الفصل السادس

المخططات الشبكية *Network planning*

6-1- المسار الحرج *Critical Path* :

تستخدم هذه المخططات بشكل واسع للسيطرة على مراحل إقامة المشاريع وتنفيذها وكذلك في مراحل تصنيع أو تجميع السلع ويجري ذلك من خلال تحليل وتنسيق النشاطات والفعاليات الضرورية للإنتاج على هيئة شبكات أعمال مترابطة وجداول لأجل توجيه تنفيذ هذه الأعمال .

وبشكل عام فإن عناصر رسم وتكوين المخططات الشبكية وإعداد الجداول الزمنية للمتابعة وفرض الرقابة هي :

- الحدث *Event* : ويشار إليه بدائرة يرقم كلٍ منها برقم خاص لا يجوز تكراره ويدل على ترتيب الحدث فقط ولكل شبكة حدث بداية واحد وحدث نهاية واحد ولا يحتاج الحدث إلى وقت او موارد لتنفيذه.
- النشاط *Activity* : ويشار إليه بسهم واحد ولا يجوز أيضاً تمثيل أي نشاط بأكثر من سهم ، وإن أي نشاط يحتاج لوقت وموارد لأجل تنفيذه ويوضع الوقت اللازم لإنجاز النشاط *Duration* عادةً فوق كل سهم ، مع ملاحظة إنه لا توجد علاقة بين طول السهم والفترة اللازمة لتنفيذه . يكون لكل نشاط حدث بداية وحدث نهاية ويمكن أن يشترك نشاطان في نفس حدث البداية ولكن حدث النهاية يكون مختلف لكلٍ منهما ، أو يمكن ان يشترك نشاطان في نفس حدث النهاية ولكن حدث البداية يكون مختلف لكلٍ منهما ، ولايجوز أن يشترك نشاطان في نفس حدث البداية ونفس حدث النهاية .
- المسار *Path* : ويمثل سلسلة من الأسهم المتعاقبة تبدأ بحدث البداية وتنتهي بحدث النهاية ويميز كل مسار عادةً بأرقام الأحداث التي يمر بها ، والمسار الذي يستغرقه أطول الأزمنة يدعى بالمسار الحرج *Critical Path (C.P.)* وتتميز أنشطة هذا المسار بكونها أنشطة حرجة إذ إن أي تأخير يحصل إثناء تنفيذ أي من أنشطته يؤدي إلى تأخير تنفيذ العمل وعليه فإن وقت المسار الحرج يحدد المدة اللازمة لإتمام العمل .

لحساب زمن المسار الحرج *C.P.time* يكون ضمن مرحلتين :

المرحلة الأولى – وتسمى العبور الأمامي *Forward pass* حيث تبدأ الحسابات من نقطة البداية بإتجاه نقطة البداية بإتجاه نقطة النهاية وعند كل نقطة يحسب الوقت المبكر *Earliest time* (ES_j) من العلاقة :

$$ES_j = \max_i .\{ES_j + D_{ij}\} \quad \forall (i,j) activities$$

بإعتبار إن $ES_1 = 0$ و D_{ij} يمثل الزمن اللازم لإنجاز النشاط (i,j) .

وتوضع القيمة في الشكل المربع

المرحلة الثانية وتسمى العبور الخلفي *Backward pass* إذ تبدأ الحسابات من نقطة النهاية بإتجاه نقطة البداية وعند كل نقطة يحسب الوقت المتأخر *Latest time* (LC_i) من العلاقة

$$LC_i = \min_j .\{LC_i - D_{ij}\} \quad \forall (i,j) activities$$

بإعتبار إن $LC_n = ES_n$ i وتوضع القيمة في الشكل المثلث

وكل نشاط (i,j) يقع على المسار الحرج يجب أن يحقق

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

الوقت الفائض الراكد *Free Float Time (F.F.)* يمثل الفائض الزمني المتوفر للتوصل إلى حدث معين ويحسب من العلاقة

$$FF_{ij} = ES_j - ES_i - D_{ij}$$

مثال 1 إرسم المخططات الشبكية للمشاريع التالية

a)

Act.	Pre-act.
A	----
B	----
C	A,B
D	A
E	C,D

b)

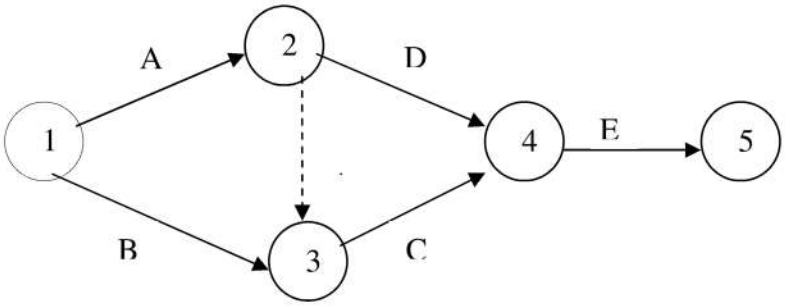
Act.	Pre-act.
A	----
B	A
C	A
D	B
E	B,C
F	D,E

c)

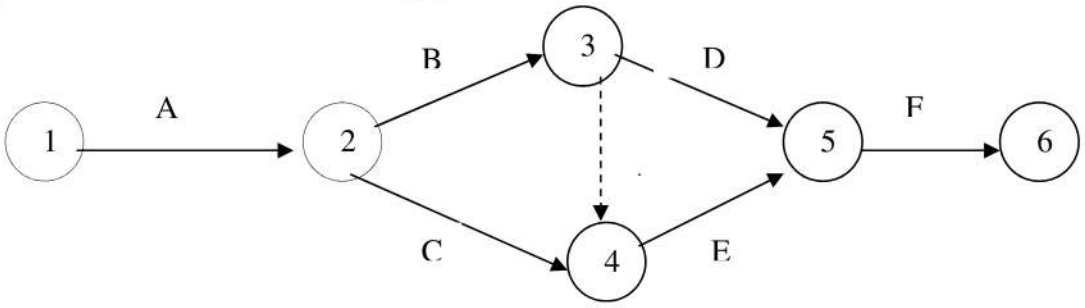
Act.	Pre-act.
A	----
B	----
C	A,B
D	A,B
E	B
F	D,E
G	C,F
H	D,E
I	G,H

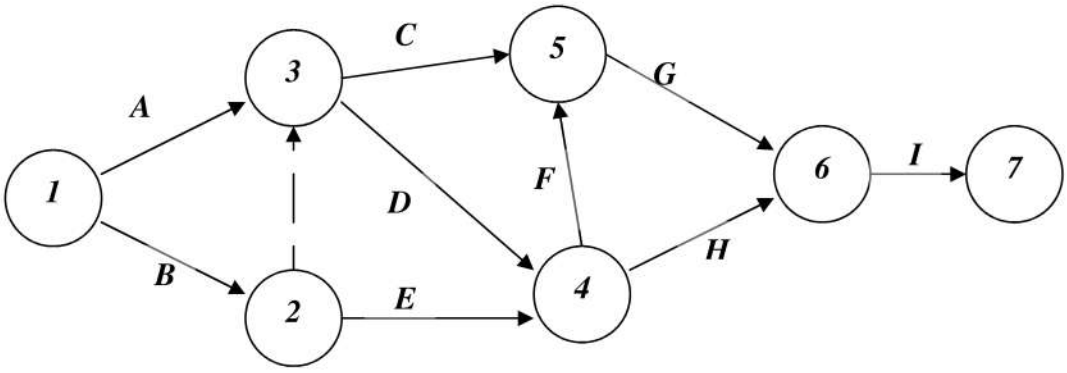
الحل

a)



b)





مثال 2 إرسم المخطط الشبكي للمشروع التالي

الأنشطة A, B, C هي أنشطة بدائية للمشروع وتبدأ بشكل آني

النشاطان A, B يسبقان النشاط D

النشاط B يسبق الأنشطة E, F, H

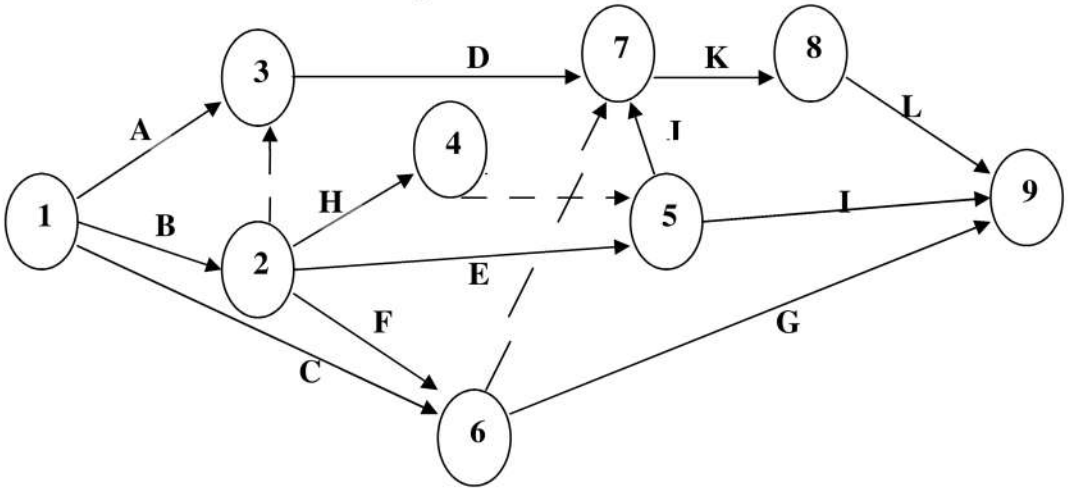
النشاطان C, F يسبقان النشاط G

النشاطان E, H يسبقان النشاطان I, J

الأنشطة C, D, F, J تسبق النشاط K

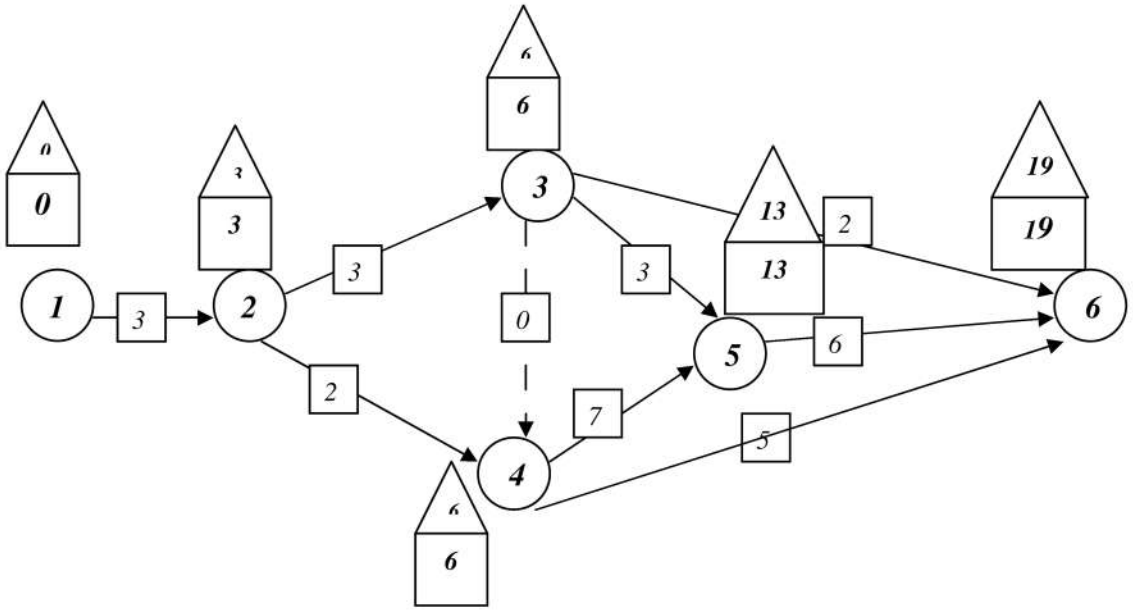
النشاط K يسبق النشاط L

الأنشطة G, I, L أنشطة نهائية للمشروع



مثال 3 الجدول الآتي يمثل متطلبات تصنيع سلعة معينة بتسعة أنشطة ، أوجد المسار الحرج لتصنيع هذه السلعة

activity	*1-2*	*2-3*	*2-4*	*3-4*	*3-5*	*3-6*	*4-5*	*4-6*	*5-6*
D_{ij}	*3*	*3*	*2*	*0*	*3*	*2*	*7*	*5*	*6*



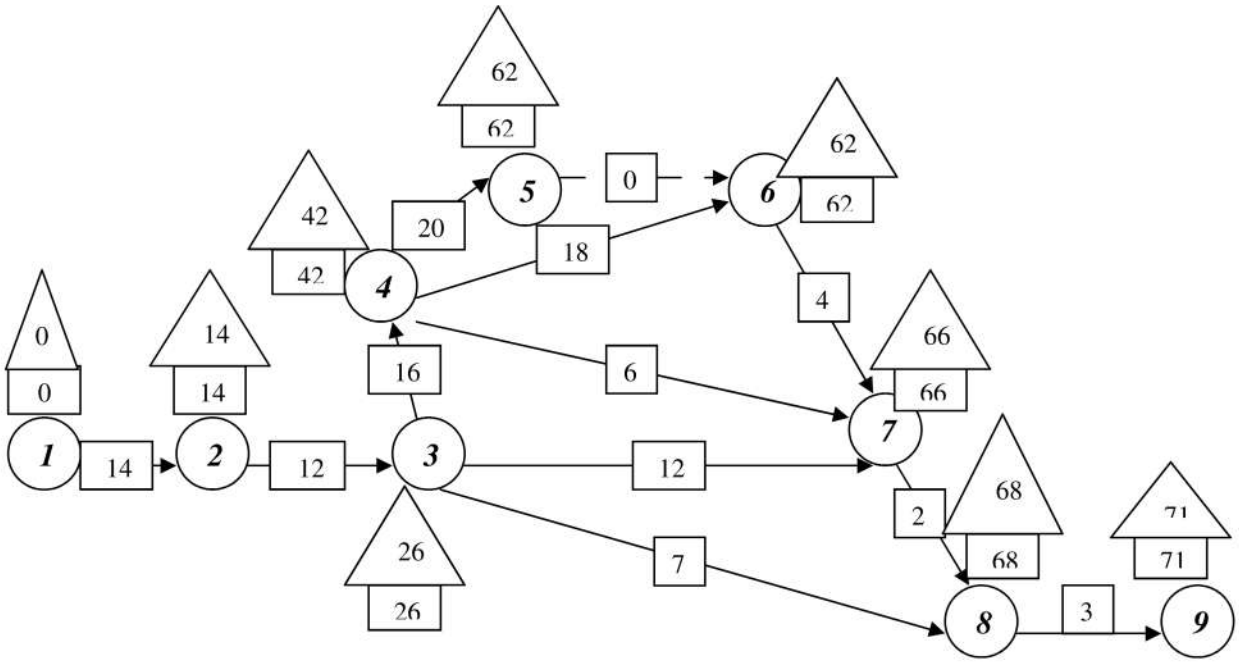
Forward pass	*Backward pass*
$ES_1 = 0$	$LC_6 = 19$
$ES_2 = 0 + 3 = 3$	$LC_5 = 19 - 6 = 13$
$ES_3 = 3 + 3 = 6$	$LC_4 = min. \{ 13-7, 19-5 \} = 6$
$ES_4 = max. \{ 3+2, 6+0 \} = 6$	$LC_3 = min. \{ 6-0, 13-3, 19-2 \} = 6$
$ES_5 = max. \{ 6+3, 6+7 \} = 13$	$LC_2 = min. \{ 6-3, 6-2 \} = 3$
$ES_6 = max. \{ 6+2, 6+5, 13+6 \} = 19$	$LC_1 = 3 - 3 = 0$

لذا فالمسار الحرج لتصنيع السلعة هو : *1-2-3-4-5-6* بالأنشطة الحرجة :

(1,2) , (2,3) , (3,4) , (4,5) , (5,6) والزمن الحرج *Critical time* هو *19* .

مثال-4 : أوجد المسار الحرج للمشروع التالي :

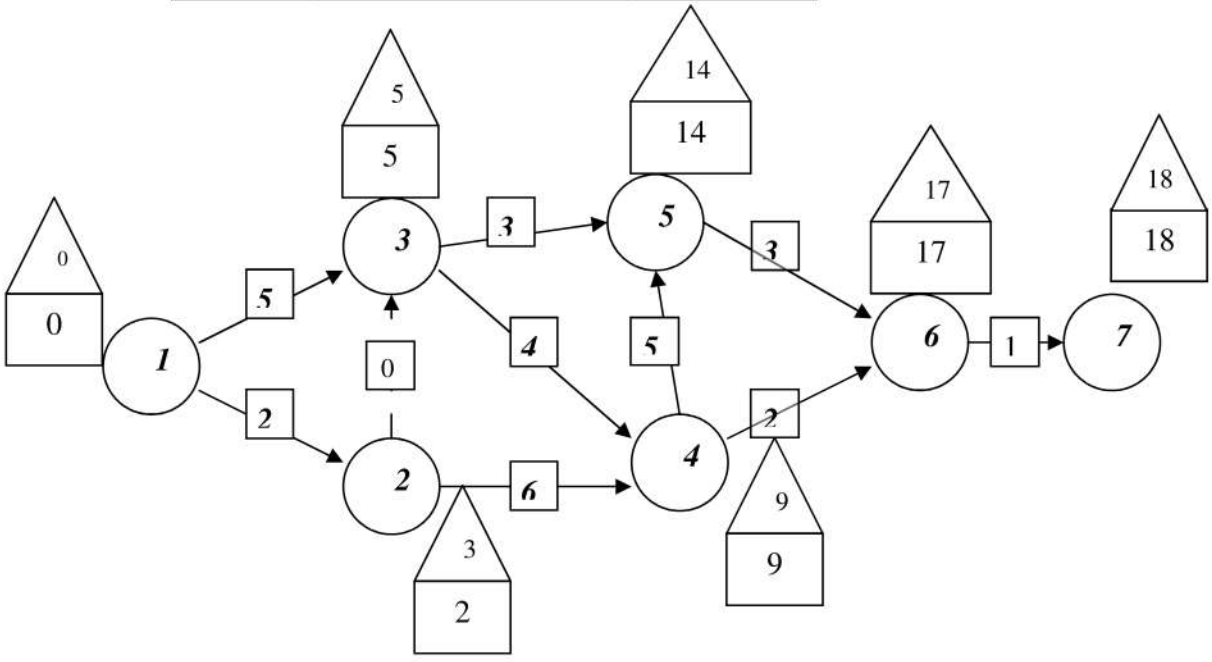
activity	*Preceding activity*	*Duration*
A	---	*14*
B	*A*	*12*
C	*B*	*16*
D	*B*	*7*
E	*B*	*12*
F	*C*	*20*
G	*C*	*18*
H	*C*	*6*
I	*F , G*	*4*
J	*E , H , I*	*2*
K	*D , J*	*3*



لذا فالمسار الحرج يتمثل بالأنشطة $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow I \rightarrow J \rightarrow K$ **والزمن الحرج هو 71**

مثال 5 **أوجد المسار الحرج للمشروع التالي**

activity	*Preceding activity*	*Duration*
A	**---**	***5***
B	**---**	***2***
C	***A , B***	***3***
D	***A , B***	***4***
E	***B***	***6***
F	***D , E***	***5***
G	***C , F***	***3***
H	***D , E***	***2***
I	***G , H***	***1***



لذا فالمسار الحرج يتمثل بالأنشطة : A, D, F, G, I والزمن الحرج $C.T.=18$.

6-2- إسلوب تقييم ومراجعة البرامج *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* :

يعتبر إسلوب *PERT* من الأساليب الإدارية الحديثة للسيطرة على مراحل التصنيع ويستمد أهميته في الحياة العملية لكونه يشخص الأنشطة الحرجة التي يستدعي بالضرورة الإهتمام بها وملاحظتها أكثر من غيرها والعناية بتوفير كافة المستلزمات والإحتياجات الضرورية لأجل تنفيذها في الوقت المحدد. إضافةً لذلك فإن حساب الزمن الفائض بين الأنشطة يساعد على توجيه ونقل الموارد المالية والبشرية الفائضة من بين الأنشطة غير الحرجة إلى الأنشطة الحرجة ، وفي هذه الحالة تتهيء افضل الطرق لتقليص الوقت وتخفيض تكاليف العمل . في هذا الإسلوب تدرس ثلاثة أنواع من الأزمنة وهي :

- الزمن المتفائل *Optimistic time (a)* والذي يعتبر إن التنفيذ سيتم بشكل جيد جداً .
- الزمن المتشائم *Pestimistic time (b)* والذي يعتبر إن التنفيذ سيتم بشكل رديء جداً .
- الزمن المحتمل *Most likely time (m)* والذي يعتبر إن التنفيذ سيتم بشكل طبيعي .

أما الوقت المتوقع $(\overline{D})$ *Expected time* للنشاط (i, j) فيحسب من العلاقة :

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

أما التباين *Variance (V)* لكل نشاط فيحسب من العلاقة :

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

وبالتالي فإن إحتمال تنفيذ المشروع في الوقت المحدد سيكون :

$$Pr\left(Z \le \frac{ST_i - CT_i}{\sqrt{V(\mu_i)}} \right)$$

إذ إن ST_i يمثل الوقت المحدد لإنجاز المشروع .

CT_i يمثل الزمن الحرج للمشروع .

$V(\mu)$ يمثل مجموع تباين الأنشطة الحرجة للمشروع .

ويمكن إيجاد قيمة الإحتمال اعلاه من جدول التوزيع الطبيعي .

مع ملاحظة إن الإنحراف المعياري هو الجذر التربيعي للتباين .

مثال-6 : البيانات التالية توضح أزمنة تنفيذ كل نشاط من أنشطة إحدى المشاريع الصناعية.المطلوب :

حساب إحتمال تنفيذ المشروع خلال *20* شهراً .