Engineering Economy

طريقة المسار الحرج
CPM
Critical Path Method

Network Analysis techniques طرق التحليل الشبكي

أسلوب المسار الحرج Critical Path Method/ CPM

يمكن تعريف طريقة المسار الحرج بأنها مجموعة من الفعاليات المتعاقبة والتي تكون السلسلة الحرجة للأحداث (Events) و الأنشطة (Activities)و التي تشكل مجموع المشروع المراد إنجازه والوقت اللازم للإنجاز.

يهدف هذا الأسلوب إلى مراقبة تنفيذ مشروع ما والذي يتكون من عدة مراحل أو فعاليات.

يعتمد هذا الأسلوب على تحديد المسار الحرج والذي يعتبر أطول مسار في شبكة العمل مع ضرورة البدء بإنجاز الفعاليات التي تقع ضمن هذا المسار أولا بأول. إذ أن أي تأخير في إنجاز فعاليات هذا المسار يؤدي إلى تأخير في إنجاز فعاليات المشروع.

يطلق على الأنشطة التي تقع على المسار الحرج بالأنشطة الحرجة أو الحساسة. أما تلك التي تقع خارج نطاق المسار الحرج فيطلق عليها بالأنشطة غير الحرجة (غير الحساسة).

إن السمات الأساسية لهذا الأسلوب تتبلور في جانبين هما: شبكة العمل Networkحساب الوقت

Critical Path Method

فوائدها

- الحصول على تمثيل تخطيطي للمشروع.
- التنبؤ بالوقت اللازم لإنهاء المشروع.
- التمييز بين المهمات الحرجة والغير حرجة في المشروع، وبالتالي تحديد هامش المناورة الممكن بالنسبة لكل مهمة حيث يمكن نقل بعض الموارد من المهمات غير الحرجة وتركيزها على المهمات الحرجة مما يساهم بخفض زمن المشروع مع ثبات الكلفة.

Critical Path Method

تتلخص خطوات تطبيق طريقة المسار الحرج في:

1-معرفة كل الأنشطة التي يجمعها المشروع

في البداية يتم عمل قائمة بكل المهام (الأنشطة) التي يضمها المشروع غالباً بناءاً على بنية تقسيم العمل WBS

2-معرفة العلاقات بين هذه المهام

هناك مهام يمكن أن تنفذ على التوازي أو قد تعتمد علي انتهاء مهام أخرى (على التسلسل)، في هذه الخطوة يتم عمل قائمة بكل مهمة وعلاقاتها بالمهمات الأخرى.

3- رسم المهام علي المخطط الشبكي

بعد معرفة المهام وما يترتب عليها من مهام أخرى، يتم رسم المخطط الشبكي الخاص بالمشروع بحيث تكون الأنشطة مرسومة عند العقد (Activity on Node)

Critical Path Method

يتبع خطوات تطبيق طريقة المسار الحرج

4 – تقدير الزمن اللازم لإنهاء كل مهمة

يتم تقدير الزمن اللازم لإنهاء كل مهمة من واقع الخبرات السابقة بهذه المهام أو باستخدام الحساب المعتمد على كمية العمل والانتاجية.

5– تحديد المسار الحرج من المخطط الشبكي

و هو أطول مسار من حيث المدة الزمنية اللازمة لإنهائه، والذي يتسبب في تأخير المشروع كله إن حدث تأخير في أي نشاط فيه.

6 – تحديث المخطط الشبكي بشكل دوري أثناء تنفيذ المشروع

خلال تنفيذ المشروع، يتم تسجيل الوقت الحقيقي الذي استغرقه كل نشاط، وفي هذه الأثناء قد يظهر مسار حرج جديد أو تظهر أنشطة جديدة لم تكن في الحساب.

ما هو المسار الحرج ؟

يتم تمثيل كل الأنشطة في المشروع طبقا للعلاقات الموجودة بينها على المخطط الشبكي، الأنشطة تمثلها العقد (الدوائر) بينما تمثل الأسهم البداية أو النهاية الخاصة بكل نشاط،

النشاط الحرج هو النشاط الذي لو حدث به تأخير أثناء التنفيذ فإنه يؤدي إلي تأخير المشروع كله بنفس المقدار،

المسار الحرج هو المسار الذي يربط بين الأنشطة الحرجة وهو يبدأ من بداية المشروع وينتهي عند نهاية المشروع،

وهو أطول مسار من حيث المدة الزمنية في المخطط الشبكي .على هذا المسار لا يوجد أي هامش زمني للمناورة في تنفيذ أي مهمة بسبب عدم وجود فائض زمني في أي مهمة على هذا المسار

تحديد فترة المشروع

- دراسة سلسلة الأنشطة، ومدى أهميته وإمكانية تغيير أسلوب المشروع.
- دراسة أنشطة المسار الحرج ومدى إمكانية تقصير فتراتها.
- بحث إمكانية استخدام موارد إضافية لتقصير فترة الأنشطة الحرجة.
- بحث إمكانية تغيير الأداء المحدد لنشاط معين لتقصير المدة المقررة له.
- أخيراً، نعتبر مدة المشروع هي أقرب موعد لنهاية النشاط الأخير، أو نهاية المشروع.

كيفية تحديد أقرب موعد لبداية النشاط (ES) وأقرب موعد لنهاية النشاط (EF)

1) نبدأ من بداية المشروع ونتقدم أمام الشبكة.
2) نحدد أقرب موعد لبدء المشروع بحيث يكون مساوي للصفر.
3) نحسب أقرب موعد لنهاية كل نشاط من خلال إضافة المدة التي تستغرقها إلى أقرب موعد لبدايته.
4) بالنسبة لكل نشاط متسلسل لا يسبقه مباشرة إلا نشاط واحد، نحدد أقرب موعد لبدايته بحيث يكون مساوي لأقرب موعد لنهاية النشاط السابق .
5) نسجل أقرب موعد بداية، وأقرب موعد نهاية .
6) نكرر الخطوات من (3) إلى (5) حتى نصل إلى نهاية المشروع.
7) لا يمكن تحديد أقرب موعد لبداية نشاط إلا بعد تحديد أقرب موعد لنهاية جميع الأنشطة السابقة له.

حساب فترات السماح والأنشطة الحرجة

بالنسبة لكل نشاط يتطابق أقرب موعد لبدايته مع آخر موعد لبدايته، وأقرب موعد لنهايته وآخر موعد لنهايته، فإن فترة سماحه تساوي صفر.

وفيما عدا ذلك، فإن فترة السماح هي الفرق الزمني بين أقرب وآخر موعد لبداية كل نشاط، أو بين أقرب وآخر موعد لنهايته، أي:

$$ST = LS - ES$$

أو $ST = LF - EF$

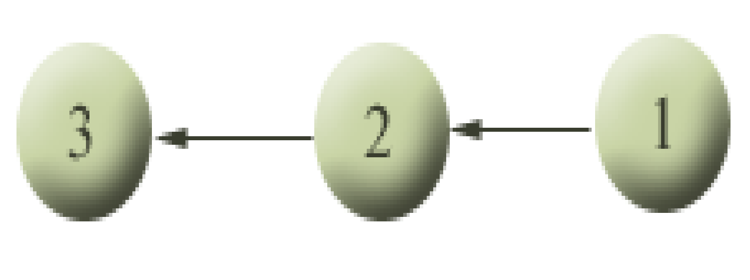
نراجع الحسابات الخاصة بكل نشاط بإضافة المدة التي يستغرقها، وفترة السماح الخاصة به إلى تاريخ اقرب موعد لبدايته .حيث يجب أن يساوي المجموع تاريخ آخر موعد لنهاية النشاط.

قواعد هامة في رسم الشبكة

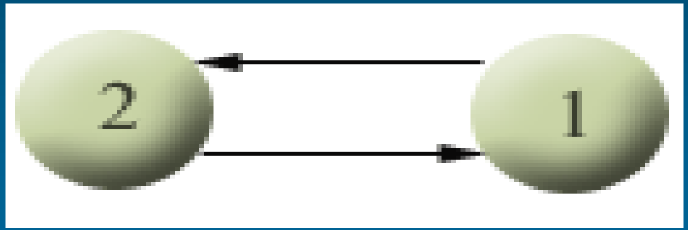
قواعد رسم شبكة الأعمال:

يبدأ المشروع عند نقطة بداية وينتهي عند نقطة نهاية ، تسمى النقطة الوهمية.(Milestone)

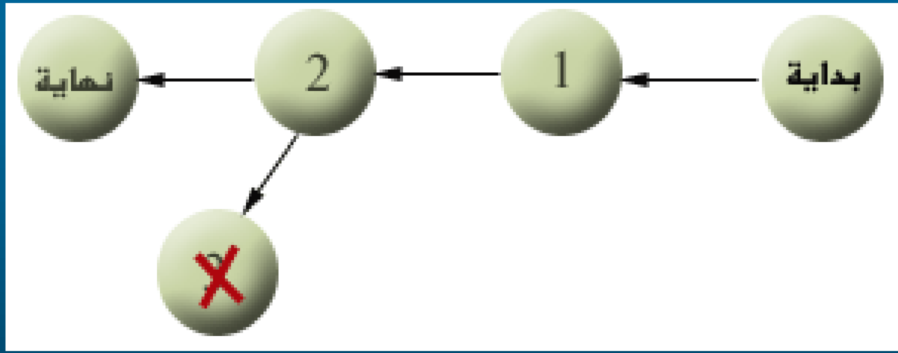
الترقيم يبدأ من بداية الشبكة إلى النهاية .



قواعد هامة في رسم الشبكة

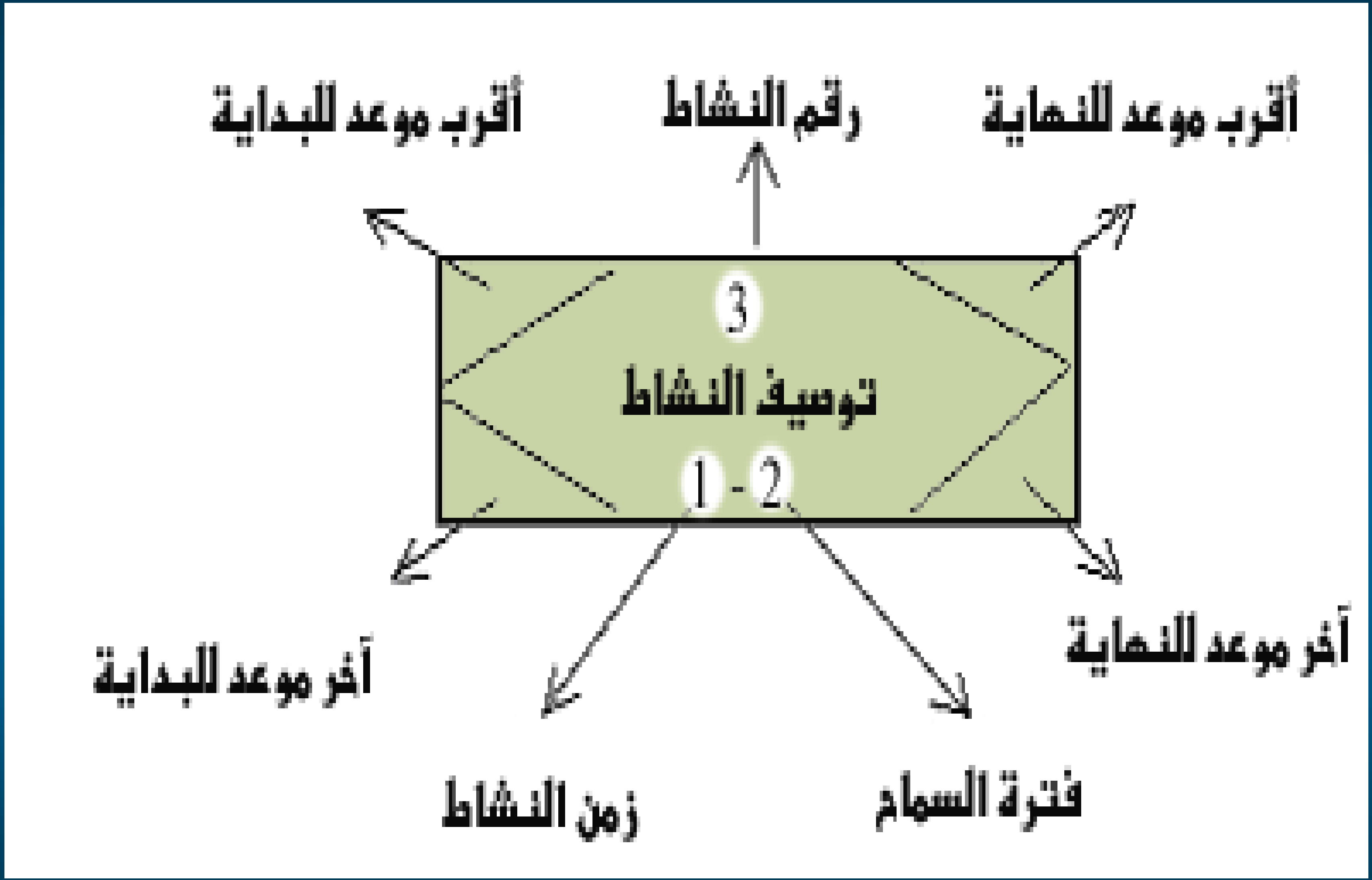


لا يجوز العودة إلى النشاط السابق.



لا يجوز ترك نشاط بدون تسلسل

تحديد الأزمنة وفترة السماح لكل نشاط.



المصطلحات المستخدمة في التخطيط الزمني للمشاريع

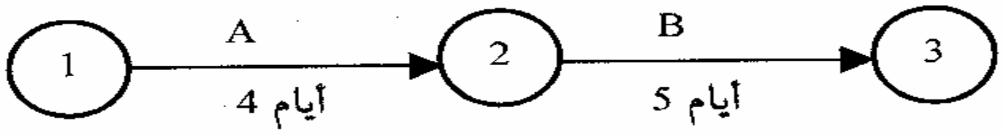
المصطلح	الشرح
الحدث Event	هو الوصول إلى نقطة معينة من الزمن و لا يحتاج إلى بداية ونهاية زمنية.
النشاط Activity	هو مجهود يحتاج إلى نقطة بداية ونهاية وموارد لتنفيذه.
النشاط الوهمي Dummy Activity	النشاط الذي لا يحتاج إلى زمن أو موارد لإتمامه ويستعمل فقط لدلاله على تتابع الأنشطة منطقيا ويرسم بسهم متقطع.
النشاط الحرج Critical Activity	النشاط الذي إذا تم تأخير انتهائه فإنه يتسبب في تأخير المشروع

المسار الحرج **Critical Path**	مجموعة من الأنشطة الحرجة، تبدأ من بداية إلى نهاية المشروع
المشروع **Project**	عبارة عن مجموعة من الأنشطة والأحداث مرتبة حسب تسلسل منطقي
شبكة الأعمال **Network**	عبارة عن مجموعة من الأنشطة والأحداث مرتبة بطريقة منطقية لتسلسل الأنشطة.
زمن البداية المبكر للنشاط **Earliest Start**	هو الزمن الذي يبدأ فيه النشاط إذا أنجزت جميع الأنشطة السابقة في أوقاتها.
زمن النهاية المبكر **Earliest Finish**	هو الزمن الذي يمكن أن ينجز فيه النشاط إذا بدأ في وقته المبكر نهاية مبكرة = بداية مبكرة + وقت النشاط

هو أخر زمن يمكن إتمام النشاط فيه بدون أن يسبب تأخير لأية أنشطة لاحقة.	زمن نهاية متأخر **Latest Finish**
هو أخر وقت يمكن أن يبدأ فيه النشاط بشرط عدم تأخير الأنشطة اللاحقة بداية متأخرة = نهاية متأخرة - وقت النشاط	زمن بداية متأخر **Latest Start**
الفائض في النشاط = زمن بداية متأخر - زمن بداية مبكر	الفائض **Slack Time**

Critical Path Method

Activity–in–Node (AON) or Activity–On– Arrow (AOA)



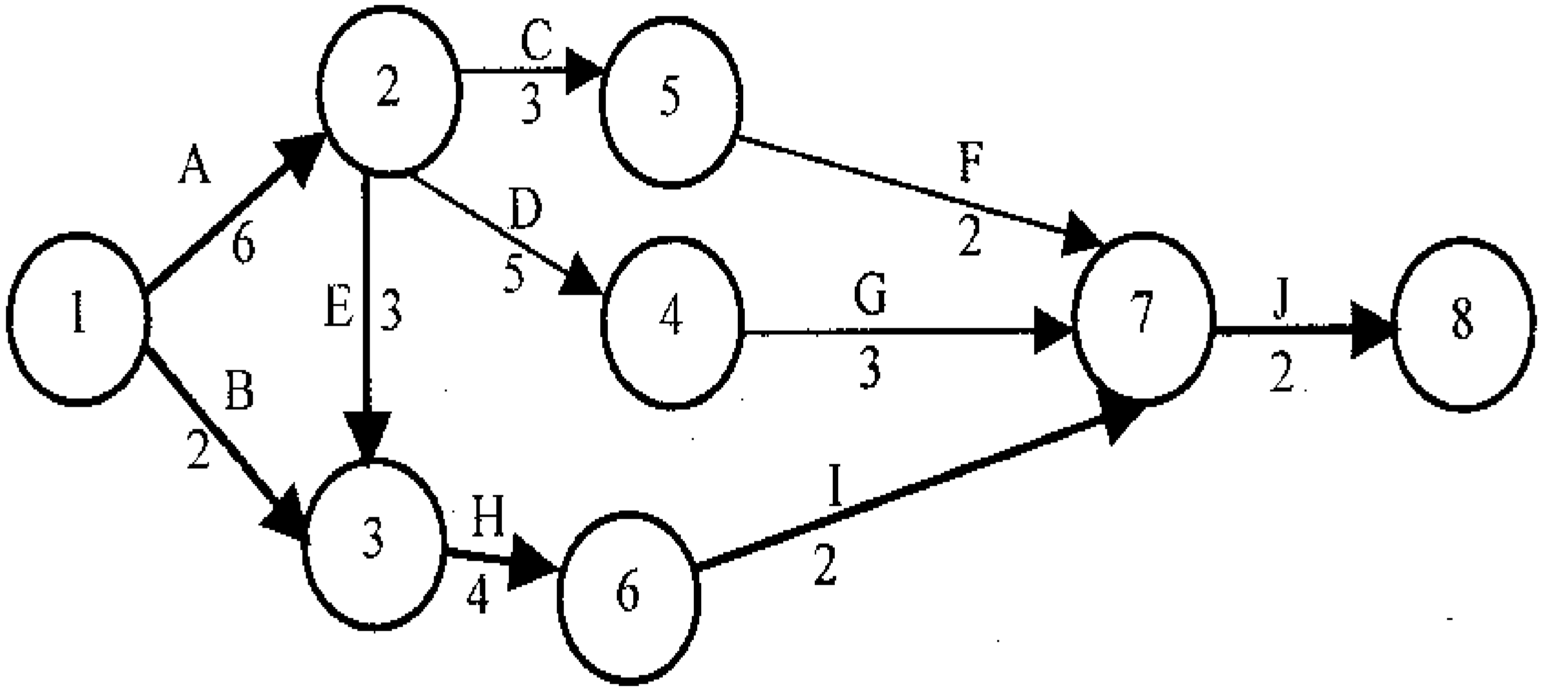
شكل (1-11)

يعتبر الحدث (1) بداية للنشاط (A) والحدث (2) نهاية له، وفي نفس الوقت بداية للنشاط (B).

Critical Path Method

الحل:

1. رسم شبكة العمل:



Critical Path Method

2. عدد المسارات والمسار الحرج:

يُحدد المسار الحرج من خلال حساب أزمنة المسارات المختلفة وكالآتي:

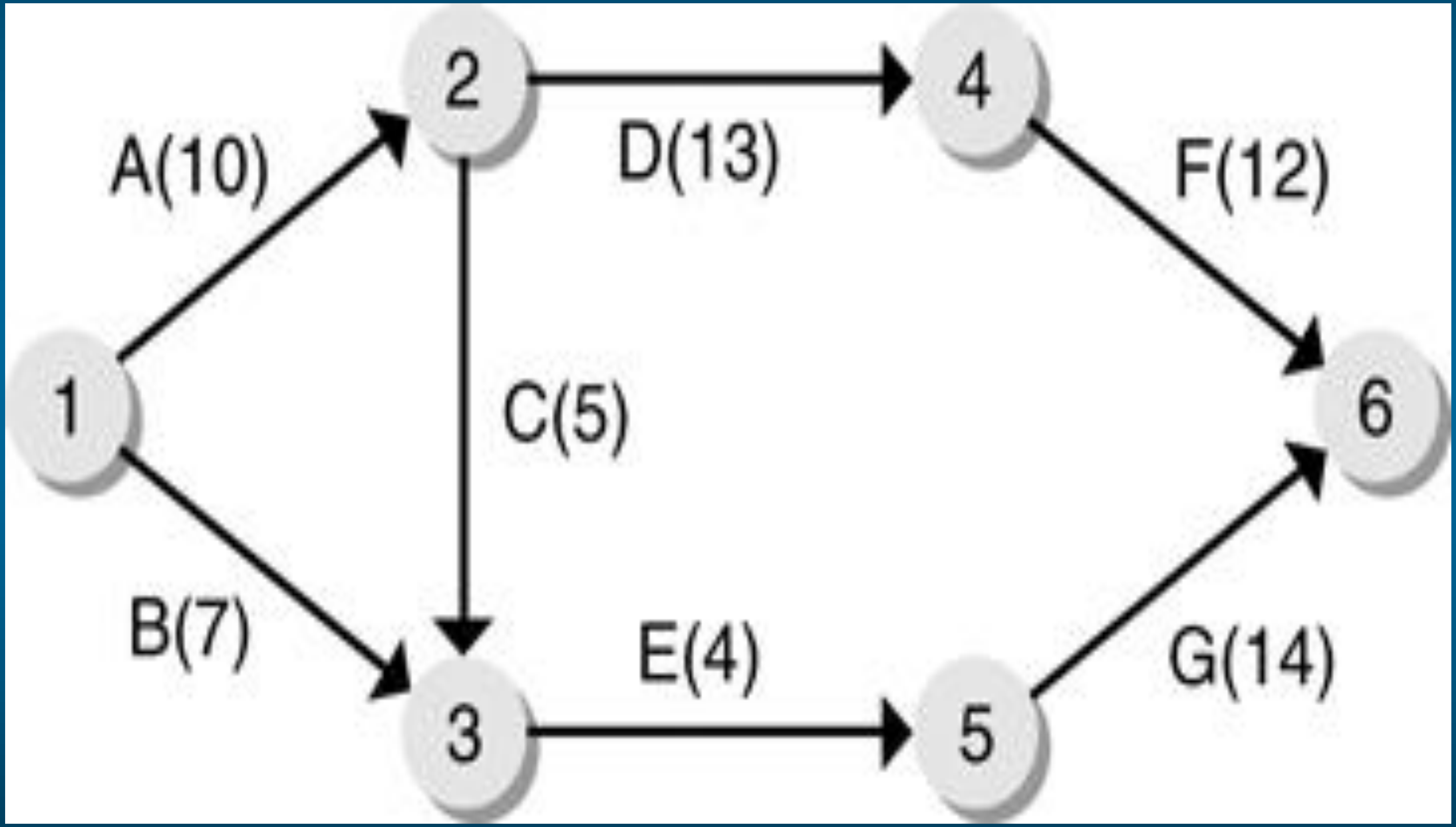
المسار الأول	= A-C-F-J	= 6+3+2+2	= 12
المسار الثاني	= A-D-G-J	= 6+5+3+2	= 16
المسار الثالث	= A-E-H-I-J	= 6+3+4+2+2	= 17
المسار الرابع	= B-H-I-J	= 2+4+2+2	= 10

إذن المسار الحرج هو المسار (A-E-H-I-J) والذي يستغرق تنفيذه (17) يوماً.

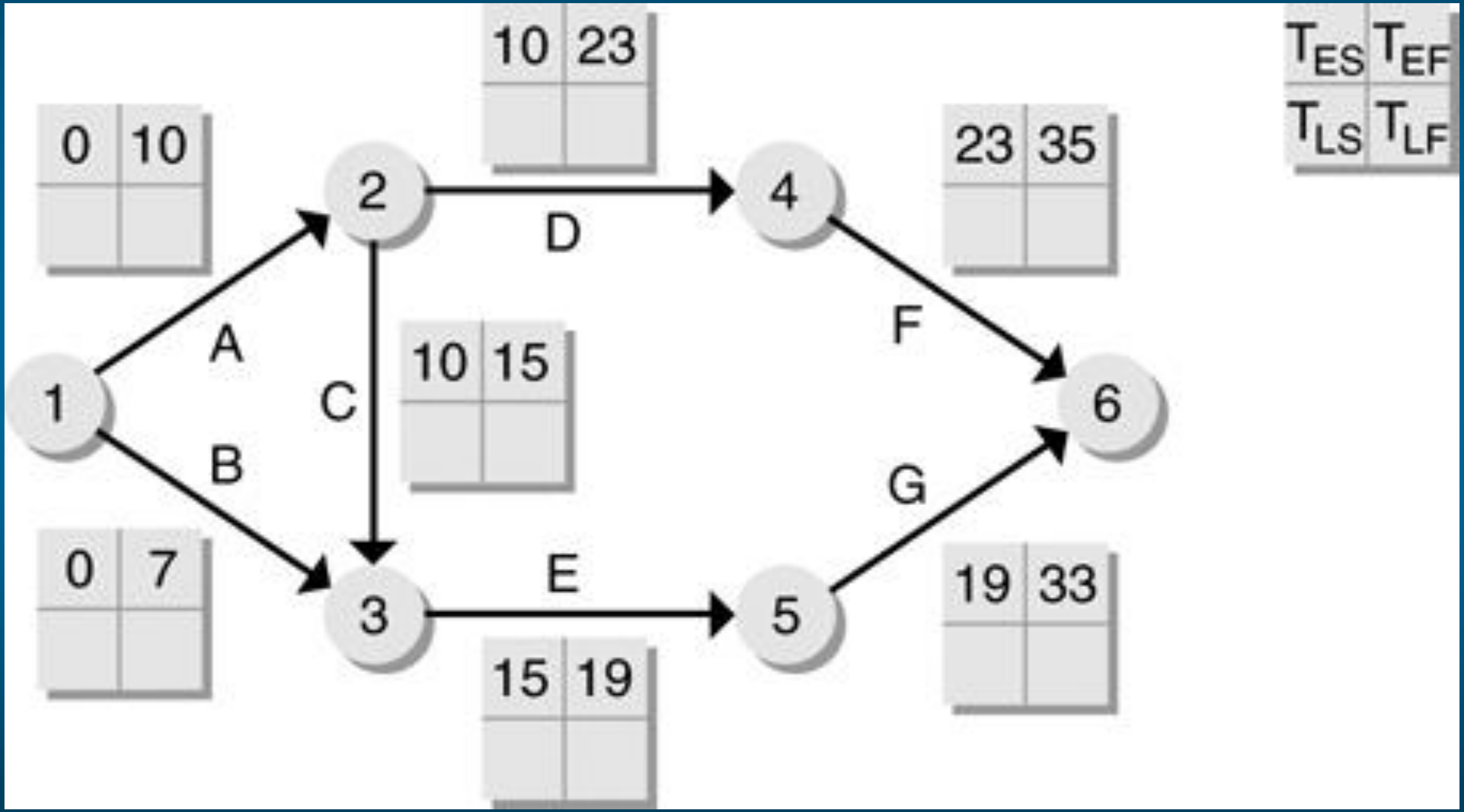
Example

Activity	Time	Preceded By
A	**10**	**--**
B	**7**	**--**
C	**5**	**A**
D	**13**	**A**
E	**4**	**B,C**
F	**12**	**D**
G	**14**	**E**

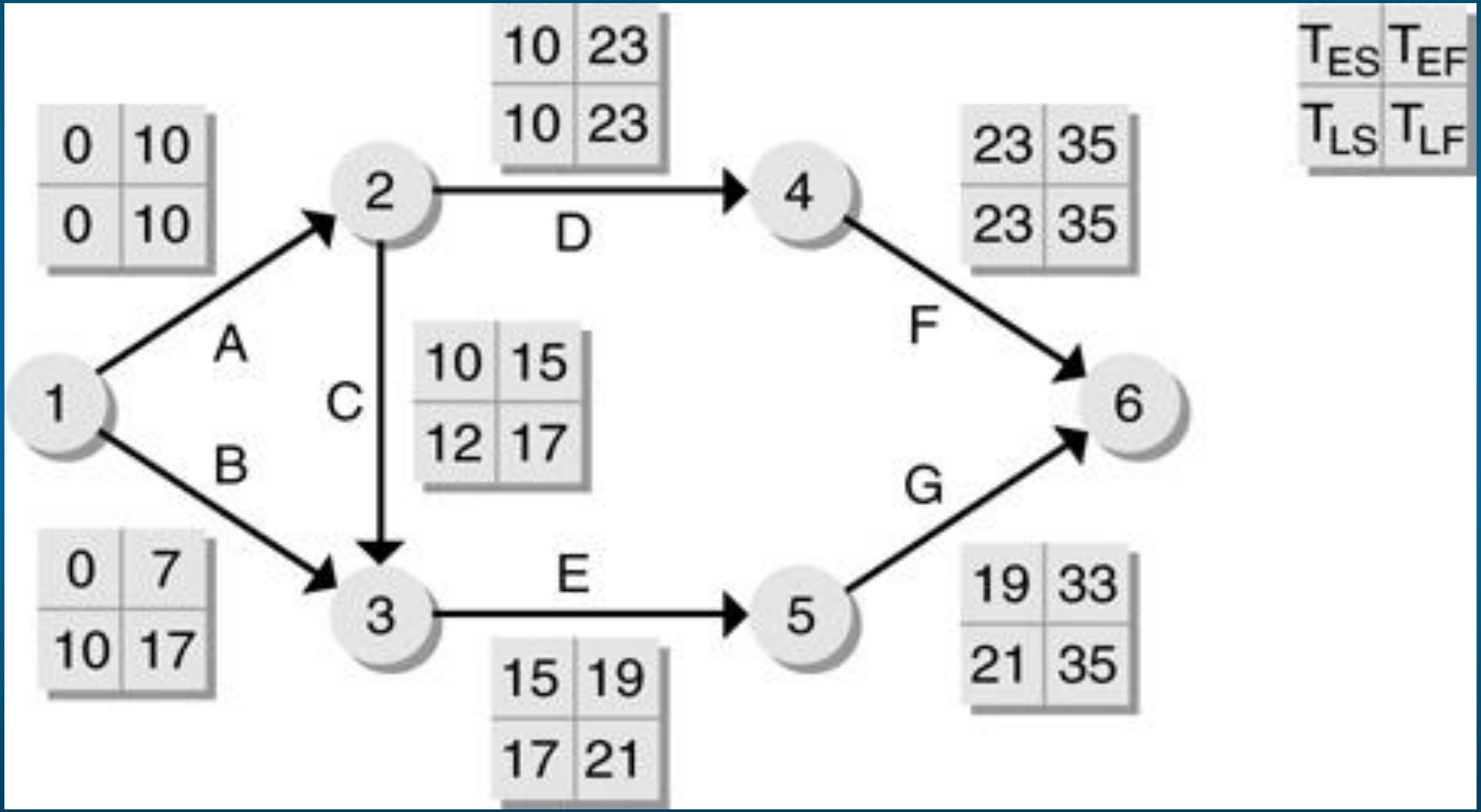
Network Diagram



Early Start and Finish Times



Latest Start and Finish Times



22

Activity Slack Time

T_{ES} = earliest start time for activity
T_{LS} = latest start time for activity
T_{EF} = earliest finish time for activity
T_{LF} = latest finish time for activity

$$\text{Activity Slack} = T_{LS} - T_{ES} = T_{LF} - T_{EF}$$