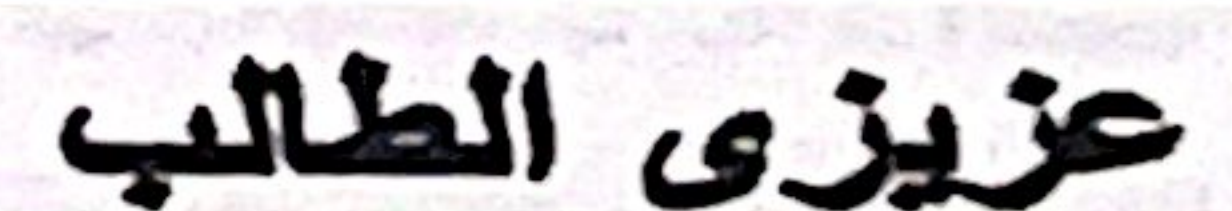


تحليل كمي

اسلوب پیرت

[illegible]

ش كلية التجارة الرئيسي أمام باب كلية التجارة أمام المسجد
مباشرة



د/ سلمیٰ ایمن

0

१४

أسلوب بيرت

■ مفاهيم هامة:

(١) المشروع : هو عبارة عن مجموعة من الأنشطة المترابطة والتي يتم تنفيذها في إطار زمني وترتيب محدد من أجل تنفيذ المشروع .

(٢) شبكة الأعمال : هي عبارة عن تمثيل بياني للأنشطة والأحداث التي يتكون منها المشروع بحيث تعكس الترتيب المنطقي لهذه الأنشطة .

(٣) الحادث : هو نقطة زمنية قد تمثل بداية نشاط أو نهاية نشاط ، ويتم تمثيله على الشبكة بدائرة تحمل رقم هذا الحادث ، ولا يحتاج الحادث وقت لأدائه .

(٤) النشاط : هو مجموعه من الجهود التي تحتاج إلى إمكانيات (وقت وموارد وتكاليف) لتنفيذه ، ويتم تمثيله على الشبكة بسهم واحد فقط يصل بين حدث بداية النشاط وحدث نهاية النشاط ، ويكتب اسم النشاط على السهم وكذلك وقت تنفيذه ، ولا يجوز تمثيل النشاط الواحد بأكثر من سهم .

(٥) النشاط الحرج (CA) : هو النشاط الذي إذا تأخر تنفيذه أدى إلى تأخر تنفيذ المشروع عن مواعده المحدد .

(٦) المسار الحرج (CP) : هو عبارة عن مجموعة من الأنشطة الحرجة التي تمثل مسار متصل من حدث بداية المشروع إلى حدث نهاية المشروع .

أو هو المسار الذي يستغرق أكبر وقت في تنفيذ المشروع

(٧) الوقت المتفائل (OT) : هو أقل وقت ممكن لتنفيذ النشاط في ظل توافر أفضل الظروف .

(٨) الوقت الأكثر احتمالاً (MT) : هو الوقت الأكثر واقعية وشيوع ، حيث يأخذ في الاعتبار جميع الاحتمالات المتوقعة أثناء تنفيذ النشاط .

(٩) الوقت المتشائم (PT) : هو أطول وقت ممكن لتنفيذ النشاط في ظل أسوأ الظروف والعقبات التي قد تحدث أثناء تنفيذ النشاط .

■ عند رسم شبكة الأعمال نراعى ما يلي:

- (١) الأنشطة تسير في اتجاه واحد من اليسار إلى اليمين .
- (٢) كل نشاط له حدث بداية وله حدث نهاية .
- (٣) قد يشترك نشاط مع آخر في حدث بداية أو حدث نهاية .
- (٤) هناك حدث بداية واحد وحدث نهاية واحد لكل شبكة .
- (٥) ترقيم الأحداث من البداية للنهاية ولا يجوز التكرار .

■ حسابات المسار الحرج:

(1) الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط :

ممكن يكون معطى	أو	نحسبه بالعلاقة التالية :
نرمز له بالرمز d_{ij}		$\frac{O + 4M + P}{6}$ الوقت المتوقع لكل نشاط

حيث أن :

OT الوقت المتفائل لتنفيذ النشاط .

MT الوقت الأكثر احتمالاً لتنفيذ النشاط .

PT الوقت المتشائم لتنفيذ النشاط .

(2) الوقت المبكر للحدث :

هو الوقت الذي يمضي من بداية المشروع وحتى ينتهي هذا الحدث ، ويتم تمثيله بمربع (□) على الشبكة ويوضع فوق الحدث مباشرة . عند حساب الوقت المبكر نراعى ما يلي :

■ الوقت المبكر لحدث بداية المشروع دائماً يساوى صفر .

■ الوقت المبكر لأي حدث يحسب بالعلاقة التالية :

الوقت المبكر للحدث =

الوقت المبكر للحدث السابق + الوقت المتوقع للنشاط السابق للحدث

■ في حالة وجود أكثر مسار يؤدي للحدث نختار أكبر وقت .

(3) الوقت المتأخر للحدث :

هو الوقت الذي يجب أن لا يتأخر عنه إتمام أو تنفيذ الحدث حتى يتم الانتهاء من المشروع في الموعد المحدد له بدون تأخير ، ويتم تمثيله بمثلث (Δ) على الشبكة ويوضع فوق مربع الوقت المبكر لكل حدث .

عند حساب الوقت المتأخر نراعى ما يلي :

- الوقت المتأخر لحدث نهاية المشروع يساوى الوقت المبكر لحدث نهاية المشروع ، وكذلك الوقت المتأخر لحدث بداية المشروع يساوى الوقت المبكر لحدث بداية المشروع
- الوقت المتأخر لآى حدث يحسب بالعلاقة التالية :

$$\text{الوقت المتأخر للحدث} = \text{الوقت المتأخر للحدث السابق} - \text{الوقت المتوقع للنشاط السابق للحدث}$$

■ فى حالة وجود أكثر مسار يؤدي للحدث نختار أقل وقت .

(4) السماح الحر (FF) :

هو مقدار الوقت الذى يمكن أن يتأخر به تنفيذ نشاط من دون أن يؤثر على الوقت المبكر لتنفيذ النشاط التالى له .

ويتم حساب السماح الحر لكل نشاط كما يلي :

الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط	-	الوقت المبكر لحدث البداية	=	الوقت المبكر لحدث النهاية	=	السماح الحر لكل نشاط
-----------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	----------------------

(5) السماح الكلى (TF) :

هو مقدار الوقت الذى يسمح فيه لآى نشاط أن يتأخر دون أن يؤدي إلى تأخير تنفيذ المشروع ككل .

ويتم حساب السماح الكلى لكل نشاط كما يلي :

الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط	-	الوقت المبكر لحدث البداية	=	الوقت المتأخر لحدث النهاية	=	السماح الكلى لكل نشاط
-----------------------------	---	---------------------------	---	----------------------------	---	-----------------------

(6) السماح المستقل (IF) :

هو مقدار السماح الكلى الذى يمكن أن يتأخر به تنفيذ أى نشاط دون أن يؤثر على السماحية للأنشطة التالية له .

ويتم حساب السماح المستقل لكل نشاط كما يلي :

الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط	-	الوقت المتأخر لحدث البداية	=	الوقت المبكر لحدث النهاية	=	السماح المستقل لكل نشاط
-----------------------------	---	----------------------------	---	---------------------------	---	-------------------------

ملاحظات :

$$TF \geq FF \geq IF \quad (1)$$

(2) السماح المستقل قد يكون بالسالب .

(3) لآى نشاط حرج يكون :

$$\text{السماح الحر} = \text{السماح الكلى} = \text{السماح المستقل} = \text{صفر}$$

خذ بالك : النشاط الحرج يتوافر فيه (3) شروط هى :

- (1) الوقت المبكر لحدث البداية = الوقت المتأخر لحدث البداية
- (2) الوقت المبكر لحدث النهاية = الوقت المتأخر لحدث النهاية
- (3) الفرق بين الوقت المبكر لحدث البداية والنهاية = الفرق بين الوقت المتأخر لحدث البداية والنهاية = الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط .

■ لحساب احتمال إتمام المشروع فى مدة

زمنية معينة (D) تتبع الخطوات التالية :

(1) نرسم شبكة الأعمال ونحدد المسار الحرج (أطول مسار) .

(2) نحسب الوقت المتوقع لإتمام المشروع (ET)

= مجموع أزمنة أنشطة المسار الحرج

(3) نحسب تباين وقت إتمام المشروع (σ_T^2)

= مجموع تباين أنشطة المسار الحرج

(4) نحسب الانحراف المعيارى لوقت إتمام المشروع (σ_T)

= الجذر التربيعى لتباين وقت إتمام المشروع (σ_T^2)

(5) نحسب الاحتمال كما يلي :

$$\begin{aligned} P(T < D) &= P\left(Z < \frac{D - E_T}{\sigma_T}\right) \\ P(T > D) &= P\left(Z > \frac{D - E_T}{\sigma_T}\right) \end{aligned}$$

■ ثم نقوم بالبحث فى جداول المساحة أسفل المنحنى لإيجاد الاحتمال المطلوب ، مع مراعاة ما يلي :

- 1) $P(Z < A) =$ من جدول المساحات الموجب
- 2) $P(Z > A) = 1 - P(Z < A)$
- 3) $P(Z < -A) =$ من جدول المساحات السالبة
- 4) $P(Z > -A) = 1 - P(Z < -A)$

خذ بالك :

تباين النشاط $\sigma_{\text{النشاط}}^2 = (\sigma_{\text{النشاط}})^2$	الانحراف المعيارى للنشاط $\sigma_{\text{النشاط}} = \frac{PT - OT}{6}$
---	--

الفرقة الثانية

الفرقة الثانية

تمرين (١) إذا كان لديك مشروع يتكون من عدد من الأنشطة كما يلي :

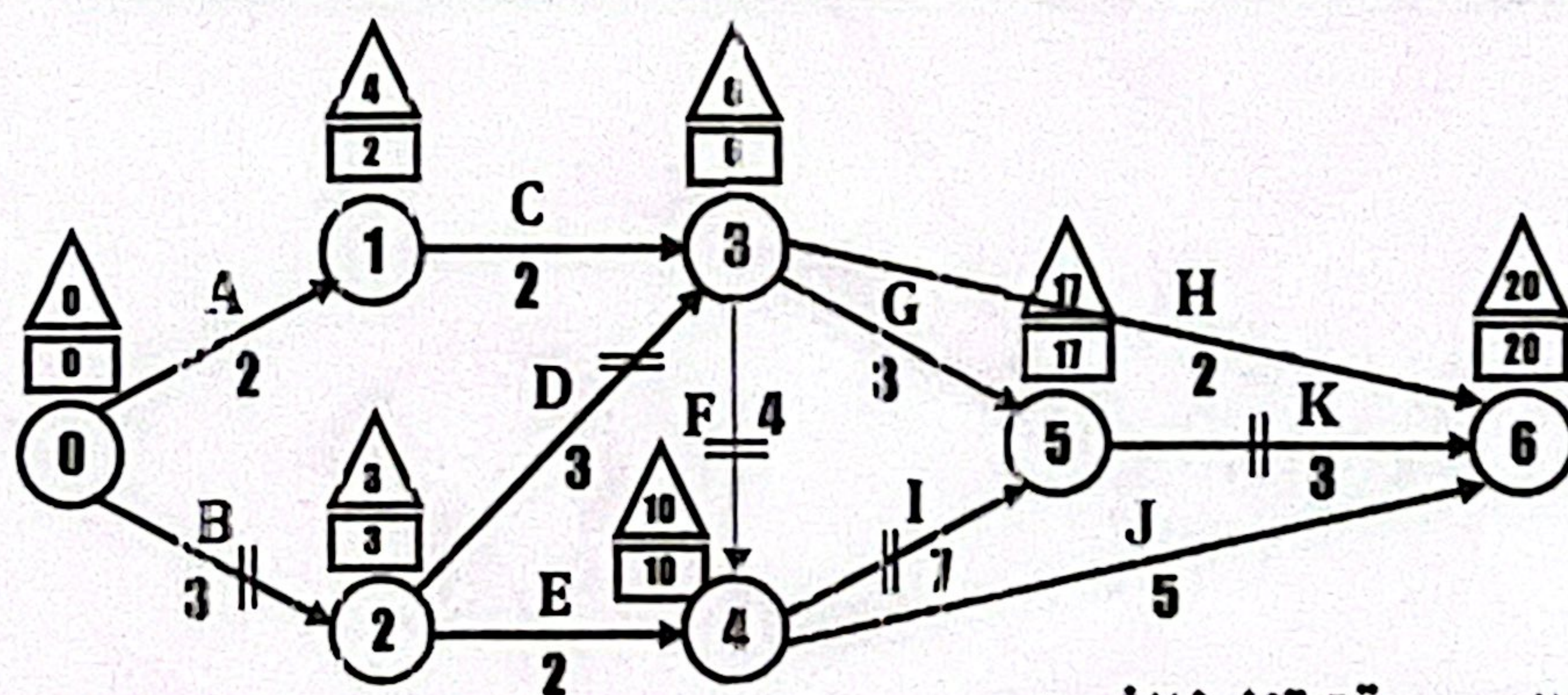
النشاط	حدث البداية والنهاية	المدة بالأسبوع d_{ij}
A	0 - 1	2
B	0 - 2	3
C	1 - 3	2
D	2 - 3	3
E	2 - 4	2
F	3 - 4	4
G	3 - 5	3
H	3 - 6	2
I	4 - 5	7
J	4 - 6	5
K	5 - 6	3

المطلوب :

- 1) رسم شبكة الأعمال لهذا المشروع .
- 2) احسب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة .
- 3) حدد المسار الحرج ، ووقت تنفيذ المشروع .
- 4) احسب كلا من السماح الحر (FF) والسماح الكلي (TF) والسماح المستقل (IF) .

حل تمرين (١)

1) رسم شبكة الأعمال لهذا المشروع وحساب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة :



2) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$2+2+2=6$	A - C → H	الأول
غير حرج	$2+2+3+3=10$	A - C → G → K	الثاني
غير حرج	$2+2+4+5=13$	A - C → F → J	الثالث
غير حرج	$2+2+4+7+3=18$	A - C → F → I → K	الرابع
غير حرج	$3+2+5=10$	B - E → J	الخامس
غير حرج	$3+3+2=8$	B - D → H	السادس
غير حرج	$3+3+3+3=12$	B - D → G → K	السابع
غير حرج	$3+3+4+5=15$	B - D → F → J	الثامن
غير حرج	$3+2+7+3=15$	B - E → I → K	التاسع
حرج	$3+3+4+7+3=20$	B - D → F → I → K	العاشر

الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع = وقت المسار الحرج = 20 أسبوعاً

الفرقة الثانية

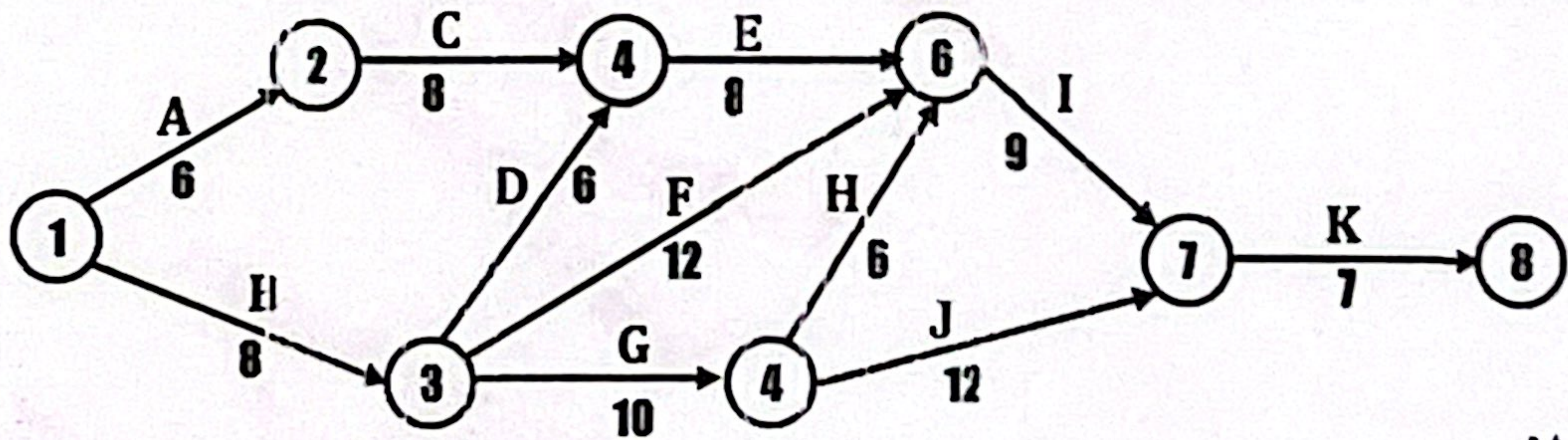
الفرقة الثانية

(3) السماح الحر (FF) والسماح الكلي (TF) والسماح المستقل (IF) :

النشاط	أحداث النشاط	الوقت المبكر لحدث البداية	الوقت المتأخر لحدث البداية	الوقت المتأخر لحدث النهاية	وقت تنفيذ النشاط d_{ij}	السماح الحر FF	السماح الكلي TF	السماح المستقل IF
A	0-1	0	2	0	4	2	$2-0-2=0$	$2-0-2=0$
B	0-2	0	3	0	3	3	$3-0-3=0$	$3-0-3=0$
C	1-3	2	6	4	6	2	$6-2-2=2$	$6-4-2=0$
D	2-3	3	6	3	6	3	$6-3-3=0$	$6-3-3=0$
E	2-4	3	10	3	10	2	$10-3-2=5$	$10-3-2=5$
F	3-4	6	10	6	10	4	$10-6-4=0$	$10-6-4=0$
G	3-5	6	17	6	17	3	$17-6-3=8$	$17-6-3=8$
H	3-6	6	20	6	20	2	$20-6-2=12$	$20-6-2=12$
I	4-5	10	17	10	17	7	$17-10-7=0$	$17-10-7=0$
J	4-6	10	20	10	20	5	$20-10-5=5$	$20-10-5=5$
K	5-6	17	20	17	20	3	$20-17-3=0$	$20-17-3=0$

ملحوظة : لأي نشاط خرج نجد أن السماح الحر = السماح الكلي = السماح المستقل = صفر

تمرين (٢) إذا كان لديك شبكة الأعمال لأحد المشروعات كما يلي :

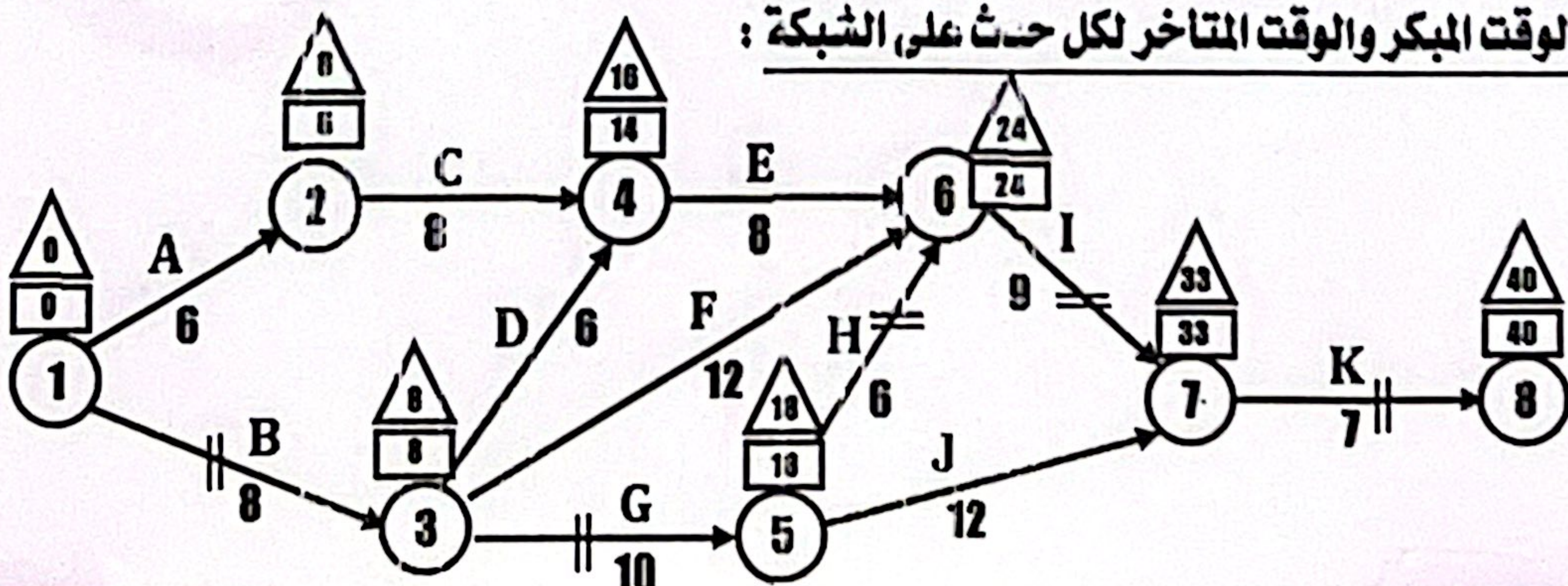


المطلوب :

- احسب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة .
- حدد المسار الحرج . ووقت تنفيذ المشروع .
- احسب كلا من السماح الحر (FF) والسماح الكلي (TF) والسماح المستقل (IF) .

حل تمرين (٢)

- حساب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة :



(2) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$6 + 8 + 8 + 9 + 7 = 38$	$A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow I \rightarrow K$	الأول
غير حرج	$8 + 10 + 12 + 7 = 37$	$H \rightarrow G \rightarrow J \rightarrow K$	الثاني
غير حرج	$8 + 6 + 8 + 9 + 7 = 38$	$H \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow I \rightarrow K$	الثالث
غير حرج	$8 + 12 + 9 + 7 = 36$	$H \rightarrow F \rightarrow I \rightarrow K$	الرابع
حرج	$8 + 10 + 6 + 9 + 7 = 40$	$H \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow K$	الخامس

الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع = وقت المسار الحرج = 40 أسبوع

(3) السماح الحر (FF) والسماح الكلي (TF) والسماح المستقل (IF) :

النشاط	أحداث النشاط	الوقت المبكر لحدث البداية	الوقت المتأخر لحدث البداية	الوقت المتأخر لحدث النهاية	وقت تنفيذ النشاط d_{ij}	السماح الحر FF	السماح الكلي TF	السماح المستقل IF
A	1-2	0	6	0	8	$6 - 0 - 6 = 0$	$8 - 0 - 6 = 2$	$6 - 0 - 6 = 0$
B	1-3	0	8	0	8	$8 - 0 - 8 = 0$	$8 - 0 - 8 = 0$	$8 - 0 - 8 = 0$
C	2-4	6	14	8	16	$14 - 6 - 8 = 0$	$16 - 6 - 8 = 2$	$14 - 8 - 8 = -2$
D	3-4	8	14	8	16	$14 - 8 - 6 = 0$	$16 - 8 - 6 = 2$	$14 - 8 - 6 = 0$
E	4-6	14	24	16	24	$24 - 14 - 8 = 2$	$24 - 14 - 8 = 2$	$24 - 16 - 8 = 0$
F	3-6	8	24	8	24	$24 - 8 - 12 = 4$	$24 - 8 - 12 = 4$	$24 - 8 - 12 = 4$
G	3-5	8	18	8	18	$18 - 8 - 10 = 0$	$18 - 8 - 10 = 0$	$18 - 8 - 10 = 0$
H	5-6	18	24	18	24	$24 - 18 - 6 = 0$	$24 - 18 - 6 = 0$	$24 - 18 - 6 = 0$
I	6-7	24	33	24	33	$33 - 24 - 9 = 0$	$33 - 24 - 9 = 0$	$33 - 24 - 9 = 0$
J	5-7	18	33	18	33	$33 - 18 - 12 = 3$	$33 - 18 - 12 = 3$	$33 - 18 - 12 = 3$
K	7-8	33	40	33	40	$40 - 33 - 7 = 0$	$40 - 33 - 7 = 0$	$40 - 33 - 7 = 0$

ملحوظة : لأي نشاط حرج نجد أن السماح الحر = السماح الكلي = السماح المستقل = صفر

تمرين (٣) الأنشطة التالية تمثل أحد المشروعات كما يلي :

النشاط	A	B	C	D	E	F	G	H
حدث البداية والنهاية	1-2	2-3	2-4	3-5	3-6	4-5	4-6	5-6
الوقت المتفائل OT	2	2	1	2	1	5	3	4
الوقت الأكثر احتمالاً MT	3	3	2	3	2	7	5	6
الوقت المتشائم PT	4	4	3	4	3	9	7	8

المطلوب :

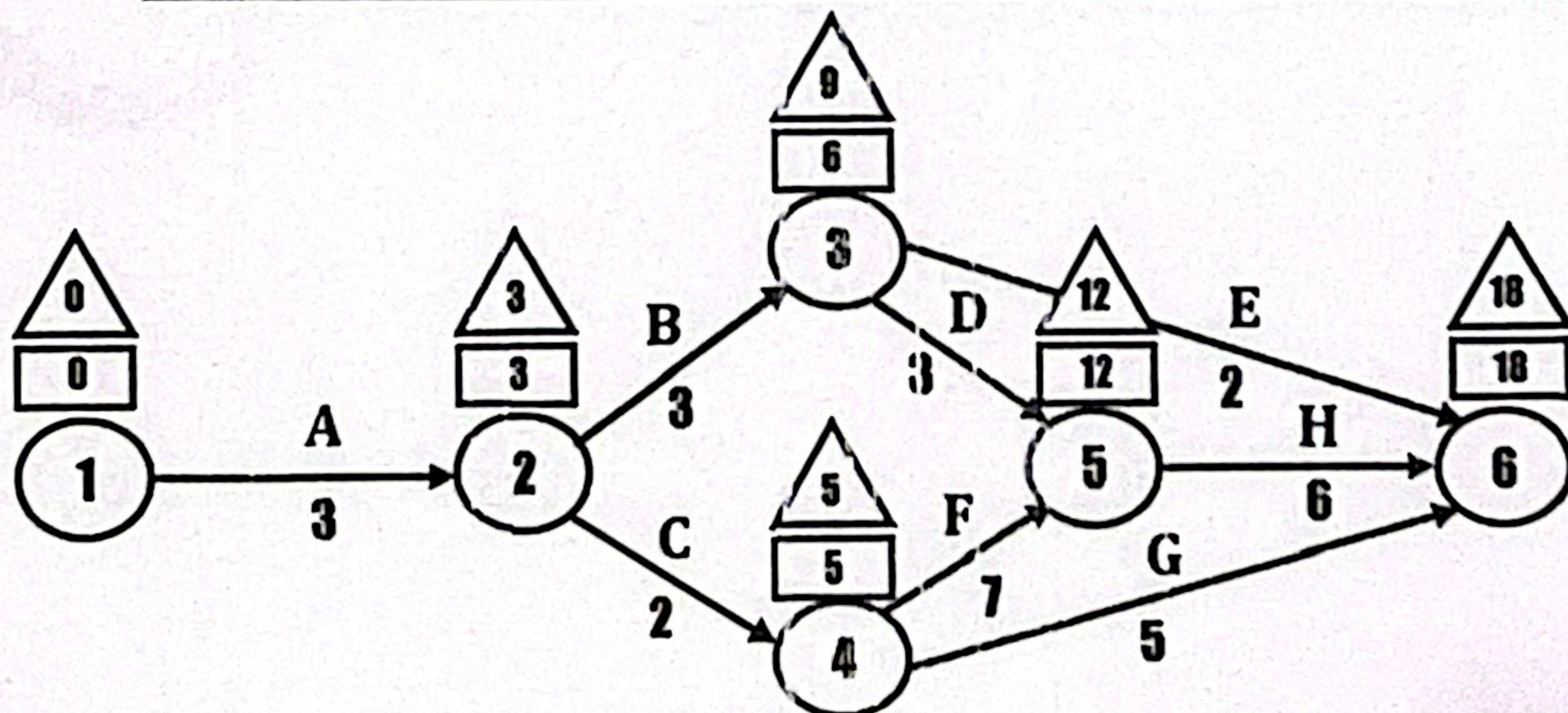
- (1) حساب الوقت المتوقع وكذلك التباين والانحراف المعياري لكل نشاط .
- (2) أرسم شبكة الأعمال لهذا المشروع موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة .
- (3) حدد المسار الحرج والوقت المتوقع لتنفيذ المشروع وتباين وقت إتمام المشروع وكذلك الانحراف المعياري .
- (4) احسب كلا من السماح الحر (FF) والسماح الكلي (TF) والسماح المستقل (IF) .
- (5) احسب احتمال تنفيذ المشروع في أقل من 21 أسبوع .
- (6) احسب احتمال تنفيذ المشروع في أكثر من 17 أسبوع .

حل تمرين (٢)

- (1) حساب الوقت المتوقع وكذلك التباين والانحراف المعياري لكل نشاط :

النشاط	أحداث النشاط	الأوقات المقدرة بالأسبوع			الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط $= \frac{OT + 4MT + PT}{6}$	الانحراف المعياري لكل نشاط $= \frac{PT - OT}{6}$	تباين كل نشاط
		OT	MT	PT			
A	1 - 2	2	3	4	$= \frac{2 + 4(3) + 4}{6} = 3$	$= \frac{4 - 2}{6} = \frac{2}{6}$	$\frac{4}{36}$
B	2 - 3	2	3	4	$= \frac{2 + 4(3) + 4}{6} = 3$	$= \frac{4 - 2}{6} = \frac{2}{6}$	$\frac{4}{36}$
C	2 - 4	1	2	3	$= \frac{1 + 4(2) + 3}{6} = 2$	$= \frac{3 - 1}{6} = \frac{2}{6}$	$\frac{4}{36}$
D	3 - 5	2	3	4	$= \frac{2 + 4(3) + 4}{6} = 3$	$= \frac{4 - 2}{6} = \frac{2}{6}$	$\frac{4}{36}$
E	3 - 6	1	2	3	$= \frac{1 + 4(2) + 3}{6} = 2$	$= \frac{3 - 1}{6} = \frac{2}{6}$	$\frac{4}{36}$
F	4 - 5	5	7	9	$= \frac{5 + 4(7) + 9}{6} = 7$	$= \frac{9 - 5}{6} = \frac{4}{6}$	$\frac{16}{36}$
G	4 - 6	3	5	7	$= \frac{3 + 4(5) + 7}{6} = 5$	$= \frac{7 - 3}{6} = \frac{4}{6}$	$\frac{16}{36}$
H	5 - 6	4	6	8	$= \frac{4 + 4(6) + 8}{6} = 6$	$= \frac{8 - 4}{6} = \frac{4}{6}$	$\frac{16}{36}$

- (2) رسم شبكة الأعمال لهذا المشروع وحساب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة :



(3) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وتباين وقت إتمام المشروع وكذلك الانحراف المعياري :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$3 + 3 + 2 = 8$	$A \rightarrow B \rightarrow E$	الأول
غير حرج	$3 + 3 + 3 + 6 = 15$	$A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow H$	الثاني
غير حرج	$3 + 2 + 5 = 10$	$A \rightarrow C \rightarrow G$	الثالث
حرج	$3 + 2 + 7 + 6 = 18$	$A \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow H$	الرابع

فيكون :

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (E_T) = وقت المسار الحرج = 18 أسبوع

■ تباين وقت إتمام المشروع (σ_T^2) = مجموع تباين أنشطة المسار الحرج $\Leftrightarrow \sigma_T^2 = \frac{4}{36} + \frac{4}{36} + \frac{16}{36} - \frac{16}{36} = \frac{40}{36}$

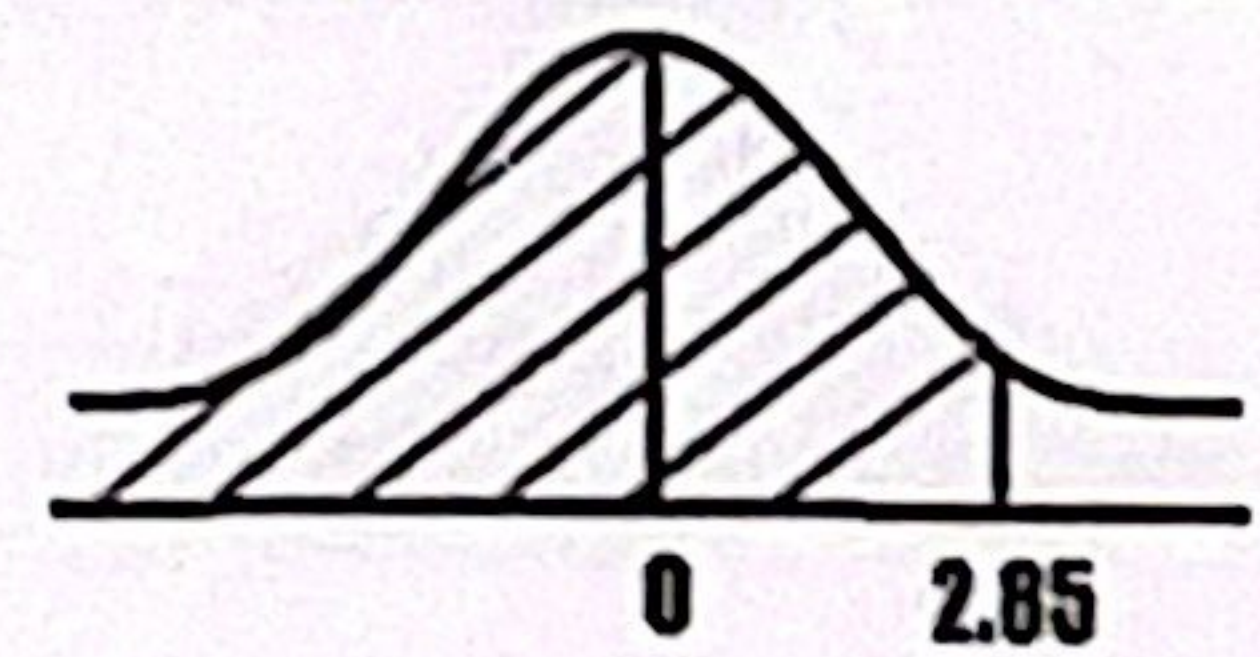
■ الانحراف المعياري لوقت إتمام المشروع (σ_T) = جذر تباين وقت إتمام المشروع (σ_T^2) $\Leftrightarrow \sigma_T = \sqrt{\frac{40}{36}} = 1.054$

(4) السماح الحر (FF) والسماح الكلي (TF) والسماح المستقل (IF) :

النشاط	أحداث النشاط	الوقت المبكر لحدث البداية	الوقت المتأخر لحدث البداية	الوقت المتأخر لحدث النهاية	وقت تنفيذ النشاط d_{ij}	السماح الحر FF	السماح الكلي TF	السماح المستقل IF
A	1-2	0	3	0	3	$3 - 0 - 3 = 0$	$3 - 0 - 3 = 0$	$3 - 0 - 3 = 0$
B	2-3	3	6	3	3	$6 - 3 - 3 = 0$	$9 - 3 - 3 = 3$	$6 - 3 - 3 = 0$
C	2-4	3	5	3	2	$5 - 3 - 2 = 0$	$5 - 3 - 2 = 0$	$5 - 3 - 2 = 0$
D	3-5	6	12	9	3	$12 - 6 - 3 = 3$	$12 - 6 - 3 = 3$	$12 - 9 - 3 = 0$
E	3-6	6	18	9	2	$18 - 6 - 2 = 10$	$18 - 6 - 2 = 10$	$18 - 9 - 2 = 7$
F	4-5	5	12	5	7	$12 - 5 - 7 = 0$	$12 - 5 - 7 = 0$	$12 - 5 - 7 = 0$
G	4-6	5	18	5	5	$18 - 5 - 5 = 8$	$18 - 5 - 5 = 8$	$18 - 5 - 5 = 8$
H	5-6	12	18	12	6	$18 - 12 - 6 = 0$	$18 - 12 - 6 = 0$	$18 - 12 - 6 = 0$

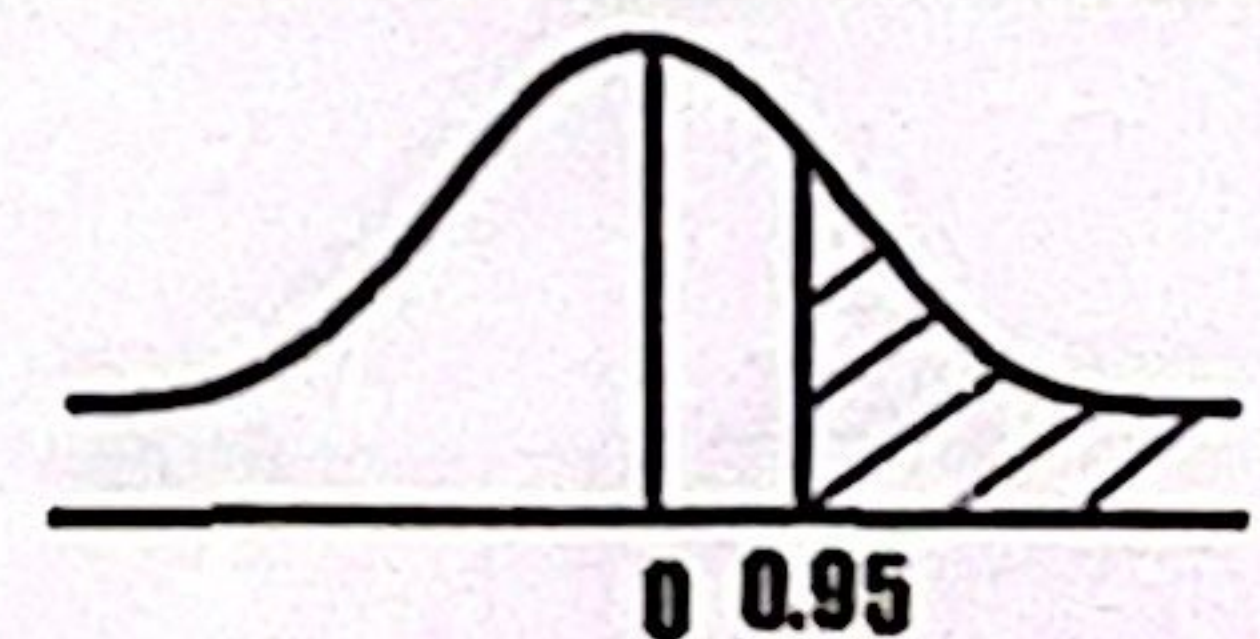
(5) حساب احتمال تنفيذ المشروع في أقل من 21 أسبوع :

$$P(T < 21) = P\left(Z < \frac{21 - 18}{1.054}\right) \\ = P(Z < 2.85) = 0.9978$$



(6) حساب احتمال تنفيذ المشروع في أكثر من 17 أسبوع :

$$P(T > 21) = P\left(Z > \frac{17 - 18}{1.054}\right) \\ = P(Z > -0.95) = 1 - 0.8289 = 0.1711$$



تابع أسلوب بيرت

■ تحديد أدنى تكلفة لتنفيذ المشروع :

(١) رسم شبكة الأعمال وحساب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث وفقاً للوقت العادي .

(٢) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع ، وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع وفقاً للتكلفة العادية .

(٣) حساب أدنى تكلفة لتنفيذ المشروع وفقاً لما يلي :

(١) حساب ميل التكلفة لكل نشاط بالعلاقة التالية :

$$\text{ميل التكلفة} = \frac{\text{التكلفة العاجلة (CC) - التكلفة العادية (AC)}}{\text{الوقت العادي (NT) - الوقت العاجل (AT)}}$$

(2) حساب مقدار التخفيض لكل نشاط ، بالعلاقة التالية :

$$\text{مقدار التخفيض للنشاط} = \text{الوقت العادي} - \text{الوقت العاجل}$$

(3) حساب السماح الحر لكل نشاط ، بالعلاقة التالية :

$$\text{الوقت المتوقع لتنفيذ النشاط} = \text{الوقت المبكر لحدث البداية} - \text{الوقت المبكر لحدث النهاية} = \text{السماح الحر لكل نشاط}$$

(4) نقوم بكتابة أنشطة المسار الحرج مرتبة تصاعدياً حسب ميل التكلفة لهذه الأنشطة ، ثم نقوم بكتابة مقدار التخفيض أسفل كل نشاط .

(5) يتم تخفيض النشاط صاحب أقل ميل تكلفة ، بمقدار التخفيض الخاص بالنشاط أو أقل سماح حر موجب على الشبكة أيهما أقل .

ملحوظة :

في حالة وجود أكثر من مسار حرج على الشبكة ، يتم تحديد الأنشطة المشتركة بين المسارات الحرجة وترتيبها تصاعدياً حسب ميل التكلفة لهذه الأنشطة ونختار النشاط المشترك صاحب أقل ميل تكلفة ، ويتم تخفيضه بمقدار التخفيض الخاص بالنشاط أو أقل سماح حر موجب على الشبكة أيهما أقل (كما سبق) .

(6) حساب وقت تنفيذ المشروع بعد التخفيض .

(7) حساب إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض :

$$\text{إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع} = \text{إجمالي تكاليف العادية للمشروع} + \text{التكاليف الإضافية للتخفيض}$$

$$\text{حيث أن :} \quad \text{التكاليف الإضافية للتخفيض} = \text{ميل التكلفة} \times \text{مقدار التخفيض للنشاط}$$

(8) نقوم برسم شبكة العمال مرة أخرى بعد التخفيض ، وتكرار نفس الخطوات السابقة حتى يتم الوصول إلى الوقت الأمثل المراد حساب أدنى تكلفة عنده .

(1) الوقت العادي : الذي يتم فيه تنفيذ النشاط وفقاً للمخطط الزمني .

(2) الوقت العاجل : الذي يتم فيه تنفيذ النشاط في وقت أسرع من ما هو مخطط له .

(3) التكلفة العادية : يتحملها المشروع عند تنفيذ الأنشطة وفقاً لما هو مخطط .

(4) التكلفة العاجلة : يتحملها المشروع عند تنفيذ الأنشطة في وقت أسرع مما هو مخطط .

تقريين (٤) إذا كان لديك المشروع المبين في الجدول

التالي وكانت التكاليف بالجنيه والمدة بالأسبوع :

النشاط	حدثي البداية والنهاية	الوقت العادي	الوقت العاجل	التكلفة العادية	التكلفة العاجلة
A	1 - 2	5	3	8000	11000
B	1 - 3	10	7	15000	21000
C	2 - 5	11	7	10000	12000
D	3 - 4	6	5	7000	8000
E	3 - 5	8	4	5000	9000
F	4 - 6	9	8	18000	20000
G	5 - 6	12	8	15000	18000
H	6 - 7	8	4	9000	11000

المطلوب :

(1) رسم شبكة الأعمال لهذا المشروع .

(2) احسب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة .

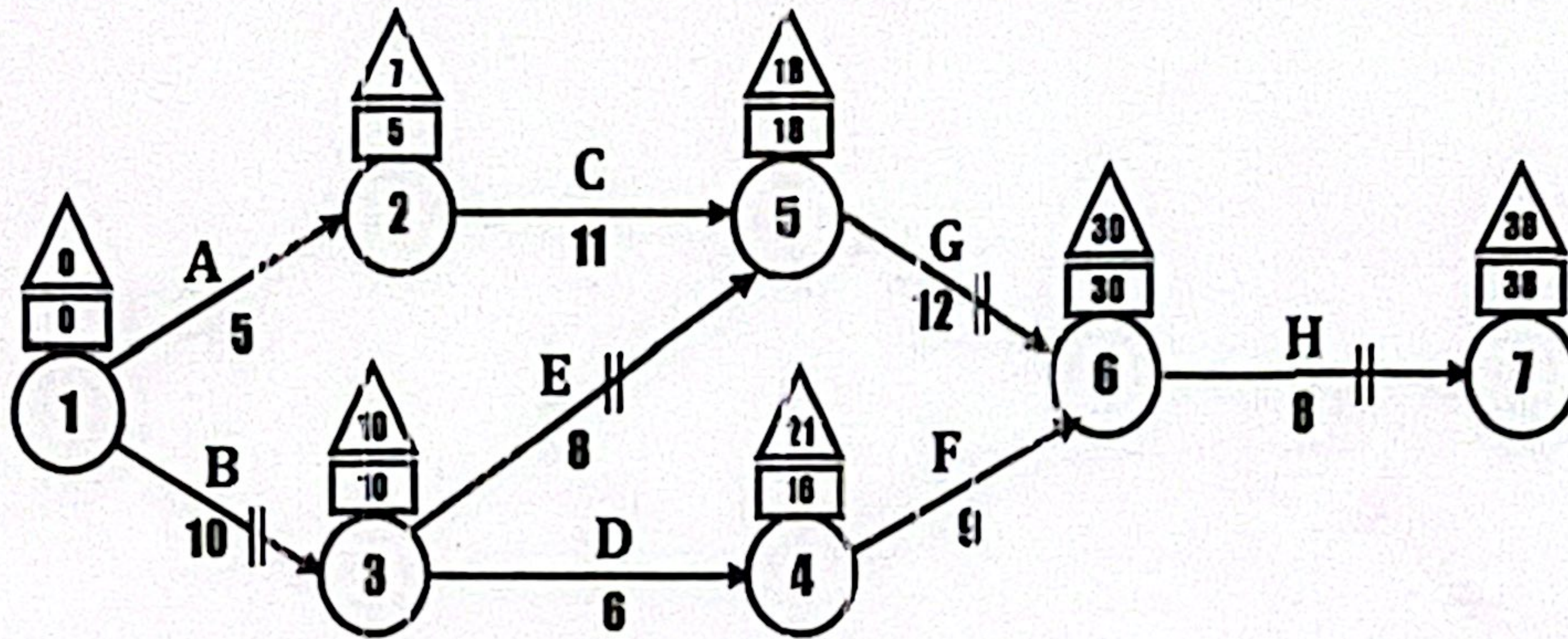
(3) حدد المسار الحرج ، ووقت تنفيذ المشروع .

(4) احسب السماح الحر (FF) للأنشطة .

(5) احسب أدنى تكلفة لإتمام المشروع في 30 أسبوع .

حل تمرين (٤)

1) رسم شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث :



2) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$5 + 11 + 12 + 8 = 36$	A → C → G → H	الاول
حرج	$10 + 8 + 12 + 8 = 38$	B → E → G → H	الثاني
غير حرج	$10 + 6 + 9 + 8 = 33$	B → D → F → H	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (E_T)
 = وقت المسار الحرج = 38 أسبوع
 ■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع
 = إجمالي التكلفة العادية = 87000 جنيه

3) حساب ميل التكلفة ومقدار التخفيض والسماح الحر (FF) لكل نشاط :

النشاط	أحداث النشاط	الوقت المبكر لحدث البداية	الوقت المبكر لحدث النهاية	الوقت العادي	الوقت العاجل	التكلفة العادية	التكلفة العاجلة	ميل التكلفة	مقدار التخفيض	السماح الحر
				NT	CT	AC	CC	$\frac{CC - AC}{NT - CT}$	$NT - CT$	FF
A	1 - 2	0	5	5	3	8000	11000	$\frac{11000 - 8000}{5 - 3} = 1500$	$5 - 3 = 2$	$5 - 0 - 5 = 0$
B	1 - 3	0	10	10	7	15000	21000	$\frac{21000 - 15000}{10 - 7} = 2000$	$10 - 7 = 3$	$10 - 0 - 10 = 0$
C	2 - 5	5	18	11	7	10000	12000	$\frac{12000 - 10000}{11 - 7} = 500$	$11 - 7 = 4$	$18 - 5 - 11 = 2$
D	3 - 4	10	16	6	5	7000	8000	$\frac{8000 - 7000}{6 - 5} = 1000$	$6 - 5 = 1$	$16 - 10 - 6 = 0$
E	3 - 5	10	18	8	4	5000	9000	$\frac{9000 - 5000}{8 - 4} = 1000$	$8 - 4 = 4$	$18 - 10 - 8 = 0$
F	4 - 6	16	30	9	8	18000	20000	$\frac{20000 - 18000}{9 - 8} = 2000$	$9 - 8 = 1$	$30 - 16 - 9 = 5$
G	5 - 6	18	30	12	8	15000	18000	$\frac{18000 - 15000}{12 - 8} = 750$	$12 - 8 = 4$	$30 - 18 - 12 = 0$
H	6 - 7	30	38	8	4	9000	11000	$\frac{11000 - 9000}{8 - 4} = 500$	$8 - 4 = 4$	$38 - 30 - 8 = 0$

(4) التخفيض الأول :

■ يمكن تخفيض النشاط H بمقدار أسبوعين ، حيث أن :

$$\Leftarrow \text{مقدار التخفيض للنشاط H} = 4$$

$$\Leftarrow \text{أقل سماح حر موجب على الشبكة} = 2$$

نختار إيهما أقل

أقل ميل تكلفة

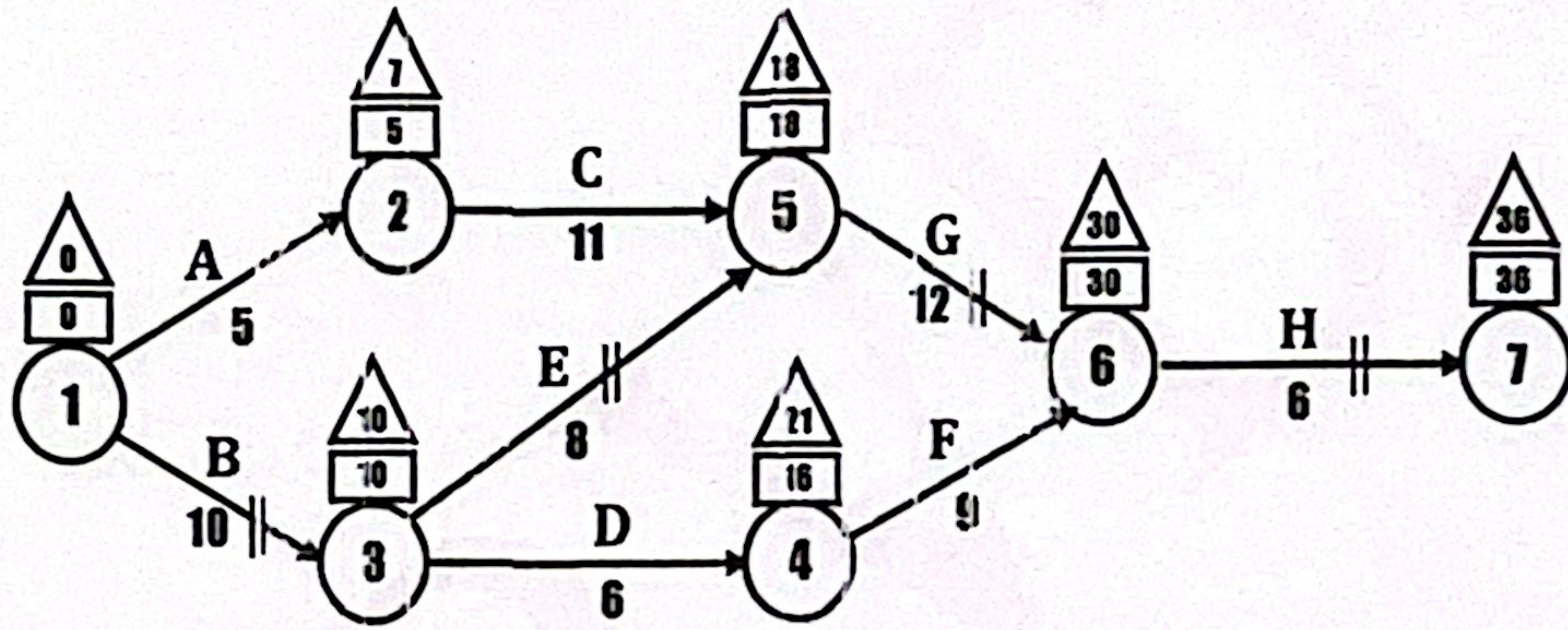
أنشطة المسار الحرج	H	G	E	B
ميل التكلفة	500	750	1000	2000
مقدار التخفيض	4	4	4	3

فيكون : وقت تنفيذ المشروع بعد التخفيض الأول = $38 - 2 = 36$ أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = إجمالي التكلفة العادية + التكاليف الإضافية للتخفيض

$$\text{■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض} = 87000 + (2) 500 = 88000 \text{ جنيه}$$

(5) نرسم شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث بعد التخفيض الأول :



(6) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$5 + 11 + 12 + 6 = 34$	A → C → G → H	الأول
حرج	$10 + 8 + 12 + 6 = 36$	B → E → G → H	الثاني
غير حرج	$10 + 6 + 9 + 6 = 31$	B → D → F → H	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (ET)

$$= \text{وقت المسار الحرج} = 36 \text{ أسبوع}$$

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع

$$\Leftarrow (\text{بعد التخفيض السابق}) = 88000 \text{ جنيه}$$

(7) التخفيض الثاني :

■ يمكن تخفيض النشاط H بمقدار أسبوعين ، حيث أن :

$$\Leftarrow \text{مقدار التخفيض للنشاط H} = 2$$

$$\Leftarrow \text{أقل سماح حر موجب على الشبكة} = 2$$

نختار إيهما أقل

أقل ميل تكلفة

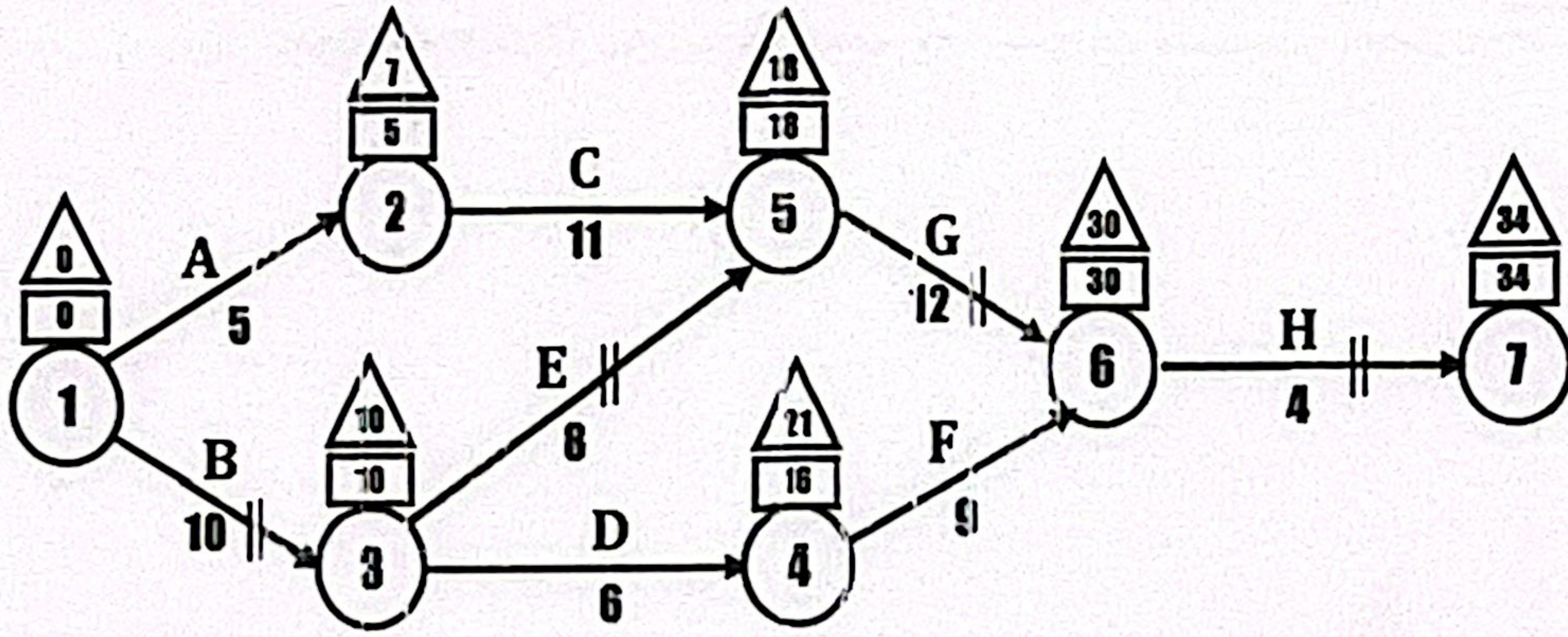
أنشطة المسار الحرج	H	G	E	B
ميل التكلفة	500	750	1000	2000
مقدار التخفيض	2	4	4	3

فيكون : وقت تنفيذ المشروع بعد التخفيض الثاني = $36 - 2 = 34$ أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = إجمالي التكاليف في التخفيض السابق + التكاليف الإضافية للتخفيض

$$\text{■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض} = 88000 + (2) 500 = 89000 \text{ جنيه}$$

(8) نرسم شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث بعد التخفيض الثاني :



(9) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$5 + 11 + 12 + 4 = 32$	A → C → G → H	الأول
حرج	$10 + 8 + 12 + 4 = 34$	B → E → G → H	الثاني
غير حرج	$10 + 6 + 9 + 4 = 29$	B → D → F → H	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (E_T)

= وقت المسار الحرج = 34 أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع

⇐ (بعد التخفيض السابق) = 89000 جنيه

(10) التخفيض الثالث :

مقدار التخفيض للنشاط H أصبح صفر ، ننتقل إلى النشاط G الذي له ميل تكلفة

■ يمكن تخفيض النشاط G بمقدار أسبوعين ، حيث أن :

⇐ مقدار التخفيض لنشاط G = 4

⇐ أقل سماح حر موجب على الشبكة = 2

نختار إيهما أقل

أقل ميل تكلفة

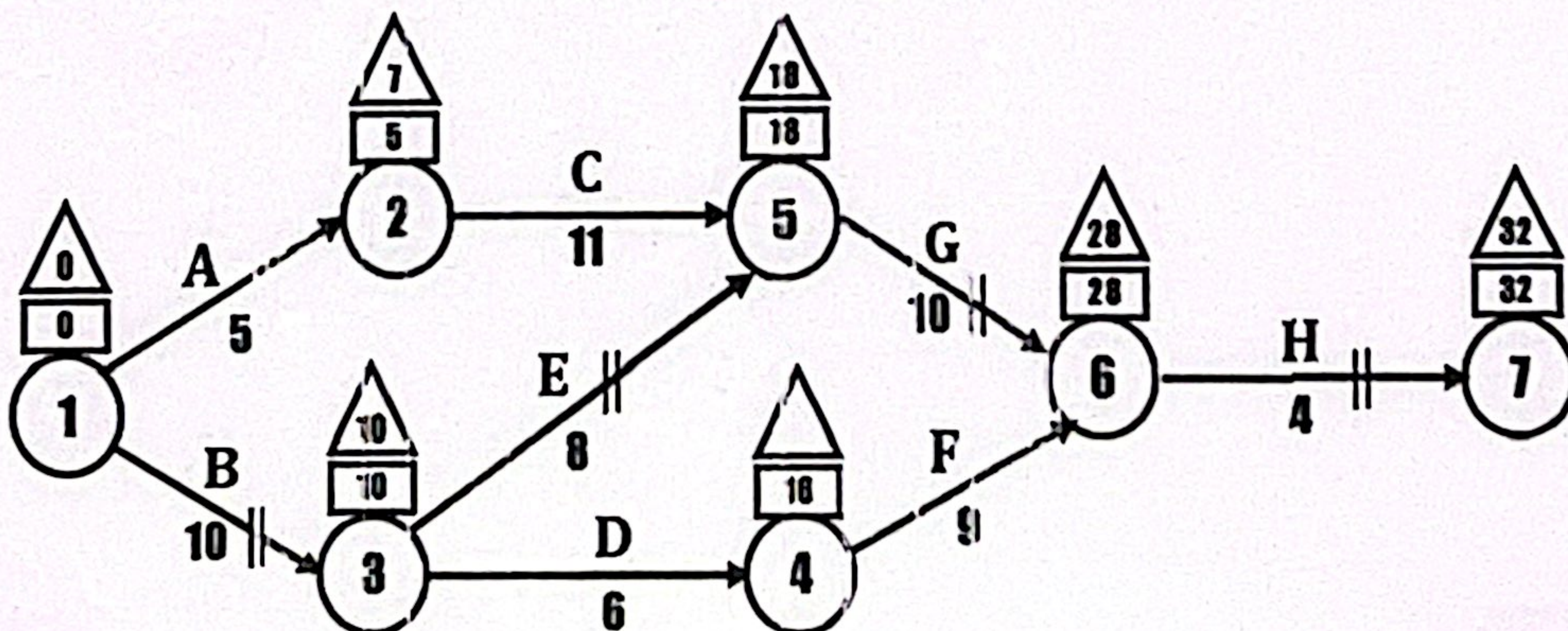
أنشطة المسار الحرج	B	E	G	H
ميل التكلفة	2000	1000	750	500
مقدار التخفيض	3	4	4	0

فيكون : وقت تنفيذ المشروع بعد التخفيض الثالث = $34 - 2 = 32$ أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = إجمالي التكاليف في التخفيض السابق + التكاليف الإضافية للتخفيض

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = $89000 + (2) 750 = 90500$ جنيه

(11) نرسم شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث بعد التخفيض الثالث :



12 تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$5 + 11 + 10 + 4 = 30$	$A \rightarrow C \rightarrow G \rightarrow H$	الأول
حرج	$10 + 8 + 10 + 4 = 32$	$B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow H$	الثاني
غير حرج	$10 + 6 + 9 + 4 = 29$	$B \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow H$	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (E_T)

= وقت المسار الحرج = 32 أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع

⇐ (بعد التخفيض السابق) = 90500 جنيه

13 التخفيض الرابع :

■ يمكن تخفيض النشاط G بمقدار أسبوعين ، حيث أن :

⇐ مقدار التخفيض للنشاط $G = 2$

⇐ أقل سماح حر موجب على الشبكة = 2

نختار إيهما أقل

أقل ميل تكلفة

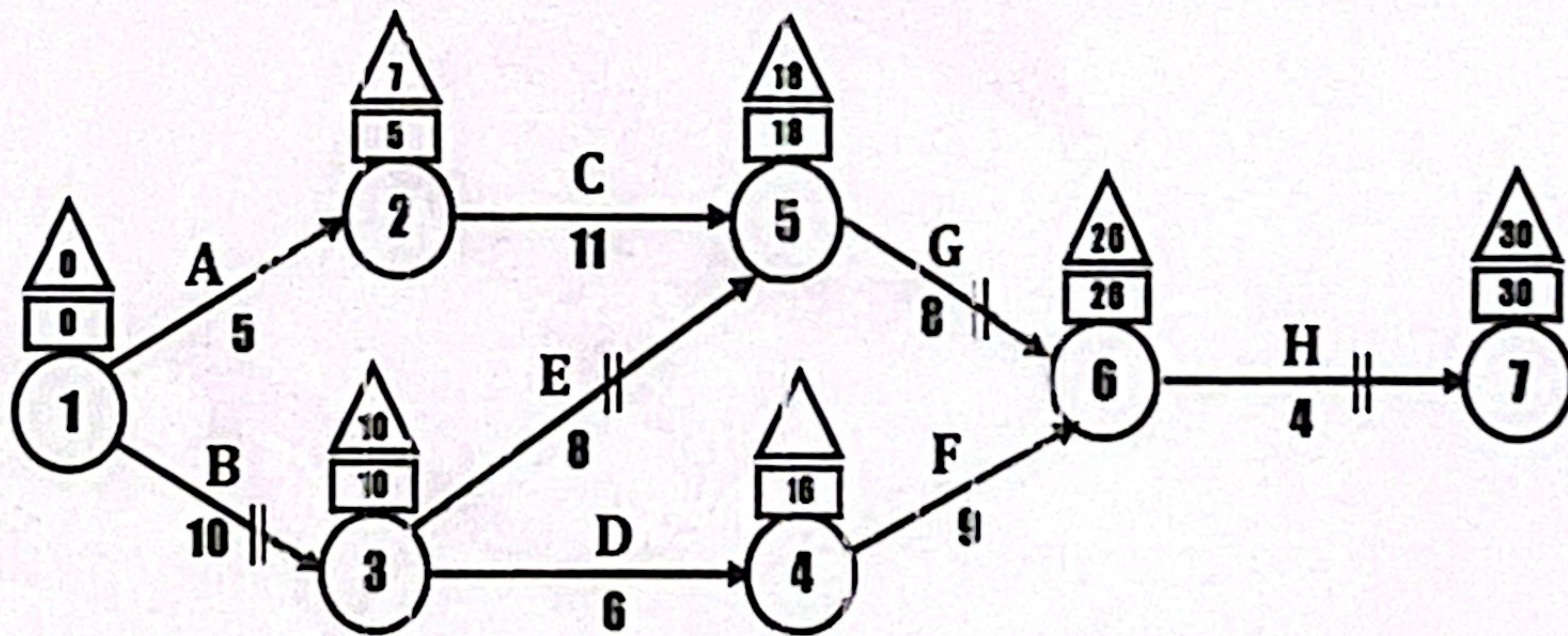
أنشطة المسار الحرج	H	G	E	B
ميل التكلفة	500	750	1000	2000
مقدار التخفيض	0	2	4	3

فيكون : وقت تنفيذ المشروع بعد التخفيض الثالث = $32 - 2 = 30$ أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = إجمالي التكاليف في التخفيض السابق + التكاليف الإضافية للتخفيض

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = $90500 + 750 (2) = 92000$ جنيه

⇐ وبذلك تصبح شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث بعد التخفيض الرابع :



⇐ وبذلك يصبح المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
حرج	$5 + 11 + 8 + 4 = 30$	$A \rightarrow C \rightarrow G \rightarrow H$	الأول
حرج	$10 + 8 + 8 + 4 = 30$	$B \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow H$	الثاني
غير حرج	$10 + 6 + 9 + 4 = 29$	$B \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow H$	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (E_T)

= وقت المسار الحرج = 30 أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع

⇐ (بعد التخفيض السابق) = 92000 جنيه

تمرين (٥) إذا كان لديك المشروع المبين على الجدول

التالي وكانت التكاليف بالجنيه والمدة بالأسبوع :

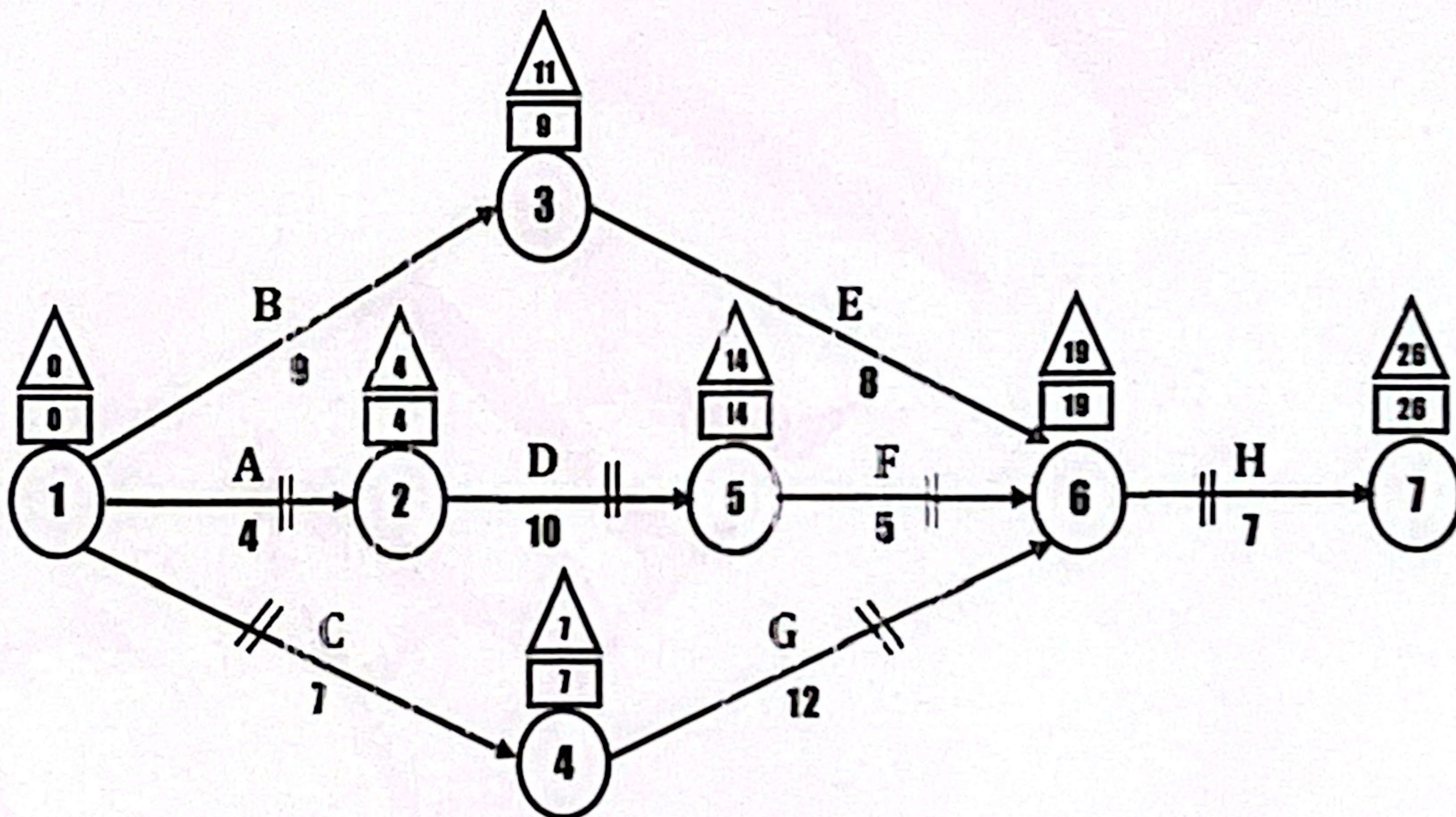
النشاط	حدثي البداية والنهاية	الوقت العادي	الوقت العاجل	التكلفة العادية	التكلفة العاجلة
A	1 - 2	4	3	5000	8000
B	1 - 3	9	7	10000	12000
C	1 - 4	7	4	4000	5950
D	2 - 5	10	8	7000	9000
E	3 - 6	8	6	3000	4000
F	5 - 6	5	4	5000	6500
G	4 - 6	12	10	5000	9000
H	6 - 7	7	5	7000	9000

المطلوب :

- رسم شبكة الأعمال لهذا المشروع .
- احسب الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث على الشبكة .
- حدد المسار الحرج ، ووقت تنفيذ المشروع .
- احسب السماح الحر (FF) للنشطة .
- احسب أدنى تكلفة لإتمام المشروع في 22 أسبوع .

حل تمرين (٥)

- رسم شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث :



- تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$9 + 8 + 7 = 24$	B → E → H	الأول
حرج	$4 + 10 + 5 + 7 = 26$	A → D → F → H	الثاني
حرج	$7 + 12 + 7 = 26$	C → G → H	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (ET) = وقت المسار الحرج = 26 أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع = إجمالي التكلفة العادية = 53000 جنيه

(3) حساب ميل التكلفة ومقدار التخفيض والسماح الحر (FF) لكل نشاط :

		①	②	③	④	⑤	⑥			
النشاط	أحداث النشاط	الوقت المبكر لحدث البداية	الوقت المبكر لحدث النهاية	الوقت العادي NT	الوقت العاجل CT	التكلفة العادية AC	التكلفة العاجلة CC	ميل التكلفة $\frac{CC - AC}{NT - CT}$ $\frac{⑥ - ⑤}{③ - ②}$	مقدار التخفيض $= NT - CT$ $③ - ④$	السماح الحر FF $② - ① - ③$
A	1 - 2	0	4	4	3	5000	8000	$\frac{8000 - 5000}{4 - 3} = 3000$	$4 - 3 = 1$	$4 - 0 - 4 = 0$
B	1 - 3	0	9	9	7	10000	12000	$\frac{12000 - 10000}{9 - 7} = 1000$	$9 - 7 = 2$	$9 - 0 - 9 = 0$
C	1 - 4	0	7	7	4	4000	5950	$\frac{5950 - 4000}{7 - 4} = 650$	$7 - 4 = 3$	$7 - 0 - 7 = 0$
D	2 - 5	4	14	10	8	7000	9000	$\frac{9000 - 7000}{10 - 8} = 1000$	$10 - 8 = 2$	$14 - 4 - 10 = 0$
E	3 - 6	9	19	8	6	3000	4000	$\frac{4000 - 3000}{8 - 6} = 500$	$8 - 6 = 2$	$19 - 9 - 8 = 2$
F	5 - 6	14	19	5	4	5000	6500	$\frac{6500 - 5000}{5 - 4} = 1500$	$5 - 4 = 1$	$19 - 14 - 5 = 0$
G	4 - 6	7	19	12	10	5000	9000	$\frac{9000 - 5000}{12 - 10} = 2000$	$12 - 10 = 2$	$19 - 7 - 12 = 0$
H	6 - 7	19	26	7	5	7000	9000	$\frac{9000 - 7000}{7 - 5} = 1000$	$7 - 5 = 2$	$26 - 19 - 7 = 0$

(4) التخفيض الأول : $\Leftarrow$ لدينا مسارين حرجين ، ولذلك نقيم بترتيب أنشطة المسارين تصاعدي حسب ميل التكلفة

المسار الأول			المسار الثاني			
D	H	F	A	C	H	G
1000	1000	1500	3000	650	1000	2000
2	2	1	1	3	2	2

المشرك

المشرك

ملحوظة : يتم تخفيض النشاط H المشترك بين المسارين

■ يمكن تخفيض النشاط H بمقدار أسبوعين ، حيث أن :

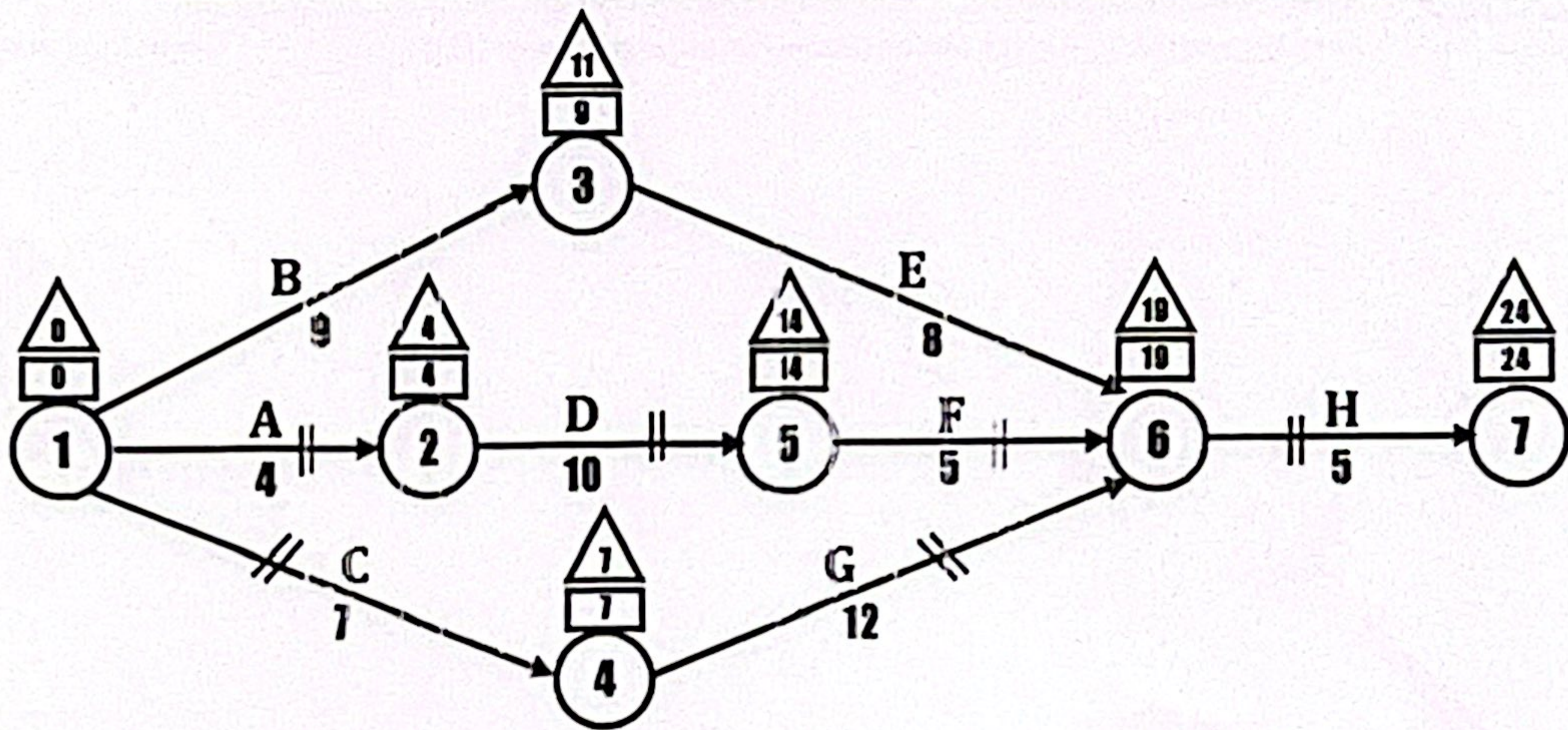
$\Leftarrow$ مقدار التخفيض للنشاط H = 2 $\Leftarrow$ أقل سماح حر موجب على الشبكة = 2 $\Leftarrow$ نختار إيهما أقل

فيكون : وقت تنفيذ المشروع بعد التخفيض الأول = 26 - 2 = 24 أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = إجمالي التكلفة العادية + التكاليف الإضافية للتخفيض

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد التخفيض = 53000 + (2) 1000 = 55000 جنيه

(5) نرسم شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث بعد التخفيض الأول :



(6) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	أنشطة المسار	المسارات
غير حرج	$9 + 8 + 5 = 22$	B → E → H	الأول
حرج	$4 + 10 + 5 + 5 = 24$	A → D → F → H	الثاني
حرج	$7 + 12 + 5 = 24$	C → G → H	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (ET) = وقت المسار الحرج = 24 أسبوع
 ■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع
 ≡ (بعد التخفيض السابق) = 55000 جنيه

(7) التخفيض الثاني : ≡ لدينا مسارين حرجين ، ولذلك نتوهم بترتيب أنشطة المسارين تصاعدي حسب ميل التكلفة

المسار الثاني			المسار الأول				أنشطة المسار الحرج
G	H	C	A	F	H	D	
2000	1000	650	3000	1500	1000	1000	ميل التكلفة
2	0	3	1	1	0	2	مقدار التخفيض

أقل ميل تكلفة

أقل ميل تكلفة

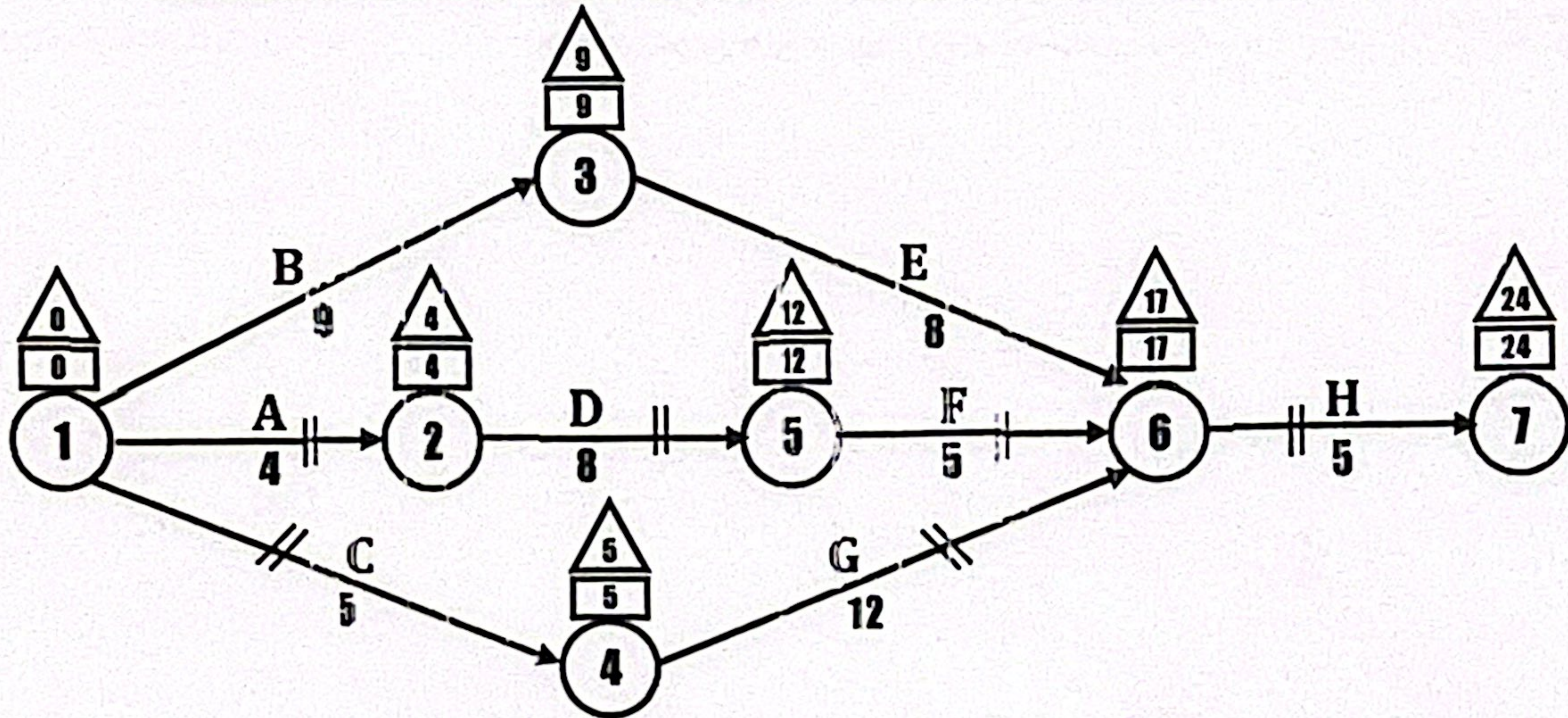
ملحوظة : لا يوجد نشاط مشترك بين المسارين يمكن تخفيضه ، وعليه نختار النشاط D صاحب أقل ميل تكلفة

■ يمكن تخفيض النشاط D بمقدار أسبوعين ، حيث أن :
 ≡ مقدار التخفيض للنشاط D = 2
 ≡ أقل سماح حر موجب على الشبكة = 2
نختار بينهما أقل

■ يمكن تخفيض النشاط C بمقدار أسبوعين ، حيث أن :
 ≡ مقدار التخفيض للنشاط C = 3
 ≡ أقل سماح حر موجب على الشبكة = 2
نختار بينهما أقل

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد تخفيض النشاط C = إجمالي التكلفة العادية + التكاليف الإضافية للتخفيض
 ■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد تخفيض النشاط C = 55000 + (2) 650 = 56300 جنيه
 ■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد تخفيض النشاط D = إجمالي التكلفة العادية + التكاليف الإضافية للتخفيض
 ■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع بعد تخفيض النشاط D = 56300 + (2) 1000 = 58300 جنيه

(8) نرسم شبكة الأعمال موضحا عليها الوقت المبكر والوقت المتأخر لكل حدث بعد التخفيض الثاني :



(9) تحديد المسار الحرج ووقت تنفيذ المشروع وإجمالي تكاليف تنفيذ المشروع :

نوع المسار	مدة المسار	نشطة المسار	المسارات
حرج	$9 + 8 + 5 = 22$	$B \rightarrow E \rightarrow H$	الأول
حرج	$4 + 8 + 5 + 5 = 22$	$A \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow H$	الثاني
حرج	$5 + 12 + 5 = 22$	$C \rightarrow G \rightarrow H$	الثالث

■ الوقت المتوقع لتنفيذ المشروع (E_T)

= وقت المسار الحرج = 22 أسبوع

■ إجمالي تكاليف تنفيذ المشروع

⇐ (بعد التخفيض السابق) = 58300 جنيه