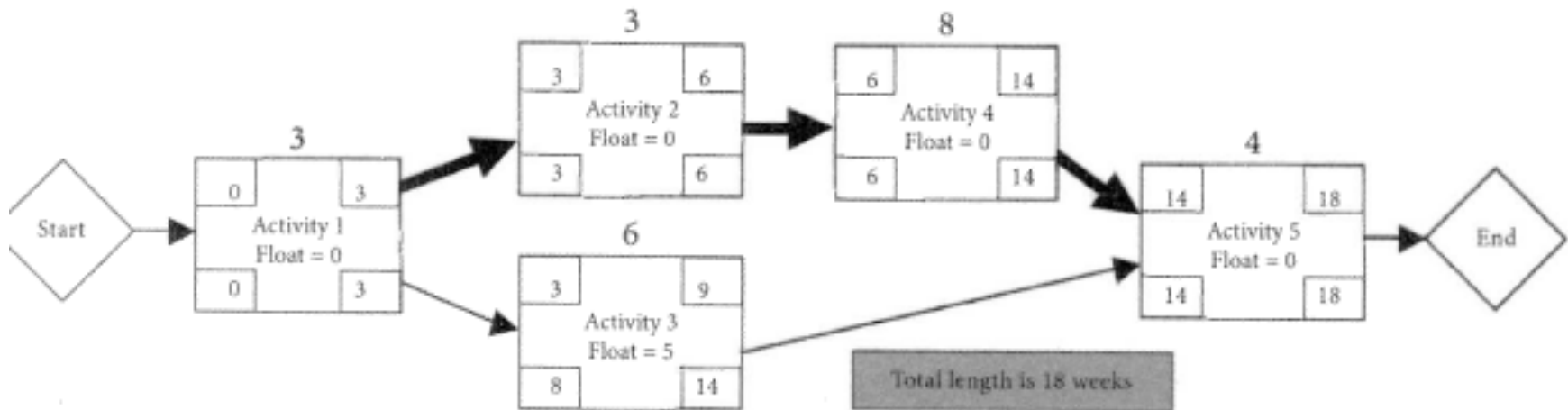
# ΑΠΑΝΤΗΣΗ - 1 CRITICAL PATH

Paths	Duration
Start, 1, 2, 4, 5, End	18
Start, 1, 3, 5, End	13



# ΑΠΑΝΤΗΣΗ

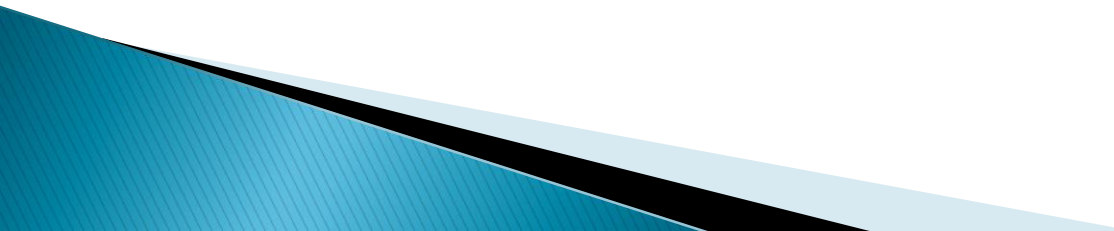
## 2.Υπολογισμός slack/float



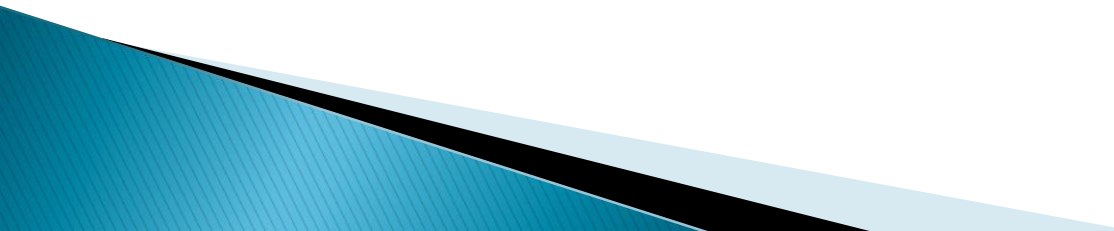
3. Η δραστηριότητα 2 έχει float 0, είναι στο κρίσιμο μονοπάτι
4. Το συνολικό float του μονοπατιού είναι 5
5. Δεν επιφέρει αλλαγή
6. Ο συμμετέχων είναι σωστός γιατί έχει υπολογίσει και τις 5 εβδομάδες float



# ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- ▶ Πόσες κρίσιμες διαδρομές μπορούμε να έχουμε σε ένα έργο?
  - ▶ Θέλουμε να έχουμε περισσότερες από μια?
  - ▶ Αλλάζει η κρίσιμη διαδρομή?
  - ▶ Η κρίσιμη διαδρομή πόσο float μπορεί να έχει?
  - ▶ Μπορούμε να έχουμε αρνητικό float?
  - ▶ Τι κάνουμε?
- 

# ΜΕΙΩΣΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΥ ΈΡΓΟΥ

- Μείωση του εύρους (ή της ποιότητας)
  - Πρόσθεση πόρων
  - Εκτελώντας τις δραστηριότητες παράλληλα
  - Με αντικατάσταση των δραστηριοτήτων
- 

# ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ

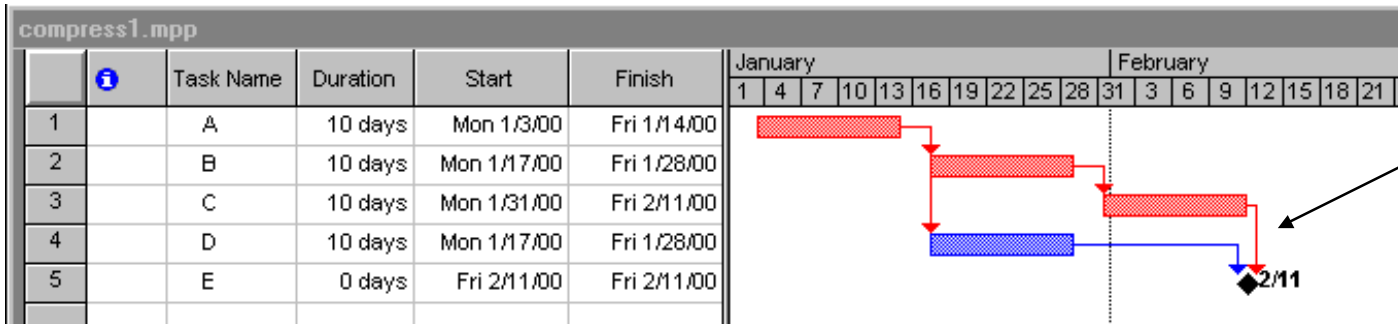
## ▶ Σύμπτυξη (crashing)

- Άσκηση εύρεσης ισορροπίας μεταξύ κόστους και χρόνου
- Αυξάνει το κόστος
- Προσθέτει πόρους στο κρίσιμο μονοπάτι
- Τροποποιεί τη σειρά των δραστηριοτήτων

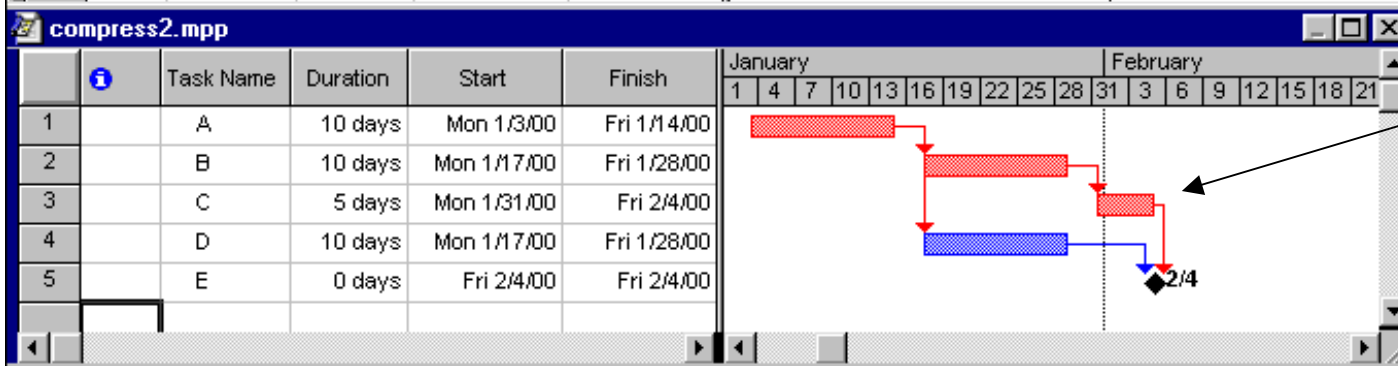
## ▶ Επιτάχυνση (Fast Tracking)

- Επικάλυψη δραστηριοτήτων
- Αυξάνει τον κίνδυνο
- Μπορεί να οδηγεί σε επανάληψη τμημάτων δραστηριοτήτων (rework)

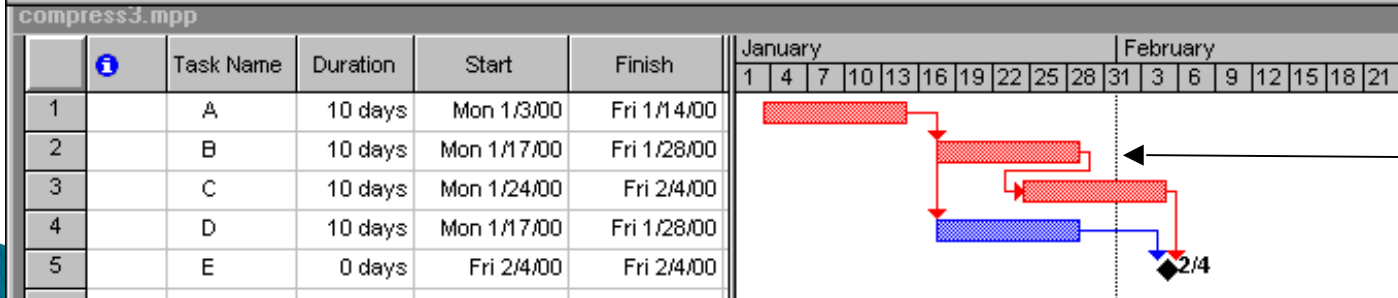
# ΣΥΜΠΤΥΞΗ (CRASHING) ΚΑΙ ΕΠΙΤΧΥΝΣΗ (FAST TRACKING)



**Original  
schedule**

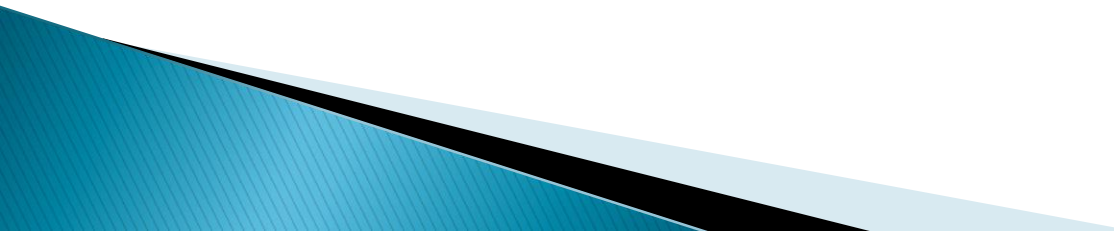


**Shortened  
duration thru  
crashing**



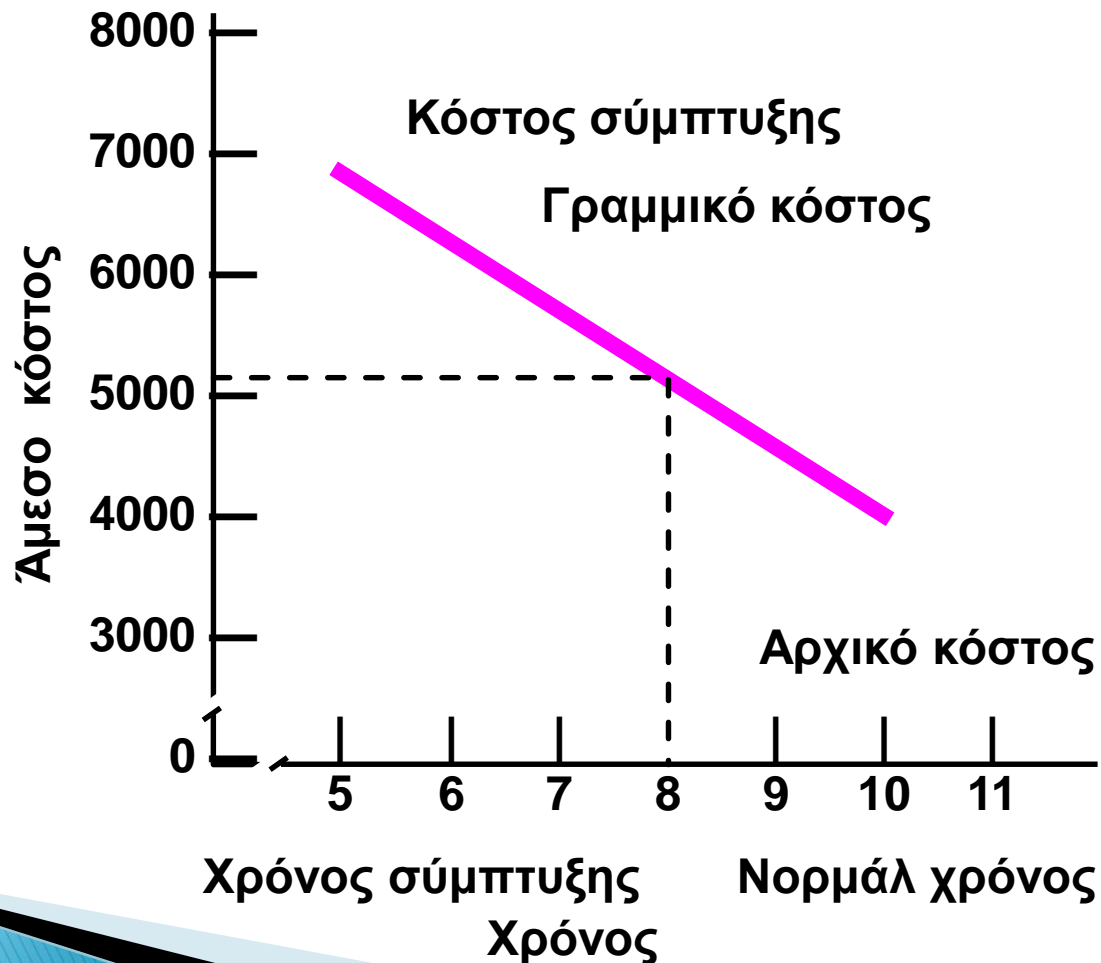
**Overlapped  
Tasks or fast  
tracking**

# ΣΥΜΠΤΥΞΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

- ▶ Πότε εξετάζεται
    - Εάν οι δραστηριότητες μπορούν να συμπυκνωθούν
    - Εάν η συνολική διάρκεια μικραίνει
    - Εάν το κόστος που προκύπτει είναι ρεαλιστικό
- 

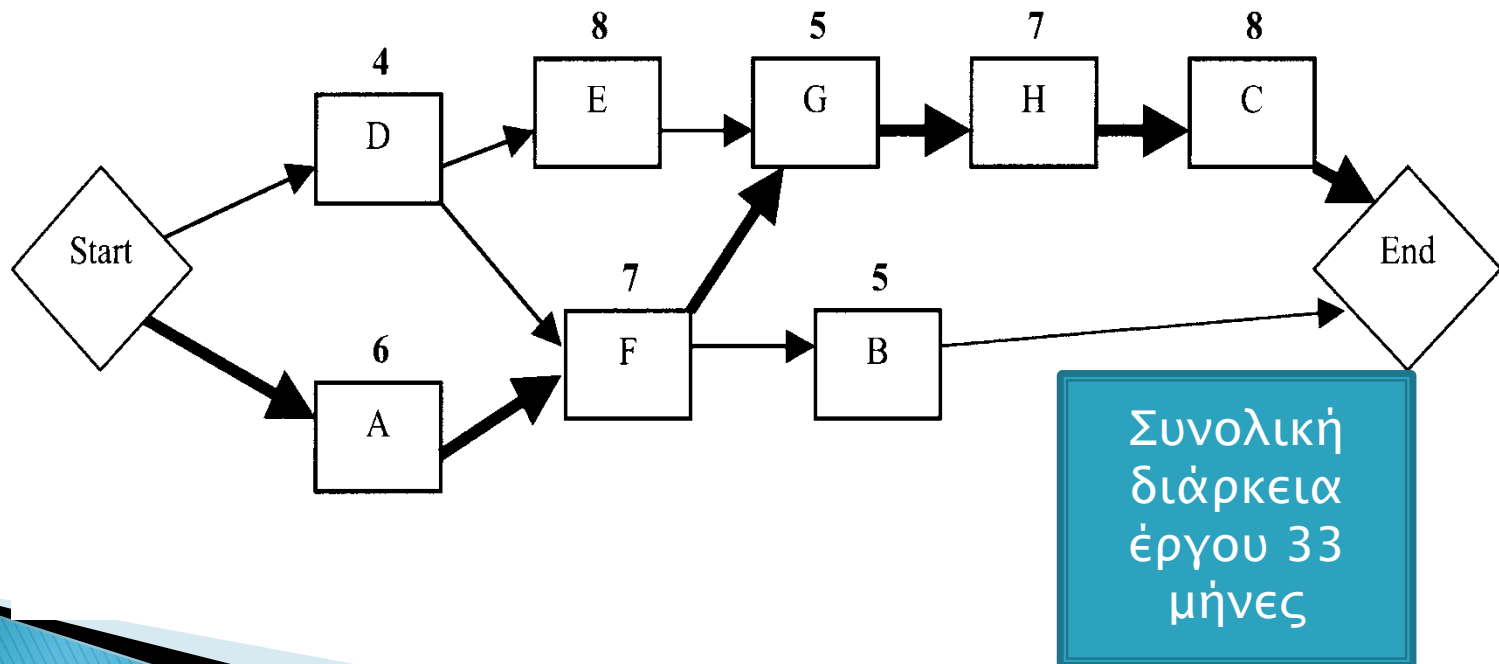
# ΣΥΜΠΤΥΞΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

## Σχέσεις κόστους - χρόνου



# ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Πως η διάρκεια του έργου θα γίνει 30 μήνες?

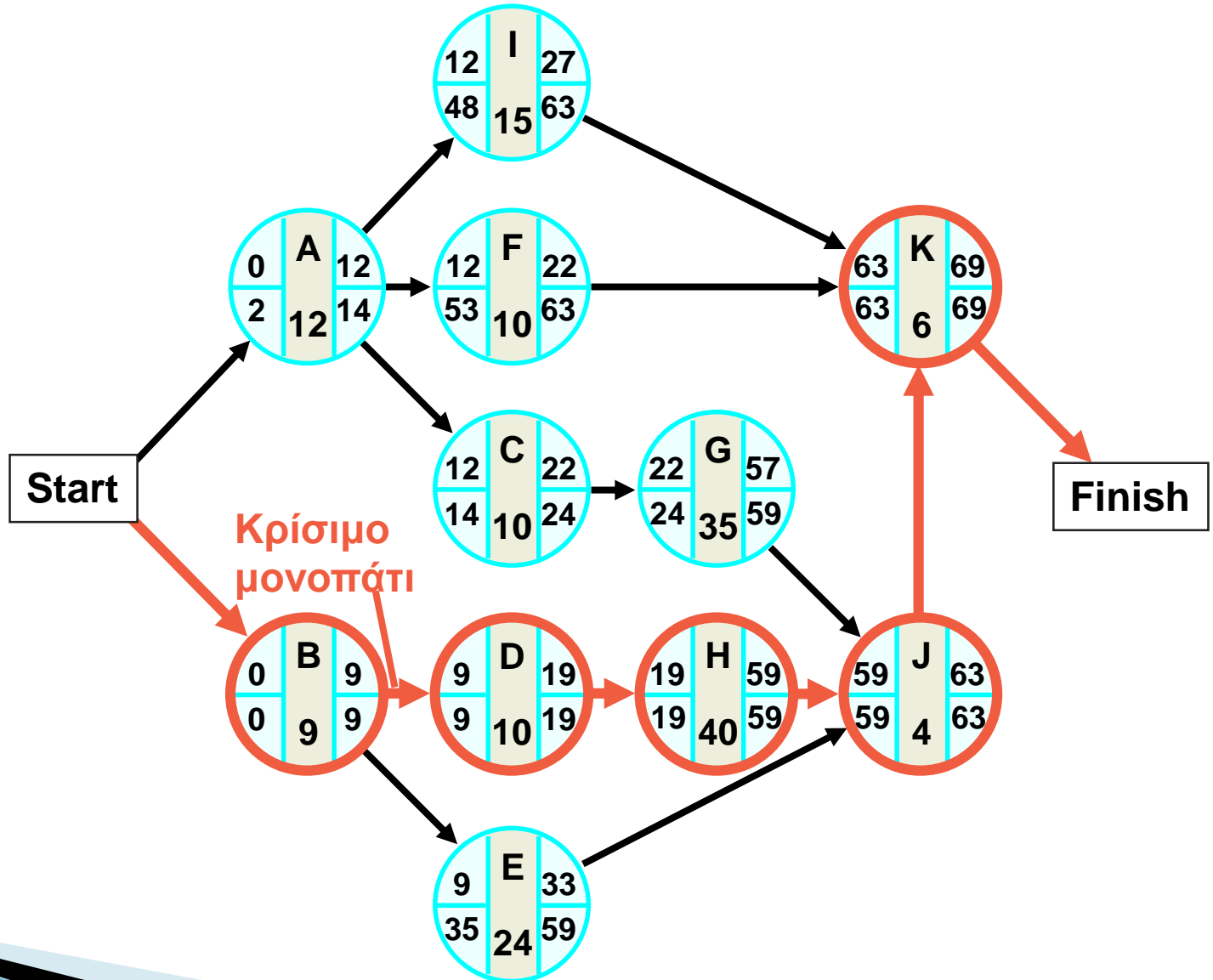


# ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

	<b>Option</b>	<b>Method to achieve it</b>
<b>1</b>	Execute H and C in parallel	Fast track
<b>2</b>	Move resources from B to G	Crash
<b>3</b>	Cut task H	Reduce scope
<b>4</b>	Hire consultants to assist	Crash
<b>5</b>	Move more experienced people to tasks on the critical path	Crash
<b>6</b>	Accept a project that meets lower quality standards	Do not get excited. Quality is part of the triple constraint and is an option. In this case it would probably be easier and thus faster to complete.
<b>7</b>	Review assumptions and re-estimate	Now it is time to look at the estimates and see which contain hidden risks. By reducing the risks, the estimate can be lowered and the project finished faster. It is never an option to just cut 10% off of the estimate.
<b>8</b>	Say no. The project must have 33 months	This is not a viable option until after other alternatives are exhausted.
<b>9</b>	Work overtime	Not an option during planning. There are too many other ways to compress the schedule that do not have the negative effects of overtime.



# Παράδειγμα σύμπτυξης



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ - 1

Δραστ	Αρχικός Χρόνος (NT)	Αρχικό Κόστος (NC)	Χρόνος Σύμπτυξης (CT)	Κόστος Σύμπτυξης (CC)	Μέγιστος Χρόνος Σύμπτυξης (εβδ.)	Κόστος Σύμπτυξης / Εβδομάδα
A	12	12,000	11	13,000	1	1,000
B	9	50,000	7	64,000	2	7,000
C	10	4,000	5	7,000	5	600
D	10	16,000	8	20,000	2	2,000
E	24	120,000	14	200,000	10	8,000
F	10	10,000	6	16,000	4	1,500
G	35	500,000	25	530,000	10	3,000
H	40	1,200,000	35	1,260,000	5	12,000
I	15	40,000	10	52,500	5	2,500
J	4	10,000	1	13,000	3	1,000
K	6	30,000	5	34,000	1	4,000
Σύνολα		<u>1,992,000</u>		<u>2,209,000</u>		

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ – 2

## *Χρονοπρόγραμμα ελάχιστου κόστους*

A-I-K:	33 εβδομάδες	B-D-H-J-K:	69 εβδομάδες
A-F-K:	28 εβδομάδες	B-E-J-K:	43 εβδομάδες
A-C-G-J-K:	67 εβδομάδες		

**Συνολικό κόστος = 2,624,000**

**Έμμεσο κόστος = 8,000/εβδομάδα**

**Πέναλτι = 20,000/εβδομάδα μετά την 65 εβδομάδα**

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ – 3

## *Χρονοπρόγραμμα ελάχιστου κόστους*

<del>A-I-K:</del>	33 εβδομάδες	<del>B-D-H-J-K:</del>	69 εβδομάδες
<del>A-F-K:</del>	28 εβδομάδες	<del>B-E-J-K:</del>	43 εβδομάδες
A-C-G-J-K:	67 εβδομάδες		

**Συνολικό κόστος = 2,624,000**

**Έμμεσο κόστος = 8,000/εβδομάδα**

**Πέναλτι = 20,000/εβδομάδα μετά την 65 εβδομάδα**

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ - 4

## Χρονοπρόγραμμα ελάχιστου κόστους

<del>A-I-K:</del>	33 εβδομάδες	B-D-H-J-K:	69 εβδομάδες
<del>A-F-K:</del>	28 εβδομάδες	<del>B-E-J-K:</del>	43 εβδομάδες
A-C-G-J-K:	67 εβδομάδες		

Έμμεσο κόστος = 8,000/εβδομάδα

Πέναλτι = 20,000/εβδομάδα μετά την 65 εβδομάδα

Κρίσιμο μονοπάτι B-D-H-J-K: 69 weeks

Σύμπτυξη δραστηριότητας J για  
3 εβδομάδες @ 1,000/εβδομάδα

$$3(28,000) - 3(1,000) = 81,000$$

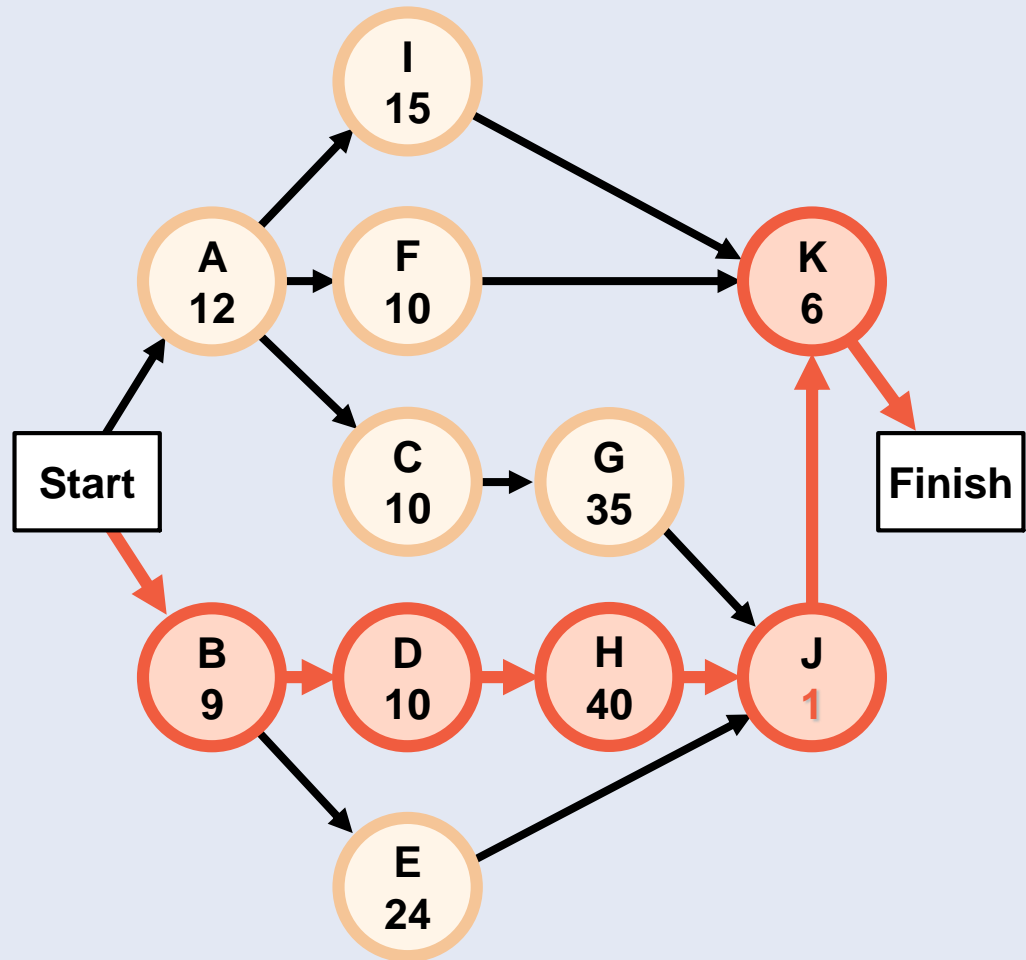
# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ - 5

## Χρονοπρόγραμμα

- ~~A-I-K:~~
- ~~A-F-K:~~
- A-C-G-J-K:

Κρίσιμο μονο  
Σύμπτυξη δρ  
3 εβδομάδες

3(28,000)  
2,624,000



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ – 6

## *Χρονοπρόγραμμα ελάχιστου κόστους*

<del>A-I-K:</del>	33 εβδομάδες	B-D-H-J-K:	69 εβδομάδες
<del>A-F-K:</del>	28 εβδομάδες	<del>B-E-J-K:</del>	43 εβδομάδες
A-C-G-J-K:	67 εβδομάδες		

Έμμεσο κόστος = 8,000/εβδομάδα

Πέναλτι = 20,000/εβδομάδα μετά την 65 εβδομάδα

Κρίσιμο μονοπάτι B-D-H-J-K: 66 εβδομάδες

Σύμπτυξη D για 2 εβδομάδες @ 2,000/εβδομάδα

$$20,000 + 8,000 - 2(2,000) = 24,000$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ - 7

Χρονοπρόγραμμα

~~A-I-K:~~

~~A-F-K:~~

A-C-G-J-K:

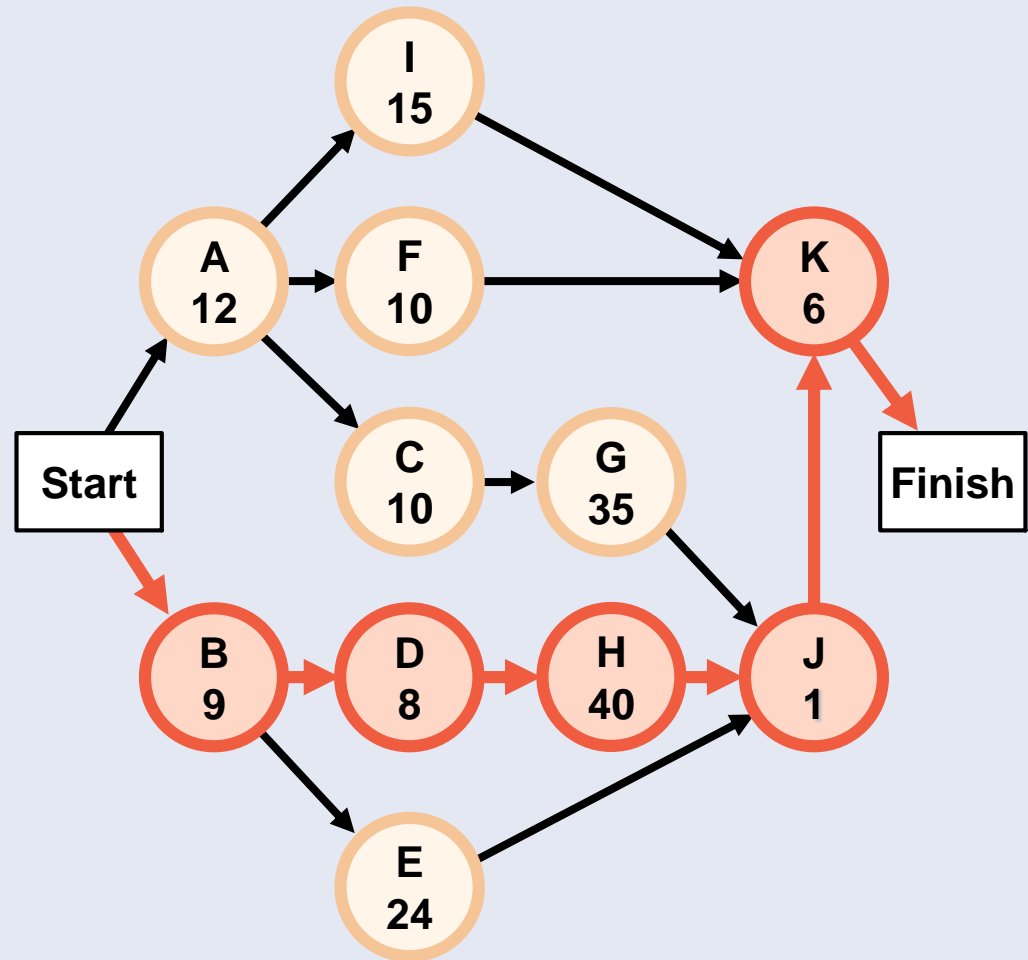
Έμμεσο κόστος

Πέναλτι =

Κρίσιμο μονοπάτι

Σύμπτυξη D

20,000 + 8





# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ - 8

Χρονοπρόγραμμα

~~A-I-K:~~

~~A-F-K:~~

A-C-G-J-K:

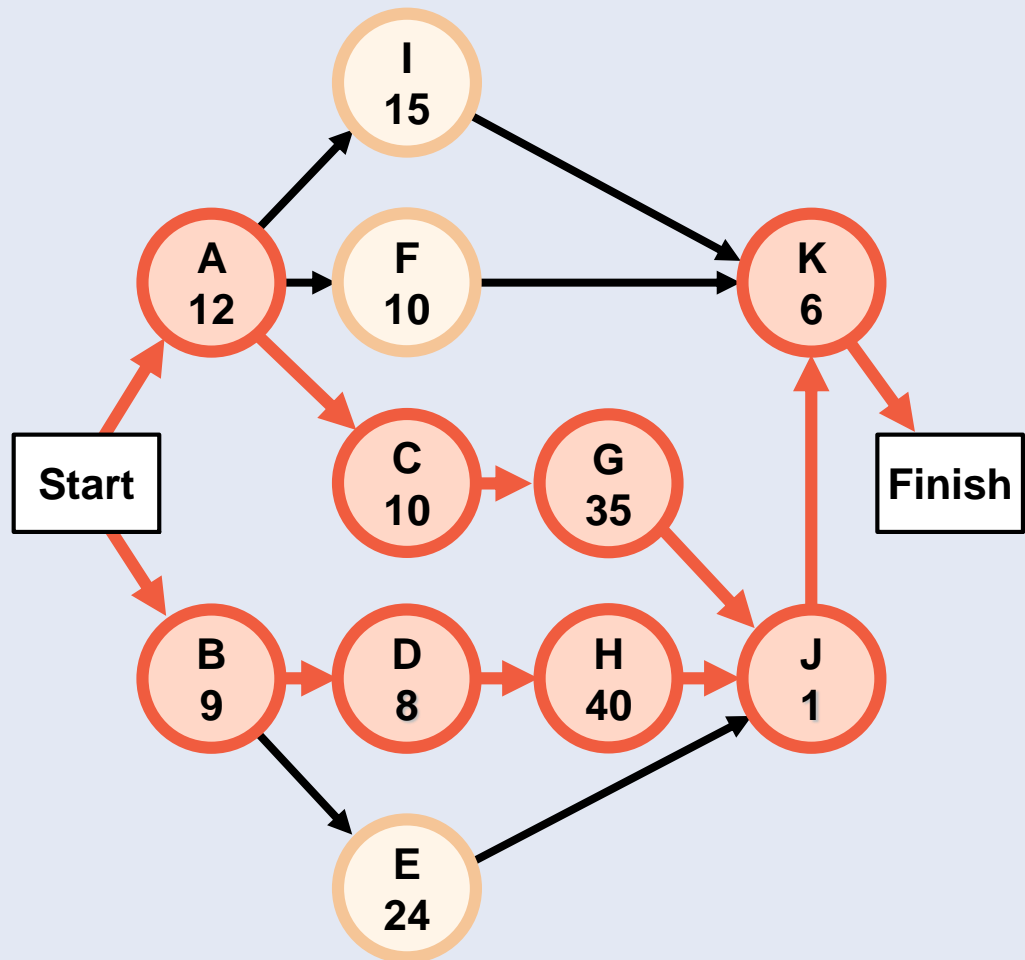
Έμμεσο

Πέναλτι =

Κρίσιμο μον

Σύμπτυξη I

20,000 +



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ – 9

## *Χρονοπρόγραμμα ελάχιστου κόστους*

<del>A-I-K:</del>	33 εβδομάδες	B-D-H-J-K:	69 εβδομάδες
<del>A-F-K:</del>	28 εβδομάδες	<del>B-E-J-K:</del>	43 εβδομάδες
A-C-G-J-K:	67 εβδομάδες		

Έμμεσο κόστος = 8,000/εβδομάδα

Πέναλτι = 20,000/εβδομάδα μετά την 65 εβδομάδα

Κρίσιμο μονοπάτι B-D-H-J-K και A-C-G-J-K : 64 εβδομάδες

Σύμπτυξη K για 1 εβδομάδα @ 4000 εβδομάδα

$$8,000 - 4,000 = 4,000$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ - 10

Χρονοπρόγραμμα

~~A-I-K:~~

~~A-F-K:~~

A-C-G-J-K:

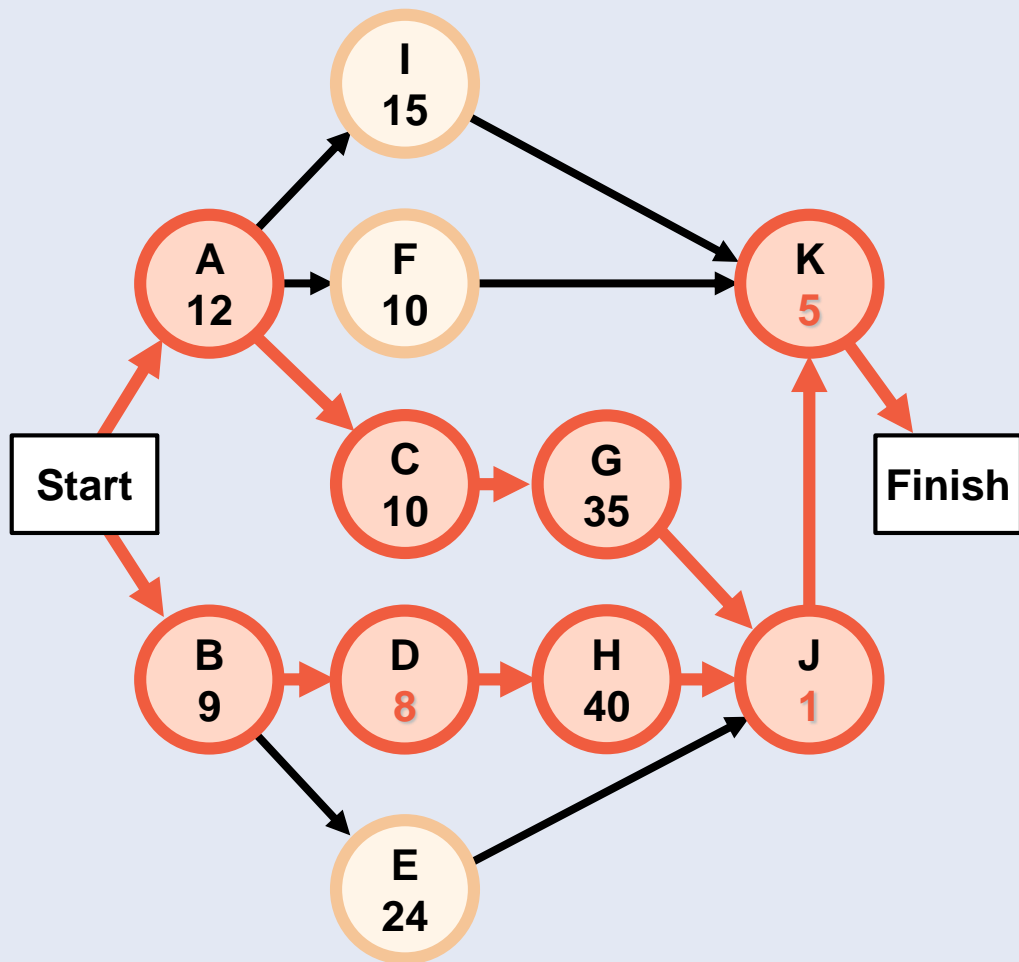
Έμμεσο

Πέναλτι

Κρίσιμο μονοπάτι

Σύμπτυξη 10

8,000 -



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ – 11

## *Χρονοπρόγραμμα ελάχιστου κόστους*

<del>A-I-K:</del>	33 εβδομάδες	B-D-H-J-K:	69 weeks
<del>A-F-K:</del>	28 εβδομάδες	<del>B-E-J-K:</del>	43 weeks
A-C-G-J-K:	67 εβδομάδες		

Κρίσιμο μονοπάτι B-D-H-J-K και A-C-G-J-K : 64 εβδ.  
Σύμπτυξη B και C για 2 εβδομάδες @ 7000 εβδομάδα  
Και 600/εβδομάδα

$$2(8,000) - 2(7,600) = 800$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ - 12

*Χρονοπρόγραμμα*

~~A-I-K:~~

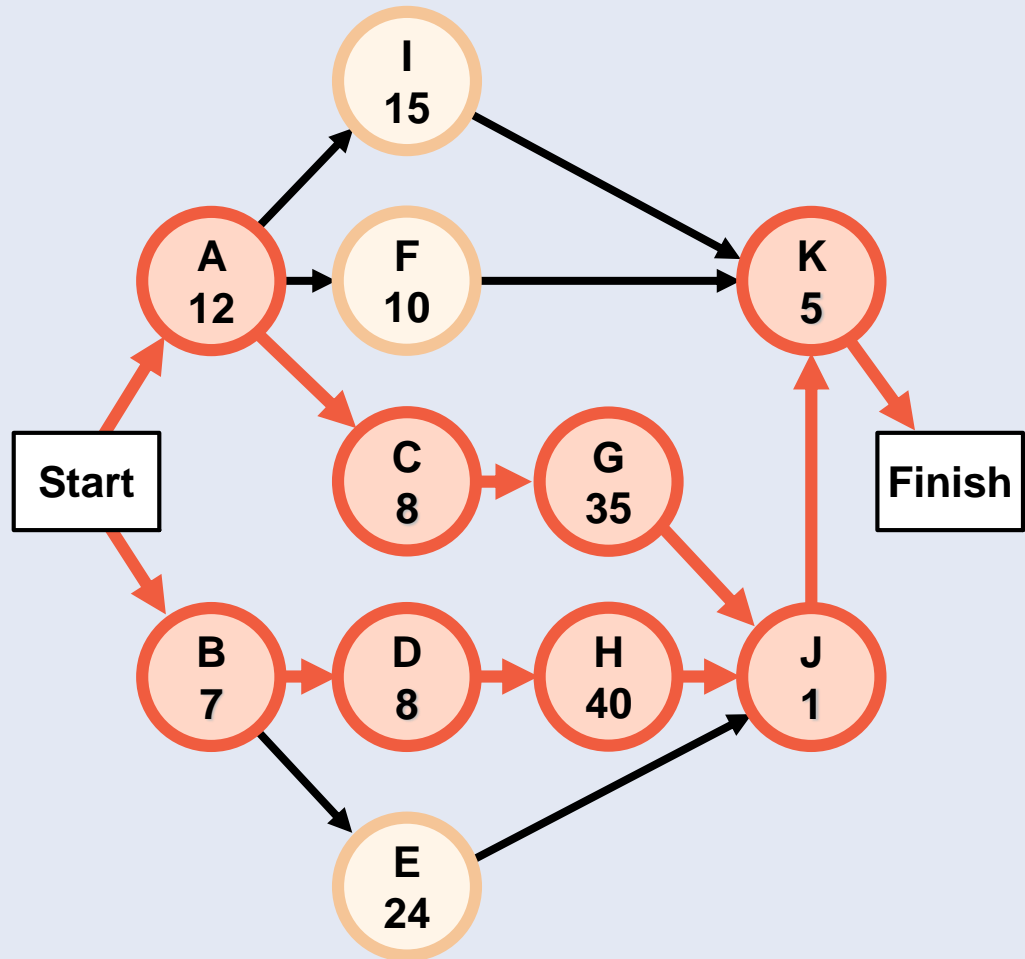
~~A-F-K:~~

A-C-G-J-K:

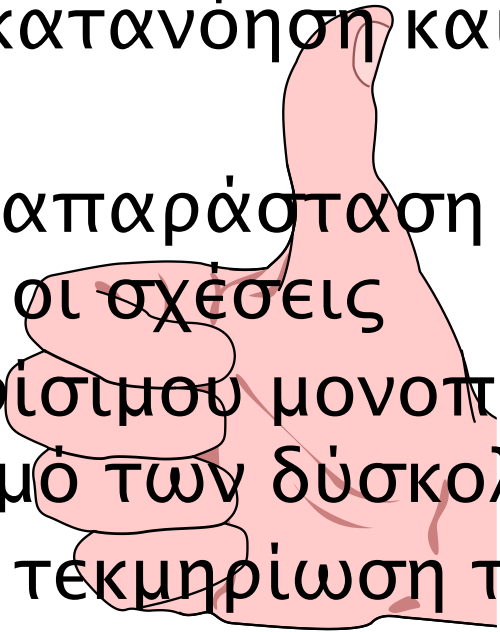
Κρίσιμο μονοπάτι  
Σύμπτυξη € 600/εβδομάδα  
Και 600/εβδομάδα

2(8,000)

2,515,000



# ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ PERT/CPM

- ▶ Χρήσιμα για μεγάλα έργα
  - ▶ Εύκολο στην κατανόηση και χωρίς δύσκολα μαθηματικά
  - ▶ Η γραφική αναπαράσταση βοηθάει στο να κατανοηθούν οι σχέσεις
  - ▶ Η ανάλυση κρίσιμου μονοπατιού βοηθάει στον εντοπισμό των δύσκολων σημείων
  - ▶ Βοηθάει στην τεκμηρίωση του έργου
  - ▶ Βοηθάει στον έλεγχο του κόστους
- 

# ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟF PERT/CPM

- ▶ Προϋποθέτει σταθερές και ανεξάρτητες δραστηριότητες
- ▶ Οι χρόνοι των δραστηριοτήτων εμπεριέχουν μεγάλη υποκειμενικότητα
- ▶ Δίνεται μεγάλη έμφαση στο κρίσιμο μονοπάτι



# CRITICAL CHAIN SCHEDULING

- ▶ Χρονοπρογραμματισμός με τη μέθοδο της κρίσιμης αλυσίδας (Critical chain scheduling – CCS)
  - Περιορισμένοι πόροι
  - Βασίζεται στη δημιουργία απομονωτών (buffers)
- ▶ Βασίζεται στην Theory of Constraints (TOC) του (Eli Goldratt)
  - Ο αδύνατος κρίκος μιας αλυσίδας περιορίζει την ικανότητα της αλυσίδας να αντέχει σε τάσεις.
- ▶ Επιχειρεί να ελαχιστοποιήσει το multitasking
  - Όταν ένας πόρος εργάζεται σε πολλές δραστηριότητες δεν είναι αποδοτικός
    - Κάποιες δραστηριότητες καθυστερούν
    - Υπάρχει χαμένος χρόνος, αρχικός χρόνος για έναρξη εργασίας
    - Ψυχολογικοί παράγοντες
- ▶ Parkinson law, student syndrome



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ MULTITASKING

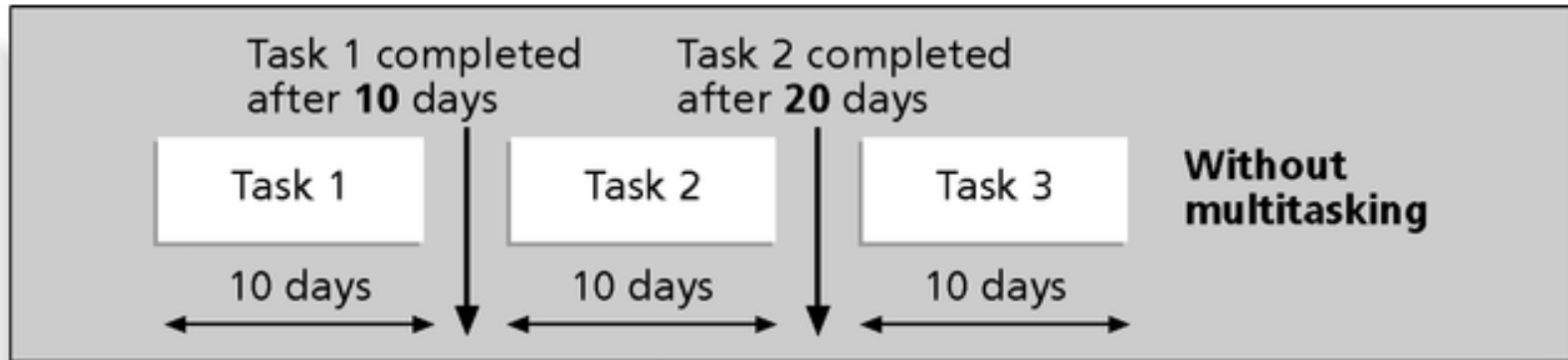


Figure 6-10a. Three Tasks Without Multitasking

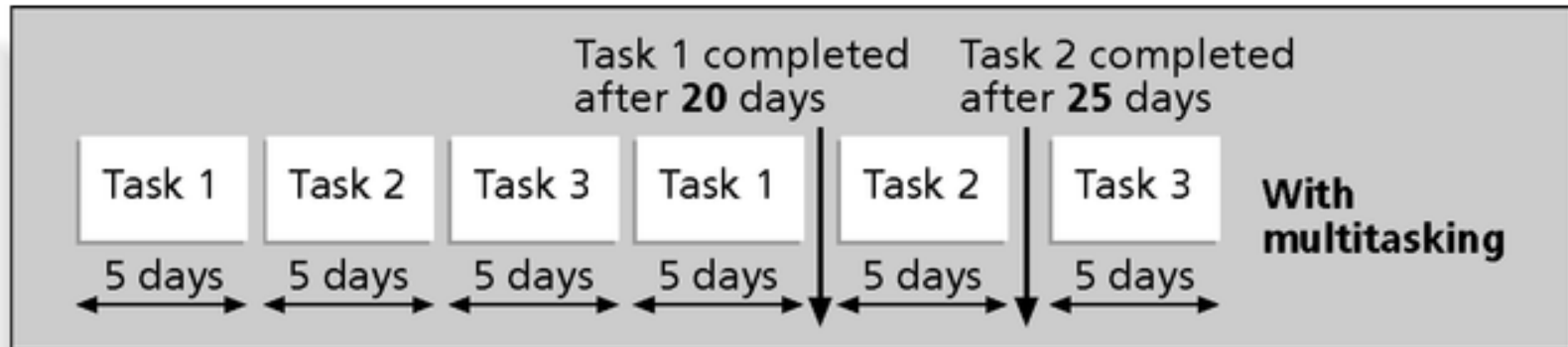


Figure 6-10b. Three Tasks With Multitasking

# CCS ΚΑΙ ΟΙ ΑΠΟΜΟΝΩΤΕΣ (BUFFERS)

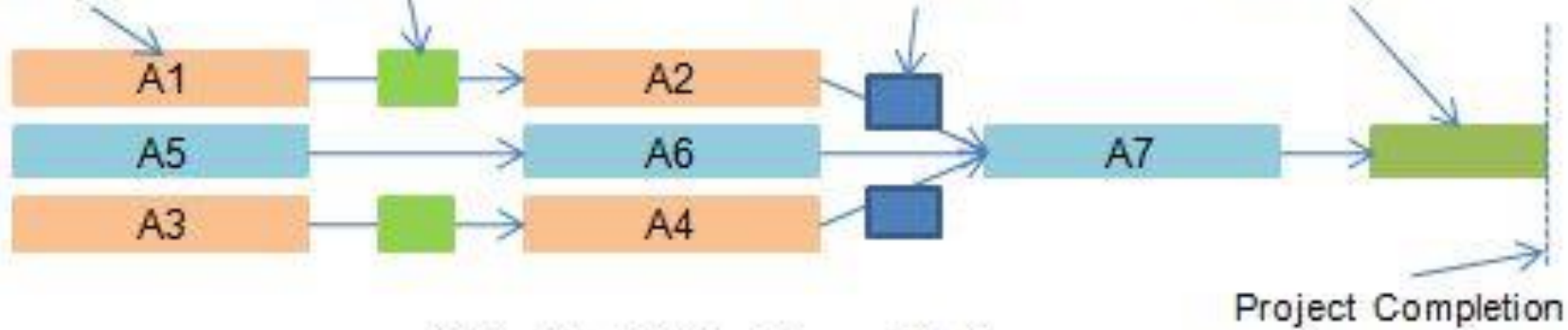
- ▶ Στην CPM/PERT έχουμε ένα χρονικό απόθεμα ασφαλείας για κάθε δραστηριότητα.
- ▶ CCS αφαιρεί τα αποθέματα ασφαλείας και αντί για αυτά:
  - **project buffer** πριν τη λήξη του έργου. Έχει διάρκεια το 50% της διάρκειας του έργου
  - **feeding buffers** πριν τις δραστηριότητες της κρίσιμης διαδρομής που έπονται από μη κρίσιμες, προστατεύει την κρίσιμη διαδρομή
  - **Resource buffers** εισάγεται λίγο πριν την δραστηριότητα της κρίσιμης αλυσίδα όπου απαιτείται ένας κρίσιμος πόρος (warning signal)

Activities

Resource Buffer

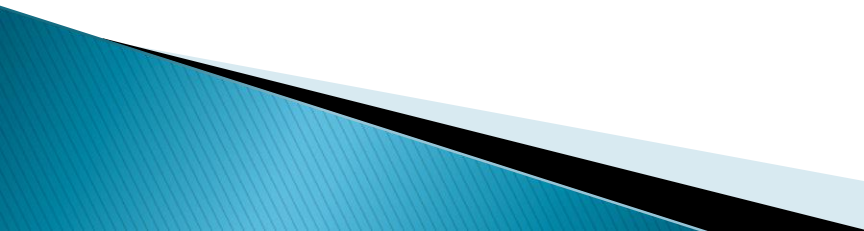
Feeding Buffer

Project Buffer

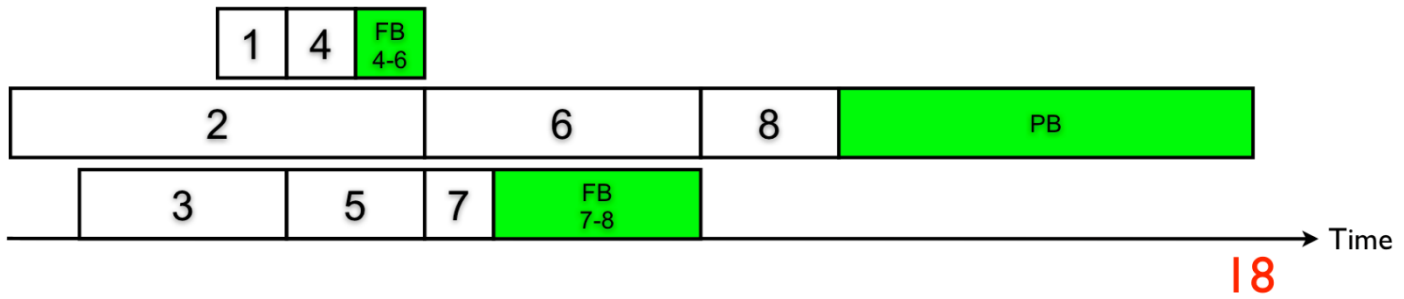
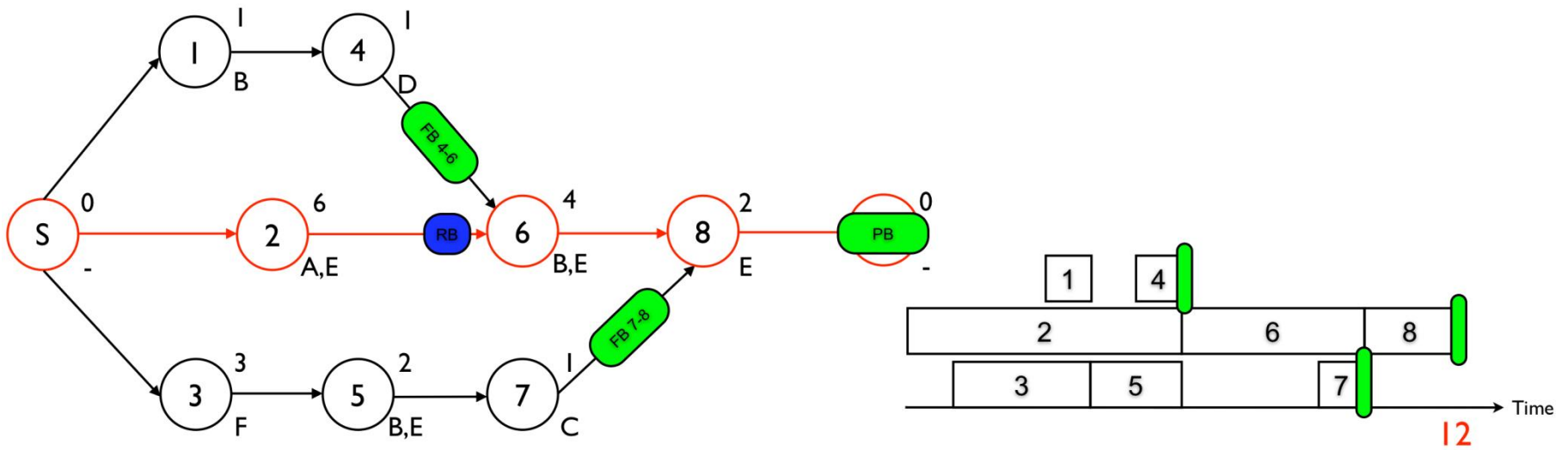


*Critical Chain Scheduling and Buffers*

# TA BHMATA CCS

- ▶ Step 1. Come up with aggressive estimates
  - ▶ Step 2. Construct an as late as possible (ALAP) schedule
  - ▶ Step 3. Identify the critical chain
  - ▶ Step 4. Determine appropriate buffer positions
  - ▶ Step 5. Determine appropriate buffer sizes
  - ▶ Step 6. Insert buffers into the schedule
- 

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ CCS



# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΌΣ BUFFERS

Buffer size method	Description	Reference
Cut and paste method	Buffer sizes are based on the duration of the chain feeding the buffer	<a href="#">“Sizing CC/BM buffers: The cut and paste method”</a>
Root Squared Error Method	Buffer sizes are based on risk in the activity durations	<a href="#">“Sizing CC/BM buffers: The root squared error method”</a>
Adaptive procedure with density (APD)	Buffer sizes are based on the structure of the partial network to which the chain belongs	<a href="#">“Sizing CC/BM buffers: The adaptive procedure with density”</a>
Adaptive procedure with resource tightness (APRT)	Buffer sizes are based on the average resource use of the resources used by the activities on the longest path of the chain	<a href="#">“Sizing CC/BM buffers: The adaptive procedure with resource tightness”</a>
Relative dispersion based method	Activities are classified in risk classes and buffers are sized based on this classification	<a href="#">“Sizing CC/BM buffers: The relative dispersion method”</a>

# CUT AND PASTE METHOD

- ▶ buffer size = half of the duration of the longest path in the chain
- ▶ Στο προηγούμενο παράδειγμα
  - Critical path A2-A6-A8
  - **Project buffer**: 50% of  $(6 + 4 + 2) = 6$
  - **FB4-6**: 50% of  $(1 + 1) = 1$
  - **FB7-8**: 50% of  $(3 + 2 + 1) = 3$

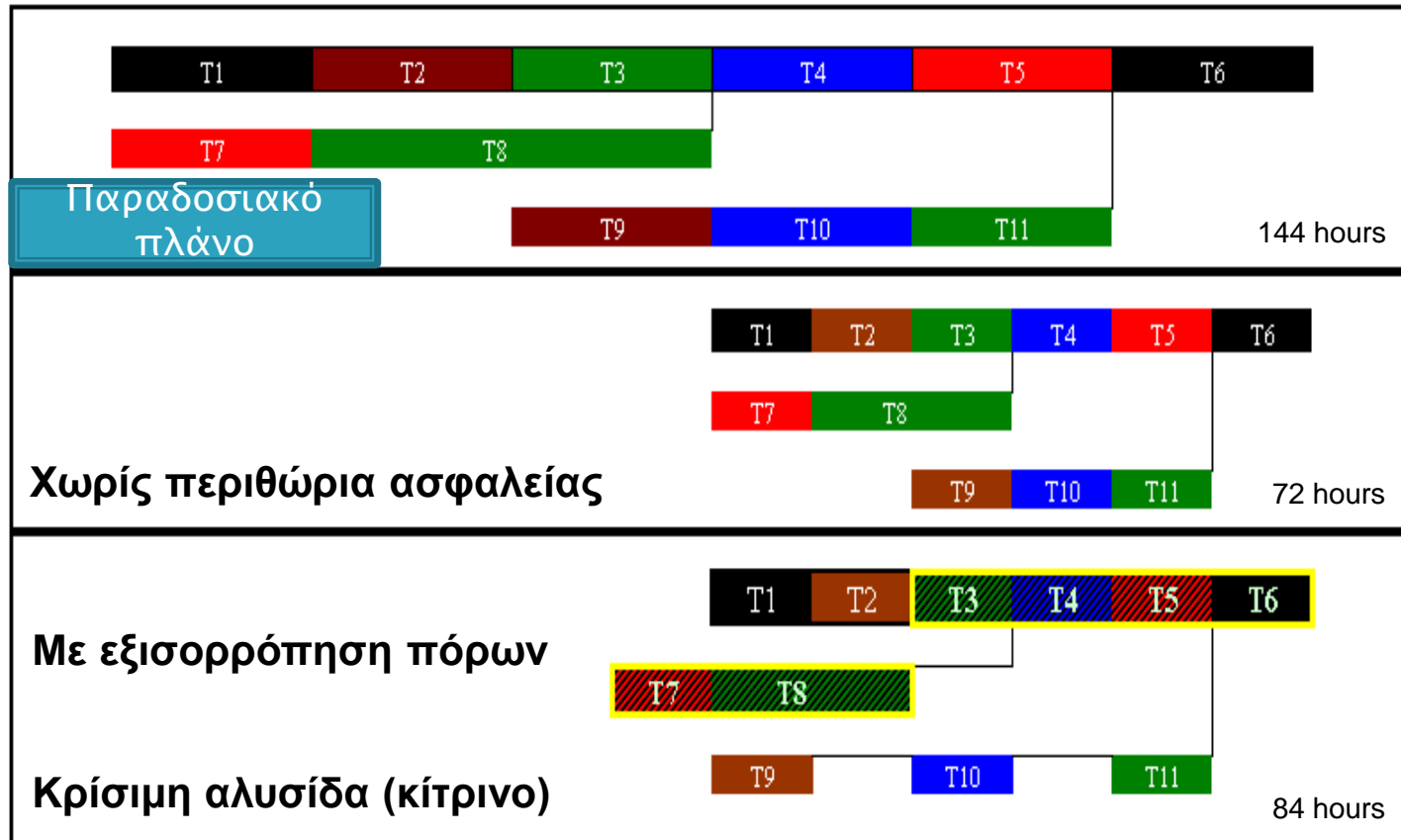
# ROOT SQUARED ERROR METHOD

Activity	1	2	3	4	5	6	7	8
Safe duration	2	9	5	2	3	6	2	3
Aggressive duration	1	6	3	1	2	4	1	2

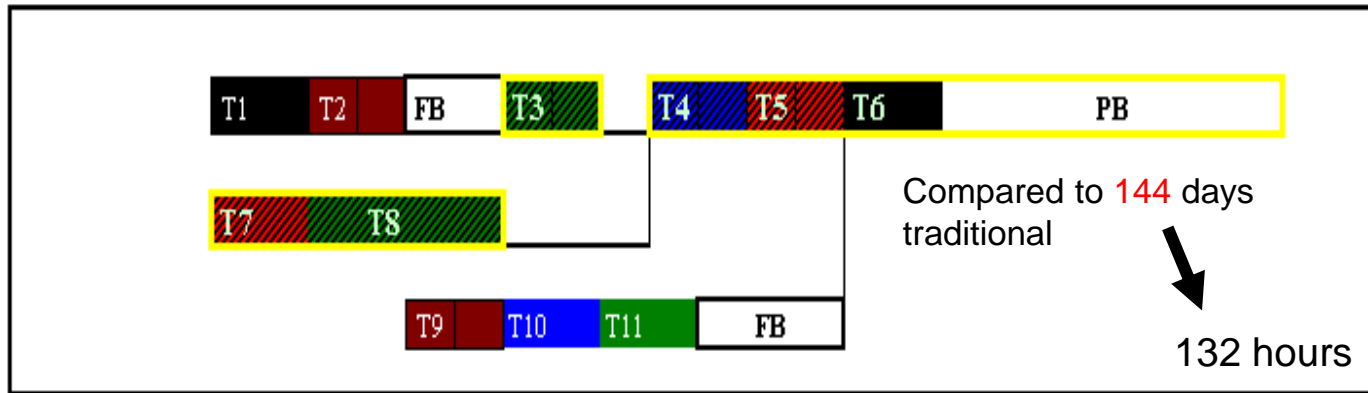
- ▶ **buffer size = the square root of the sum of the squares of the difference between the low risk duration and the aggressive duration for each activity along the chain leading to the buffer**
  - **Critical path A2–A6–A8**
  - **project buffer:**  $\text{sqrt}((9 - 6)^2 + (6 - 4)^2 + (3 - 2)^2) = \text{sqrt}(14) = 3.7$
  - **FB4–6:**  $\text{sqrt}((2 - 1)^2 + (2 - 1)^2) = \text{sqrt}(2) = 1.4$
  - **FB7–8:**  $\text{sqrt}((5 - 3)^2 + (3 - 2)^2 + (2 - 1)^2) = \text{sqrt}(6) = 2.4$



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ CCS



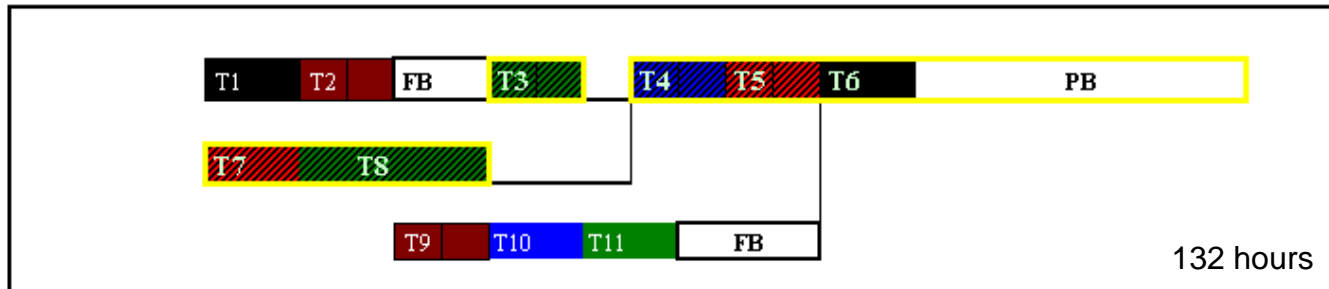
# CRITICAL CHAIN PLANNING



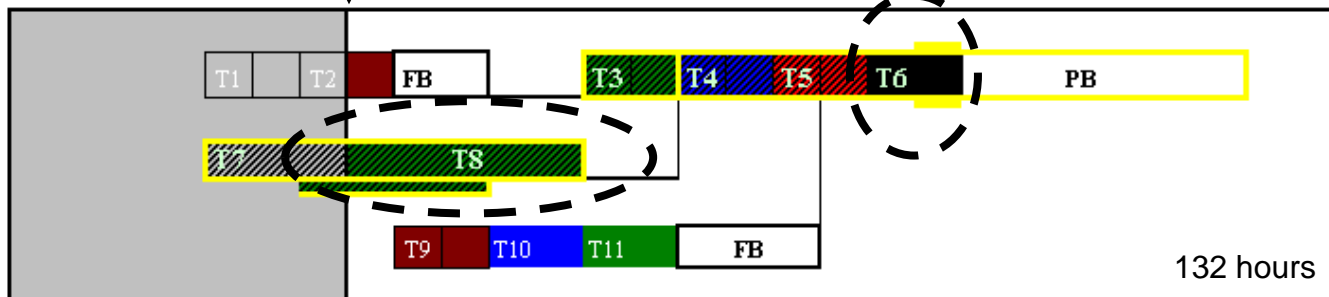
PB = Project Buffer    FB = Feeding Buffer

# CRITICAL CHAIN IN EXECUTION

Schedule Before Execution Starts

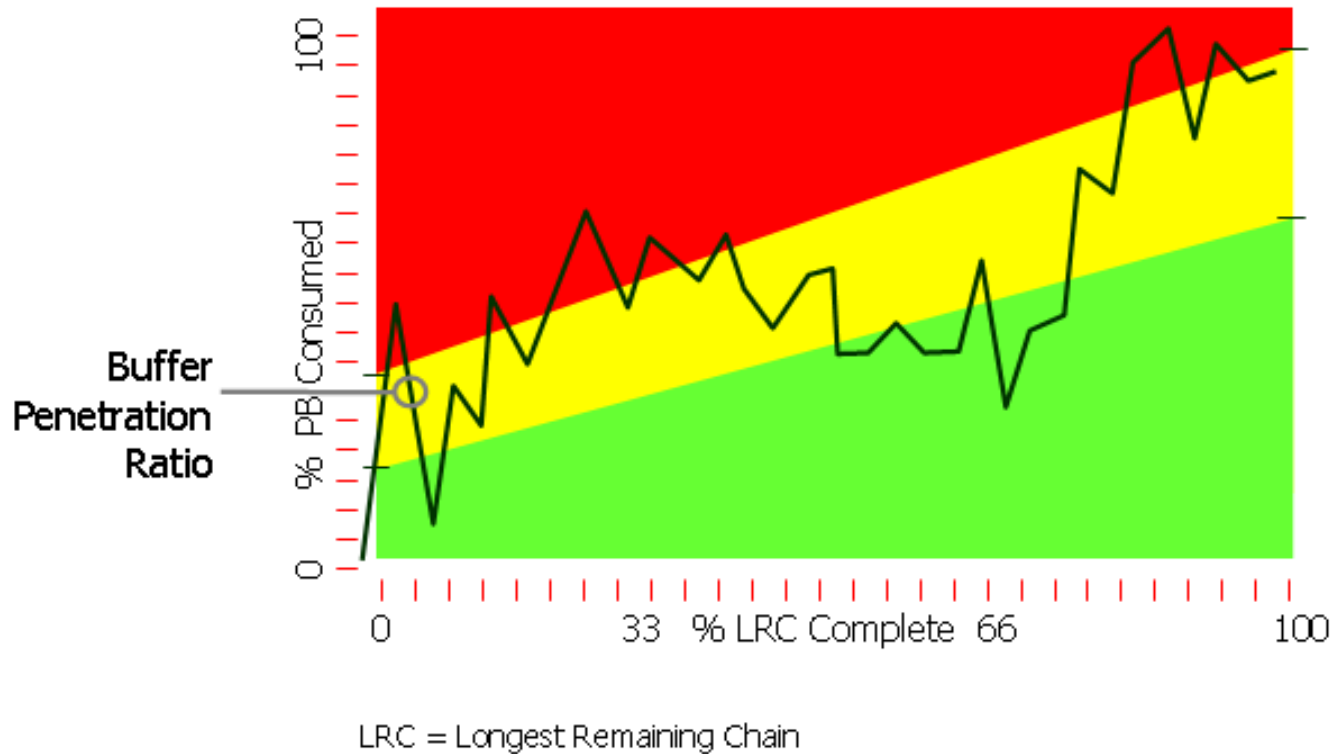


“AS OF DATE”



1. T8 experienced a 5 day increase in scope or delay
2. Results in a 2.5 day impact to the project buffer
3. The rest was absorbed by the Critical Chain gap
4.  $35 - 32.5 = 2.5 \rightarrow 7\%$  Complete and  $14\%$  Buffer Consumed

# CRITICAL CHAIN PRIORITY METRIC

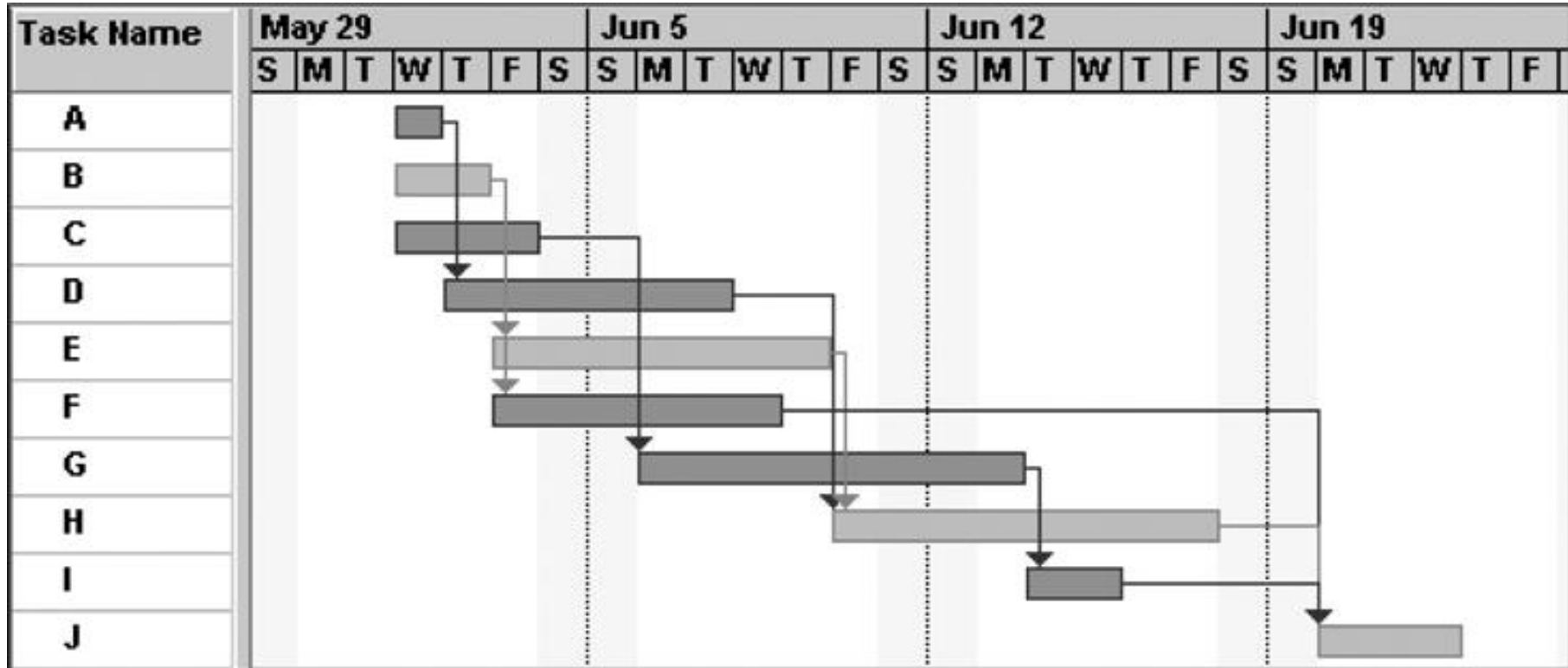


**Project Status Trend Chart or “Fever” Chart**

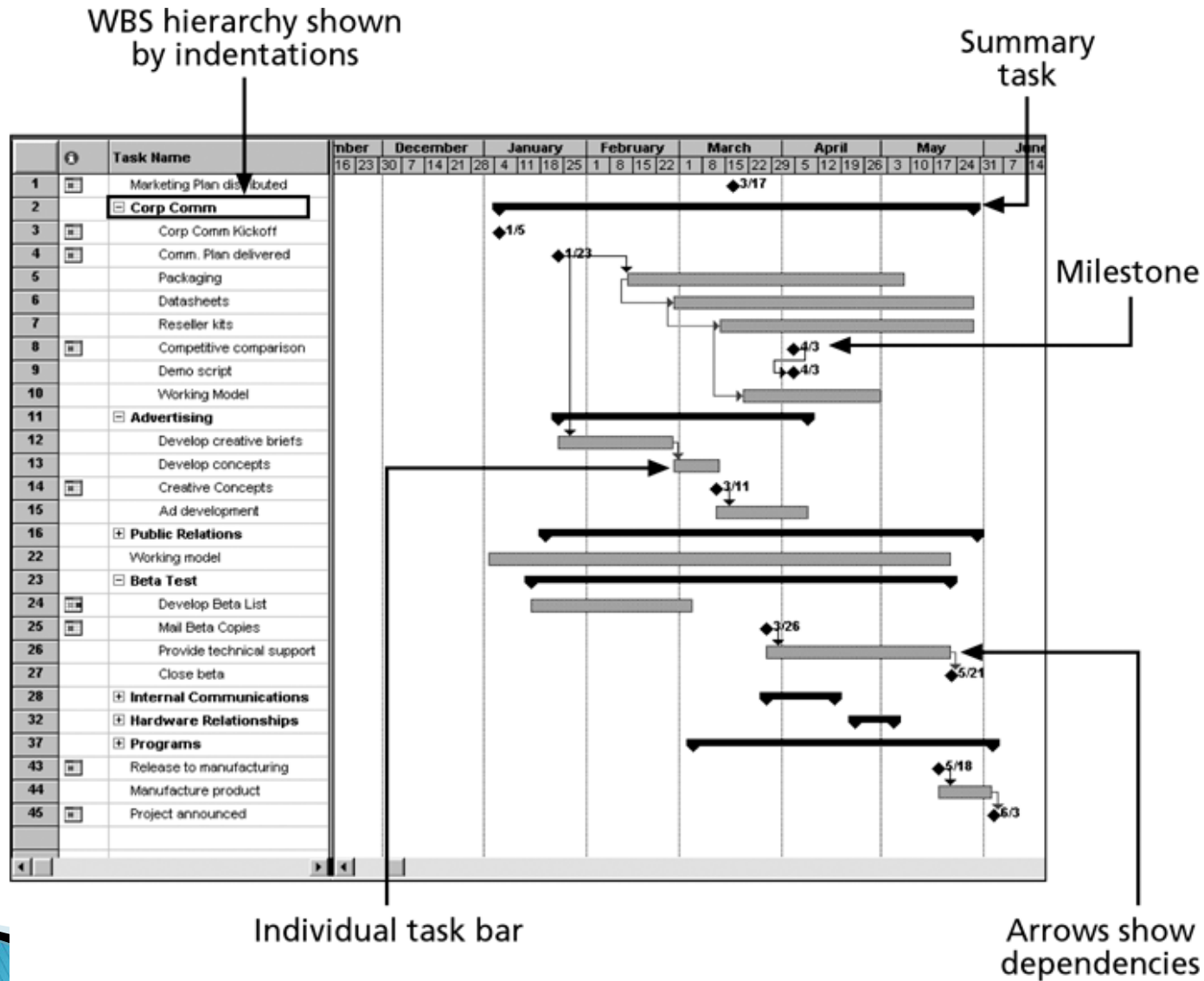
# GANTT CHARTS

- ▶ Gantt charts provide a standard format for displaying project schedule information by listing project activities and their corresponding start and finish dates in a calendar format.
- ▶ Symbols include:
  - Black diamonds: Milestones
  - Thick black bars: Summary tasks
  - Lighter horizontal bars: Durations of tasks
  - Arrows: Dependencies between tasks

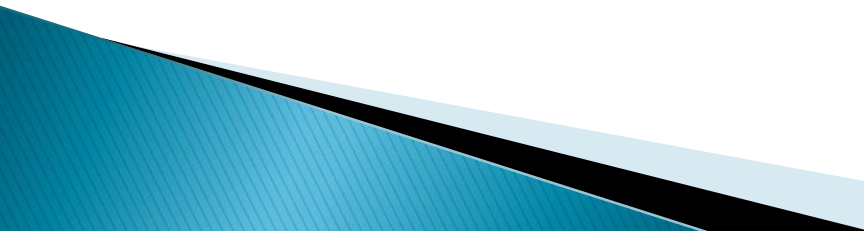
# GANTT CHART FOR PROJECT X



# GANTT CHART FOR SOFTWARE LAUNCH PROJECT

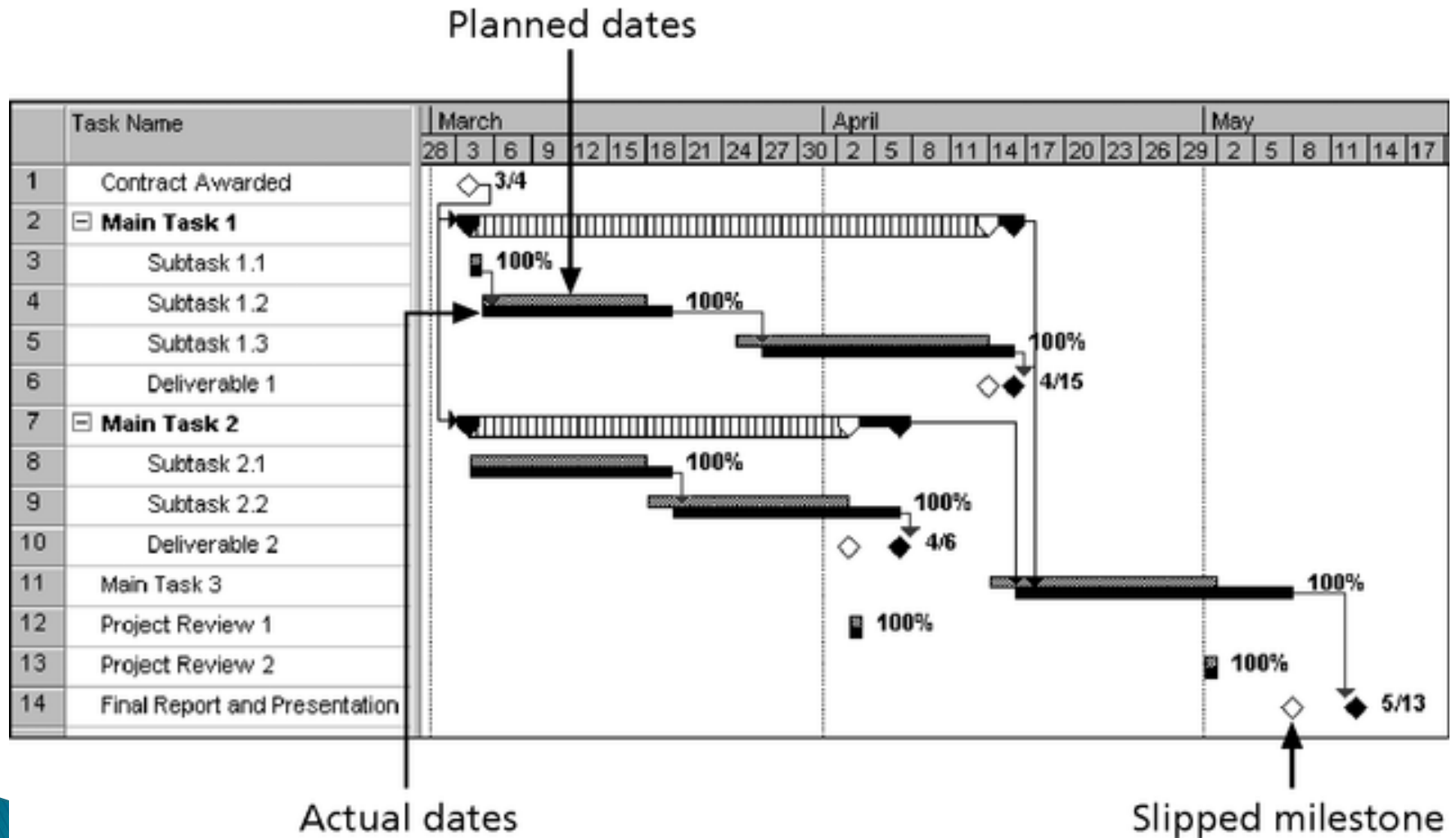


# ADDING MILESTONES TO GANTT CHARTS

- ▶ Many people like to focus on meeting milestones, especially for large projects.
  - ▶ Milestones emphasize important events or accomplishments in projects.
  - ▶ You typically create milestone by entering tasks that have a zero duration, or you can mark any task as a milestone.
- 



# SAMPLE TRACKING GANTT CHART



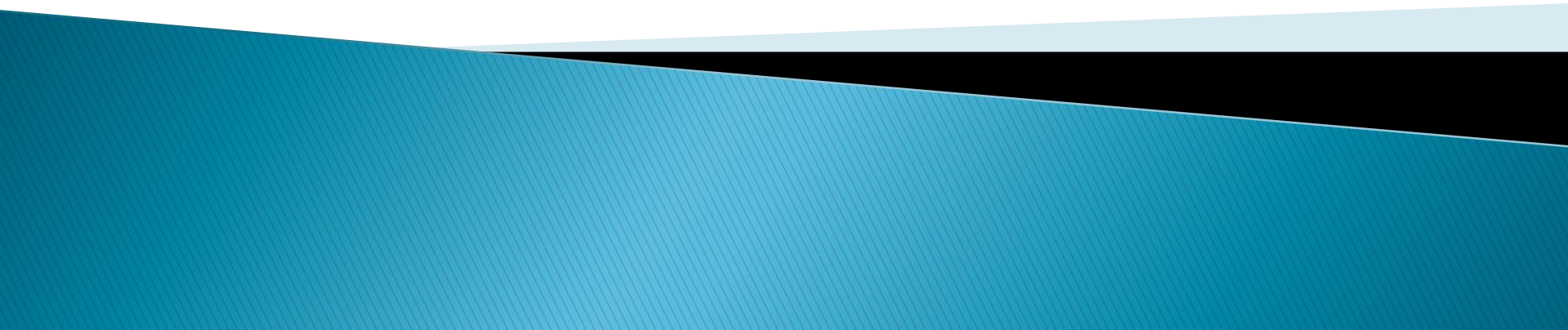
# GANTT CHARTS, NETWORK DIAGRAMS & MILESTONES

<b>Under what circumstances would you use a <u>network diagram</u> instead of a <u>Gantt chart</u>?</b>	To show interdependencies between tasks
<b>Under what circumstances would you want to use a <u>milestone chart</u> instead of a <u>Gantt chart</u>?</b>	To report to senior management
<b>Under what circumstances would you want to use a <u>Gantt chart</u> instead of a <u>network diagram</u>?</b>	To track progress To report to the team

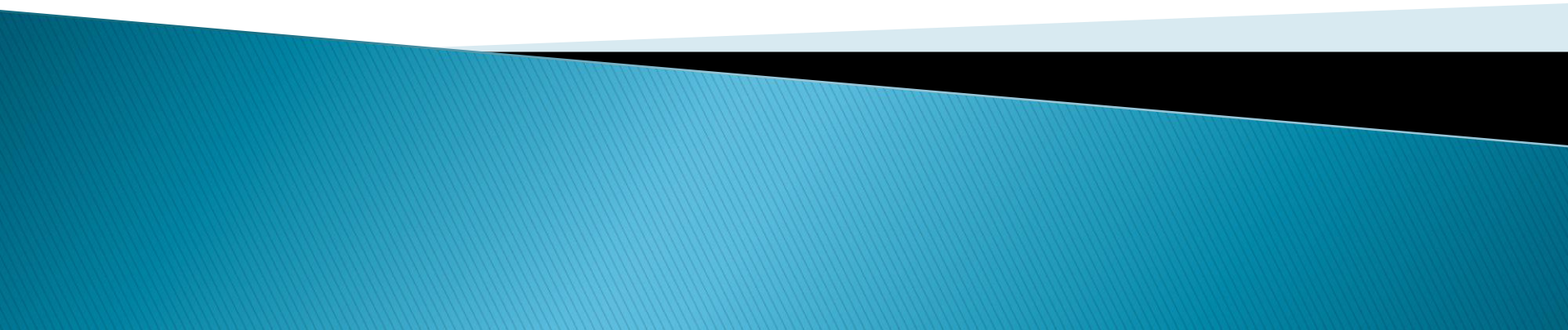
# MANAGING PROJECT RESOURCES



# RESOURCE ALLOCATION PROBLEM

- A shortcoming of most scheduling procedures is that they do not address the issues of resource utilization and availability.
  - Scheduling procedures tend to focus on time rather than physical resources.
- 

# RESOURCE ALLOCATION PROBLEM

- Schedules should be evaluated not merely in terms of meeting project milestones, but also in terms of the timing and use of scarce resources.
  - A fundamental measure of the project manager's success in project management is the skill with which the trade-offs among performance, time, and cost are managed.
- 

# RESOURCE ALLOCATION PROBLEM

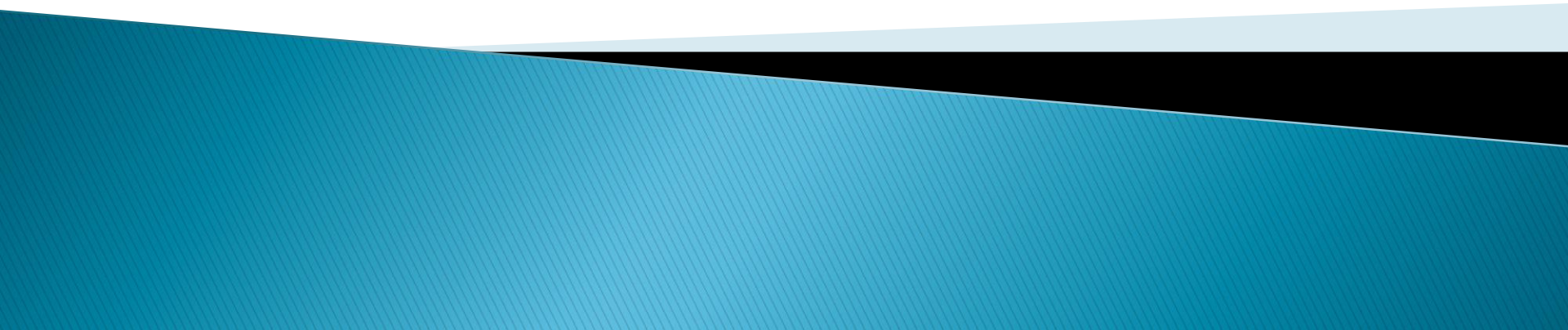
The extreme points of the relationship between time use and resource use are the following:

- **Time Limited:** The project must be finished by a certain time, using as few resources as possible. But it is time, not resource usage, that is critical
- **Resource Limited:** The project must be finished as soon as possible, but without exceeding some specific level of resource usage or some general resource constraint

# RESOURCE LOADING

- Resource loading describes the amounts of individual resources an existing schedule requires during specific time periods.
- The loads (requirements) of each resource type are listed as a function of time period.
- Resource loading gives a general understanding of the demands a project or set of projects will make on a firm's resources.

# RESOURCE LOADING

- The project manager must be aware of the flows of usage for each input resource throughout the life of the project.
  - It is the project manager's responsibility to ensure that the required resources, in the required amounts, are available when and where they are needed.
- 



# RESOURCE LOADING TABLE

Resource Name	Work	Details	April 21	May 1	May 11	May 21	June 1	
			4/21	4/28	5/5	5/12	5/19	5/26
Tom	40 hrs	Work			8h	32h		
<i>Assign Bids</i>	40 hrs	Work			8h	32h		
Jeff	40 hrs	Work				8h	32h	
<i>Calculate Costs</i>	40 hrs	Work				8h	32h	
Bob	40 hrs	Work				8h	32h	
<i>Document Award</i>	40 hrs	Work				8h	32h	
Sue	8 hrs	Work					8h	
<i>Select Winning Bi</i>	8 hrs	Work					8h	
Carol	32 hrs	Work						32h
<i>Develop PR Camp</i>	32 hrs	Work						32h

# RESOURCE LEVELING (SMOOTHING)

- Resource leveling aims to minimize the period-by-period variations in resource loading *by shifting tasks within their slack allowances.*
- The purpose is to create a **smoother** distribution of resource usage.
- Resource leveling, referred to as resource smoothing, has two objectives:
  - ❑ To determine the resource requirements so that they will be available at the right time.
  - ❑ To allow each activity to be scheduled with the smoothest possible transition across usage levels.

# RESOURCE LEVELING (SMOOTHING)

- Resource management is a multivariate, combinatorial problem, i.e. multiple solutions with many variables, the mathematically optimal solution may be difficult or infeasible.
- More common approach to analyzing resource leveling problems is to apply some *resource leveling heuristics*.

# RESOURCE LEVELING HEURISTICS

- Prioritizing resource allocation include applying resources to activities:
  - ❑ with the smallest amount of slack
  - ❑ with the smallest duration
  - ❑ that start earliest
  - ❑ with the most successor tasks
  - ❑ requiring the most resources

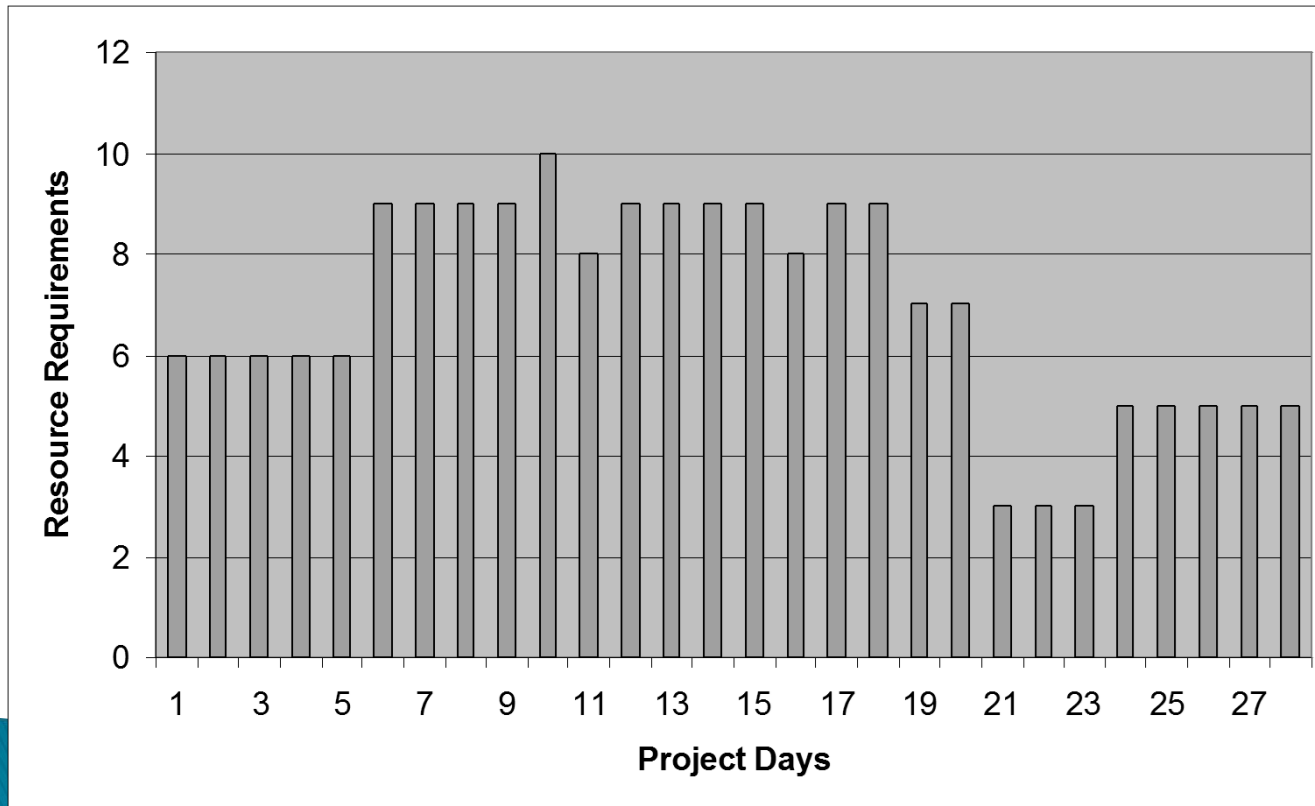
# RESOURCE LEVELING STEPS

- Create a project activity network diagram
- Create a table showing the resources required for each activity, durations, and the total float available
- Develop a time-phased resource loading table
- Identify any resource conflicts and begin to smooth the loading table using one or more heuristics

# RESOURCE LEVELING TECHNIQUES

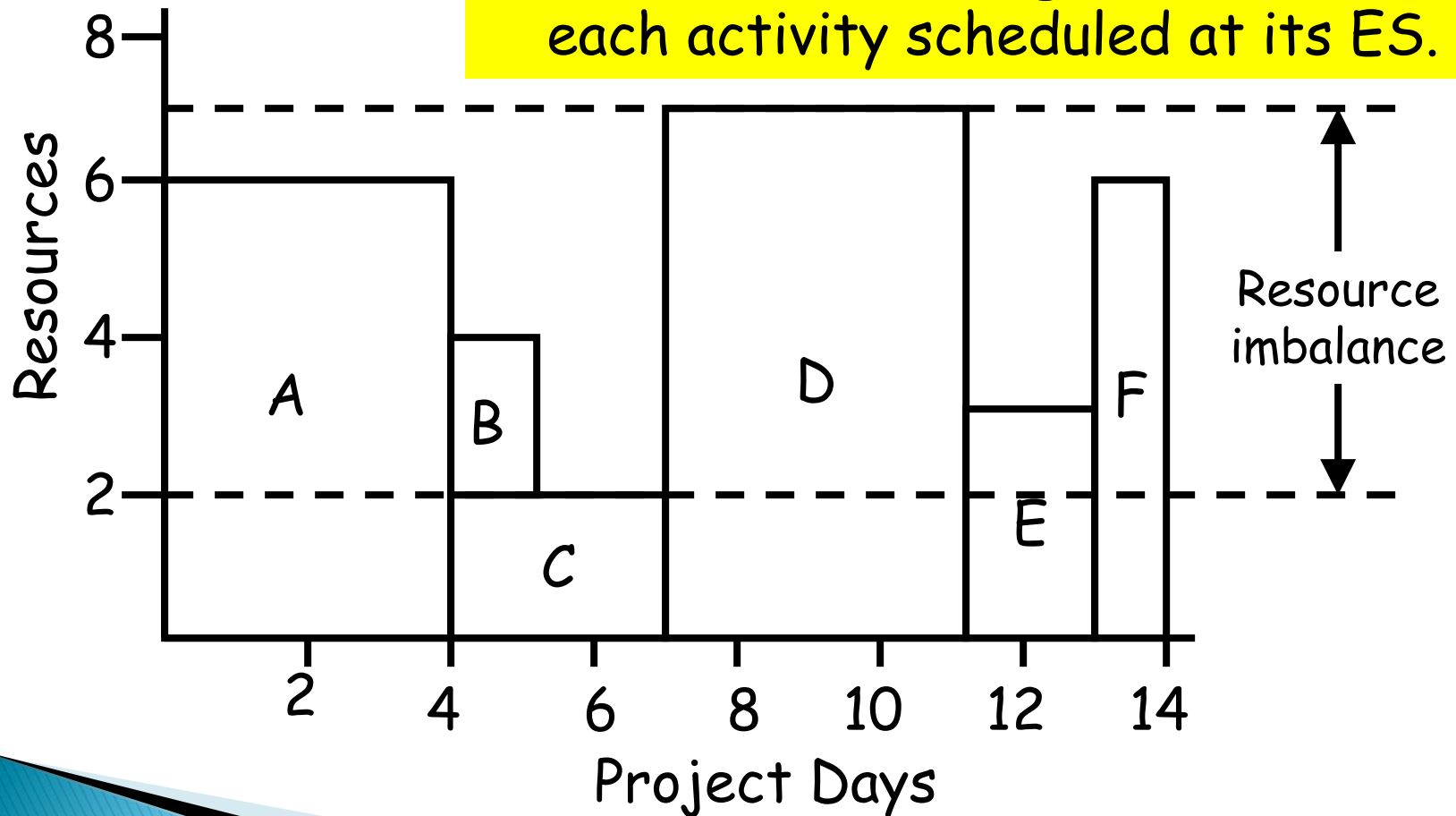
1. Shift the start date of an activity within its slack time
2. Split the activity within its slack time

# ACTIVITY SHIFTING



# ACTIVITY SPLITTING

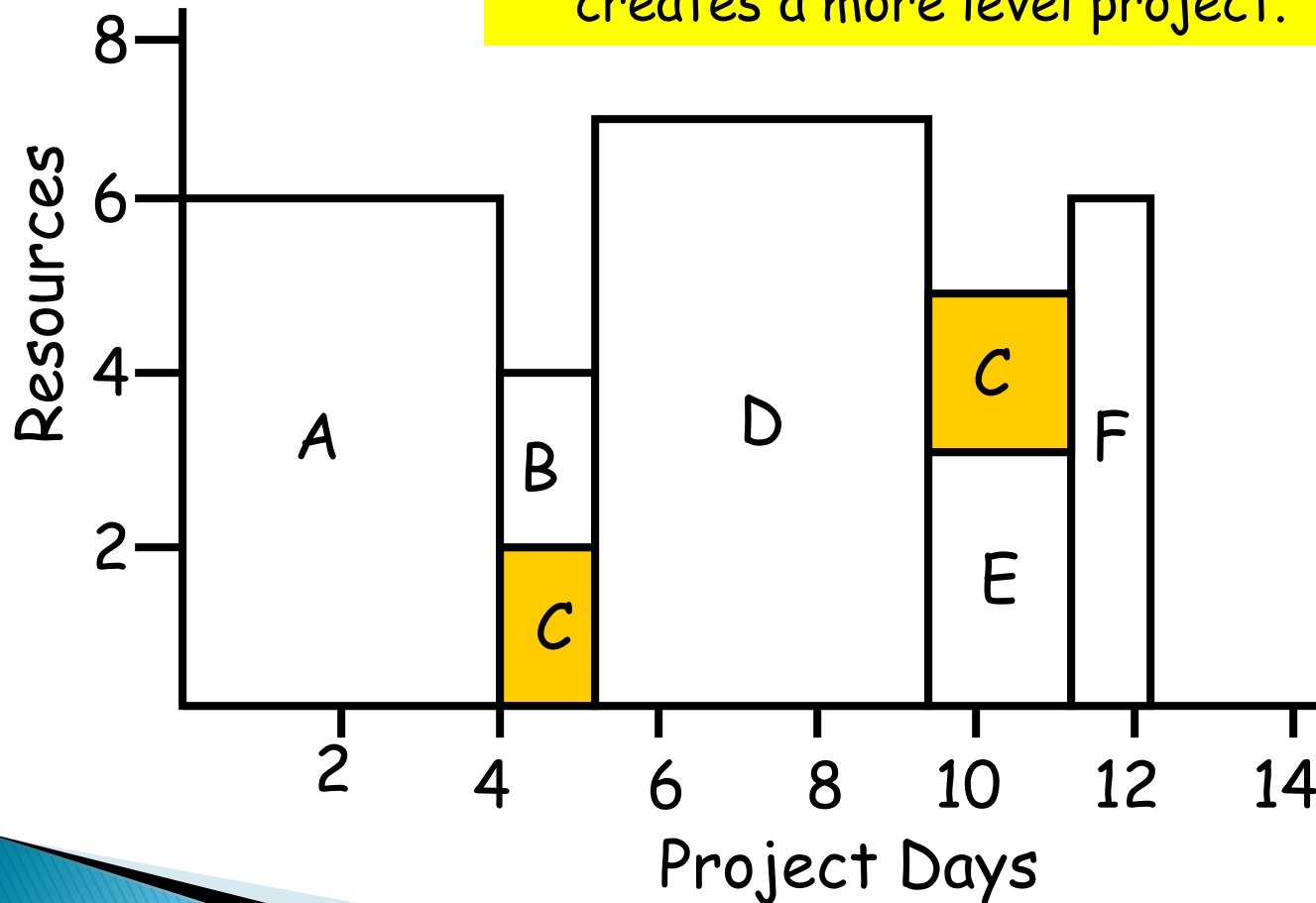
Draw an initial loading chart with each activity scheduled at its ES.





# ACTIVITY SPLITTING

Rearrange activities within their slack to create a more level profile. Splitting C creates a more level project.



# ONE FINAL WORD...

- ▶ The seeds of major software disasters are usually sown in the first three months of commencing the software project. Hasty scheduling, irrational commitments, unprofessional estimating techniques, and carelessness of the project management function are the factors that tend to introduce terminal problems. Once a project blindly lurches forward toward an impossible delivery date, the rest of the disaster will occur almost inevitably.

T. Capers Jones