أدارة المشاريع
منهج كمي

١

ملخص الفصل السادس

أ.م.د وقاص سعد خلف ألمفرجي

الفصل السادس
أسلوب PERT \ Time – Cost
في الرقابة على تنفيذ المشاريع

- 6.1 المفهوم والاستخدامات.
- 6.2 الأساس الفكري للمبادلة (Tradeoff) بين الكلفة والوقت.
- 6.3 نماذج البرمجة الخطية في أسلوب PERT /Time-Cost.

المفهوم والاستخدامات

- أسلوب PERT مرتبط بالدرجة الأساس بأزمنة انجاز المشروع لذلك أصبح يعرف بـ PERT / Time ، وذلك بسبب أهمية الوقت في عملية تنفيذ المشروع وكذلك تفادي الوقوع تحت طائلة المسؤولية عند عدم الالتزام بالوقت المحدد لانجاز المشاريع.
- اثأر أسلوب PERT / Time مخاوف الكثيرين من المهتمين في مجال إدارة وتنفيذ المشاريع، على اعتبار أن الاهتمام بعامل واحد قد يؤدي إلى عدم الاهتمام بالعوامل الأخرى، لذلك تم إضافة أسلوب PERT / Cost من أجل تمكين متخذ القرار في إدارة المشروع من مقارنة الوقت الفعلي بالوقت القياسي والتكلفة الفعلية بالتكلفة القياسية.

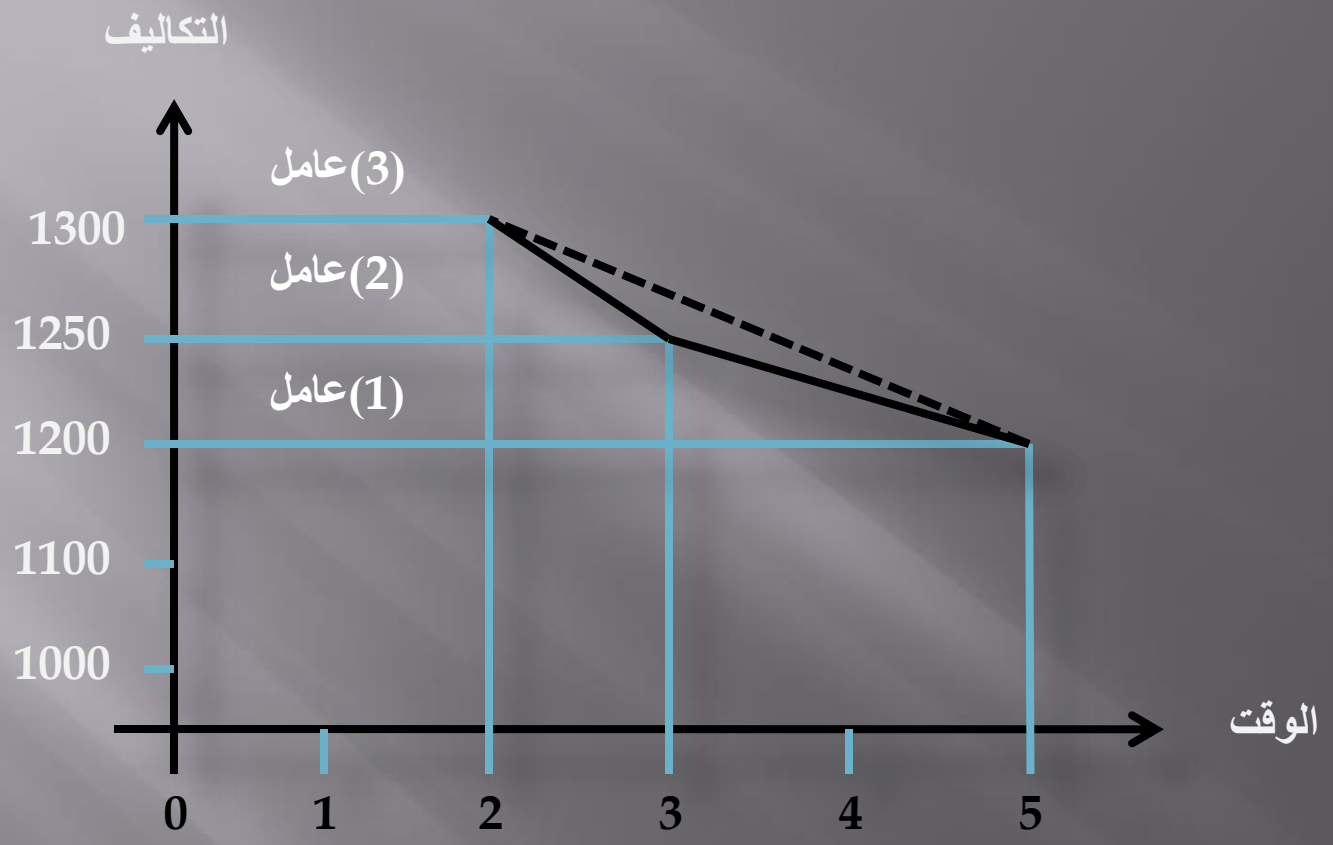
- أسلوب PERT /Cost استخدم في الفترة الواقعة بين (1959-1962) من قبل بعض وكالات الحكومة الأمريكية المتمثلة بدائرة الدفاع وإدارة الفضاء والطيران المحلي (NASA) وقد أصبح في عام أو منتصف عام (1963) استخدام PERT / Cost متطلبا في الأبحاث العسكرية الرئيسية والهامة وفي تطوير المشاريع المدنية المختلفة.
- **تتحقق الرقابة الفاعلة على الكلفة والوقت عندما تتحقق العناصر التالية في مرحلة التخطيط للمشروع:**

1. تحديد أهداف المشروع بشكل واضح.
2. تحديد نشاطات أو فعاليات المشروع وفق تسلسل منطقي.
3. بناء علاقات الأسبقية بين الأنشطة.
4. تقدير الوقت والكلفة لكل نشاط في المشروع.
5. تحديد زمن انجاز المشروع المتوقع.
6. مقارنة أهداف المشروع المجدولة.
7. تحديد الموارد المادية اللازمة لانجاز الأهداف.

الأساس الفكري للمبادلة (Tradeoff) بين الكلفة والوقت.

- لو فرضنا أن هنالك عمل إنشائي معين يتمثل في نقل مواد بناء من موقع إلى أخر، حيث إن تكليف عامل واحد بهذه المهمة سيؤدي الأمر إلى انجازها في خمسة أيام وبكلفة 1200 وحدة نقدية، في حين لو تم تكليف اثنين من العمال بهذه المهمة ذاتها سوف تنجز في ثلاثة أيام ولكن مع زيادة في الكلفة بحيث تصل إلى 1250 وحدة نقدية، أما لو تم تكليف ثلاثة عمال بهذا المهمة فإنها سوف تنجز في يومين وهذا الأمر سوف يرفع تكاليف العمل إلى 1300 وحدة نقدية جراء تشغيل العامل الإضافي الثالث.
- الأساس الفكري للمبادلة بين الكلفة والوقت هو تقليل التكاليف إلى ادني مستوى ممكن ويتطلب الأمر تحليل التكاليف الكلية الخاصة بالمشروع (التكاليف المباشرة، التكاليف غير المباشرة).

العلاقة بين التكاليف والزمن



- أسلوب PERT / Time-Cost يركز على التكاليف المباشرة حيث تقسيم هذه التكاليف إلى نوعين:

1. تكاليف اعتيادية Normal Costs.
2. تكاليف معجلة Crash Costs.

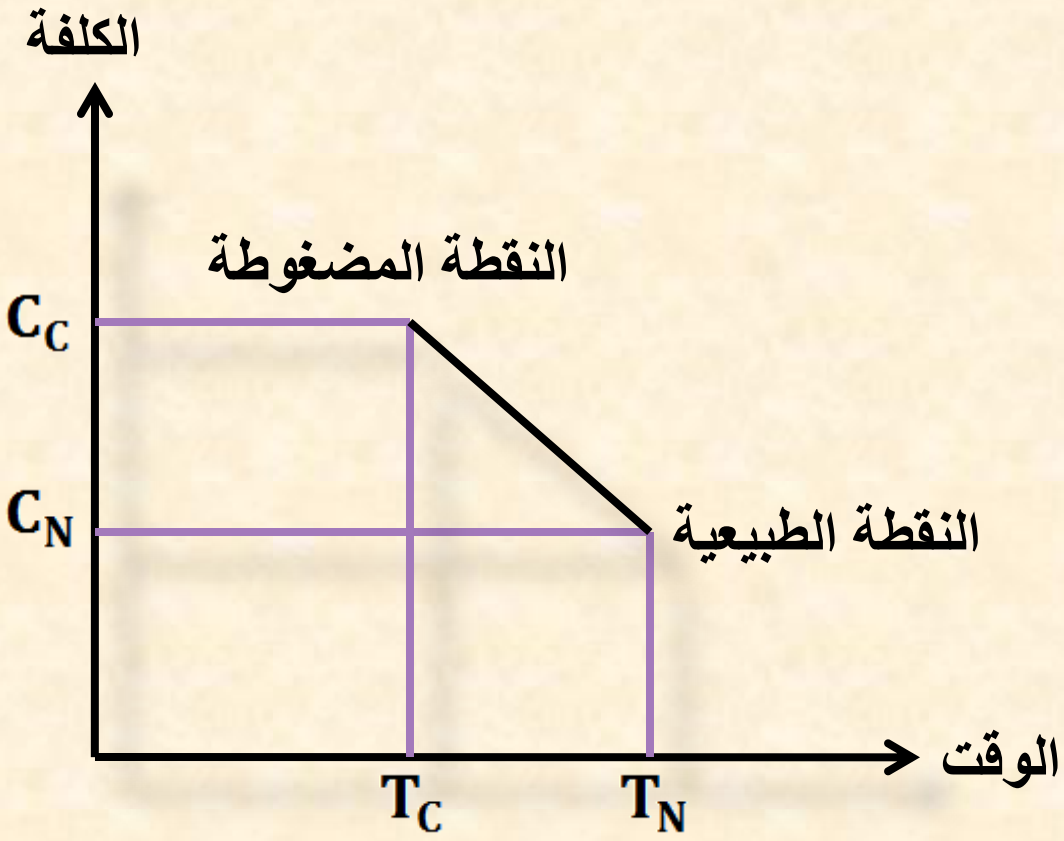
- كذلك يقسم الوقت إلى نوعين:

1. الوقت الاعتيادي Normal Time.
2. الوقت المعجل أو المضغوط Crash Time.

- تمثل العلاقة بين الكلفة والزمن بعلاقات خطية أو غير خطية كما هو واضح في الشكل الأتي:

- T_N : زمن الانجاز الطبيعي
- C_N : الكلفة الطبيعية
- T_C : زمن الانجاز المضغوط
- C_C : الكلفة المضغوطة
- Slope : الميل

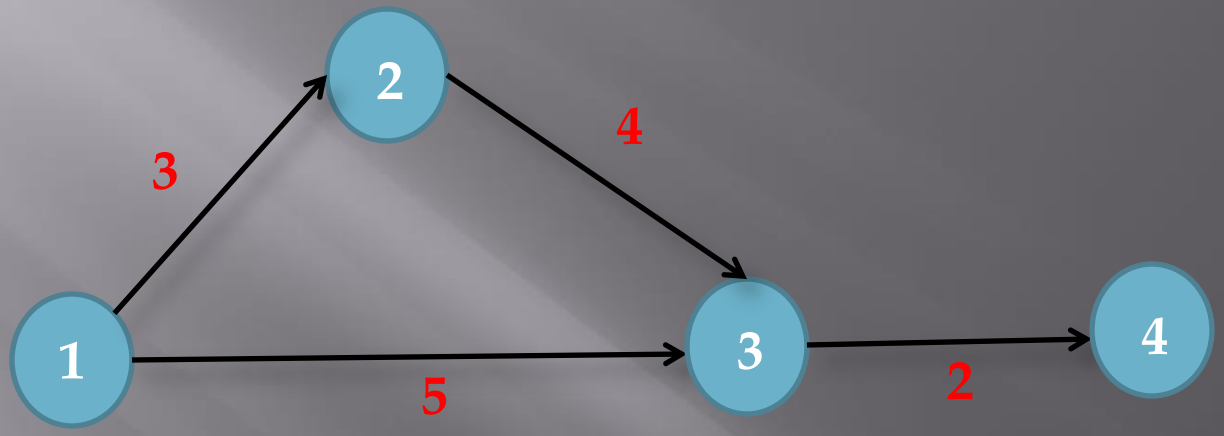
$$\text{Slope} = \frac{C_C - C_N}{T_N - T_C}$$



- مثال (1) أحسب جدولة اقل كلفة لانجاز المشروع الأتي بين الحدود الطبيعية والمنضغطة لوقت الانجاز والكلفة

الأنشطة	زمن الانجاز		الكلفة		الميل
	الطبيعي	المنضغط	الطبيعي	المنضغط	
(1-2)	3	2	100	130	30
(1-3)	5	4	80	100	20
(2-3)	4	2	120	200	40
(3-4)	2	1	70	90	20
			370	520	

- أولا : يجب رسم المخطط الشبكي

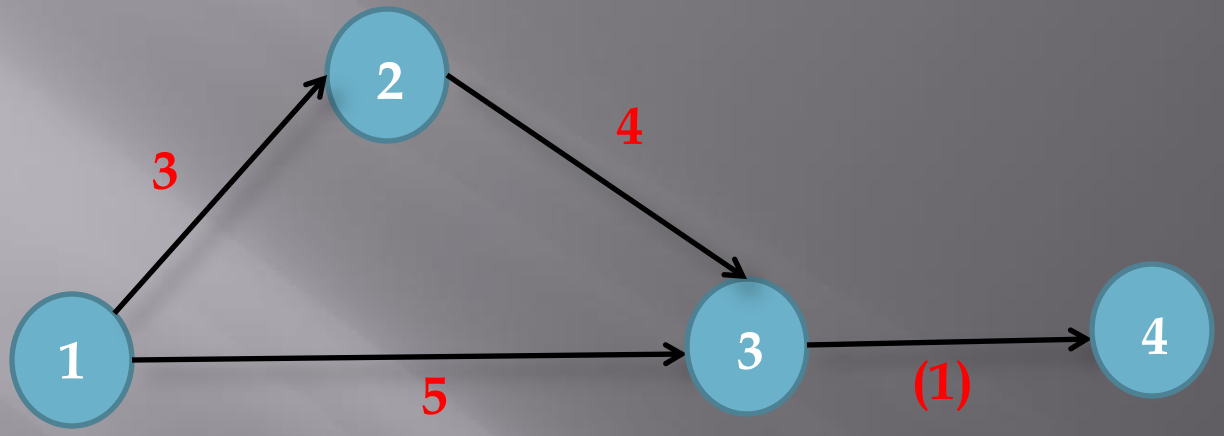


- ثانيا : يجب تحديد المسار الحرج ووضع قيمة الميل أعلى كل نشاط

30 40 20

المسار الحرج : (1-2) (2-3) (3-4)

- يتم تخفيض وقت نشاط (3-4) لأنه اقل ميل



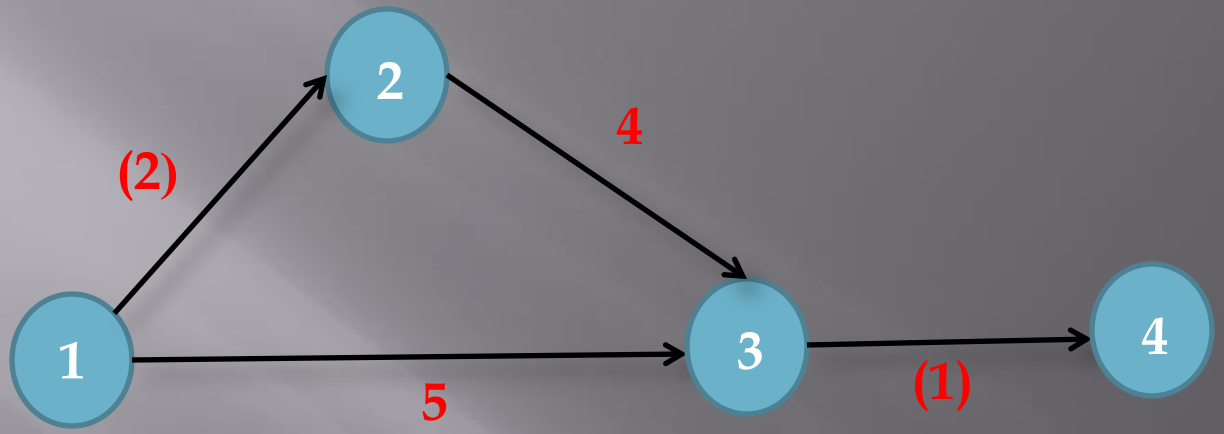
الكلفة الكلية الطبيعية = 370

الكلفة الكلية بعد تخفيض وقت النشاط 370+20=390

30 40 20

المسار الحرج : (1-2) (2-3) (3-4)

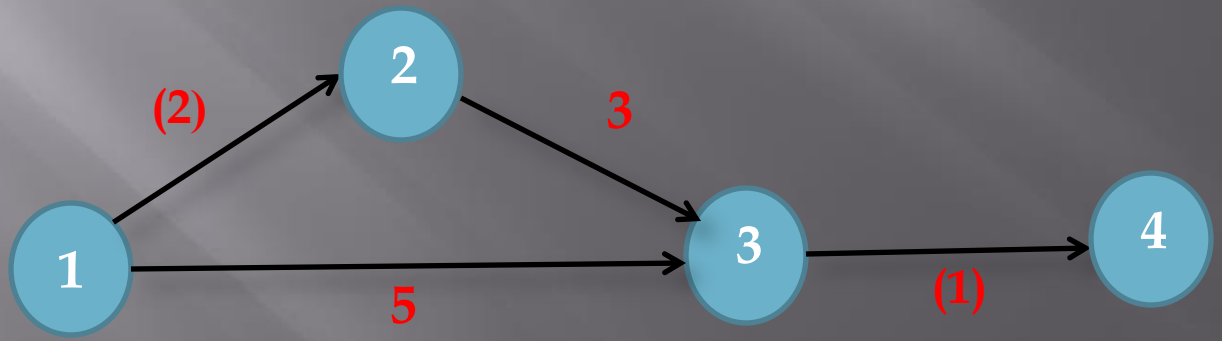
- يتم تخفيض وقت نشاط (1-2) لأنه اقل ميل



الكلفة الكلية في هذه المرحلة 420 = 30+390

المسار الحرج : (1-2) (2-3) (3-4)

- يتم تخفيض وقت نشاط (2-3) لأنه لا يوجد غير نشاط يمكن ضغطه



الكلفة الكلية في هذه المرحلة 460 = 40+420

- المسارات الحرجة هي:

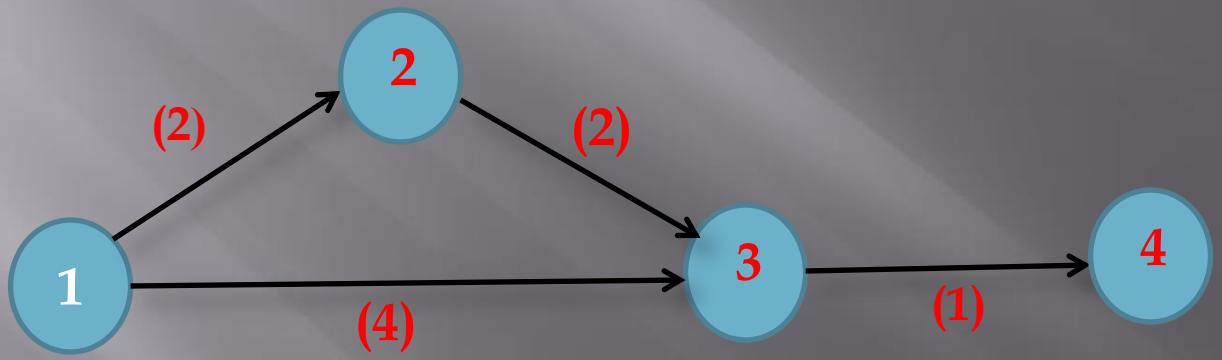
40

المسار الحرج 1 : (1-2) (2-3) (3-4)

20 20

المسار الحرج 2 : (1-3) (3-4)

- يتم اختيار نشاط واحد من كل مسار حرج والذي يجب أن يكون أقل ميل



الكلفة الكلية في هذه المرحلة 520 = 20+40+460

- أصبحت قابلية الانضغاط معدومة وذلك لوصول أوقات انجاز الأنشطة إلى حدودها الدنيا.

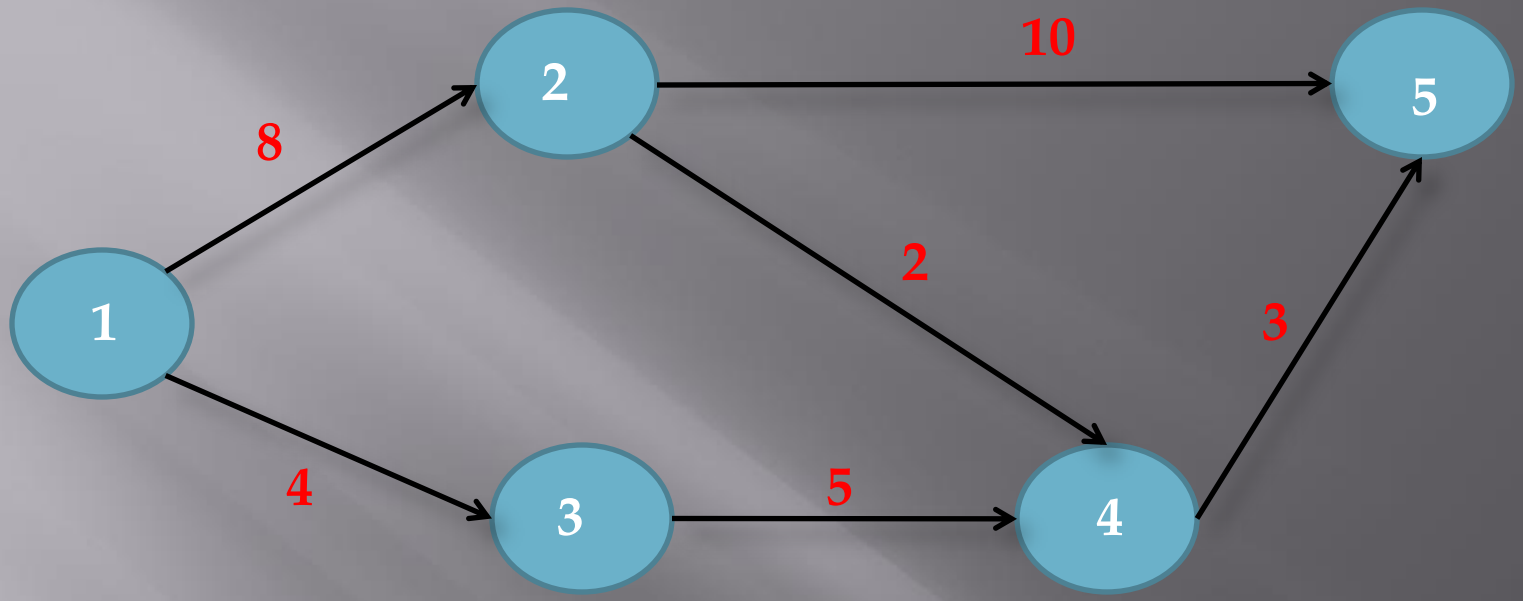
- الجدول الخاص بالوقت الكلي للانجاز والكلفة المقابلة لكل وقت انجاز.

جدولة وقت الانجاز	اقل كلفة
9	370
8	390
7	420
6	460
5	520

- مثال (2) خفض وقت المشروع الأتي إلى أقصى حد ممكن وبأقل كلفة انجاز

الأنشطة	وقت طبيعي	كلفة طبيعية	وقت مضغوط	كلفة مضغوطة	الميل
1-2	8	100	6	200	50
1-3	4	150	2	350	100
2-4	2	50	1	90	40
2-5	10	100	5	400	60
3-4	5	100	1	200	25
4-5	3	80	1	100	10
		580		1340	

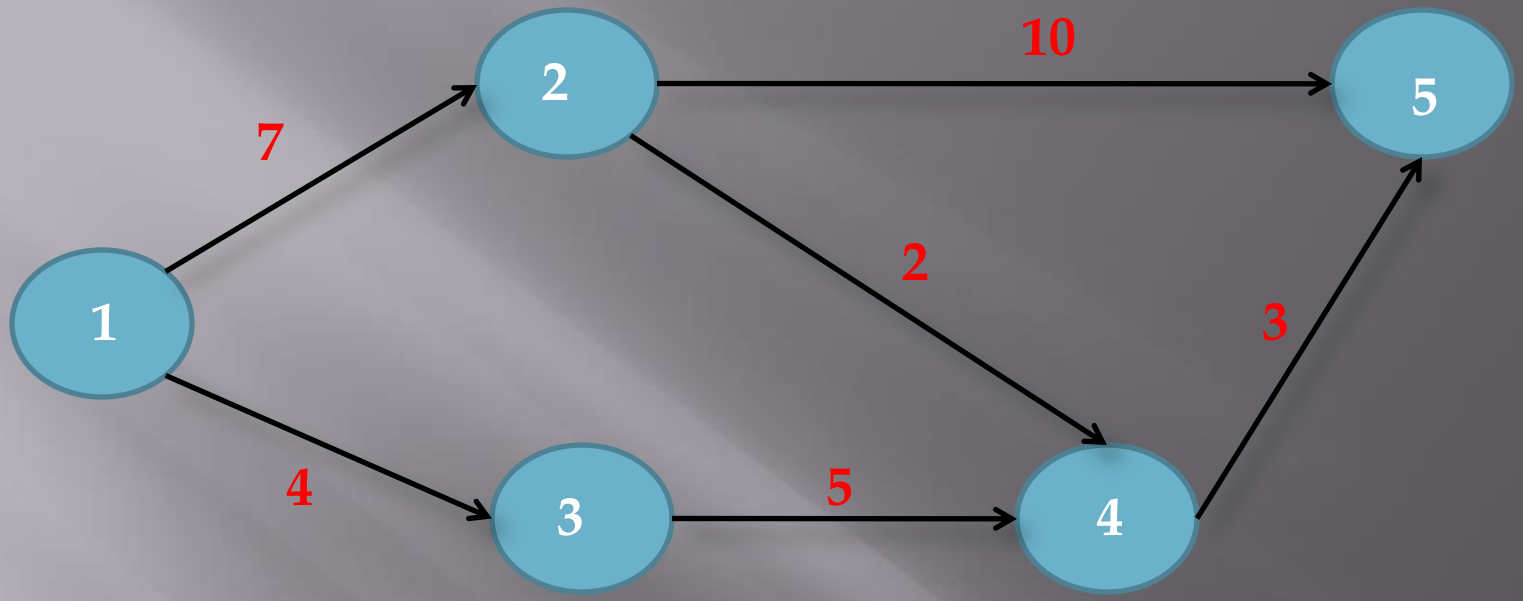
$$\text{Slope} = \frac{C_C - C_N}{T_N - T_C}$$



8 10

المسار الحرج : (1-2) (2-5) = 18

- يتم تخفيض وقت نشاط (1-2) لأنه أقل ميل

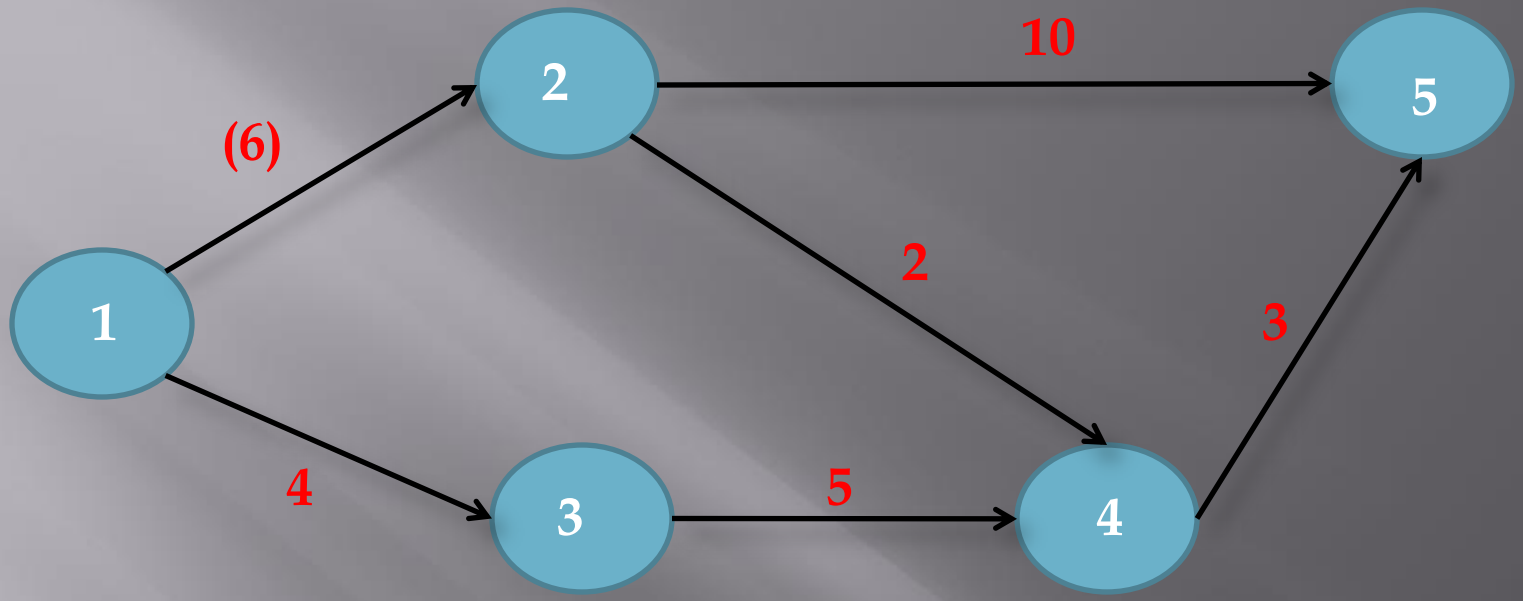


- الكلفة الكلية في هذه المرحلة 630 = 50+580

7 10

المسار الحرج : (1-2) (2-5)

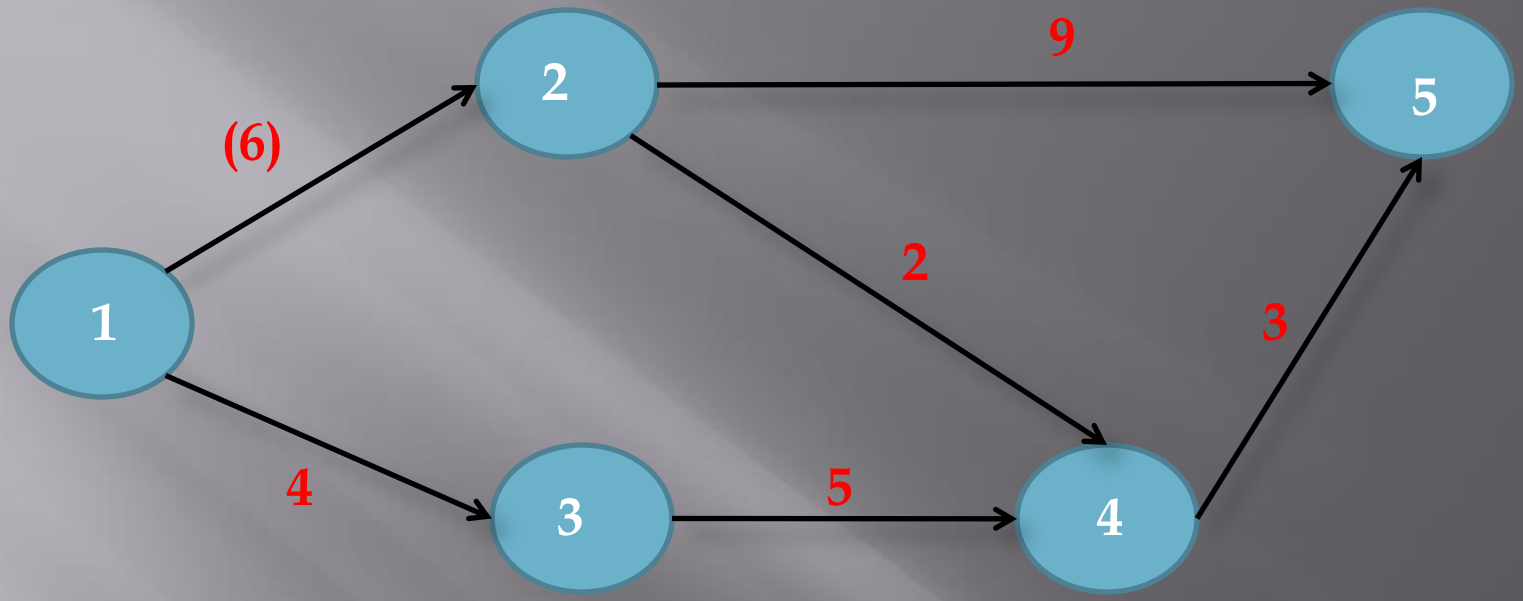
- يتم تخفيض وقت نشاط (1-2) لأنه أقل ميل



- الكلفة الكلية في هذه المرحلة 680 = 50+630

المسار الحرج : (1-2) (2-5) 6 10

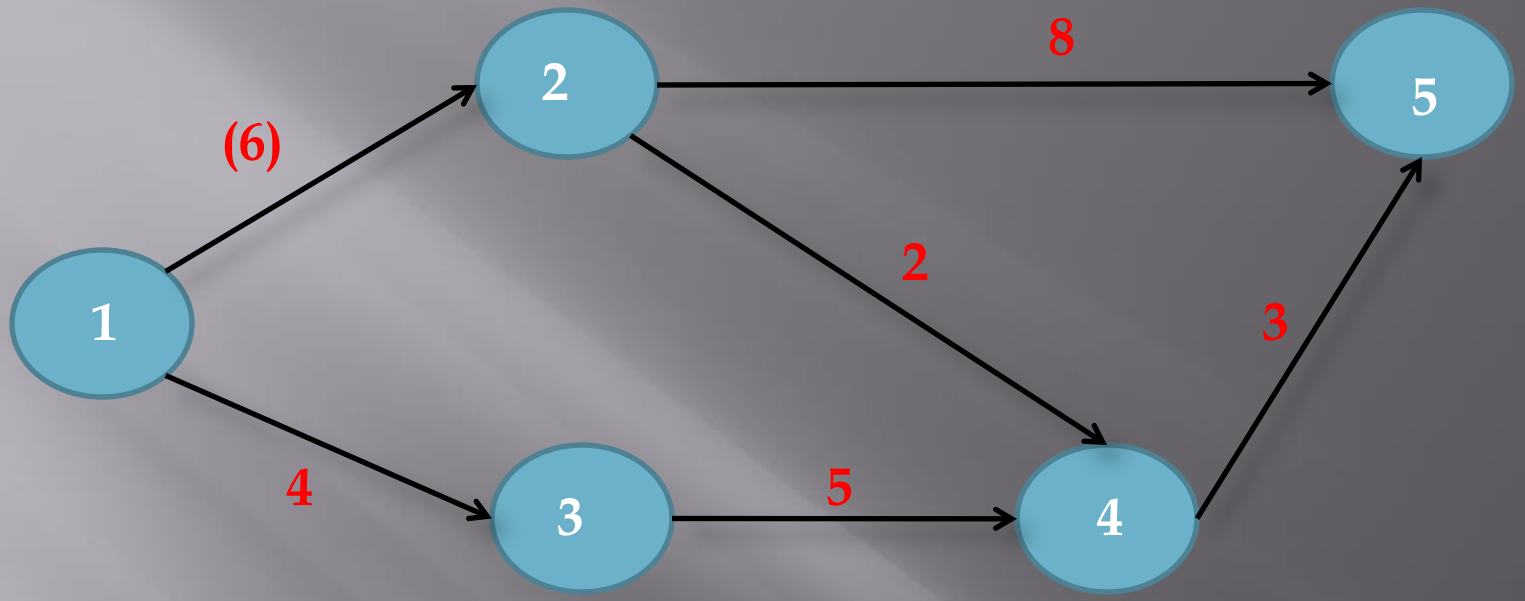
- لا يمكن ضغط وقت النشاط (1-2) لأنه وصل إلى وقته المضغوط
- يتم تخفيض وقت النشاط (2-5) لأنه ضمن المسار الحرج



الكلفة الكلية في هذه المرحلة 740 = 60+680

المسار الحرج : (1-2) (2-5) $^{6}_{9}$

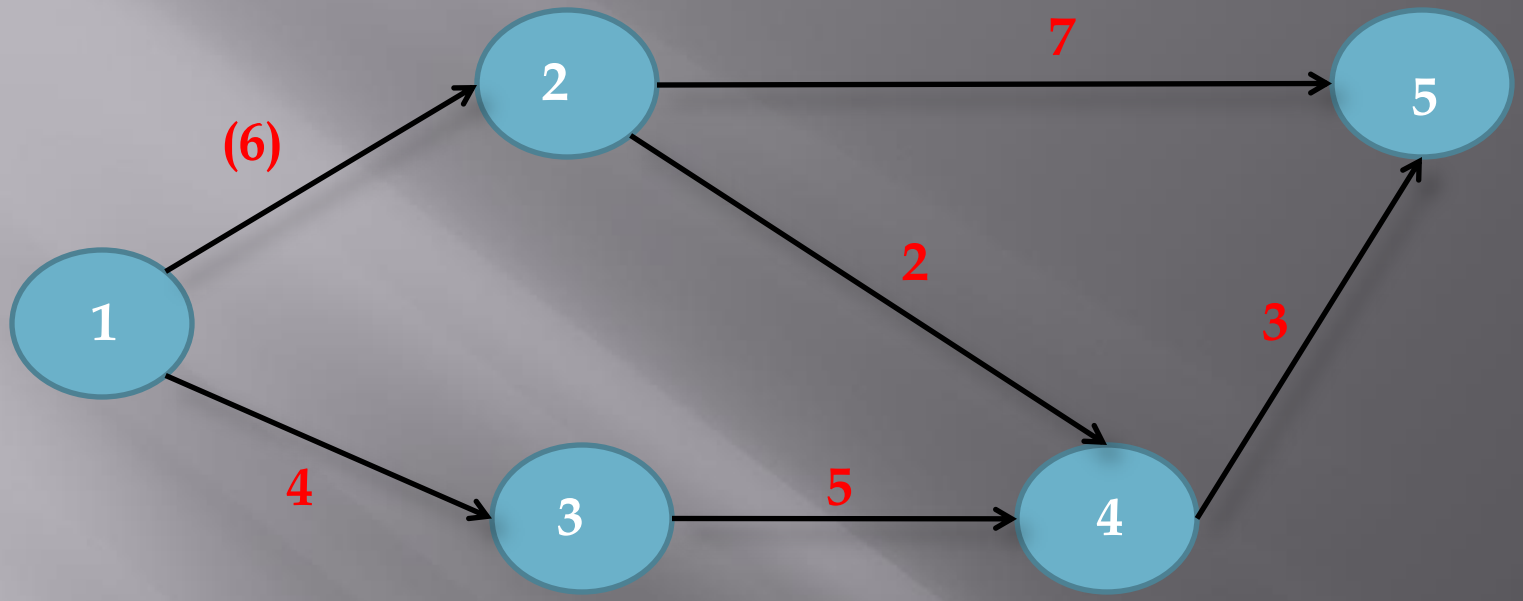
- يتم تخفيض وقت نشاط (2-5)



الكلفة الكلية في هذه المرحلة 800 = 60+740

المسار الحرج : (1-2) (2-5)
6 8

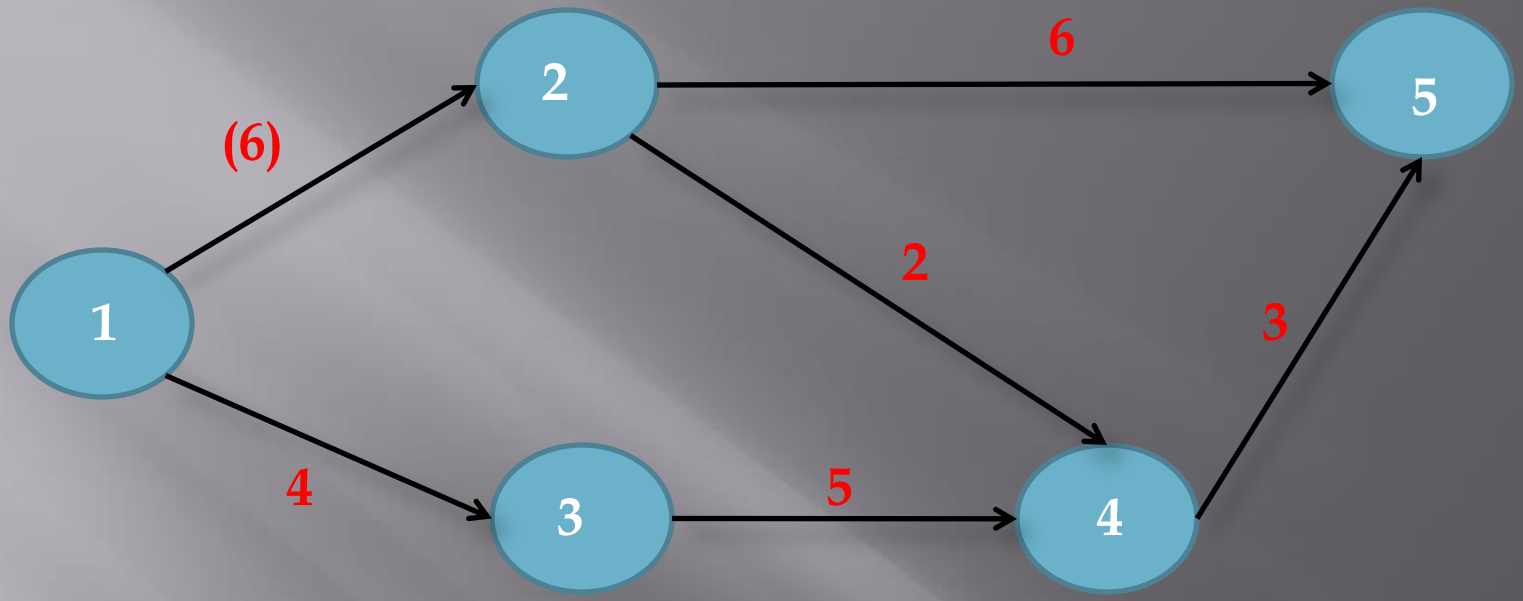
- يتم تخفيض وقت نشاط (2-5)



الكلفة الكلية في هذه المرحلة 860 = 60+800

المسار الحرج : (1-2) (2-5)
6 7

- يتم تخفيض وقت نشاط (2-5)



الكلفة الكلية في هذه المرحلة 920 = 60+860

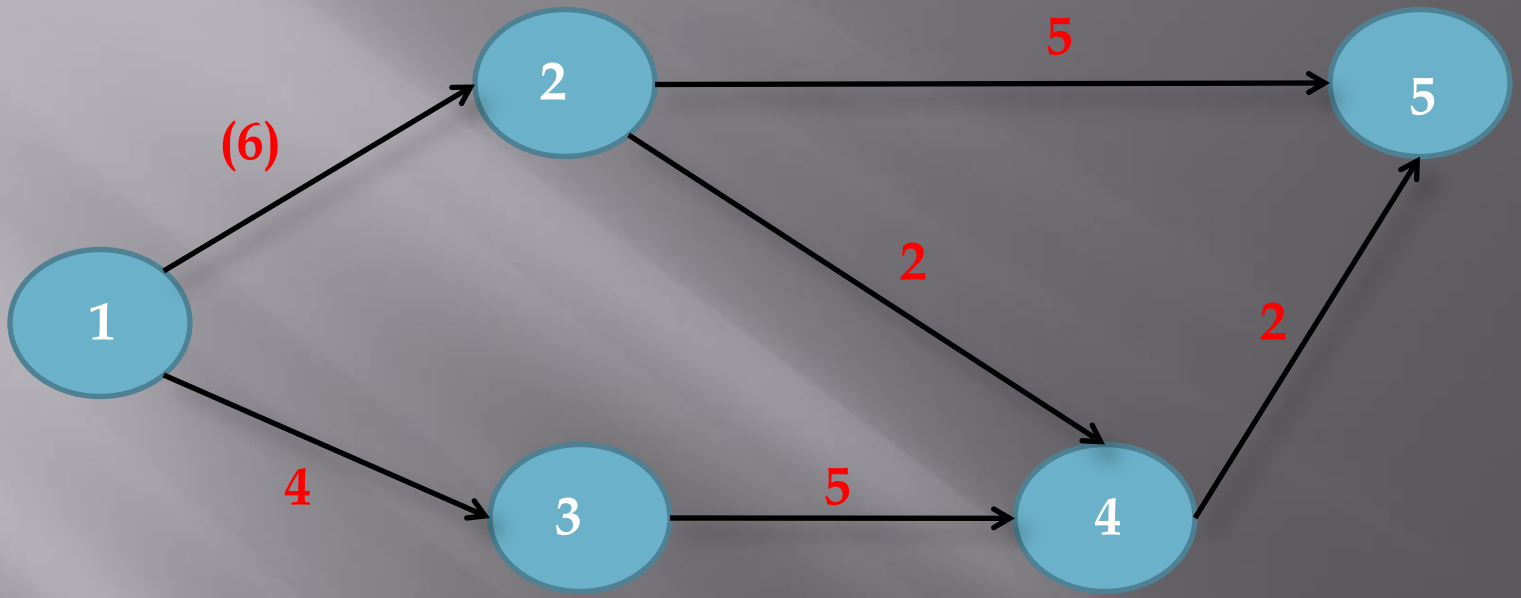
- نلاحظ إن هناك مسارين حرجين هما

المسار الحرج الأول : (1-2) (2-5)
6 6

المسار الحرج الثاني : (1-3) (3-4) (4-5)
4 5 3

- يتم اختيار نشاط حرج من كل مسار (ذو اقل ميل) أو اختيار نشاط مشترك بين المسارين إذا كان ميله اقل من مجموع ميلي النشاطين.

- يتم تخفيض وقت نشاط (2-5) وكذلك وقت نشاط (4-5)



- الكلفة الكلية في هذه المرحلة 990 = 10+60+920

- مثال (3) إحدى المنشات الإنتاجية ترغب في إقامة مشروع معين لذلك اتفقت مع احد المقاولين لتنفيذه، ومن دائرة الحسابات (قسم محاسبة الكلفة) في المشروع تم الحصول على البيانات التالية:

1. يتم تنفيذ المشروع بصيغة عقد مقاولة تترتب عليه غرامات وحوافز.
2. البيانات الخاصة بالمشروع هي كما في الجدول رقم (1-6).
3. إذا علمت إن رب العمل (إدارة المنشأة الإنتاجية) تفرض على المقاول 50 دينار عن كل تأخير وتمنح فائدة مقدارها 50 دينار كمحفزات عمل عن كل يوم تعجيل، وقد علمت أيضا إن التكاليف غير المباشرة في خط المشروع هي 1550 دينار.
4. إن كلفة التعجيل للأنشطة المختلفة في المشروع تم التعبير عنها من خلال درجة ميل التكاليف كما في الجدول رقم (2-6).

- المطلوب / اتخاذ القرار الذي على أساسه يتم تحديد فترة الانجاز المثلى والتكلفة المثلى للمشروع بالاعتماد على المخططات الشبكية والرسوم البيانية.

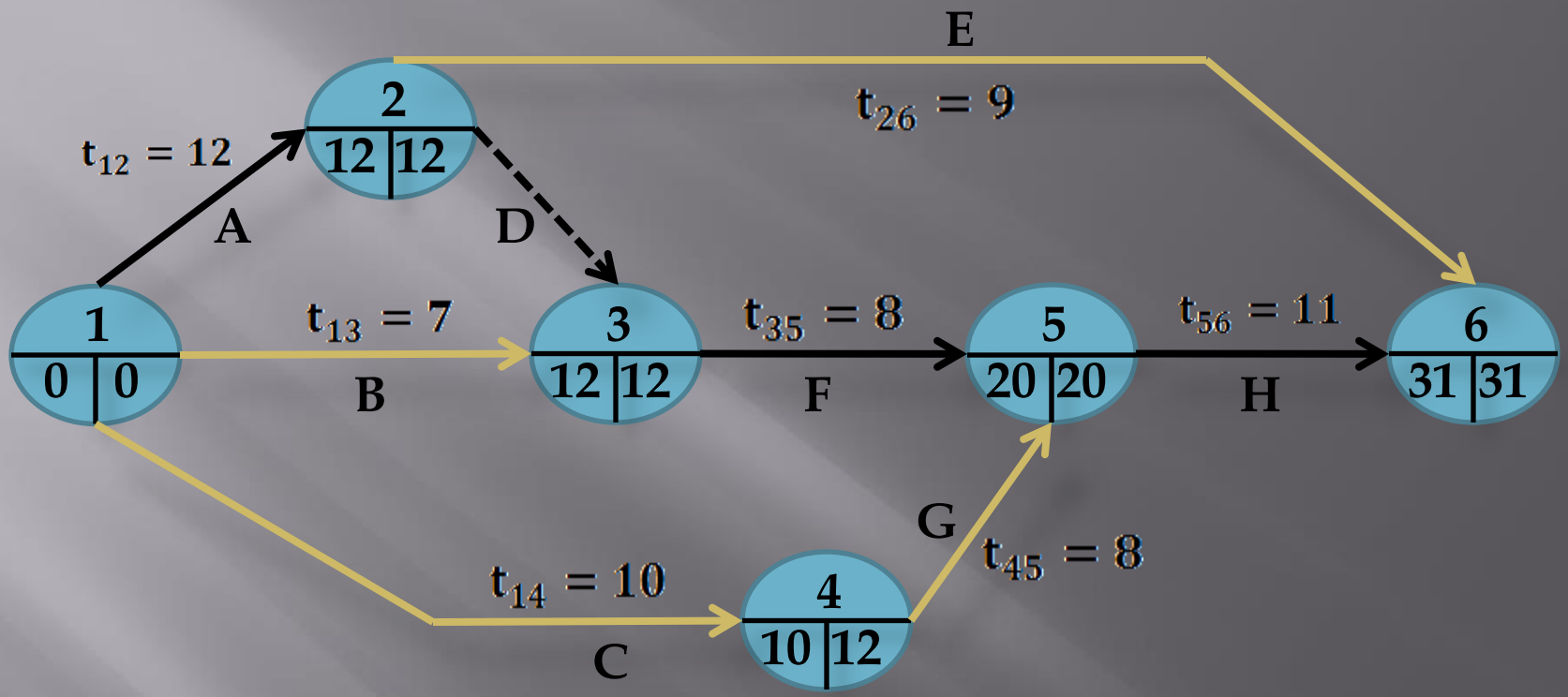
جدول رقم (1-6) بيانات المشكلة (المبالغ بالآلاف)

النشاط	الإحداث		الانجاز الاعتيادي		الانجاز المعجل	
	السابق	اللاحق	الوقت	الكلفة	الوقت	الكلفة
A	1	2	12	600	7	800
B	1	3	7	500	6	590
C	1	4	10	1000	7	1240
D	2	3	0	0	0	0
E	2	6	9	1000	5	1300
F	3	5	8	800	6	1000
G	4	5	8	400	7	450
H	5	6	11	800	9	1040
			65	5200	47	6420

جدول رقم (2-6) تعجيل الأنشطة ودرجة ميل التكاليف

النشاط	الإحداث		فترة التعجيل	درجة ميل التكاليف
	السابق	اللاحق		
A	1	2	5	40
B	1	3	1	90
C	1	4	3	80
D	2	3	0	0
E	2	6	4	75
F	3	5	2	100
G	4	5	1	50
H	5	6	2	70

▣ الحل / رسم المخطط الشبكي للمشروع

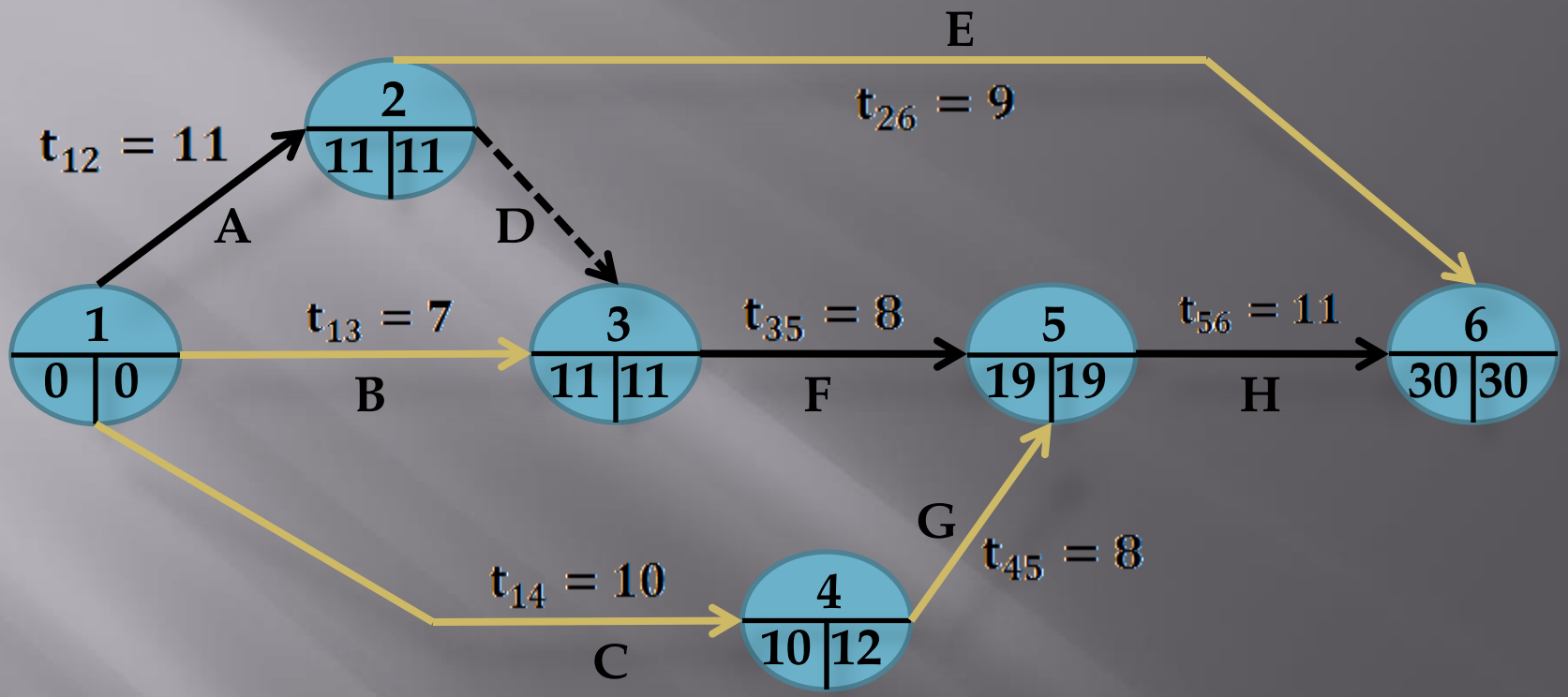


▣ المسار الحرج هو :

A → D → F → H

12+0+8+11=31 يوم

- يتم تخفيض وقت نشاط (A) لأنه أقل ميل

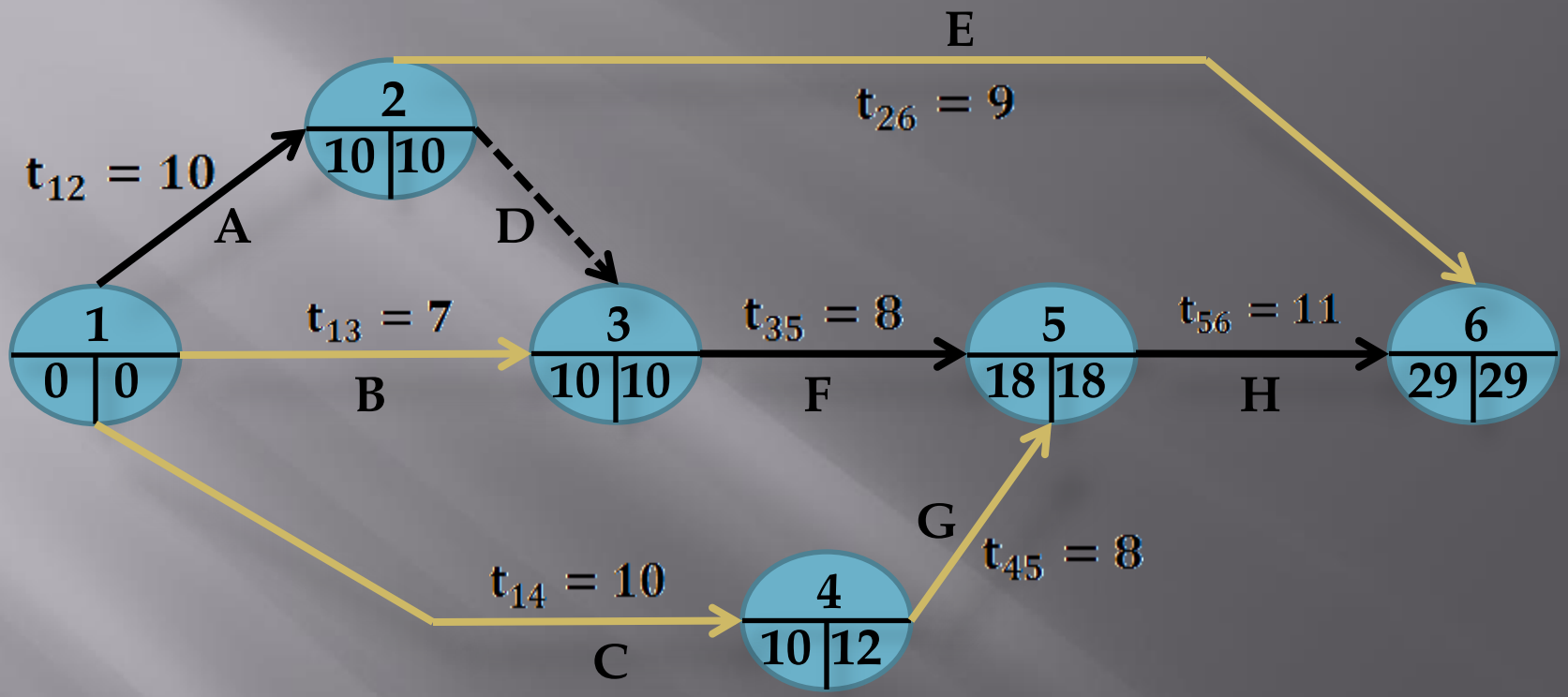


- المسار الحرج هو :

A → D → F → H

11+0+8+11=30 يوم

- يتم تخفيض وقت نشاط (A) لأنه أقل ميل



- المسارات الحرجة هي :

A → D → F → H =29

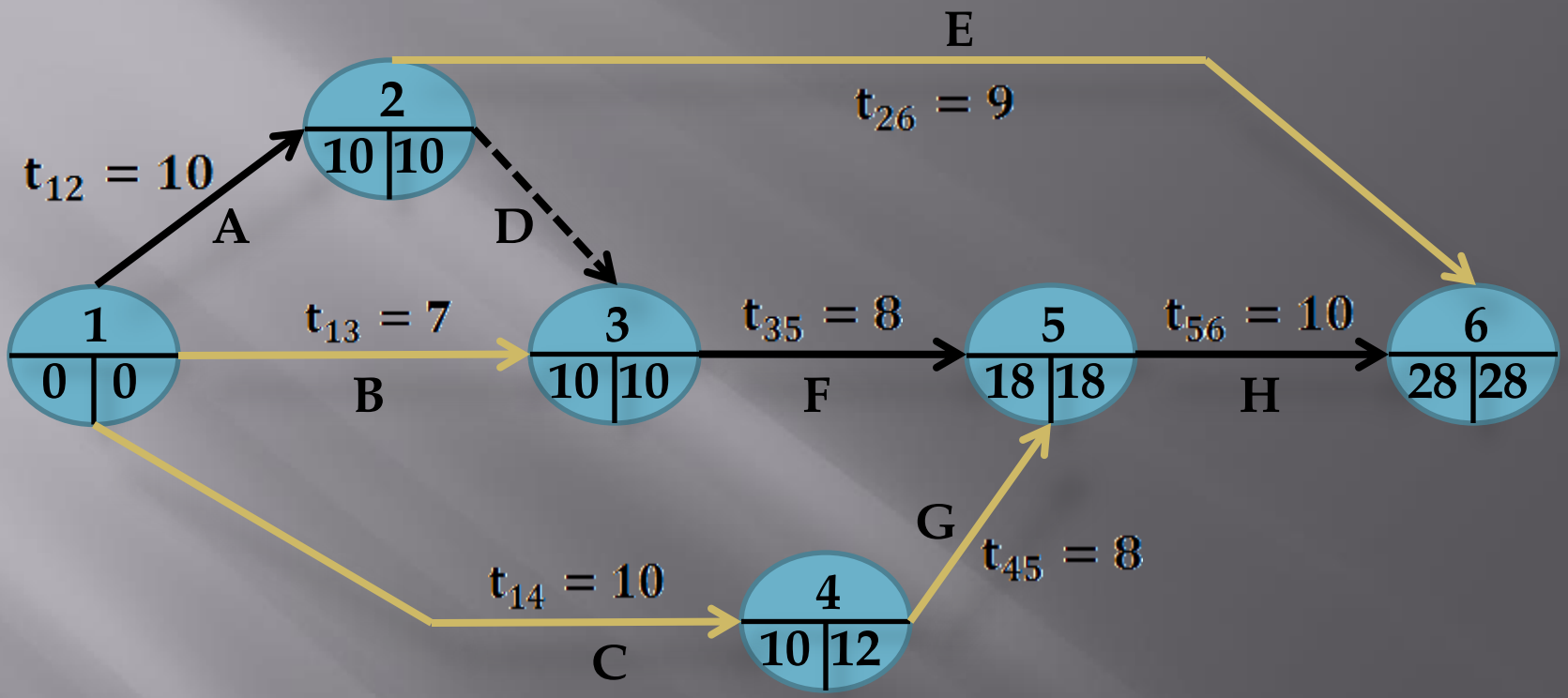
C → G → H =29

A → E =19

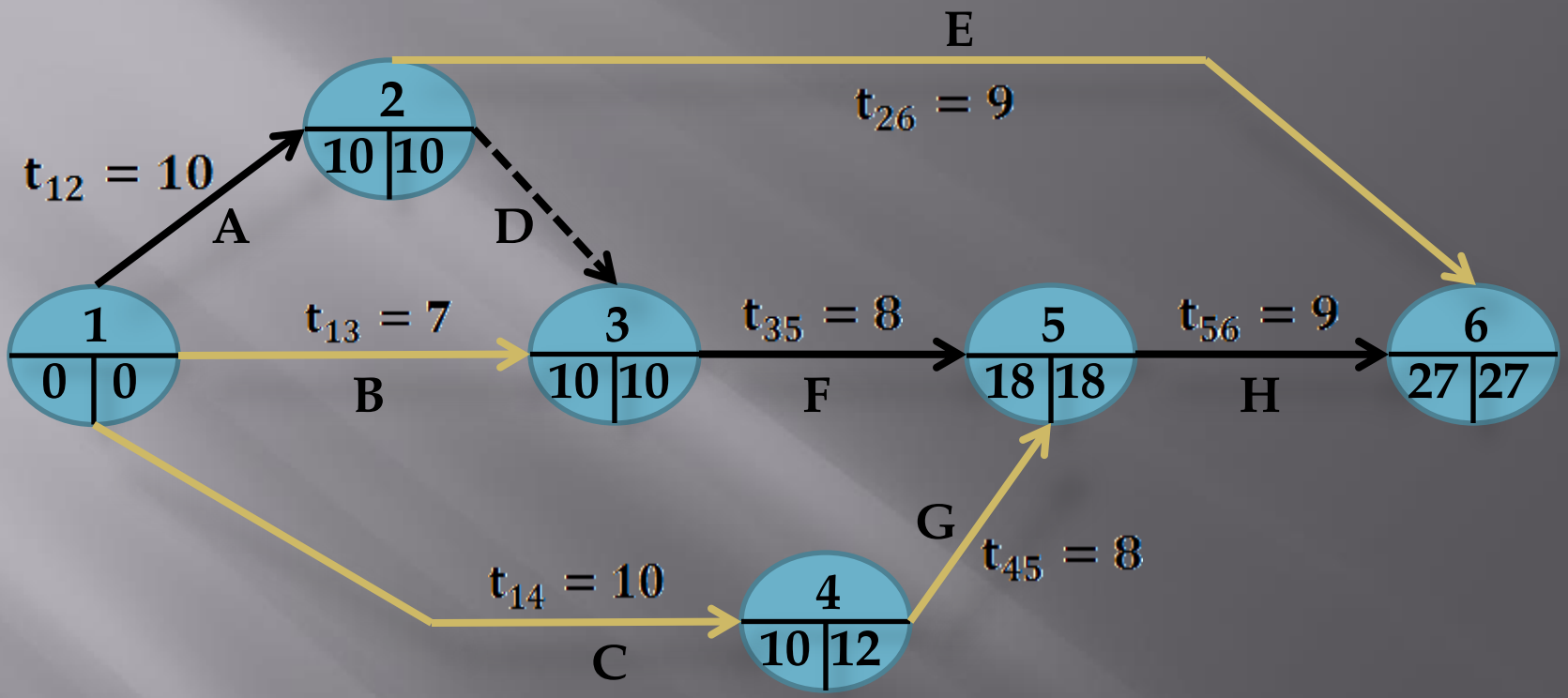
B → F → H =26

- يوجد لدينا بديلين هما :

- البديل الأول / تخفيض وقت النشاط A لأنه اقل ميل (40) في المسار الأول وتخفيض وقت النشاط G لأنه اقل ميل (50) في المسار الثاني.
- البديل الثاني / تخفيض وقت النشاط H لأنه مشترك بين المسارين الحرجين.
- إن تكاليف النشاط H هي (70) اقل من مجموع تكاليف النشاطين (A,G) التي هي (90) لذلك يتم تخفيض وقت النشاط H.



- يتم تخفيض وقت النشاط H يوم أخر.



- تستمر عملية الضغط للكلف وفق نفس المبدأ حيث ننتقل إلى النشاطات الأخرى ذو الميل الأقل وبذلك يكتمل بناء الجدول رقم (3-6) عند (23) يوم الذي هو أدنى مدة يمكن تقليص مدة المشروع اليها.

جدول كشف محاسبي بالتكاليف المباشرة والتكاليف غير المباشرة والتكاليف الكلية مع تحديد الكلفة المثلى

الوقت / الكلفة	31	30	*29	28	27	26	25	24	23
تكاليف مباشرة	5200	5240	5280	5350	5470	5510	5630	5750	5930
تكاليف غير مباشرة	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1150
التكاليف الكلية	6750	6740	6730	6750	6820	6810	6880	6950	7080

النشاط	درجة العمل	مدة المشروع		1		2		3		4		5		6		7		8	
		31		30		29		28		27		26		25		24		23	
		Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost	Time	Cost
A	40	12	600	11	640	10	680	10	680	10	680	9	720	8	760	*7	800	*7	800
B	90	7	500	7	500	7	500	7	500	7	500	7	500	7	500	7	500	7	500
C	80	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	10	1000	9	1080	8	1160	*7	1240
D					0														
E	75	9	1000	9	1000	1000	1000	9	1000	9	1000	9	1000	9	1000	9	1000	9	1000
F	100	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	8	800	*7	900
G	50	8	400	8	400	8	400	8	400	*7	450	*7	450	*7	450	*7	450	*7	450
H	70	11	900	11	900	11	900	10	970	*9	1040	*9	1040	*9	1040	*9	1040	*9	1040
المجموع			5200		5240		5280		5350		5420		5510		5630		5750		5930

نماذج البرمجة الخطية في أسلوب PERT /Time-Cost

- هنالك ثلاثة نماذج للبرمجة الخطية تنفع في عملية المبادلة بين الكلفة والوقت، وبالتالي بلوغ أدنى مستوى ممكن للتكاليف وبأقل وقت ممكن للانجاز، هذه النماذج هي:
  - النموذج رقم (1)

(تسخير الجهود الذاتية في التعجيل بانجاز المشروع)

إن فكرة هذا النموذج قائمة على أساس رغبة رب العمل أو صاحب المشروع في التعجيل بالفترة الزمنية النهائية للانجاز.

  - النموذج رقم (2)

(تسخير الموارد المادية المباشرة في التعجيل بانجاز المشروع)

إن فكرة هذا النموذج قائمة على أساس رغبة رب العمل أو صاحب المشروع تسخير ما هو متوفر من الموارد المادية (الأيدي العاملة، المكائن والمعدات...الخ) التي تمثل التكاليف المباشرة وذلك لغرض التعجيل بفترة تنفيذ المشروع.

- **النموذج رقم (3)**

(تسخير الموارد المادية المباشرة وغير المباشرة في التعجيل بانجاز المشروع)

إن فكرة هذا النموذج قائمة على أساس ما يلي:

1. **العلاقة بين التكاليف غير المباشرة وطول مدة المشروع: حيث إذا كانت هذه العلاقة تتصف في كونها ذات صيغة خطية، فانه يمكن تحديد الفترة الزمنية الصغرى للمشروع T والمدة المثلى لانجاز النشاطات في المشروع.**
2. **العلاقة بين التكاليف المباشرة وطول مدة المشروع.**