الوحدة: شبكات الأعمال
(تحليل المخططات الشبكات)
Network Models

I. تمهيد:

الهدف من دراسة الشبكات هو إعطاء فكرة حول تقنية التخطيط والمراقبة والجدولة والرقابة للمشاريع والنشاطات التي تقوم بها المؤسسات، بالإضافة إلى توضيح الطرق المستعملة في رسم الشبكات التي تحتوي على النشاطات والوظائف المختلفة للمشاريع التي عادة تكون كبيرة ومعقدة.

وبالنسبة للمفهوم الاقتصادي لشبكات الأعمال هو كيفية استخدام الموارد المحددة لتحقيق أهداف المؤسسة، ويقصد هذا الأسلوب إلى تخطيط وجدولة ورقابة الإنتاج في المؤسسات على مختلف أنشطتها.

ويعود الفضل في استخدام هذا الأسلوب إلى "هنري جانت" "Henry Gantt" عام 1917.

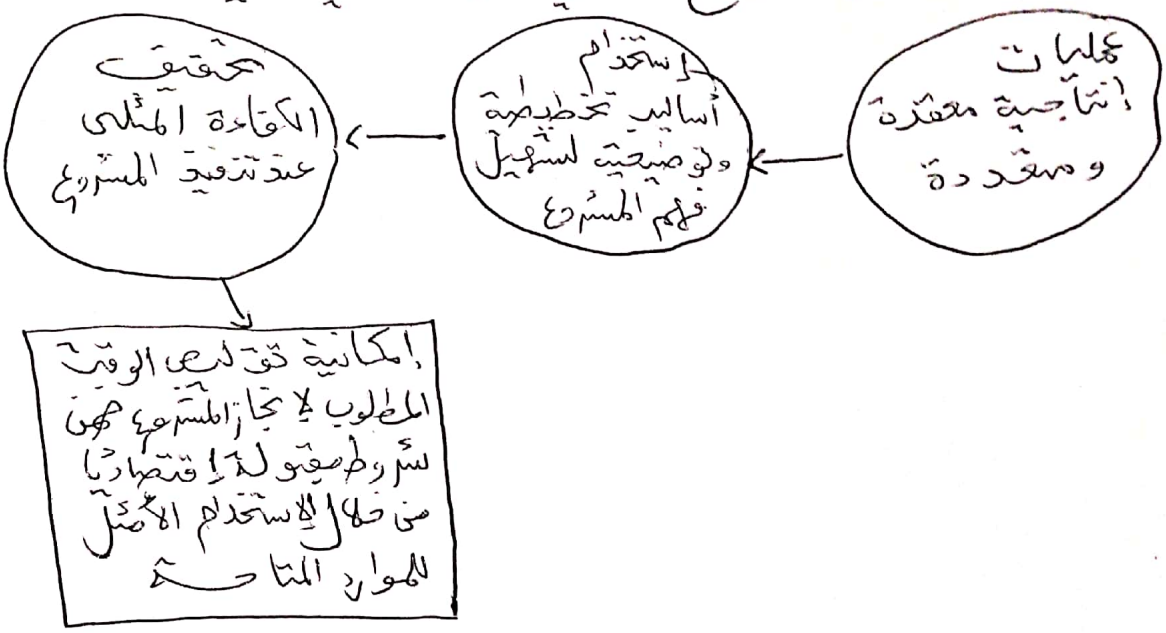
وتهدف الشبكات عموما إلى تجزئة العملية الإنتاجية إلى مجموعة من الأنشطة المترابطة، وكم يستغرق النشاط من وقت وموارد لإنجازه، ووصف كل نشاط لتوضيح التتابع المنطقي له في العمل، فضلا عن تحديد أوقات الابتداء والانتهاء من تنفيذ كل مرحلة من مراحل المشروع.

وبالتالي على المسير أن يجد الطريقة التي تساعده للإجابة على الأسئلة التالية؟

- ما هو الزمن الكلي لإنجاز المشروع.
- ما هو زمن البداية وزمن النهاية لكل نشاط.
- ما هو النشاط الحرج الذي يجب أن ينتهي كما هو مبرمج للحفاظ على الإنجاز المشروع ككل.
- هو زمن تأخر النشاطات غير الحرجة الذي لا يؤثر على إنهاء المشروع في الوقت المخطط له.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وسنقوم فيما يلي بتوضيح أهمية الشبكات في تحقيق الكفاءة المثلى:



ومن بين أساليب التحليل الكمي المفضلة التي تساعد المدراء في التخطيط والبرمجة والمتابعة والرقابة على المشاريع كبيرة الحجم والمعقدة نجد طريقتين هما:

- طريقة المسار الحرج (CPM) (Critical Path Method)
- طريقة مراجعة وتقييم المشروع (PERT) (Program Evaluation and Review technique)

وبالتالي تساعد تحليلات شبكات الأعمال بالإستعانة بطريقتي (CPM) و (PERT) على جدولة وتخطيط المشاريع بأقل تكلفة وأقل زمن ممكن في ظل الإستخدام الأمثل للموارد المتاحة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

II مراحل جدولة المشروع:-

يمكن تقسيم مراحل جدولة المشروع إلى ثلاثة مراحل وهي:

1. مرحلة التخطيط

وتشمل هذه المرحلة تحديد الأنشطة التي يتكون منها المشروع، وتحديد العلاقة بينها، كما تشمل تحديد الزمن اللازم لانجاز كل نشاط.

2. مرحلة الجدولة:

ويتم في هذه المرحلة تحديد وقت ابتداء وانتهاء كل نشاط، وتحديد المسار الحرج الذي يحتوي على الأنشطة التي تحتاج إلى عناية خاصة لأنها تؤثر على زمن انتهاء المشروع، وكذا تحديد الزمن المرن للأنشطة غير الحرجة والتي تقع خارج المسار

3- مرحلة الرقابة والسيطرة:

وتتبع المرحلتين الأوليتين، وتتضمن إعداد تقارير دورية عن تقدم المشروع، وتحديد بذلك العوامل والمؤثرات في المشروع، ليتسنى اتخاذ القرارات المناسبة بناءا على التقرير.

III مفاهيم حول مصطلحات التخطيط الشبكي: (تعاريف أساسية)

1- النشاط: هو وظيفة أو عمل يحتاج زمن وموارد لانجازه ويمثل على الشبكة بـ:

بداية النشاط ← نهاية النشاط

حول السهم واتجاهه ليس له علاقة بحجم النشاط.

2- الحدث:

هو فاصلة أو نقطة من الزمن توضح بداية ونهاية النشاط، ويمثل على الشبكة بـ:

3- النشاط الوهمي: هو نشاط الذي لا يستهلك زمن أو موارد أو تكاليف أو غيرها، ويستعمل للمساعدة في تمثيل النشاطات مع الأحداث التي لها نفس حدث البداية ونفس حدث النهاية،

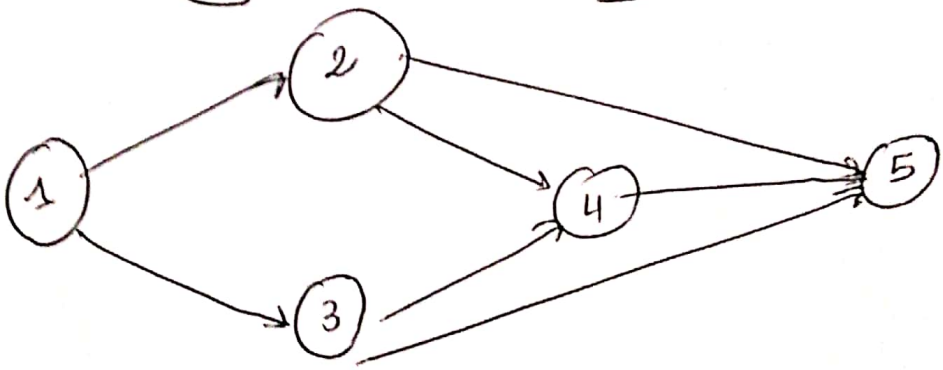
Dummy ------>

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

4- المسار: Path:
هو سلسلة من الأنشطة المتتابعة

5- شبكة الأعمال:
هي مجموعة من النشاطات والأحداث المتتابعة وتسلسلة منطقيا للمشروع والممثلة في شكل بياني، وتسمى أيضا بالمخطط السهمي

مثال: الشكل: الشبكة الأعمال



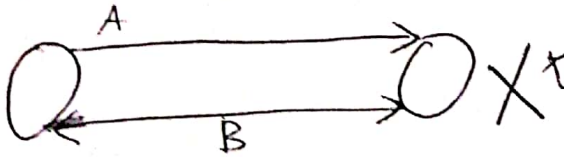
IV- قواعد رسم الشبكة (لكيفية بناء شبكة الأعمال):

يجزء المشروع إلى مجموعة من الأنشطة، ثم تحدد حدثي البداية والنهاية، ثم يتم تحديد الأنشطة التي تسبق الأنشطة الأخرى وترتيبها ترتيب منطقي، ولكن نرسم الشبكة يجب الأخذ بعين الاعتبار النقاط التالية:

1- كل نشاط داخل الشبكة يمثل بسهم واحد فقط، وهذا يعني أنه لا يظهر نشاط مرتين في الشبكة.

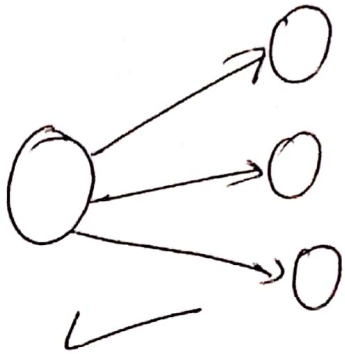
2- يجب تجنب عدم تكرار رقم الحدث أكثر من مرة في الشبكة.

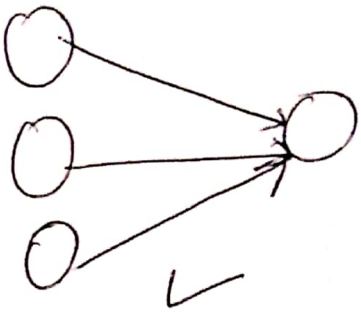
3- لا يمكن لنشاطين أن يعرفا بنفس حدث البداية ونفس حدث النهاية.
أي لا يجوز رسم الحالة التالية:



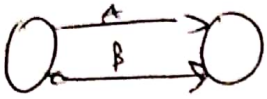
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

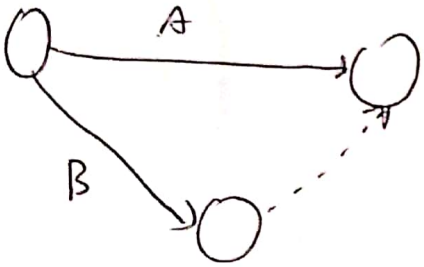
لا يمكن أن يكون لنشاطين أو أكثر نفس حدث البداية فقط أو نفس حدث النهاية فقط مثل



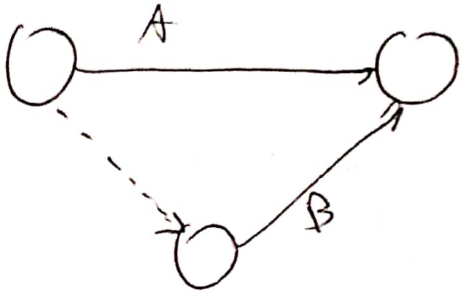


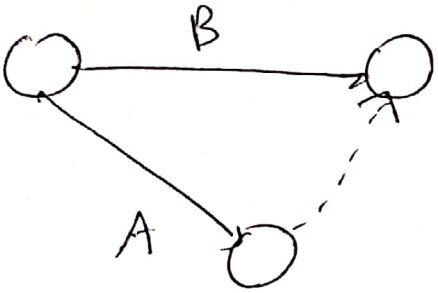
أما في حالة وجود نشاطين أو أكثر لهما نفس حدث البداية و نفس حدث النهاية نشخصيت ~~حالتهما~~ بالنشاط الوهمي (Dummy) ولتفادي التداخل في الأنشطة. فيكون التمثيل الصحيح لهذه الحالة كما يلي:



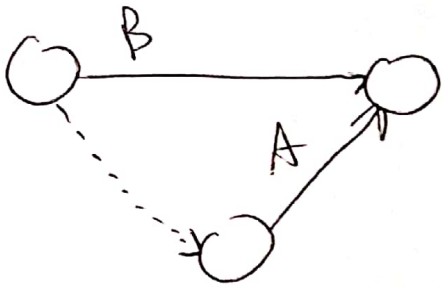


أو



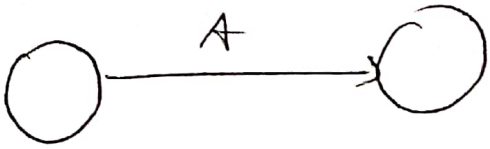


أو



وهذا حسب الموقع الذي يمكن أن يكون فيه النشاط الوهمي.

4- كل نشاط يجب أن يبدأ بحدث بداية ~~وينتهي~~ وينتهي بحدث نهاية



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

5- يهدف التأكد من التتابع المنطقي وصحتها في الشبكة، يجب الإجابة على الأسئلة الآتية عند إضافة أي نشاط:

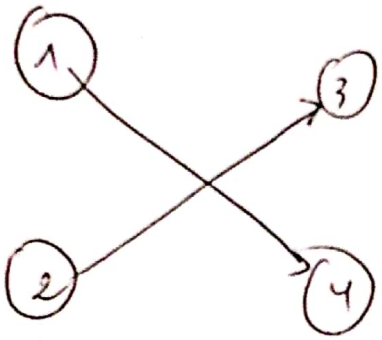
أ. ما هي الأنشطة التي يجب أن تنتهي حالاً قبل بداية هذا النشاط؟

ب. ما هي الأنشطة التي تتبع هذا النشاط (تأتي بعده)؟

ج- ما هي الأنشطة التي تنطلق مع هذا النشاط، ويمكن أن يكون لها نفس الحدث؟

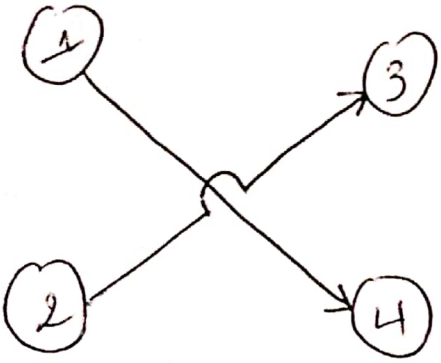
6. عدم استخدام النشاط الوهمي إلا في حالة الضرورة.

7. تجنب تقاطع الأسهم داخل الشبكة.



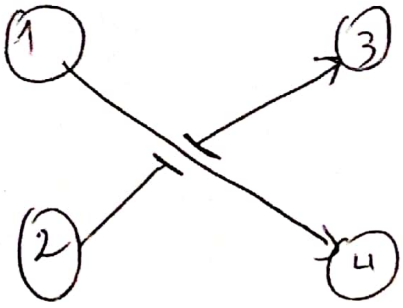
خطأ ✗

ويمكن معالجة ذلك باستخدام رسم الأنابيب



صحيح ✓

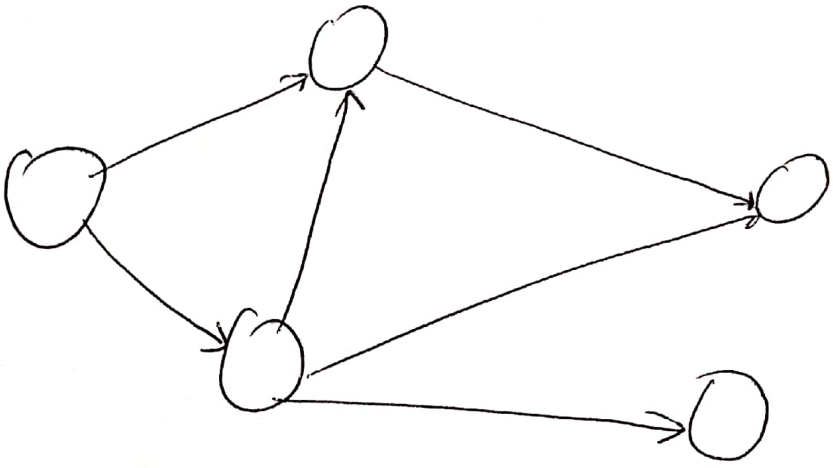
او باستخدام رسم تقاطع الأنشطة:



صحيح ✓

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

8- الشبكة يجب أن يكون لها حدث بداية واحد وحدث نهاية واحد، أي لا يكون لنشاط ما حدث نهاية غير حدث نهاية الشبكة.



خطأ X

~~9- لا يبدأ أي نشاط حتى يكون هناك حدث~~

9- لا ينتهي الحدث حتى تنتهي جميع الأنشطة الموجهة له.

10- الرجوع في الشبكة غير مسموح به، أي يجب أن تكون متجهة دائما إلى الأمام وتكون موجهة من اليسار إلى اليمين.

11- طول أو قصر السهم X يعني طول أو قصر الزمن.

12- ليس بالضرورة رسم السهم عرضيا أو مائلا لكن يجب أن يكون موجها من اليسار إلى اليمين.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

في الحقيقة الشبكات تنقسم إلى ثلاثة أنواع :

1) شبكة الأعمال التقليدية : ← وجود وقت محدد ومؤكد لزمن إنجاز كل نشاط ← CPM

2) شبكة الأعمال الإحتمالية : ← وتستخدم في حالة عدم التأكد حيث توجد تقديرات مختلفة (متفائلة - متشائمة - الأكثر إحتمالاً) لزمن إنجاز كل نشاط ← PERT

3) شبكة أدنى وقت وأدنى تكلفة : تساعد في المفاضلة بين الإسراع في زمن إنجاز المشروع والزيادة في التكلفة ← مقارنة بين بدائل مختلفة من توافق الوقت والتكلفة ← إنجاز المشروع ~~بأقل تكلفة~~ في أدنى وقت وبأقل تكلفة.

مثال توضيحي :

ترغب الجامعة في توسعة التخصصات التي تدرسها، فقررت فتح تخصص الإقتصاد، وتحقيقاً لذلك قررت إدارة الجامعة في إقامة كلية للإقتصاد بها العديد من التخصصات، والجدول التالي يوضح الوقت اللازم لكل نشاط من الأنشطة التي يجب القيام بها :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

النشاط	التوصيف	الوقت
1	الحصول على تصريح من وزارة التعليم العالي	8 أسابيع
2	تحديد موقع المشروع	10
3	اعداد المبنى	15
4	توفير العمالة الإدارية	7
5	توفير أعضاء هيئة التدريس	10
6	قبول الطلاب	12
7	اعداد المقررات الدراسية	6
8	بدء الدراسة	4
		72

السؤال: ما هو الوقت اللازم لإنجاز هذا المشروع؟

الحل:

الزمن اللازم هو مجموع أزمنة الأنشطة المختلفة

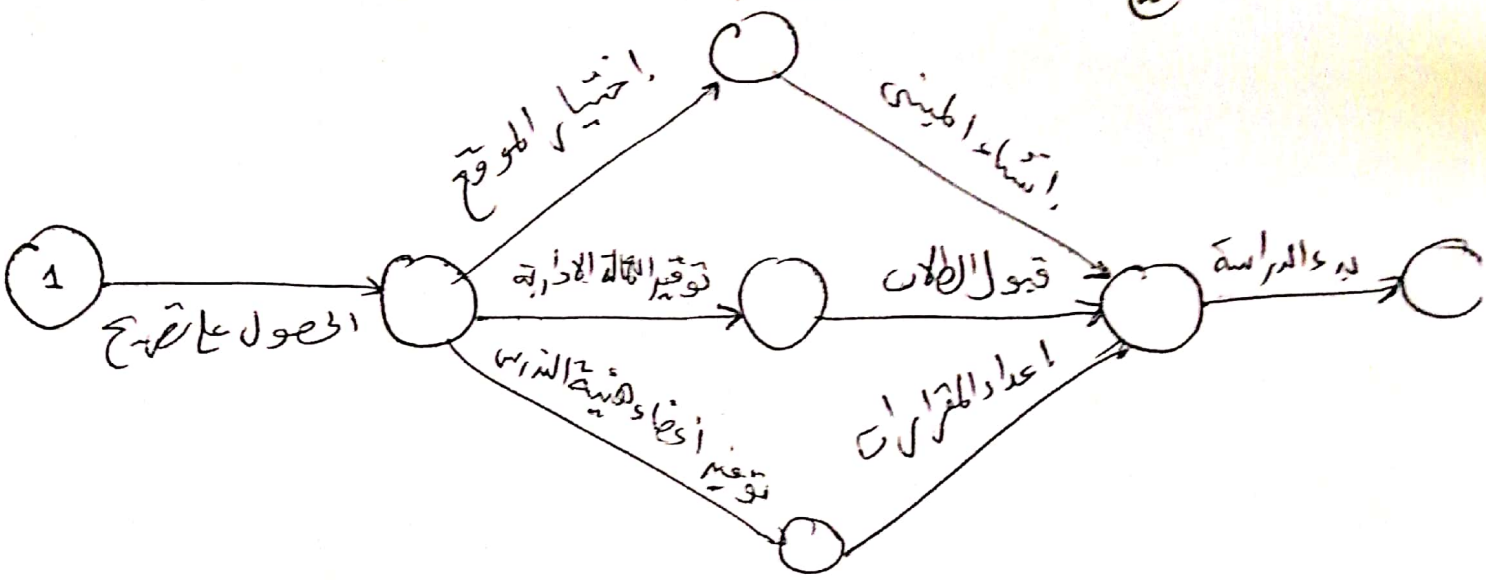
T = 8+10+15+7+10+12+6+4 = 72 أسبوع

ولكن هل يمكن إنجاز المشروع في وقت أقل من ذلك، وهذا يتوقف على طبيعة علاقات التتابع بين أنشطة المشروع.

ومن ملاحظة هذا المثال نلاحظ أن هناك أنشطة متتابعة أي لا يمكن البدء بنشاط قبل انتهاء الآخر، وهناك أنشطة متوازية أي يمكن القيام بها في نفس الوقت.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

و يمكن توضيح ذلك من خلال رسم الشبكة التالية



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال (1) :-

الأنشطة الآتية تمثل أنشطة مشروع معين ، المطلوب / رسم المخطط الشبكي لهذه الأنشطة مع الأخذ بعين الاعتبار العلاقات بين الأنشطة :

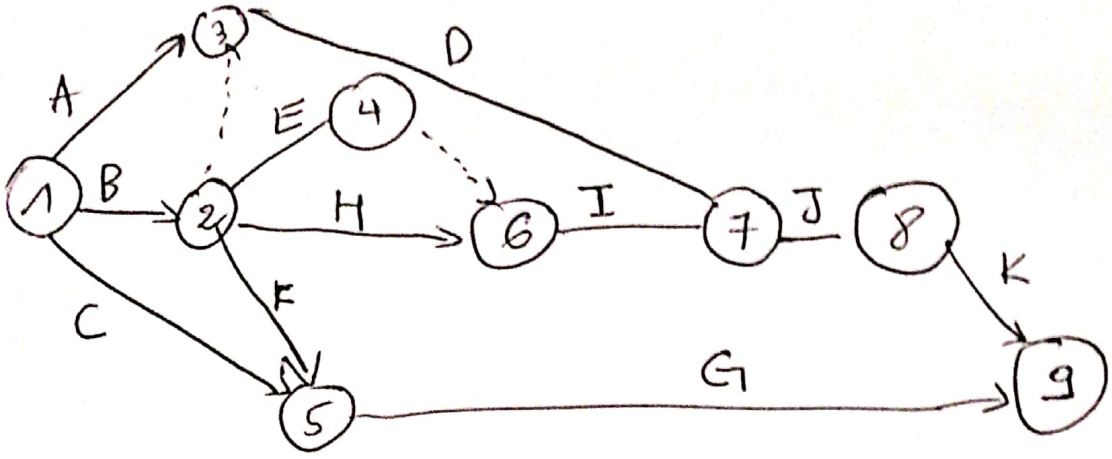
1. يبدأ المشروع بالأنشطة A ، B ، C .
2. النشاطان A و B يسبقان النشاط D .
3. النشاط B يسبق الأنشطة E ، F ، H .
4. النشاطان F ، C يسبقان النشاط G .
5. النشاطان H ، E يسبقان النشاط I .
6. النشاطان I ، D يسبقان النشاط J .
7. النشاط J يسبق النشاط K .
8. ينتهي المشروع بنهاية الأنشطة G ، K .

الحل :

نقل البيانات برسم المخطط الشبكي ، نحول العلاقات السابقة إلى جدول بالشكل التالي :

النشاط	النشاط السابق
A	—
B	—
C	—
D	A . B
E	B
F	B
G	C . F
H	B
I	E . H
J	D . I
K	J

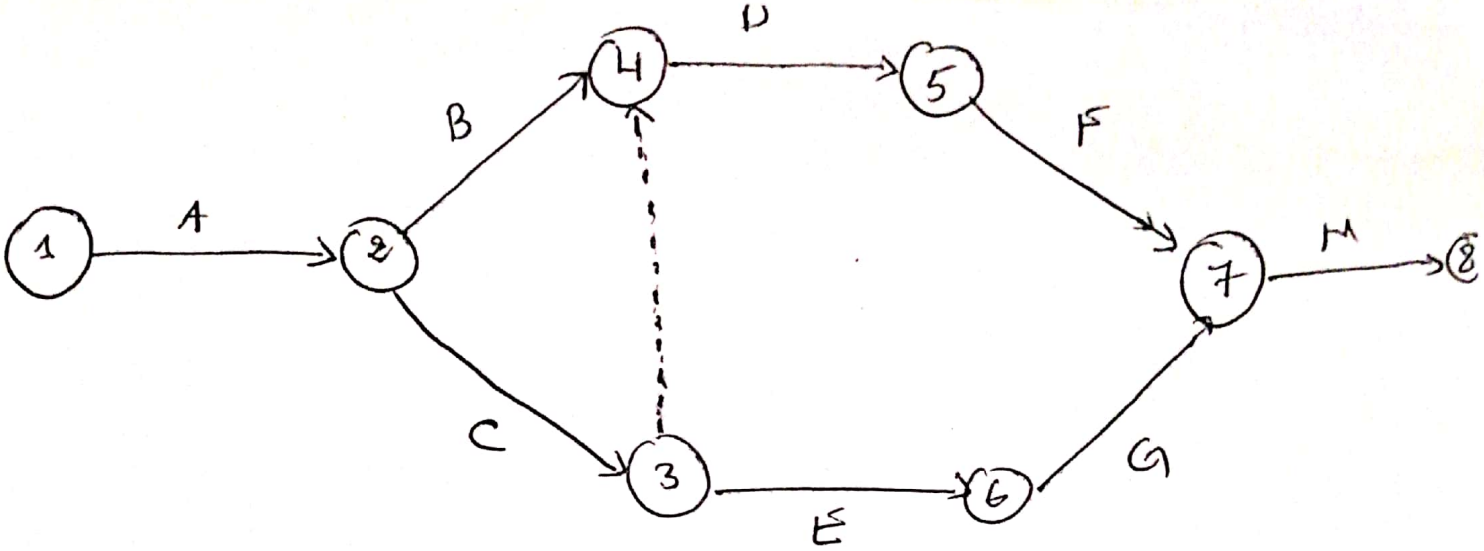
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



مثال (02) : مشروع لانجاز أجهزة الكومبيوتر يتطلب القيام بالنشاطات الآتية.

النشاط	الوصف	الزمن اللازم بالأشهر	الفعالية السابقة
A	دراسة الجدوى الاقتصادية	4	-
B	وضع التصاميم الهندسية و الأشكال الظاهرية	3	A
C	شراء الماكينات	4	A
D	توفير الأيدي العاملة	8	B, C
E	تنظيم خطوط الانتاج	4	C
F	تدريب الفنيين	6	D
G	توفير المستلزمات الثانوية للانتاج	3	E
H	الانتاج التجريبي والاستلام	7	G, F

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



V- طرق حل الشبكات:

وكما أشرنا سابقا ومن أجل أن نقوم بتخطيط وجدولة ورقابة المشروع وإمكانية تنفيذه بأقل تكلفة ممكنة في ظل الموارد المتاحة، والأهم التحكم في زمن إنتهاء المشروع نستعين بإحدى الطريقتين التاليتين وهما:

1- طريقة المسار الحرج: (CPM)

يعرف المسار الحرج على أنه مجموعة النشاطات ذات العلاقات المتعاقبة فيما بينها وتشكل السلسلة الحرجة الوظائف التي تكون في مجملها المشروع الكلي.

ويشير هذا المفهوم إلى هناك بعض الأنشطة تحتاج زمن أطول من الأنشطة الأخرى في نفس الشبكة، وبالتالي زمن إنتهاء المشروع يكون مرتبط بزمن النشاطات الأكثر زمناً.

ونجدر الإشارة إلى أن الأنشطة الحرجة لا يوجد فيها زمن فائض أي أن الزمن الفائض فيها يساوي صفر، وأن أي تأخير فيها يؤدي إلى تأخير المشروع.

وبالتالي فإن المسار الحرج هو أطول مسار وقتا في شبكة الأعمال.

أ- طريقة تحديد المسار الحرج: (CPM)

وتتضمن حسابات المسار الحرج تطبيق نوعين هي الحسابات الأمامية والحسابات الخلفية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

* الحسابات الأمامية:

Earliest Start time (ES) وتسمى لحساب وقت الإبتداء المبكر

وهو حساب يبدأ من بداية الشبكة (الحدث 01) إلى الحدث الأخير في نهاية الشبكة، ويمثل الوقت الذي يمكن أن يبدأ عنده نشاط ما بصورة مبكرة.

والصيغة العامة لوقت الإبتداء المبكر للحدث j هي:

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

حيث أن

ES_i = هو حدث البداية للنشاط (i,j) حيث $i < j$

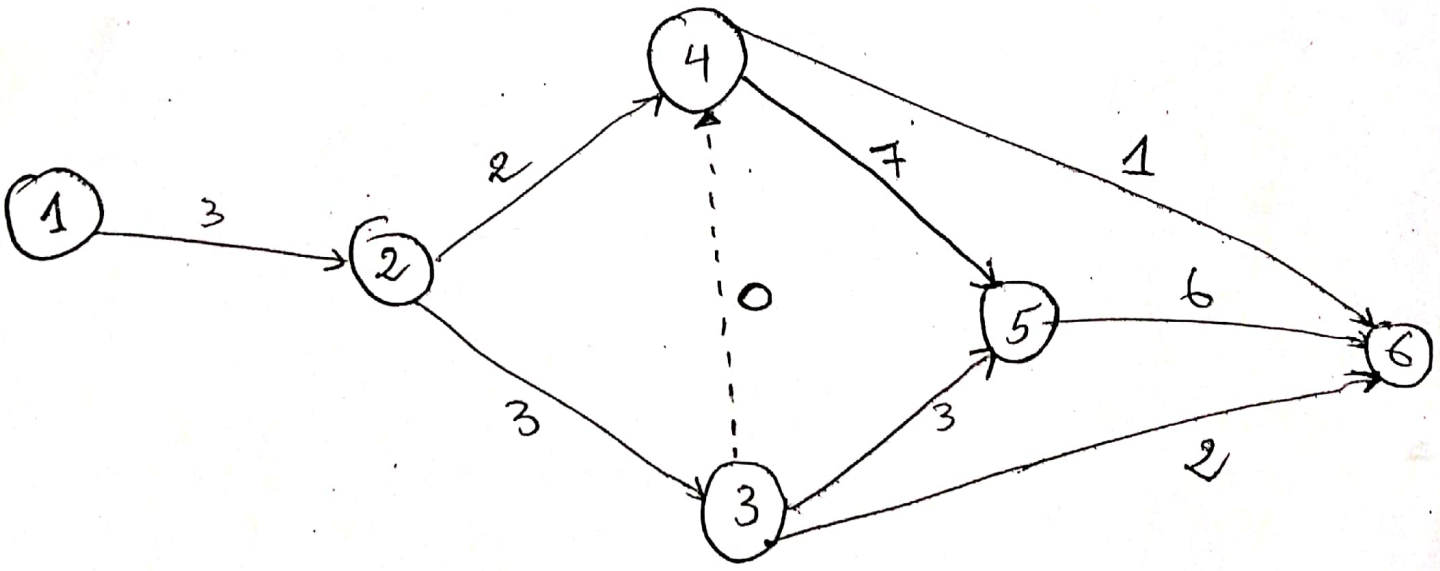
ES_j = " " النهاية للنشاط (i,j)

D_{ij} ، هو الوقت اللازم لتنفيذ النشاط (i,j)

ونوضح هذه الأرقام في □ عند الحدث j

مع العلم أن $ES_1 = 0$ لأن بداية المشروع لا تستغرق أي زمن

مثال: أحسب وقت الإبتداء المبكر لشبكة الأعمال التالية:



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$ES_1 = 0$

$ES_2 = ES_1 + D_{12} = 0 + 3 = 3$

$ES_3 = ES_2 + D_{23} = 3 + 3 = 6$

$ES_4 = Max(ES_2 + D_{24}, ES_3 + D_{34})$

$= Max(3+2, 6+0) = Max(5, 6) = 6$

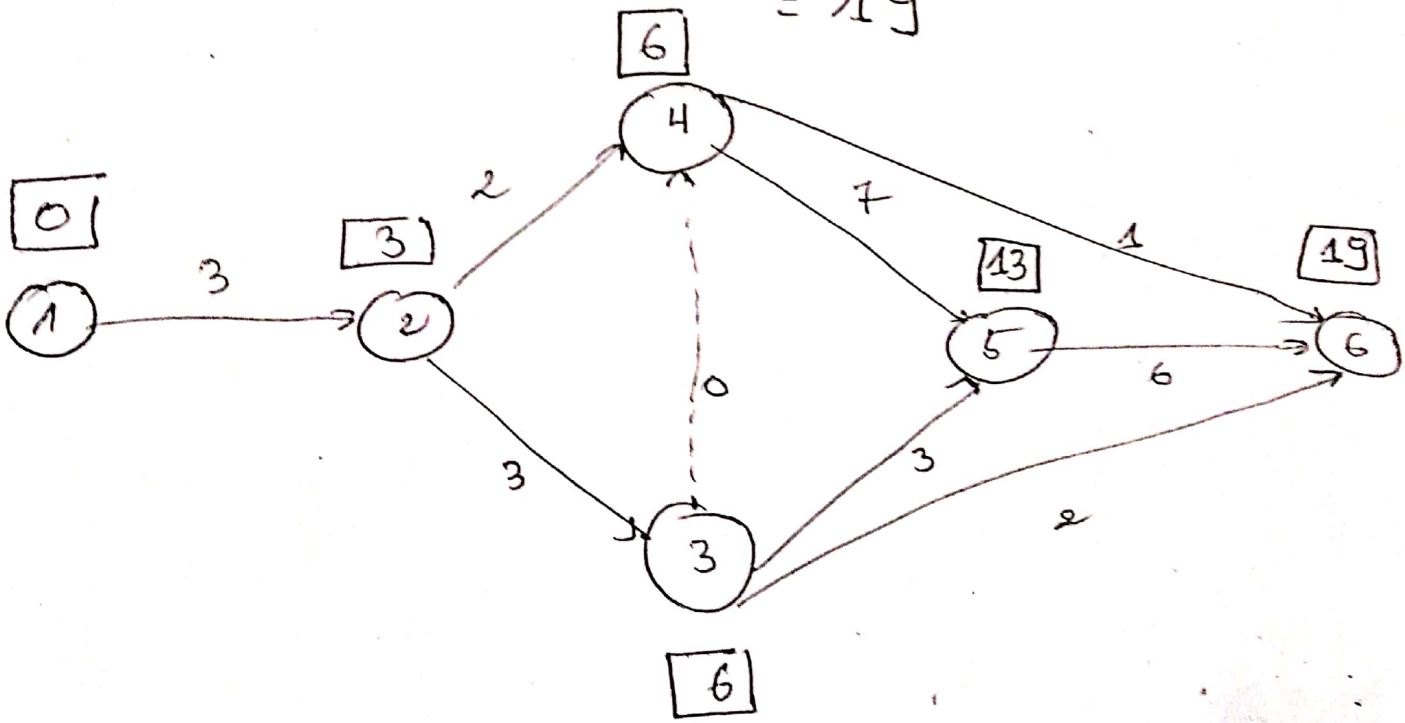
$ES_5 = Max(ES_4 + D_{45}, ES_3 + D_{35}) =$

$= Max(6+7, 6+3) = Max(13, 9) = 13$

$ES_6 = Max(ES_4 + D_{46}, ES_5 + D_{56}, ES_3 + D_{36})$

$= Max(6+1, 13+6, 6+8) = Max(7, 19, 8)$

$= 19$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

* الحسابات الخلفية:

Latest Completion time (LC) المتأخر - الإنجاز وتسمى بحساب وقت الإنجاز المتأخر وهو حساب الوقت بالإتجاه الخلفي لكافة الأنشطة المؤدية إلى الحدث، حيث يبدأ من نهاية الشبكة ويستمر بإتجاه خلفي حتى يصل إلى بداية الشبكة الحدث (1).

وبإختصار هو آخر وقت يمكن أن ينتهي عنده نشاط ما دون أن يؤدي ذلك إلى تأخير في وقت إنجاز المشروع ويحسب لكل حدث ت وفق الصيغة التالية:

$$LC_i = Min_j [LC_j - D_{ij}]$$

LC_i = هو وقت الإنجاز المتأخر للحدث ت للنشاط (أ ت)

LC_j = " " " " ل للنشاط (أ ت)

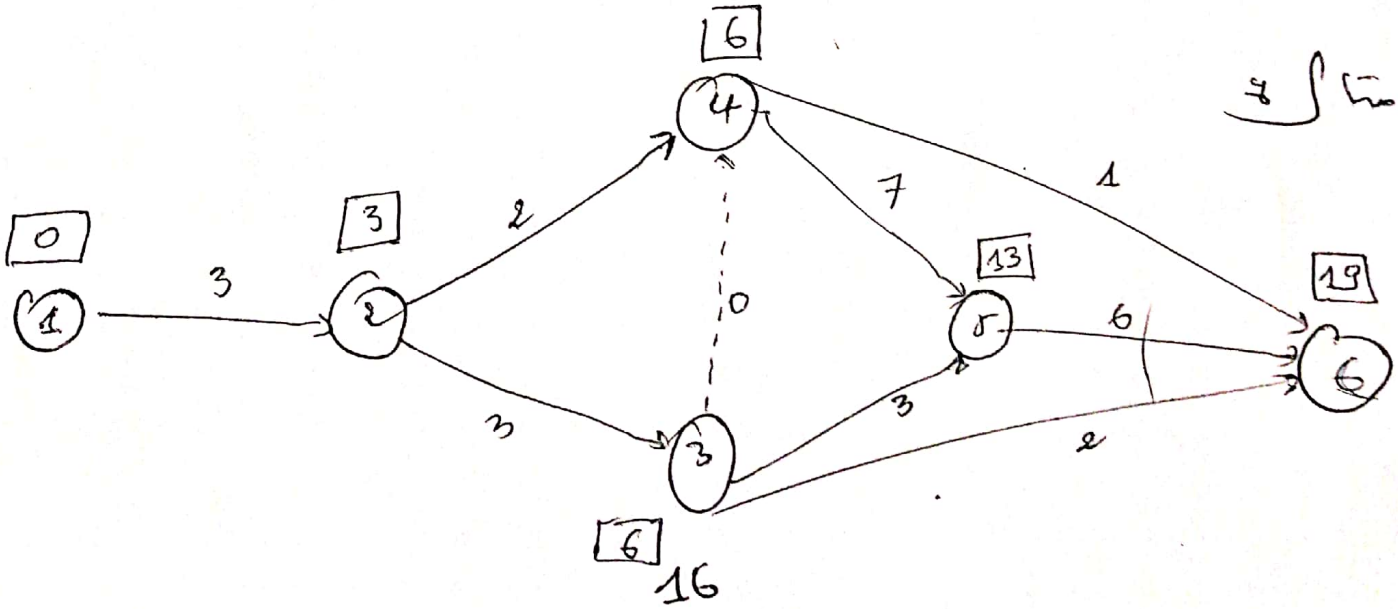
D_{ij} = الوقت اللازم لتنفيذ النشاط (أ ت)

وتوضع هذه الأرقام في △ عند الحدث ت.

مع العلم أنه إذا كان لدينا عدد الأحداث e فإن

$$LC_e = ES_e$$

مثال:



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$LC_6 = ES_6 = 19$

$LC_5 = Min(LC_6 - D_{56}] = Min[19 - 6] = 13$

$LC_4 = Min[LC_5 - D_{45}, LC_6 - D_{46}]$

$= Min[13-7, 19-1]$

$= Min[6, 18] = 6$

$LC_3 = Min[LC_4 - D_{34}, LC_5 - D_{35}, LC_6 - D_{36}]$

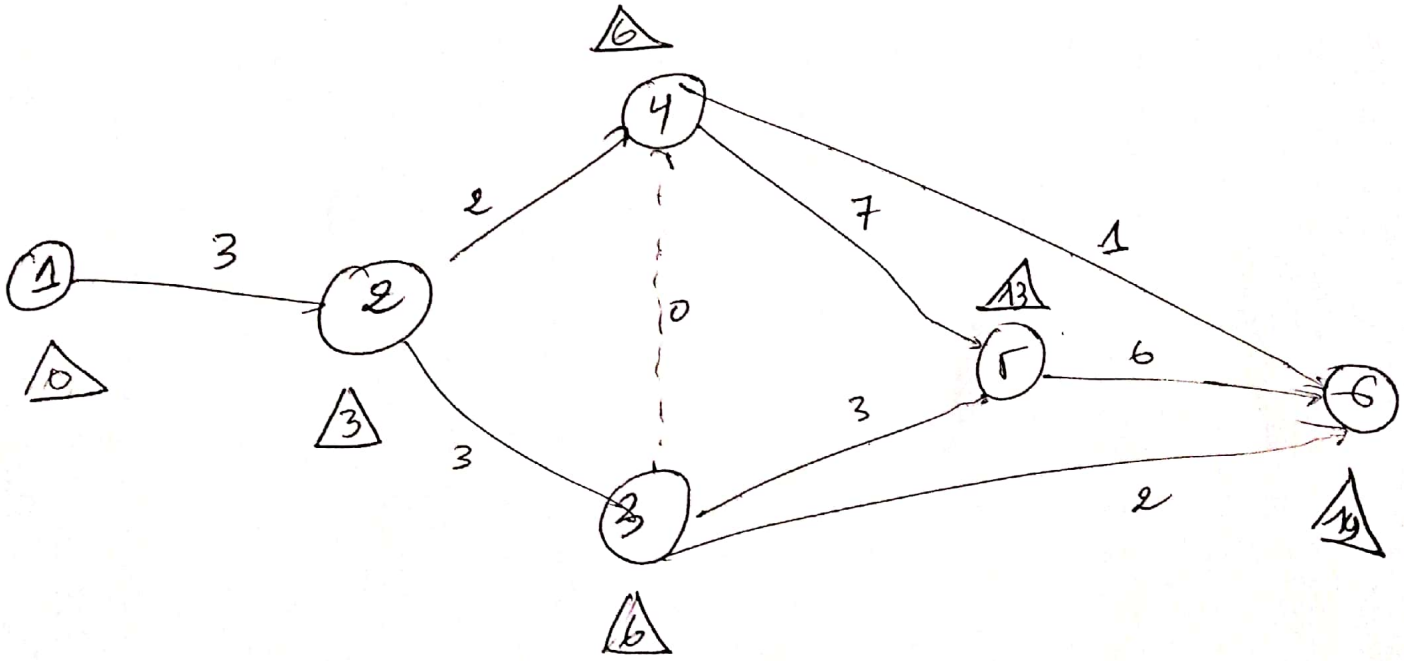
$= Min[6-0, 13-3, 19-2]$

$= Min[6, 10, 17] = 6$

$LC_2 = Min[LC_4 - D_{24}, LC_3 - D_{23}]$

$= Min[6-2, 6-3] = Min[4, 3] = 3$

$LC_1 = LC_2 - D_{12} = 3 - 3 = 0$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

● تحديد المسار الحرج :-

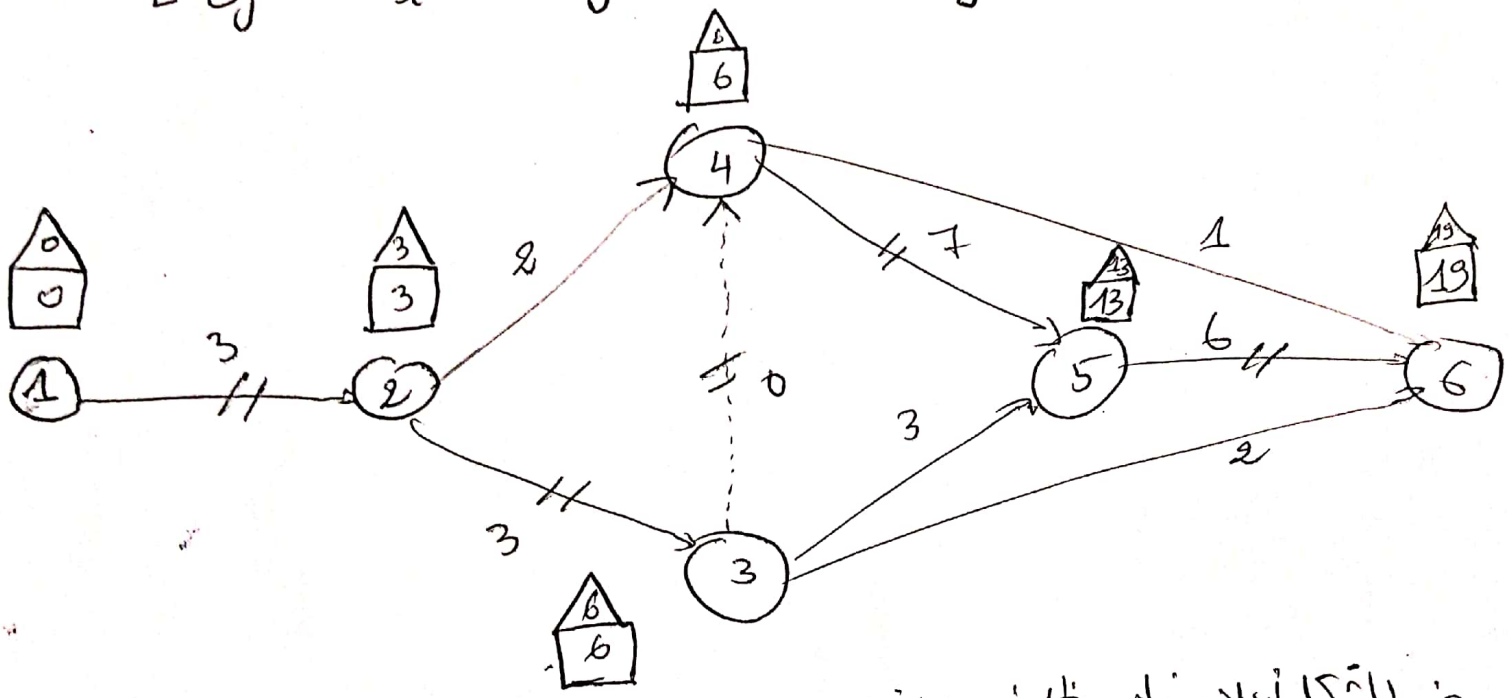
وبالتالي تحديد المسار الحرج يمر بمرحلتين وهي تحديد وقت الابتداء المبكر، وتحديد زمن الانتهاء المتأخر.

وبالتالي فإن النشاط (i - j) يقع على المسار الحرج اذا تحققت الشروط الثلاثة التالية :-

$$ES_i = LC_i$$

$$ES_j = LC_j$$

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



من الشكل أعلاه نلاحظ أن النشاطات

(1,2) و (2,3) و (3,4) و (4,5) و (5,6)

هي نشاطات حرجة تشكل المسار الحرج، وهو الأكثر وقت لانجاز المشروع

أما النشاطات

(2,4) و (3,5) و (3,6) و (4,6)

فهي نشاطات غير حرجة، وهي تحقق الشرطين الأول والثاني ولا تحقق الشرط الثالث.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ب. تحديد الوقت الفائض:-

يمكن تحديد المسار الحرج من خلال حساب الوقت الفائض، بحيث يكون النشاط حرجًا عندما يكون الوقت الفائض لهذا النشاط مساوي للصفر.

وقبل تحديد الوقت الفائض يجب أن نتعرف على نوعين من الأزمنة

• وقت الابتداء المتأخر (LS) (Latest start time)

وهو آخر وقت يمكن أن يبدأ فيه النشاط (i,j) بدون أن يتأخر المشروع. ويحسب بالقانون التالي

$$LS_{ij} = LC_j - D_{ij}$$

• وقت الإنجاز المبكر (EC) (Earliest Completion time)

وهو وقت انتهاء النشاط (i,j) التي بدأت في وقت الابتداء المبكر لها.

ويحسب كما يلي

$$EC_{ij} = ES_i + D_{ij}$$

وهناك نوعان من الوقت الفائض هما:

• الوقت الفائض الحر (المرونة الحرة) (FF) (free float)

ويعرف الوقت الفائض الحر للنشاط (i,j) هو مقدار التجاوز بين الوقت المتاح ($ES_j - ES_i$) والوقت اللازم لتنفيذ ذلك النشاط D_{ij}

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

• الوقت الفائض الكلي (المرونة الكلية) (TF) (Total float)

وهو الزمن الذي يمكن للنشاط أن يمتد بمقداره، وهو الفرق بين أكبر وقت متاح ($LC_j - ES_i$) والوقت اللازم لتنفيذ النشاط

$$TF_{ij} = LC_j - ES_i - D_{ij}$$

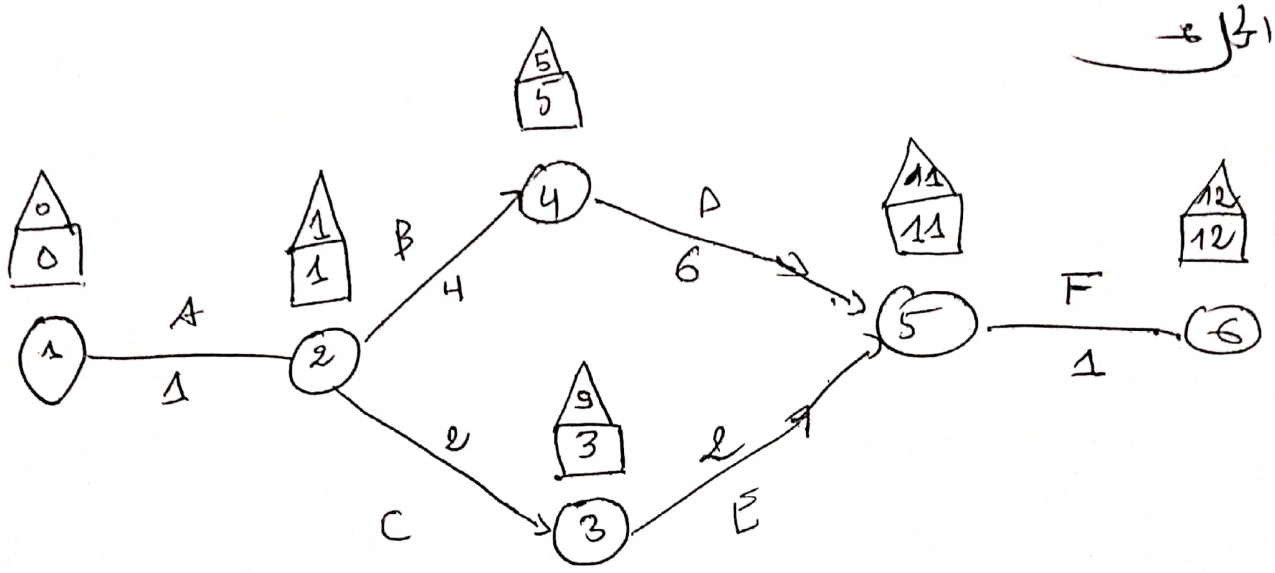
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال :

من البيانات الآتية أرسم شبكة الأعمال و أحسب الفائض الكلي و الفائض الحر للأنشطة.

النشاط	النشاط السابق	الزمن بالأسابيع
A	—	1
B	A	4
C	A	2
D	B	6
E	C	2
F	D, E	1

الحل :



• حساب وقت الإبتداء المبكر : (ES)

$ES_1 = 0$

$ES_2 = ES_1 + D_{12} = 0 + 1 = 1$

$ES_3 = ES_2 + D_{23} = 1 + 2 = 3$

$ES_4 = ES_2 + D_{24} = 1 + 4 = 5$

$ES_5 = \max_{34} \{ ES_3 + D_{35} ; ES_4 + D_{45} \} = (3+2 , 5+6) = (5, 11) = 11$

$ES_6 = ES_5 + D_{56} = 11 + 1 = 12$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

• حساب وقت الانجاز المتأخر LC

$LC_6 = ES_6 = 12$

$LC_5 = LC_6 - D_{56} = 12 - 1 = 11$

$LC_4 = LC_5 - D_{45} = 11 - 6 = 5$

$LC_3 = LC_5 - D_{35} = 11 - 2 = 9$

$LC_2 = Min_{24}(LC_3 - D_{23} ; LC_4 - D_{24}) = (9-2 ; 5-4) = (7 ; 1) = 1$

$LC_1 = LC_2 - D_{12} = 1 - 1 = 0$

□ مسير
△ مسار

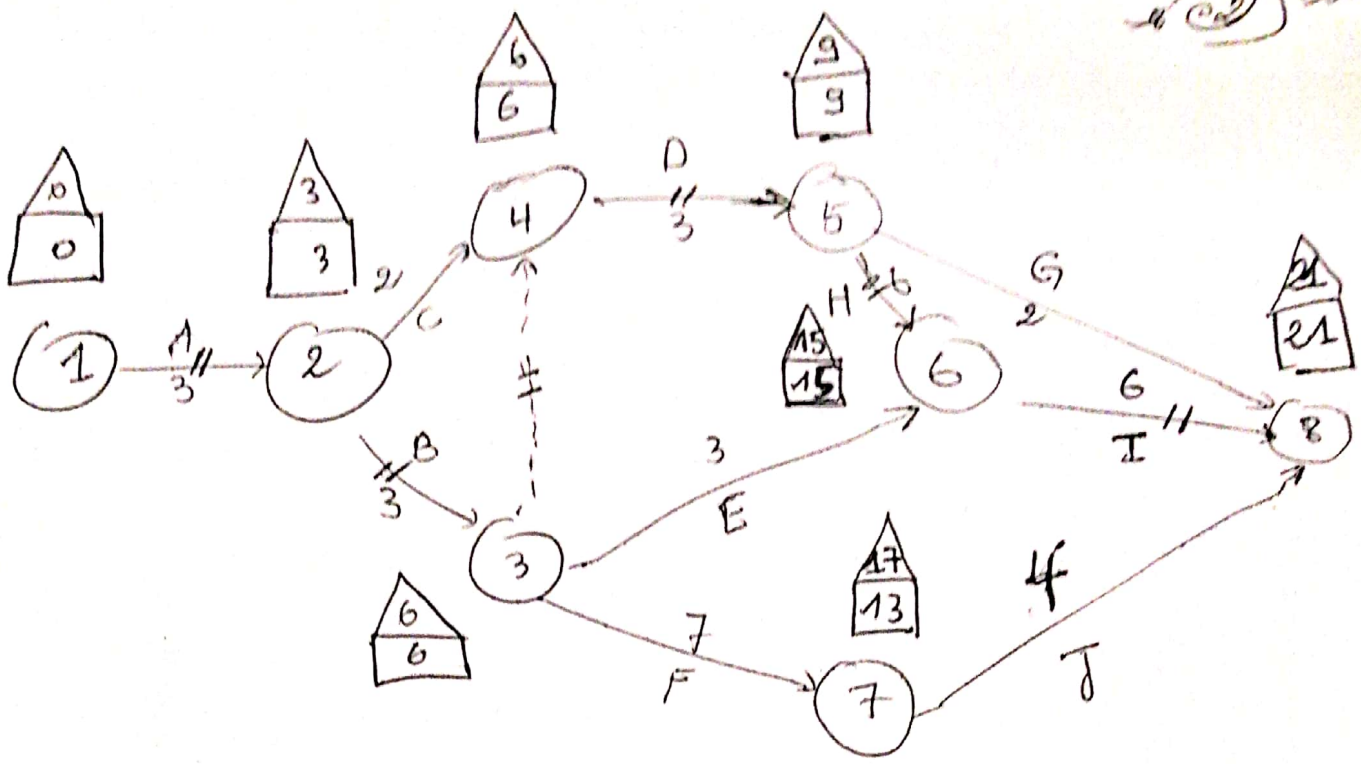
النشاط	المدة	D_{ij}	ES_i	LC_j	ES_j (المبكر)	FF_{ij}	TF_{ij}
A	1,2	1	0	1	1	0	0
B	2,4	4	1	5	5	0	0
C	2,3	2	1	9	3	0	6
D	4,5	6	5	11	11	0	0
E	3,5	2	3	11	11	6	6
F	5,6	1	11	12	12	0	0

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

$TF_{ij} = LC_j - ES_i - D_{ij}$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال (2)



من السيناريو التالي أوجد ما يلي:

1- المسار الحرج CPM.

2- المدونة الكلية TF.

3- المدونة الحرة FF.

الحل:

حساب البداية المبكرة لكل نشاط (ES_i):

$ES_1 = 0$

$ES_2 = ES_1 + D_{12} = 0 + 3 = 3$

$ES_3 = ES_2 + D_{23} = 3 + 3 = 6$

$ES_4 = \underset{2,3}{Max}\left(ES_2 + D_{24}, ES_3 + D_{34}\right) = (3+2, 6+9) = (5, 15) = 6$

$ES_5 = ES_4 + D_{45} = 6 + 3 = 9$

$ES_6 = \underset{5,3}{Max}\left(ES_3 + D_{36}, ES_5 + D_{56}\right) = (6+3, 9+6) = (9, 15) = 15$

$ES_7 = ES_3 + D_{37} = 6 + 7 = 13$

$ES_8 = \underset{5,6,7}{Max}\left(ES_5 + D_{58}, ES_6 + D_{68}, ES_7 + D_{78}\right) = (9+2, 15+6, +13+4) = (11, 21, 17)$

$= 21$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

حساب الغاية المتأخرة (LC_j)

$LC_8 = 21$

$LC_7 = \text{Min}(LC_8 - D_{78}) = 21 - 4 = 17$

$LC_6 = \text{Min}(LC_8 - D_{68}) = 21 - 6 = 15$

$LC_5 = \underset{6,8}{\text{Min}}(LC_6 - D_{56}, LC_8 - D_{58}) = (15-6, 21-2) = (9, 19) = 9$

$LC_4 = \underset{5}{\text{Min}}(LC_5 - D_{45}) = 9 - 3 = 6.$

$LC_3 = \underset{4,6,7}{\text{Min}}(LC_4 - D_{34}, LC_6 - D_{36}, LC_7 - D_{37})$

$= (6-0, 15-3, 17-7) = (6, 12, 10) = 6$

$LC_2 = \underset{3,4}{\text{Min}}(LC_3 - D_{23}, LC_4 - D_{24}) = (6-3, 6-2) = (3, 4) = 3$

$LC_1 = LC_a - D_{12} = 3 - 3 = 0$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

النشاط	الأسبار	D_{ij}	ES_i	LC_j	ES_j	FA_j	TF_{ij}	
				(EC_i)				
A	1,2	3	0	3	3	0	0	حرجة
B	2,3	3	3	6	6	0	0	حرجة
C	2,4	2	3	6	5	0	1	
D	4,5	3	6	9	9	0	0	حرجة
E	3,6	3	6	15	9	0	6	
F	3,7	7	6	17	13	0	4	
H	5,6	6	9	15	15	0	0	حرجة
G	5,8	2	9	21	11	0	10	
I	6,8	6	15	21	21	0	0	حرجة
J	7,8	4	13	21	17	0	4	

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2- طريقة مراجعة وتقييم المشروع (PERT)

إذا كانت العمليات الإنتاجية للمشروع متكررة فانه يسهل عليها تحديد الزمن اللازم لتنفيذ كل نشاط، أما إذا كانت العمليات غير متكررة لم تحدث من قبل يتعذر الطريقة، ولا تتوفر معلومات سابقة يمكن الإعتماد عليها، لهذا نلجأ إلى استخدام اسلوب (PERT)، هذا الأسلوب يفترض لتنفيذ النشاط ثلاثة أزمنة متوقعة وهي كما يلي:

- الزمن التفاؤلي:

وهو أقل وقت يلزم لتنفيذ النشاط، وبالتالي افتراض أن كل شيء سيتم على أحسن ما يرام، ويرمز له بـ a_{ij}

- الزمن التشاؤمي:

وهو أطول وقت لازم لتنفيذ النشاط، بافتراض أن النشاط سيتعرضه كل العقبات المتوقع حدوثها مثل تعطل المكائن، عجز في الموارد، تأخر استلام المواد الأولية، وغيرها من الأشياء والمشاكل بصفة خاصة، ويرمز له بـ b_{ij}

- الزمن الأكثر إحتمالا:

وهو أكثر الأوقات شيوعا، ويمثل أحسن تقديرات الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ النشاط في ظل الظروف الطبيعية، مع الأخذ بالإعتبار جميع الإحتمالات المتوقعة أثناء التنفيذ، ويرمز له بالرمز m_{ij}

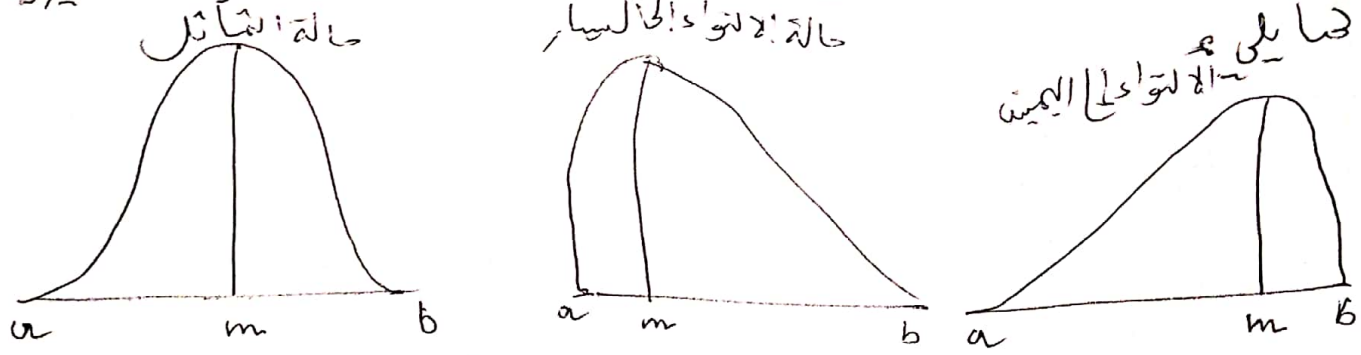
وبعد تحديد الأزمنة الثلاثة السابقة بإمكاننا تحديد الوقت الطبيعي (الزمن المتوقع) وهو متوسط الأزمنة الثلاثة السابقة بأوزان مختلفة، بحيث تعطى أربعة أوزان للزمن الأكثر إحتمالا (m)

ووزن واحد للزمن التفاؤلي (a)

ووزن واحد للزمن التشاؤمي (b).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

و بالتالي فإن الزمن الطبيعي (المتوقع) (t_{ij}) (M) وفقا لطريقة PERT على اعتباره التقديرية وفقا للتوزيع الاحتمالي Beta (بيتا) الذي تكون نقطة تجذبه الوحيدة عند النقطة التي تمثل متوسط التقديرات النظرية ونهاية التقديرين ط.ق كما يلي:



التوزيع الاحتمالي بيتا (Beta)

وبالتالي يكون الزمن الطبيعي (t_{ij}) (المتوقع (M)) كما يلي:

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

وتباينه

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

إن الوقت الطبيعي المتوقع في طريقة CPM وقت تنفيذ المشروع D_{ij} وبالتالي فإنه يمكن استخدام الوقت الطبيعي T_{ij} لتحديد المسار الحرج للأنشطة وذلك لحساب وقت البداية المبكرة والنهاية المتأخرة لتحديد الأنشطة الحرجة، كما في الطريقة السابقة.

مثال:

الجدول التالي يمثل أنشطة مشروع معين والأزمنة التقديرية اللازمة لتنفيذ كل نشاط، المطلوب: حساب الوقت الطبيعي (المتوقع) ورسم المخطط الشبكي وتحديد المسار الحرج

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

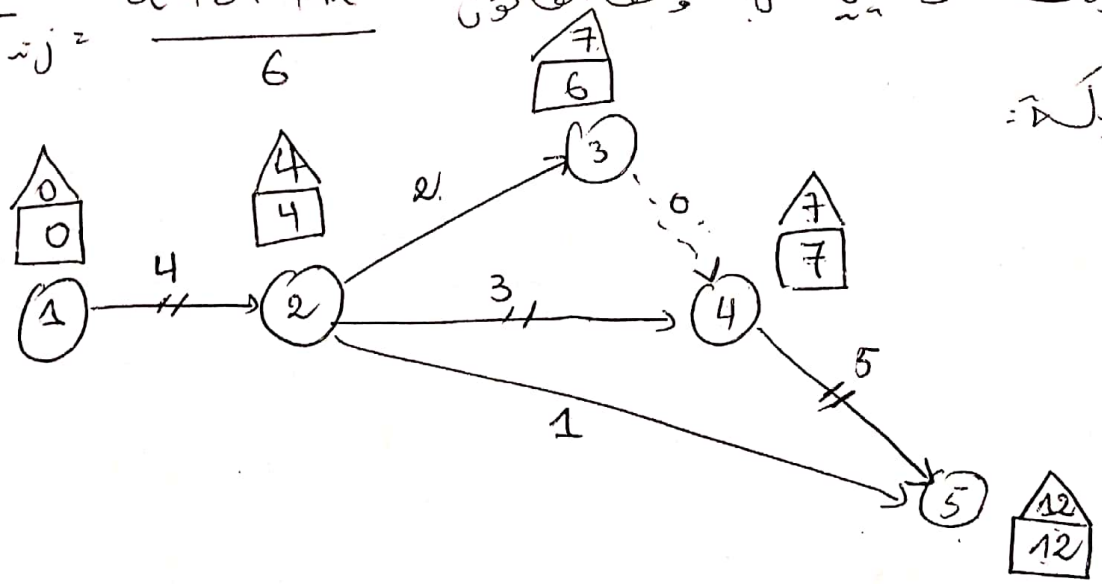
النشاط	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}	t_{ij}
1-2	2	3	10	4
2-3	1	1	7	2
2-4	2	3	4	3
2-5	1	1	1	1
3-4	0	0	0	0
4-5	3	4	11	5

الحل:

1- تحديد الوقت الطبيعي لكل وقت القانون

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

2- رسم الشبكة:



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بالنسبة للشبكات الإحتمالية لما سبق ذكره انه لا تتوفر معلومات دقيقة لمتخذ القرار لوضع زمن محدد لانجاز المشروع ، و بالتالي يحاول حل الغلب على هذا الموقف من خلال وضع تقديرات مختلفة لزمن الانجاز (تفاؤلي، تشاؤمي، الأكثر احتمال) للوصول إلى الزمن المتوقع لانجاز كل نشاط.

لكن المشكلة لا تقف عند هذا الحد، وذلك لانعدام توفر بيانات كاملة و دقيقة تعين على متخذ القرار أن يقدر مدى الانحراف بين زمن الانجاز الفعلي و الزمن المتوقع، في ضوء التقديرات التي قام بوضعها لزمن الانجاز.

و من أجل توضيح ذلك نورد المثال التالي:

مثال: هناك شركة تريد إتمام أحد مشروعاتها و ليس لدى الشركة معلومات دقيقة عن زمن الانجاز لكل نشاط فلجأ مدير المشروع إلى وضع ثلاث تقديرات لزمن الانجاز على النحو التالي:

النشاط	المسار	متقابل	الأكثر احتمالا	متشائم
أ	1-2	2	6	10
ب	1.3	1	3	5
ج	1.5	6	8	10
د	2.4	4	7	10
هـ	3.4	3	4	5
و	3.6	10	12	26
ع	4.7	10	16	34
ل	5.6	5	8	17
ط	6.7	7	9	17

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

1 - إيجاد الوقت المتوقع (t_{ij}) (M)

$$t_{12} = \frac{2 + 4(6) + 10}{6} = \frac{2 + 24 + 10}{6} = \frac{36}{6} = 6$$

$$t_{13} = \frac{1 + 3(4) + 5}{6} = \frac{1 + 12 + 5}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$t_{15} = \frac{6 + 8(4) + 10}{6} = \frac{6 + 32 + 10}{6} = \frac{48}{6} = 8$$

$$t_{2,4} = \frac{4 + 7(4) + 10}{6} = \frac{42}{6} = 7$$

$$t_{34} = \frac{3 + 4(4) + 5}{6} = \frac{3 + 16 + 5}{6} = \frac{24}{6} = 4$$

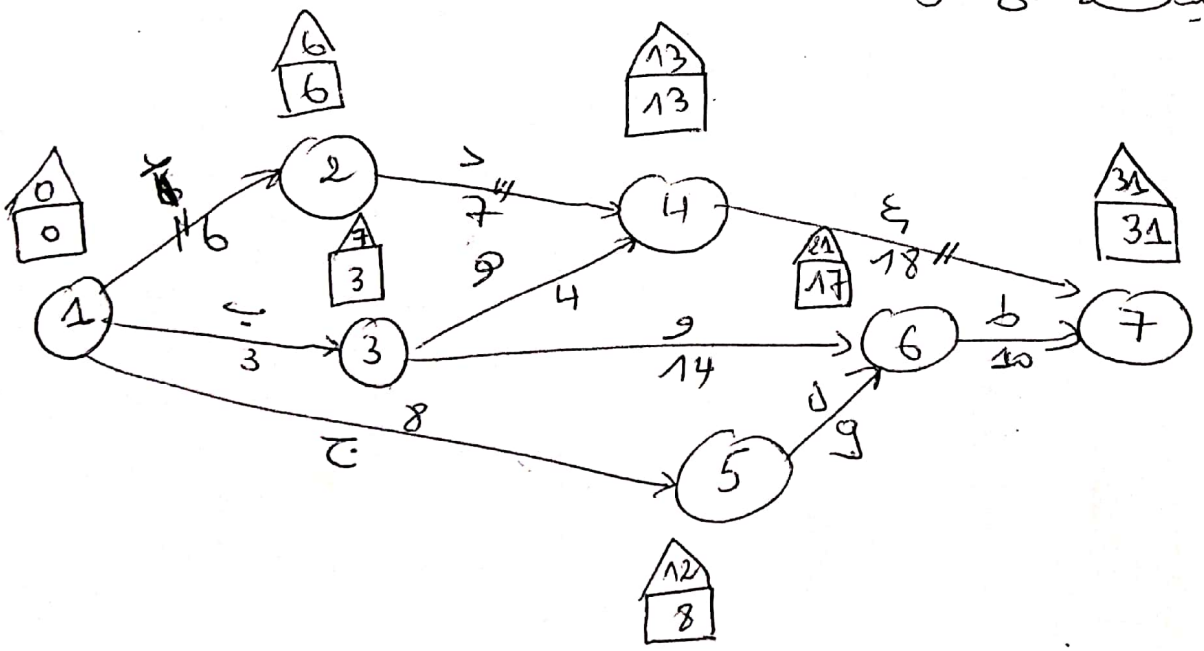
$$t_{36} = \frac{10 + 12(4) + 26}{6} = \frac{10 + 48 + 26}{6} = 14$$

$$t_{47} = \frac{10 + 16(4) + 34}{6} = \frac{10 + 64 + 34}{6} = 18$$

$$t_{56} = \frac{5 + 8(4) + 17}{6} = \frac{5 + 32 + 17}{6} = \frac{54}{6} = 9$$

$$t_{6,7} = \frac{7 + 9(4) + 17}{6} = \frac{7 + 36 + 17}{6} = \frac{60}{6} = 10$$

2 - رسم الشبكة على ضوء الوقت المتوقع



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

3. تحديد المسار الحرج : CPM

المسار الحرج هو A_1, A_2, A_4

$(1,2) \rightarrow (2,4) \rightarrow (4,7)$

المسار	المدة	$E(x)$	$Var(x)$
1	1-2	6	1,77
2	2,4	13	2,77
3	1,2-4,7	31	18,77

$$V_{12} = \left(\frac{10-2}{6}\right)^2 = \left(\frac{8}{6}\right)^2 = 1,77$$

$$V_{24} = \left(\frac{10-4}{6}\right)^2 = \left(\frac{6}{6}\right)^2 = 1$$

$$V_{4,7} = \left(\frac{34-10}{6}\right)^2 = \left(\frac{24}{6}\right)^2 = (4)^2 = 16$$

احتمال الانجاز في 35 أسبوع

$$Z = \frac{ST - E(x)}{\sqrt{Var(x)}} \Rightarrow Z = \frac{35-31}{\sqrt{18,77}} = \frac{4}{}$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner