الفصل الخامس

شبكات الأعمال

الفصل الخامس
شبكات الاعمال (Networks Analysis)

مقدمة

يعرف المشروع على أنه مجموعة من الانشطة المترابطة فيما بينها والتي يجب ان تنفذ في توقيت زمني معين قبل أن يتم إنجاز المشروع ككل ، وتير كلمة النشاط هنا الى العمل الذي يستغرق وقتاً ويتطلب موارد من أجل اتمامه.

وقد تطورت الادوات والاساليب المستخدمة في جدولة المشاريع وان تعقد هذه المشاريع يتطلب استخدام اساليب تمتاز بالكفاءة لغرض الوصول الى تنفيذ أكثر دقة للمشروع. ومن هذه الاساليب هي أساليب تحليل شبكات الاعمال التي سيتم التعرض لها في هذا الفصل.

ومن الجدير بالذكر ان هذه الاساليب تهدف الى مراقبة تنفيذ مراحل مشروع معين يتكون من عدة أنشطة أو فعاليات ، وتحديد الانشطة التي ينبغي وضعها تحت الرقابة لان تأخير تنفيذها في الوقت المحدد يؤدي الى تأخير تنفيذ المشروع ككل.

تعتمد هذه الاساليب بالدرجة الاساس على مايسمى بشبكات الاعمال وهو رسم يحتوي على مجموعة من الدوائر والخطوط والذي يمثل مراحل تنفيذ المشروع ونشاطاته وبعض التفاصيل الاخرى وكما سيأتي لاحقاً.

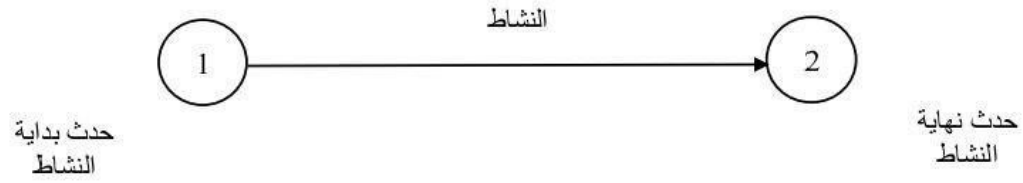
سيتم التركيز في هذا الفصل على الامور الآتية:

- كيفية رسم شبكات الاعمال
- أسلوب المسار الحرج
- أسلوب بيرت

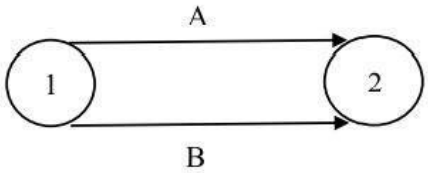
قواعد بناء (رسم) شبكات الاعمال

تجدر الاشارة الى أن **شبكة الاعمال** هي مجموعة من العقد (دوائر صغيرة) والتي يرمز لها بأرقام متسلسة ، ومجموعة من الخطوط التي تصل بين العقد والتي يرمز لها بحروف. يشير الخطوط الى نشاطات معينة ضمن المشروع ، أما العقد فتشير الى بداية ونهاية النشاط. ولكي يتم بناء أو رسم يجب اتباع الخطوات أدناه:

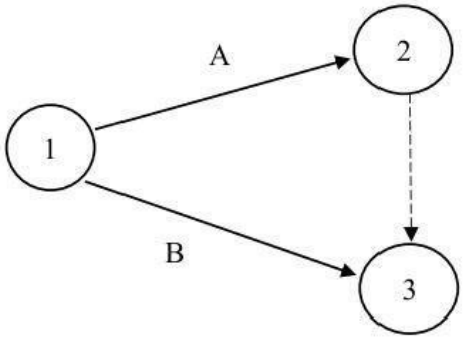
- كل نشاط يجب أن يبدأ وينتهي بحدث.



- لا يجوز اشتراك نشاطين أو أكثر بحدثي البداية والنهاية ، أي أن الحالة أدناه غير صحيحة:



ويمكن معالجة هذه الحالة باستخدام نشاط وهمي وبظمن يساوي (صفر) وكما في أدناه:

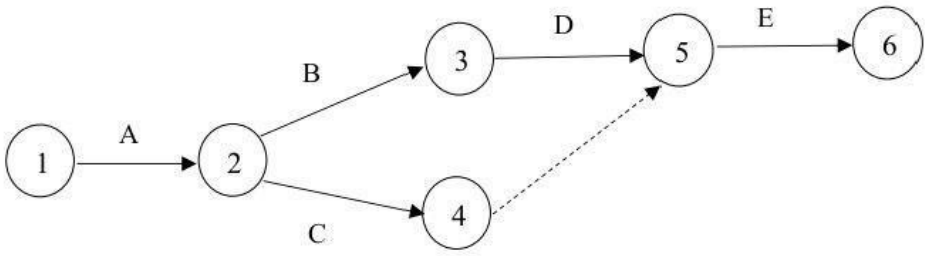


- يجب ترقيم الدوائر بشكل تصاعدي بحيث تتجه الاسهم من الادنى الى الرقم الاعلى للمحافظة على التسلسل المنطقي لتتابع مراحل تنفيذ المشروع.

مثال (1)

أرسم المخطط الشبكي للمشروع أدناه:

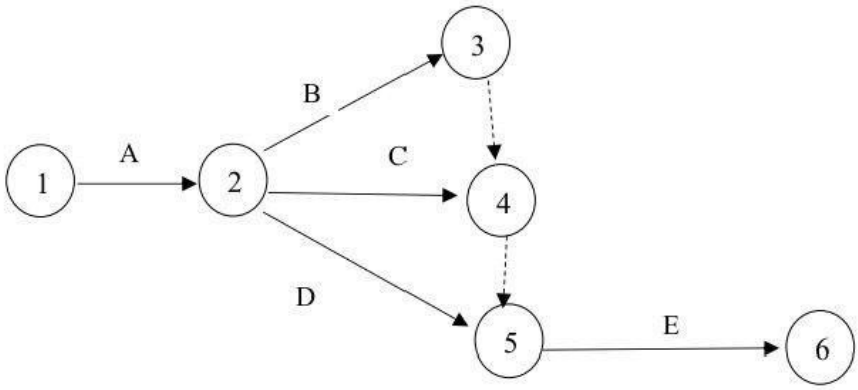
الوصف	النشاط	النشاط السابق
تهيأة الموقع	A	-
توفير المكائن	B	A
توفير المواد	C	A
توفير العمال	D	B
الانتاج	E	C , D



مثال (2)

أرسم المخطط الشبكي للمشروع أدناه:

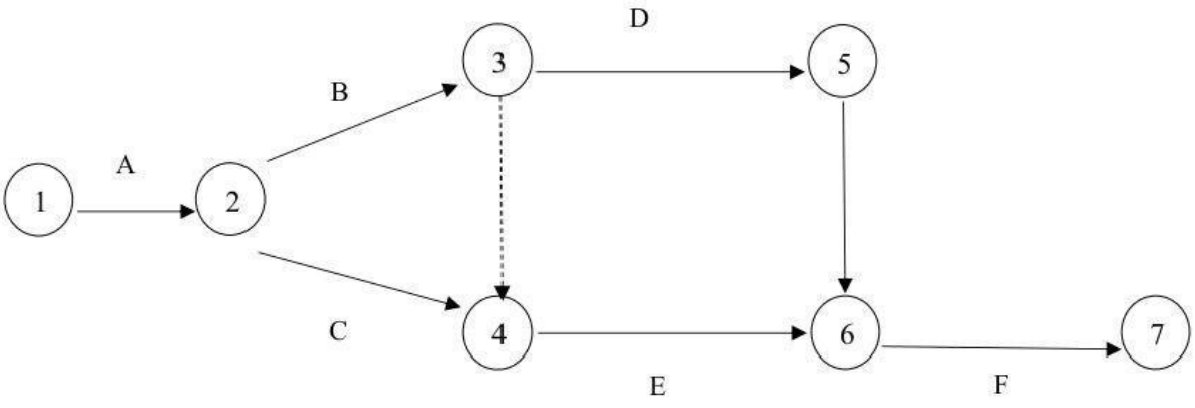
النشاط	النشاط السابق
A	-
B	A
C	A
D	A
E	B , C , D



مثال (3)

أرسم المخطط الشبكي للمشروع أدناه:

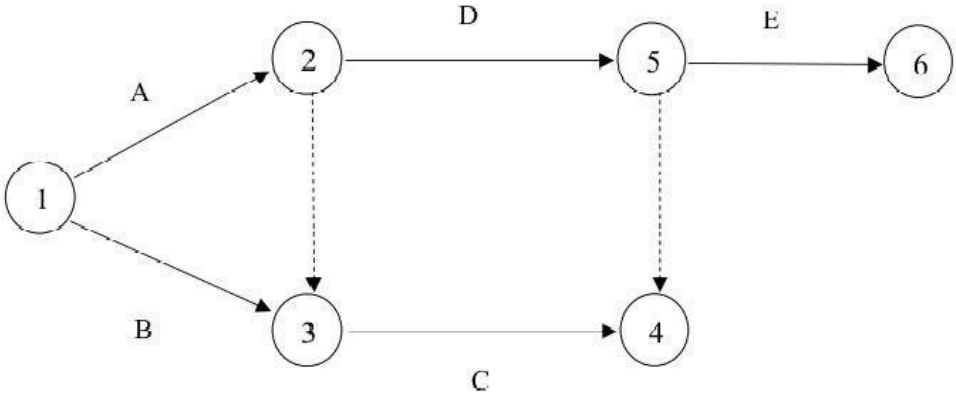
النشاط السابق	النشاط السابق
A	-
B	A
C	A
D	B
E	B , C
F	D , E



مثال (4)

أرسم المخطط الشبكي للمشروع أدناه:

النشاط	النشاط السابق
A	-
B	-
C	A , B
D	A
E	C , D



تحليل شبكات الاعمال (Network Analysis)

سيتم التطرق الى طريقتين لغرض تحليل شبكات الاعمال وكما سيأتي ذكره:

طريقة المسار الحرج ("Critical Path Method "CPM)

يعرف **المسار الحرج** على انه **سلسلة من الانشطة الحرجة التي تربط نقطة البداية والنهاية في المخطط الشبكي** ، وسميت هذه الانشطة بالحرجة لان الوقت الفائض في تنفيذها (الوقت المسموح به للتأخير) يساوي صفر ، لذلك فان أي تأخير فيها يؤدي الى تأخير تنفيذ المشروع ككل.

تتكون حسابات المسار الحرج من نوعين هما :

1- الحسابات الامامية وتحسب من أول عقدة في المخطط الشبكي حتى العقدة الاخيرة بشكل تصاعدي متسلسل والوقت المحسوب هنا يسمى بـ (وقت الابتداء المبكر "Earliest start time "ES والذي يُعرف على انه الوقت الذي يمكن أن يبتدأ به تنفيذ النشاط ولايمكن أن يبدأ قبل هذا الوقت) ويوضع داخل مربع عند كل عقدة ، ويحسب كما يأتي :

$$ES_j = Max_i(ES_i + D_{ij})$$

حيث أن:

D_{ij} : الوقت اللازم لتنفيذ النشاط (i - j) وممكن أن يكون (ساعة ، يوم ، أسبوع ، شهر ، ...) ،

وأن $(ES_1 = 0)$ لأن بداية المشروع لا تستغرق وقتاً.

2- الحسابات العكسية وتحسب من العقدة الاخيرة حتى العقدة الاولى وبشكل تنازلي متسلسل والوقت المحسوب هنا يسمى بـ (وقت الانجاز المتأخر Latest completion time "LC" والذي يعرف على انه آخر وقت يمكن أن يُنجز به

النشاط ولايمكن ان يتأخر انجازه لبعد هذا الوقت) ويوضع داخل مثلث عند كل عقدة ويحسب كما يأتي :

$$LC_i = Min_j(LC_j - D_{ij})$$

وبفرض أن الحدث الأخير هو (n) نحصل على :

$$LC_n = ES_n$$

وأن أي نشاط يقال بأنه نشاط حرج اذا تحقق الاتي (مهم لتحديد الانشطة الحرجة على الرسم ووضع علامة "=" كما موضح في الامثلة أدناه):

a) الوقت المبكر لبداية النشاط = الوقت المتأخر لها ($ES_i = LC_i$).

b) الوقت المبكر لنهاية النشاط = الوقت المتأخر لها ($ES_j = LC_j$).

c) الفرق بين الوقتين المبكرين = الفرق بين الوقتين المتأخرين = وقت تنفيذ النشاط

$$ES_j - ES_i = LC_j - LC_i = D_{ij}$$

بعد **تحديد الانشطة الحرجة** يتم التوصل الى **المسار الحرج** والذي كما ذكر أعلاه هو **" سلسلة من الانشطة الحرجة التي تربط نقطة البداية والنهاية في المخطط الشبكي "**.

وعليه يمكن القول أن خطوات الحل وفق طريقة المسار الحرج هي:

1) رسم المخطط الشبكي

2) عمل الحسابات الامامية (من أول عقدة الى آخر عقدة ، تبدأ بصفر ، توضع داخل مربع)

3) عمل الحسابات العكسية (من أخر عقدة الى أول عقدة ، تبدأ بآخر وقت ابتداء ، توضع داخل مثلث)

4) تحديد الانشطة الحرجة (فحص جميع الانشطة باستخدام النقاط المذكورة أعلاه)

5) تحديد المسار الحرج (تجميع الانشطة الحرجة فقط)

ملاحظة

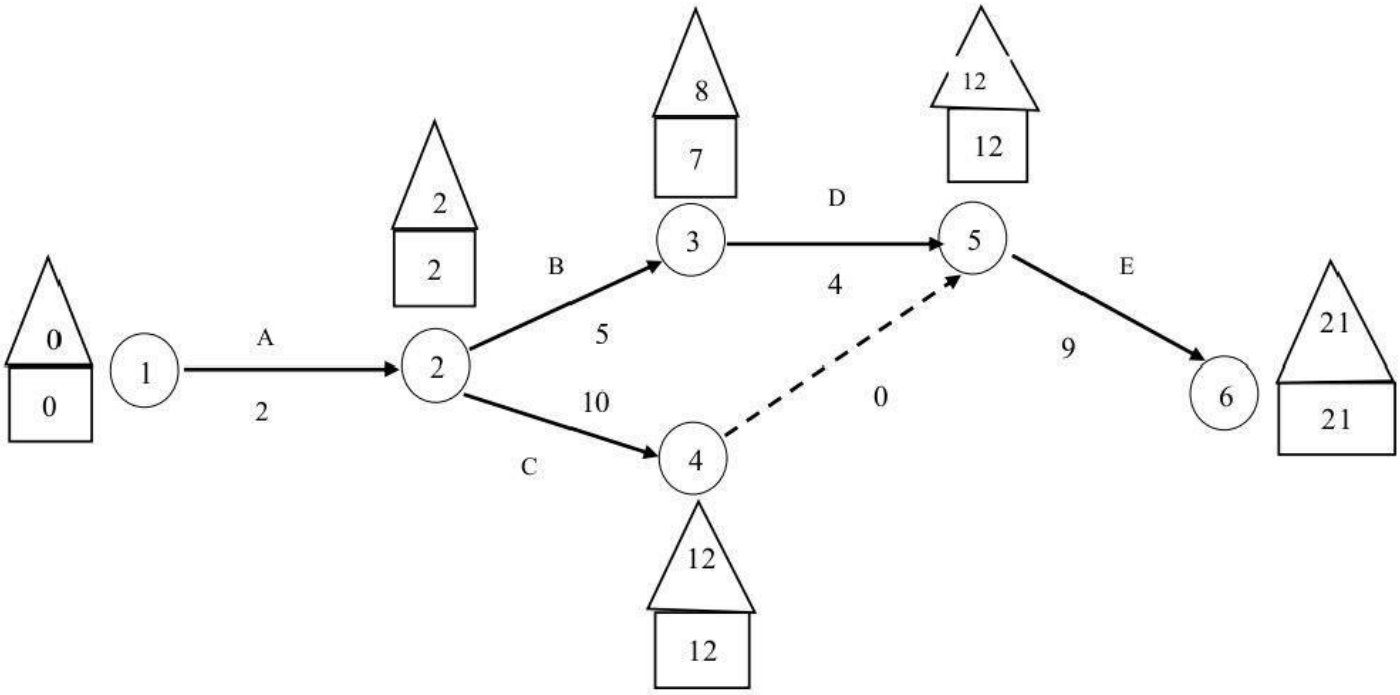
مايستفاد من طريقة المسار الحرج وما تم حسابه من أوقات مبكرة ومتأخرة هو:

- معرفة الوقت اللازم لتنفيذ المشروع ككل.
- معرفة الانشطة الحرجة (التي لاتحتوي على وقت فائض ، أي التي يجب ان تنفذ بدون تأخير لان تأخيرها يؤدي الى تأخير تنفيذ المشروع ككل)
- معرفة الانشطة غير الحرجة (التي تحتوي على وقت فائض)
- معرفة وقت الابتداء لكل نشاط (مثلاً: النشاط (3 – 2) يبدأ في اليوم العاشر)
- معرفة وقت الانجاز لكل نشاط (مثلاً: النشاط (6 – 5) يُنجز في اليوم العشرون)

مثال (1)

أوجد المسار الحرج للمشروع أدناه:

الوقت اللازم للتنفيذ (D_{ij})	النشاط	النشاط السابق
2	A	-
5	B	A
10	C	A
4	D	B
9	E	C , D



تفاصيل الرسم

- المربعات: بدأت من أول مربع بصفر (الدائرة (1) / وقت ابتداء المشروع) وبعدها تكون عملية جمع للمربع السابق مع الوقت اللازم للتنفيذ (المعطى في السؤال والمؤشر على كل سهم).

مثلاً: المربع الثاني (2=2+0) ؛ الثالث (7=5+2) ؛ السادس (21=9+12)

- عند وجود سهمين باتجاه نفس العقدة ، يتم استخدام المعادلة المشار اليها سابقاً ونختار الرقم الاعلى ويوضع في المربع ، كما موضح أدناه:

$$ES_j = Max_i(ES_i + D_{ij})$$

$$ES_5 = Max_{3,4}(ES_3 + D_{35}, ES_4 + D_{45})$$

$$ES_5 = Max_{3,4}(7 + 4, 12 + 0) = Max_{3,4}(11, 12) = 12$$

- المثلثات: بدأت من آخر مثلث (الدائرة 6) بنفس الرقم الموجود في المربع (21) ومن ثم يتم طرح الوقت اللازم للتنفيذ (المعطى في السؤال والمؤشر على كل سهم).

مثلاً: المثلث الخامس (12=9-21) ؛ الثالث (8=4-12) وهكذا.

- عند وجود سهمين خارجين من نفس العقدة ، يتم استخدام المعادلة المشار اليها سابقاً ونختار الرقم الادنى ويوضع في المثلث ، كما موضح أدناه:

$$LC_i = Min_j(LC_j - D_{ij})$$

$$LC_2 = Min_{3,4}(LC_3 - D_{23}, LC_4 - D_{24})$$

$$LC_2 = Min_{3,4}(8 - 5, 12 - 10) = Min(3, 2) = 2$$

- عند الانتهاء من جميع الحسابات الامامية والعكسية يتم فحص جميع النشاطات من حيث كونها حرجة أم لا باستخدام النقاط المذكورة أعلاه وكما يلي:

مثلاً : النشاط (2 - 1)

$$ES_i = LC_i \Rightarrow ES_1 = LC_1 \Rightarrow 0 = 0$$

$$ES_j = LC_j \Rightarrow ES_2 = LC_2 \Rightarrow 2 = 2$$

$$ES_j - ES_i = LC_j - LC_i = D_{ij} \Rightarrow 2 - 0 = 2 - 0 = 2$$

وبالتالي فان النشاط (2 - 1) هو نشاط حرج ، وبذلك نضع اشارة عليه.

النشاط (5 - 3)

$$ES_3 \neq LC_3 \Rightarrow 7 \neq 8$$

$$ES_5 = LC_5 \Rightarrow 12 = 12$$

$$ES_5 - ES_3 \neq LC_5 - LC_3 \Rightarrow 12 - 7 \neq 12 - 8$$

وبالتالي فان النشاط (5 - 3) هو نشاط غير حرج ، وبذلك لا نضع اشارة عليه.

- بعد تحديد جميع الانشطة الحرجة يتم كتابة المسار الحرج ، وهنا يكون المسار الحرج هو الآتي:

المسار الحرج (6 – 5 – 4 – 2 – 1)

<u>ملاحظة (للتأكيد)</u>

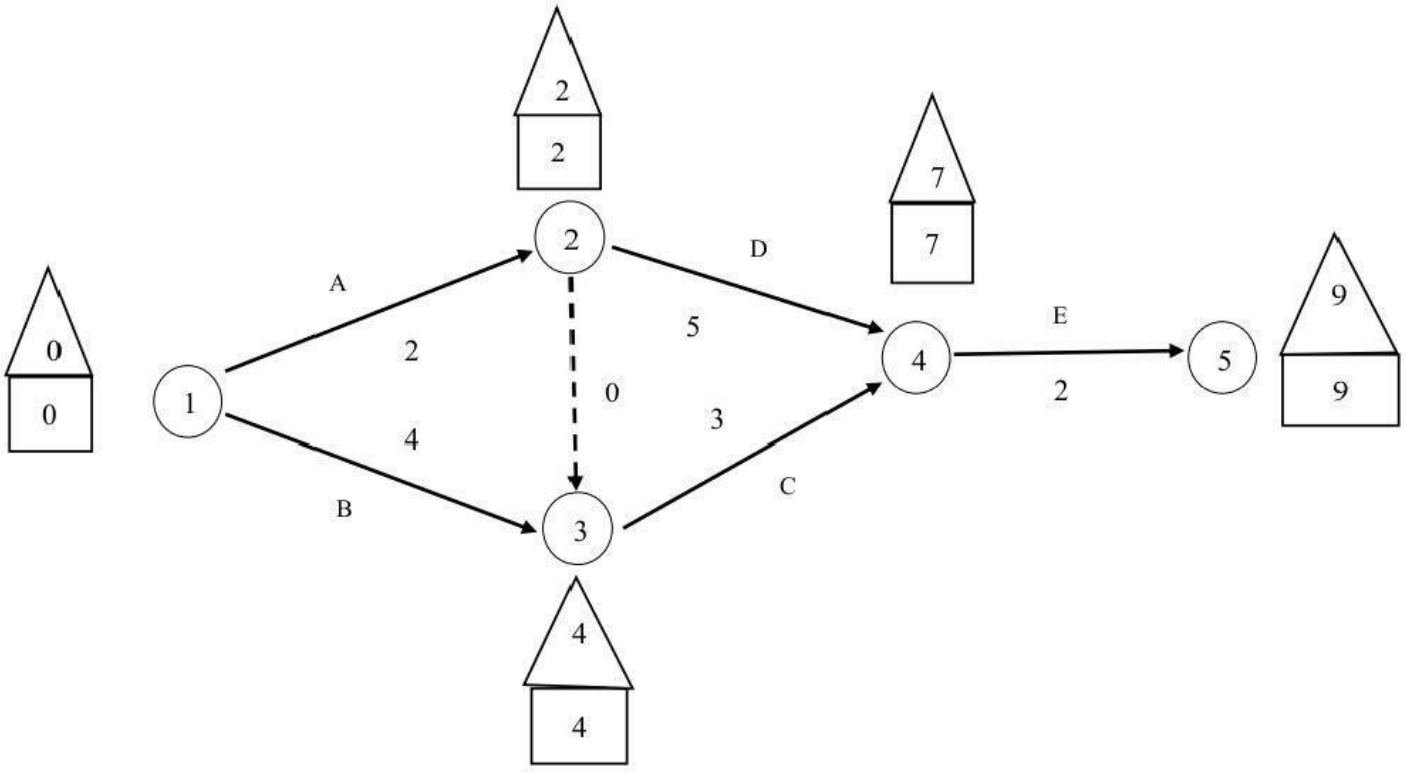
عند اجراء الحسابات الامامية والعكسية (الارقام الموضوعة في المربعات والمثلثات) :

- الامامية (المربعات) : العقدة التي يدخل اليها سهمين نقوم باختيار **القيمة الاكبر**.
- العكسية (المثلثات) : العقدة التي يخرج منها سهمين نقوم باختيار **القيمة الاصغر**.

مثال (2)

أوجد المسار الحرج للمشروع أدناه:

النشاط السابق	النشاط	الوقت اللازم للتنفيذ (D_{ij})
-	A	2
-	B	4
A , B	C	3
A	D	5
C , D	E	2



نلاحظ هنا أن جميع الانشطة هي أنشطة حرجة ، لذلك يكون لدينا أكثر من مسار حرج:

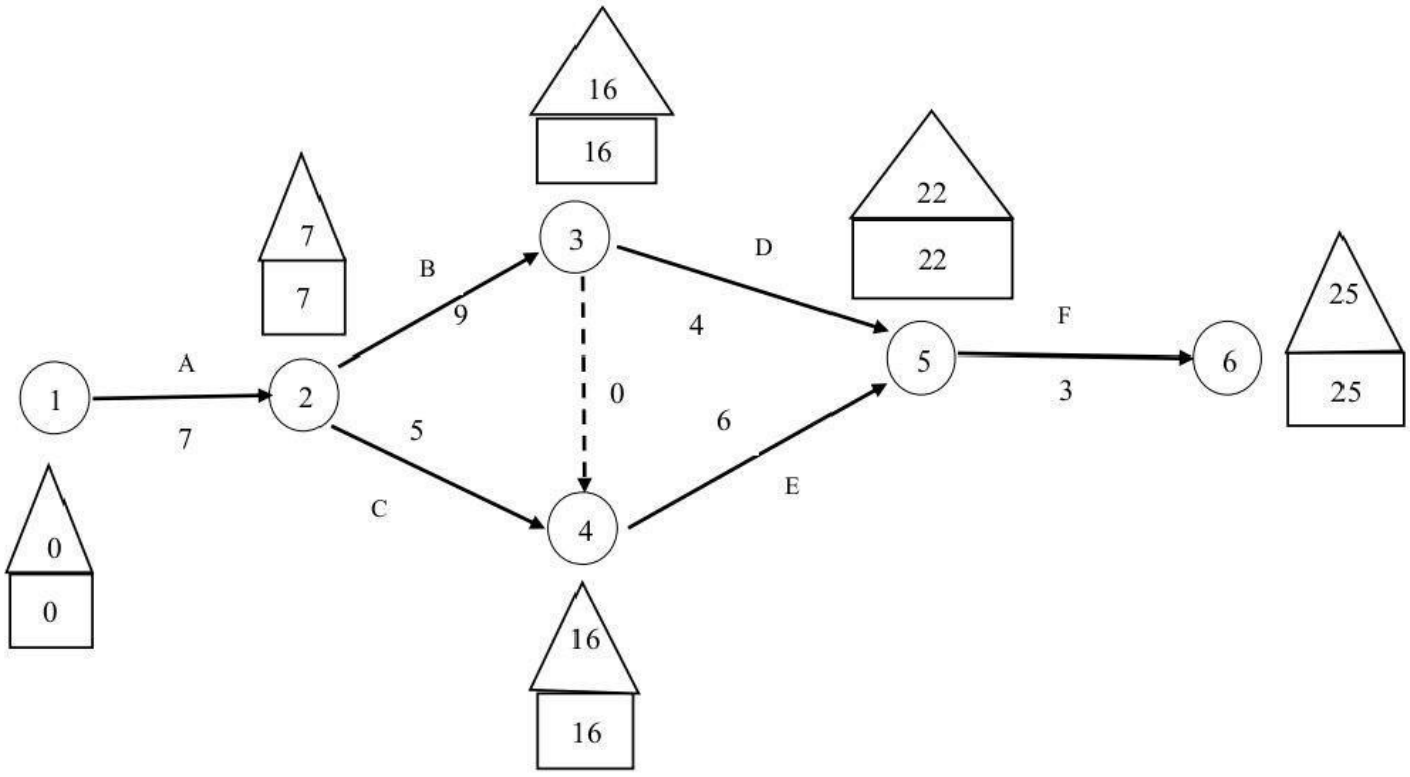
1 – 2 – 4 – 5

1 – 3 – 4 – 5

مثال (3)

أوجد المسار الحرج للمشروع أدناه:

النشاط السابق	النشاط	الوقت اللازم للتنفيذ (D_{ij})
-	A	7
A	B	9
A	C	5
B	D	4
B , C	E	6
D , E	F	3

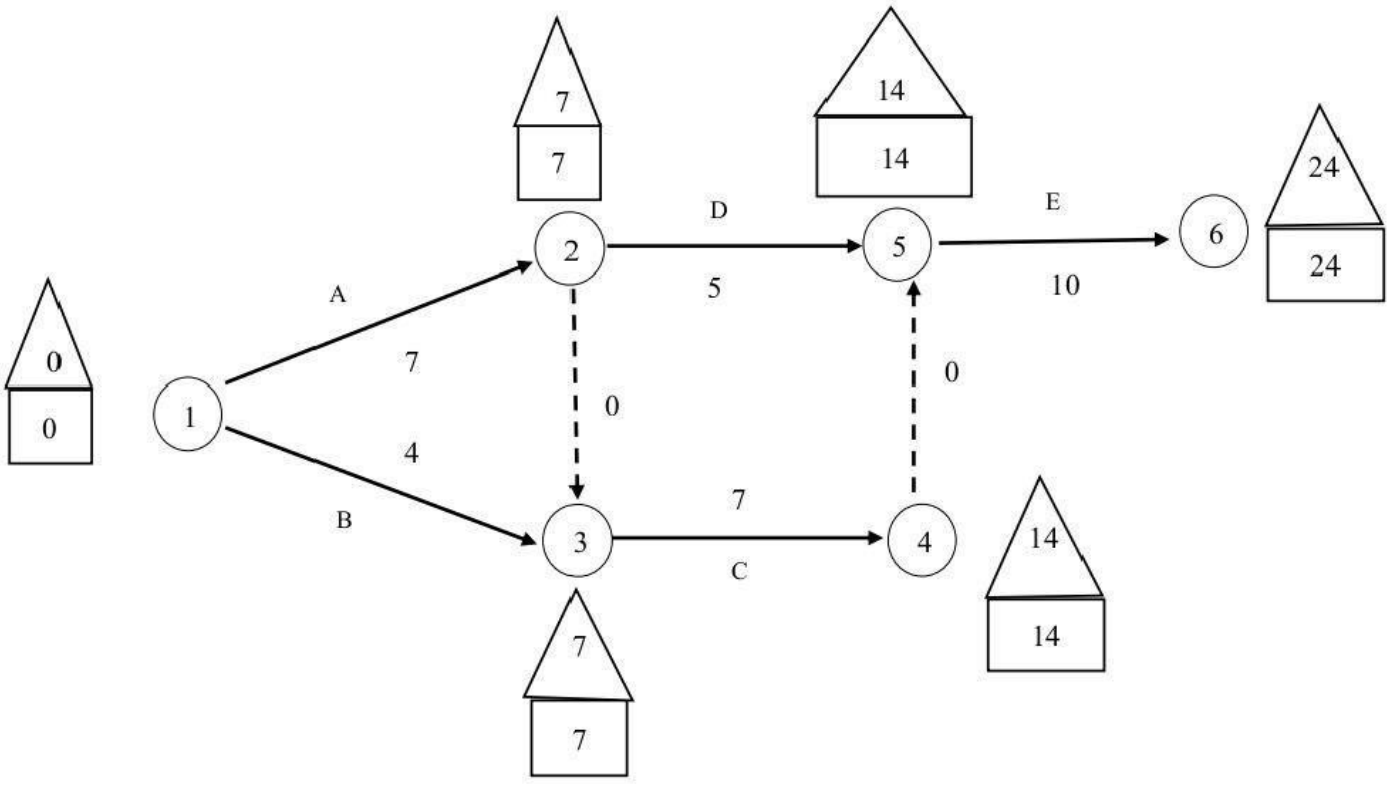


المسار الحرج (6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1)

مثال (4)

أوجد المسار الحرج للمشروع أدناه:

النشاط السابق	النشاط	الوقت اللازم للتنفيذ (D_{ij})
-	A	7
-	B	4
A , B	C	7
A	D	5
C , D	E	10



المسار الحرج (6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1)

أسلوب تقييم البرامج ومراجعتها "بيرت" (PERT)

تنقسم العمليات المكونة للمشروع الى نوعين:

- **العمليات المتكررة** وهي التي تحدث بتغيير بسيط أو بدون تغيير (مثل انتاج السيارات في خط تجميع) ، هنا تمتلك الادارة المعلومات الكافية (التي تتضمن التكاليف والكميات والوقت المتعلق بكل مرحلة من مراحل المشروع) ، وبالتالي يصبح من الممكن استخدام طريقة المسار الحرج في التحليل وأستخراج مدة التنفيذ الخاصة بالمشروع.
- **العمليات غير المتكررة** وهي التي لم تحدث من قبل بنفس الطريقة وتشمل الابحاث والتطوير ، حيث تُنفذ معظم الانشطة مرة واحدة ، لذلك لا تتوفر معلومات سابقة يمكن الاعتماد عليها. هنا يتم أستخدام أسلوب (بيرت) الذي يأخذ بنظر الاعتبار مسألة عدم الدقة في تقديرات الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ كل مرحلة من مراحل المشروع.

من الجدير بالذكر أن أسلوب (بيرت) يفترض ثلاث تقديرات زمنية لكل نشاط من أنشطة المشروع (لانه كما ذكرنا لاتوجد معلومات دقيقة عن الفترات الزمنية) ، وهذه التقديرات الزمنية تأخذ التسميات التالية :

1) **الزمن المتوقع** وهو التقدير الافضل للفترة الزمنية الممكنة لانجازالنشاط في الظروف الطبيعية (ورمزه m).
2) **الزمن التفاؤلي** وهو التقدير لأقصر فترة زمنية ممكنة لانجازالنشاط (ورمزه a).
3) **الزمن التشاؤمي** وهو التقدير لأطول فترة زمنية مطلوبة لانجازالنشاط في الظروف غير الطبيعية ، مثل العطلات وغيرها من المشاكل ، (ورمزه b).

أما خطوات الحل وفق أسلوب (بيرت) فيمكن تلخيصها بالآتي:

(1) رسم المخطط الشبكي

(2) حساب الوقت المتوقع لتنفيذ كل نشاط بالاعتماد على التقديرات الزمنية الثلاث (m , a & b) بتطبيق المعالدلة:

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

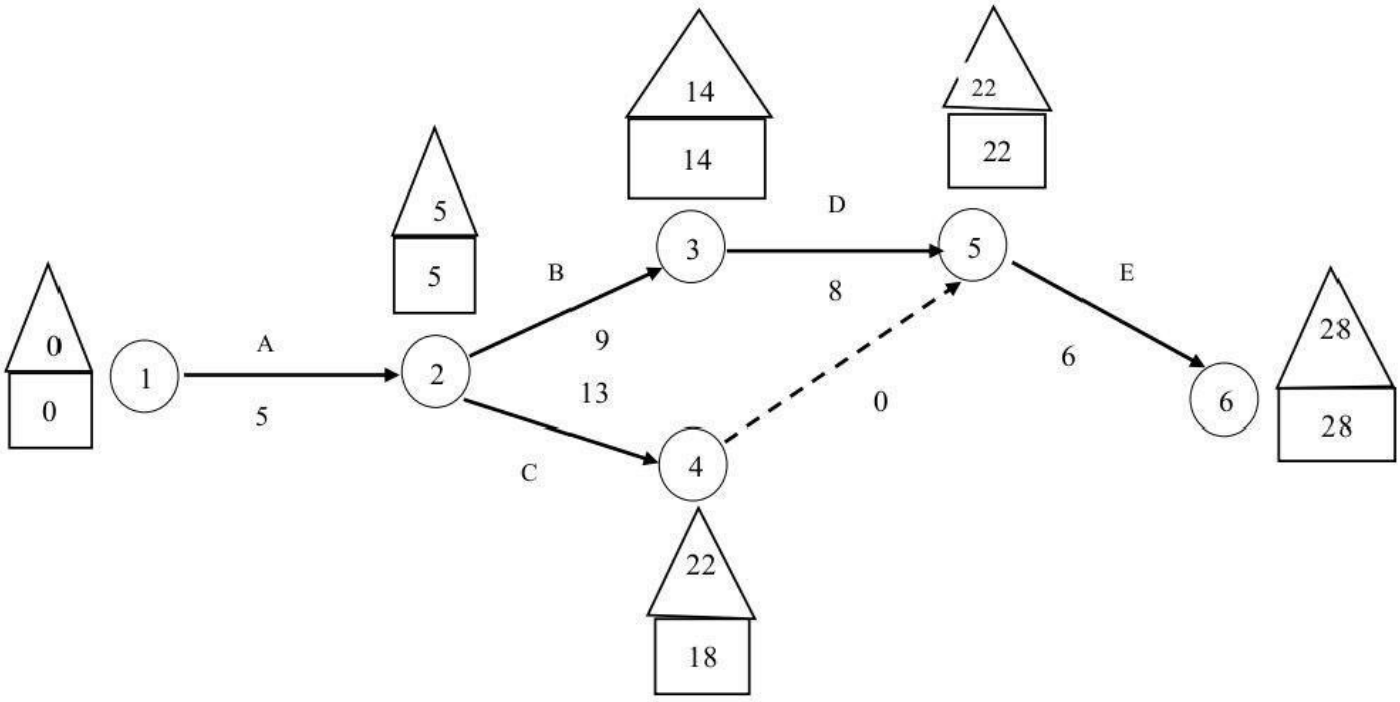
(3) أستخدام قيم (μ) المستخرجة في الخطوة أعلاه كأزمنة لتنفيذ نشاطات المشروع وأستخراج المسار الحرج كما تم العمل به في الطريقة السابقة (طريقة المسار الحرج).

مثال (1)

أستخدم أسلوب بيرت لايجاد المسار الحرج للمشروع أدناه:

(أو) أوجد المسار الحرج للمشروع أدناه (بدون ذكر طريقة الحل ، حيث يمكن التمييز من خلال المعلومات المعطاة) :

النشاط السابق	النشاط	a	m	b	$\mu = \frac{a+b+4m}{6}$
-	A	2	5	8	$\frac{2+8+4(5)}{6} = 5$
A	B	6	9	12	$\frac{6+12+4(9)}{6} = 9$
A	C	5	14	17	13
B	D	5	8	11	8
C , D	E	3	6	9	6



المسار الحرج (6 – 5 – 3 – 2 – 1)