جدولة المشاريع الانشائية
Scheduling OF construction projects

جامعة تكريت /كلية الهندسة –القسم المدني-المرحلة الثالثة

ا.م.د.ميسون عبد الله منصور

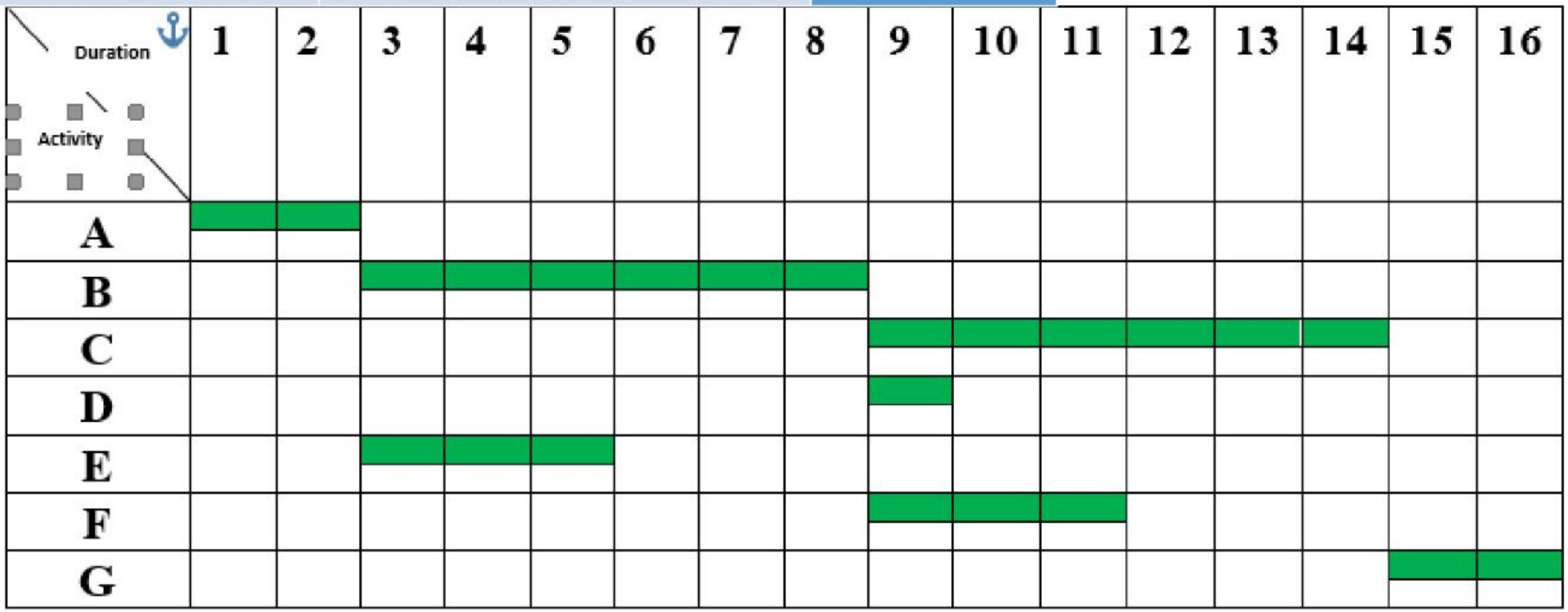
9-8- 7-6-5-4-3-2-1

طريقة المخطط الشريطي "Bar Chart Method"

- بعد تقسيم المشروع الى نشاطات نقوم بتحديد حجم العمل اللازم لكل نشاط على حدة .ويجب معرفة معدل التنفيذ بالنسبة للزمن من خلال معرفة ودراسة كمية الموارد وحجم المعدات المتوفرة واللازمة مما سوف يؤثر على معدل التنفيذ ومن خلال معرفة هذه المعلومات يمكننا معرفة الوقت اللازم لتنفيذ كل نشاط وتحديد الوقت لبدء النشاط ولإنهائه مع مراعاة التسلسل المنطقي والتتابع الزمني لهذه النشاطات.
- بعد الانتهاء من عملية الجدولة يتم تمثيل كل نشاط بخط افقي يتناسب طوله مع الزمن اللازم لتنفيذ ذلك النشاط المحور الأفقي للمخطط يمثل الزمن حسب المقياس المناسب (يوم او اسبوع او شهر او غيره) .وتبين النشاطات اللازمة لتنفيذ المشروع وقت تسلسل معين على يسار المخطط ويمكن ان يحتوي المخطط على معلومات أخرى مثل مدة النشاط او كمية العمل او المواد المطلوبة حسب الحاجة .

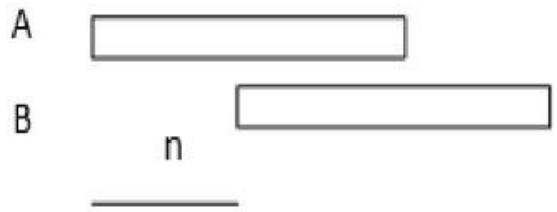
- **مثال:لدينا مشروع يتضمن تنفيذ العمل وفق الفعاليات التالية (يتم تحديد الفعاليات من جدول الكميات أومن دراسة اسلوب تنفيذ العمل)وكذلك الفترة الزمنية المطلوبة لانجاز كل فعالية . اوجد زمن انجاز المشروع.**
- اذا علمت إنها لا تمتلك اكثر من مجموعة حفر واحدة وان العزل المائي للسرداب يتم بعد صب الاساس.

الرمز	الفعالية Activity	المدة (اسبوع) Duration
A	حفر الاساس للسرداب ١	2
B	حفر الاساس للسرداب ٢	6
C	العزل المائي للسرداب	6
D	رفع الانقاض وعزلها	1
E	صب اساس موقع ١	3
F	صب اساس موقع ٢	3
G	صب جدران السرداب (١)و(٢)	2



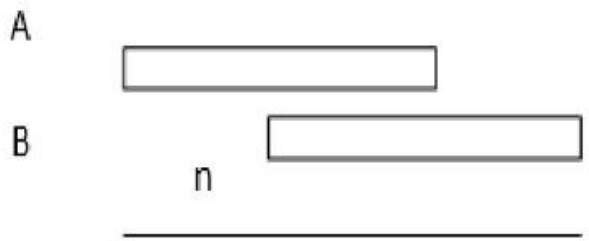
العلاقات الجدلية بين الفعاليات :

1. علاقة بداية – بداية (S.S) Start –Start



أي ان الفعالية B لابتدأ إلا بعد مرور (n) على بداية A

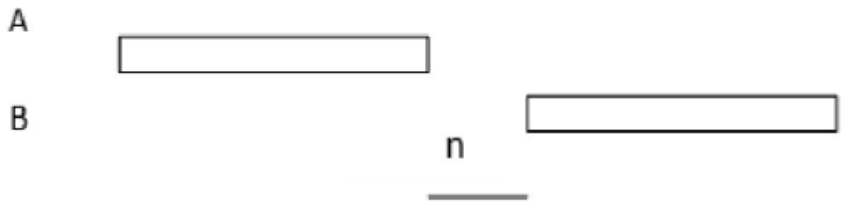
٢. علاقة بداية – نهاية(S.F) Start–Finish =



أي ان الفعالية B لا تنتهي الأبعد مرور (n) على بداية A

العلاقات الجدلية بين الفعاليات :

٣. علاقة نهاية– بداية (F.S) Finish –Start



أي ان الفعالية B لا تبدأ الأبعد مرور (n) على نهاية A

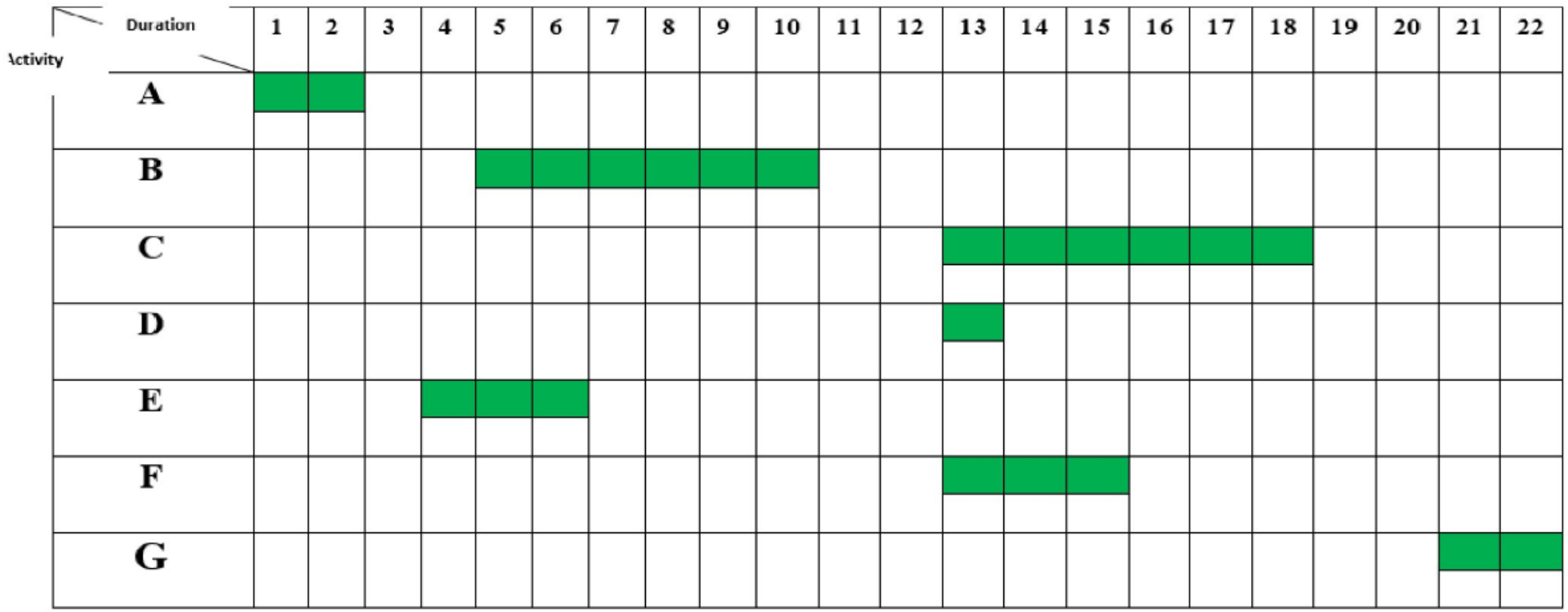
٤. علاقة نهاية– نهاية (F.F) Finish – Finish

أي ان الفعالية B لاتنتهي الأبعد مرور (n) على نهاية A

ثال اوجد زمن انجاز المشروع المبينة فقراته والعلاقات بينها بطريقة المخطط الشريطي

Activity	Duration	Followed by	Relation ship
A	2	B	F.S=2
		E	S.S=3
B	6	C	F.S=2
		D	F.S=2
C	6	G	F.S=2
D	1	F	S.F=3
E	3	F	F.F=2
F	3	G	F.S=0
G	2		

الحل



طريقة التحليل الشبكي Net-work Analysis

- بسبب التعقيد الكبير في مشاريع التنفيذ الناتج عن التطور في احتياجات المجتمع والتطور التقني، بالإضافة للتطور في التكنولوجيا وطرق التنفيذ أظهرت مخططات القضبان ضعف في تخطيط المشاريع .من حيث:
- إظهار الترابط المنطقي بين مختلف عمليات المشروع.
- والمرونة في تحديد بداية ونهاية كل عملية.
- تحديد تأثير تأخير العمليات على زمن وكلفة كامل المشروع.
- هذه الأسباب وغيرها خلقت ضرورة ملحة لإيجاد طرق بديلة تتجنب سيئات أدوات الجدولة السابقة .فظهر التخطيط الشبكي في منتصف الخمسينات.

المخطط الشبكي

- هو مصطلح يطلق على المخطط او الرسم الذي يمثل تسلسل وتتابع علاقات النشاطات المختلفة للمشروع وقد استعملت المخططات الشبكية تلبية للحاجة لطرائق علمية وعملية لحل المشاكل الإدارية في المشاريع .
- **الميزات الأساسية للمخططات الشبكية**
- تحديد توقيت البدء والانتهاء المبكر للعمليات .
- تحديد توقيت البدء والانتهاء المتأخر للعمليات .
- تحديد توقيت البدء المبكر والانتهاء المتأخر للحوادث.
- حساب المرونة الزمنية للعمليات و, للحوادث
- تحديد العمليات الحرجة والمسار الحرج
- برمجة التكاليف الدنيا
- برمجة الموارد غير المحدودة (التسوية)والموارد المحدودة (التوزيع)

أنواع تمثيل العمليات

- ١.تمثيل الفعاليات على الاسهم : Activity on Arrow (A.o.A)networks
- ٢. تمثيل الفعاليات على العقد : Activity on Node (A.o.N)networks

also called Precedence Diagram Method (PDM)

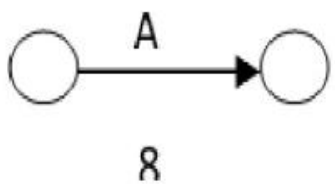
- تمثل العمليات على العقد بدلاً من الأسهم، أما الأسهم فتستخدم للربط بين العقد ولتمثيل الترابط المنطقي للعمليات.

اساسيات تمثيل الفعاليات على الأسهم(طريقة المسار الحرج)

بعد تحديد العمليات المركبة للمشروع، تمثل كل عملية بسهم موجه من اليسار إلى اليمين ⟶

وإن طول السهم وميله لا يعنيان شيئاً.

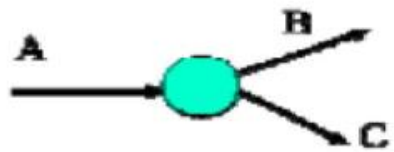
تبدأ كل عملية بحادثة بداية (المحدد) ◯ وتنتهي بحادثة (نهاية المحدد) ◯ , بمعنى آخر كل عملية يجب أن تكون لها نقطة بداية ونقطة نهاية.وأيضاً نشير إلى العمليات بالأحرف أو باسم العملية الصريح ويكتب ذلك على السهم نفسه.مدة تنفيذ الفعالية تكون أسفل او أعلى السهم بالقرب من الاسم ,رقم محدد البداية يكون اصغر من محدد النهاية



العلاقة بين الفعاليات (العمليات)

العمليات السابقة : Preceding Activity

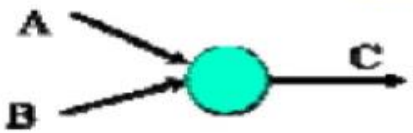
العمليات التي يجب أن تسبق العملية المفروضة والتي يجب أن تنجز قبل التمكن من البدء بهذه



العملية

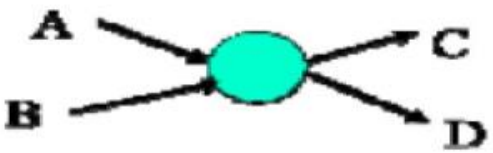
. العمليات اللاحقة : Followed Activity

العمليات التي يجب أن تلحق بالعمليات المفروضة بحيث لا يمكن البدء بهاا إلا بعد إنجاز هذه العملية.



العمليات المتزامنة:

العمليات التي يمكن أن تتم بالوقت نفسه مع تنفيذ العملية المفروضة



قواعد إنشاء المخطط الشبكي

- فيما يلي بعض القواعد الأساسية التي يجب الالتزام بهاا عند إنشاء المخططات الشبكية (مخططات أو طريقة المسار الحرج):
- كل عملية يجب أن تبدأ من إحدى الحوادث وتنتهي أيضاً بإحدى الحوادث
- لا يمكن لأكثر من عملية واحدة أن تشترك بحادثة البدء وحادثة النهاية بالوقت نفسه .
- طول السهم لا يتعلق بمقدار الزمن أو مقدار الموارد اللازمة .
- تستخدم العمليات الوهمية فقط عند الحاجة وذلك لتحقيق الغايتين التاليتين:
- -الحفاظ على صحة العلاقات في اعتماد بعض العمليات على العمليات الأخرى
- -الحفاظ على وحدانية الرموز وتقابلها مع العمليات
- تتلاحق أرقام الحوادث بالتسلسل الصاعد بزيادة رقم رأس السهم عن ذيله
- المخطط الشبكي وحيد الاتجاه من اليسار إلى اليمين ولا يجوز أن يؤلف هذا المخطط أو أي جزء منه حلقة مغلقة أو دوران منطقي.
- يفضل تجنب التقاطعات بين الأسهم.

الفعاليات الوهمية: Dummy Activity

عند إنشاء المخططات الشبكية أحياناً نستخدم أسهماً منقطة تسمى العمليات الوهمية، وذلك من أجل الحفاظ على التسلسل المنطقي لعمليات المشروع، والفرق بين العمليات الوهمية والعمليات الحقيقية هو أن العمليات الحقيقية تتطلب عناصر الإنتاج من جهاز بشري ومواد ومعدات وذلك ضمن إطار الزمن والمال.

أما العمليات الوهمية فلا تحتاج لعناصر الإنتاج، لذلك فهي عمليات لا مدة زمنية لها بل تستخدم فقط للحفاظ على سياق التسلسل المنطقي للعمليات.

تستخدم العملية الوهمية أيضاً لتسهيل مهمة ترميز كل عملية من العمليات رقمياً حتى يسهل تمييزها بخاصة عند استخدام الحاسوب،حسب قواعد إنشاء المخطط الشبكي لا يجوز أن تشترك أكثر من عملية واحدة في الوقت نفسه بحادثة البداية وحادثة النهاية، كما هو موضح في الشكل

في هذه الحالة أي عندما تشترك أكثر من عملية بحادثة البداية وحادثة النهاية فإن كل هذه العمليات تسمى بالاسم نفسه ، وباستخدام العمليات الوهمية يصبح بالإمكان التمييز بين هذه العمليات.

تستخدم العمليات الوهمية في حال كون المشروع له أكثر من حادثة بداية أوله أكثر من حادثة نهاية عندها يتم وصل هذه الحوادث في البداية أو النهاية إلى حادثة وهمية بوساطة عملية وهمية.

والحالة الأخيرة لاستخدام العملية الوهمية هي حالة الحفاظ على علاقات التسلسل المنطقي للعمليات

البدايات والنهايات:

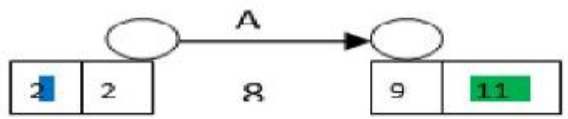
- **البداية المبكرة Early Start E.S** :وهي اقرب وقت ممكن أن تبدأ به الفعالية ويتم إيجادها من المخطط من اخذ الرقم الأيسر للحدث عند ذيل السهم للفعالية .
-
- **النهاية المبكرة Early Finish E.F**:وهو اقرب وقت ممكن ان تنتهي به الفعالية ويمكن إيجاده من حاصل جمع E.S مع زمن تلك الفعالية .
-
- **النهاية المتأخرة Latest Finish L.F**:وهي ابعد وقت ممكن ان تنتهي الفعالية ويمكن إيجاده من المخطط الأيمن للحدث عند رأس السهم .
-
- **البداية المتأخرة Latest Start L.S**:وهو ابعد وقت يمكن ان تبدأ به الفعالية ويتم إيجاده من المخطط من حاصل طرح الأرقام من عمود L.F يطرح منه الزمن.
-

عملية الذهاب والإياب Foreword &Backward:

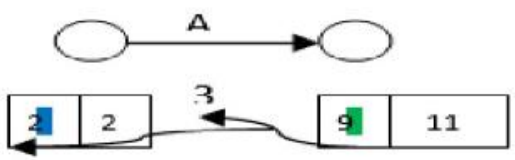
- وهي العملية الحسابية على أزمان الفعاليات في المخطط الشبكي ،والغرض منه معرفة أزمان البدايات والنهايات للفعاليات والزمن الكلي للمشروع . في عملية الذهاب يتم إضافة المدة وتكتب الأزمان على جهة اليسار وفي حالة التقاء اكثر من فعالية فان الرقم المختار يمثل اكبر الأزمان اما الإياب يتم طرح المدة وتكتب الأزمان على يمين الحدث وفي حال التقاء أكثر من فعالية في ذيل السهم نختار الرقم الأصغر .

السماحيات والمسار الحرج

السماحية الكلية T.F Total Float:وتمثل السماحية الكلية لفعالية أو مجموعة فعاليات التي يمكن بها تأخير الفعاليات او زيادة زمن التمديد دون أن تؤثر على الزمن الكلي ويتم ايجاده من حاصل طرح (L.S–E.S)او (L.F–E.F)او يمكن إيجاده من المخطط من حاصل طرح الرقم الايمن للحدث عند راس السهم للفعالية المعينة ناقص الرقم الأيسر عند ذيل السهم مطروح منه زمن الفعالية .

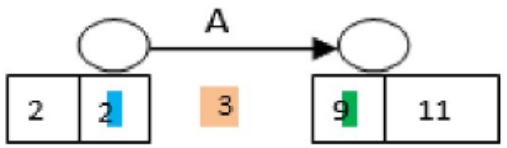


السماحية الحرة F.F Free Float:وهي السماحية التي تمتلكها الفعالية دون ان تؤثر على المباشرة المبكرة للفعالية اللاحقة .يتم إيجادها من حاصل طرح (E.S للفعالية اللاحقة–E.F للفعالية المعنية)ويمكن إيجادها من المخطط من حاصل طرح الرقم الايسر للحدث عند رأس السهم للفعالية مطروح منه الرقم الأيسر عند ذيل السهم للفعالية مطروح منه الزمن .(اذا كان لدينا اكثر من لاحقه نأخذ الرقم الأصغر.



السماحيات والمسار الحرج

السماحية المطلقة I.F In depended Float:وهي السماحية التي يمكن بها تأخير المباشرة او تمديد زمن الفعالية دون ان تؤثر على المباشرة المبكرة للفعالية اللاحقة او الانتهاء المتأخر للفعالية السابقة ,ويتم ايجادها من حاصل طرح (E.S للفعالية اللاحقة –L.F للفعالية السابقة – الزمن)يجب الاعتماد على الفعاليات السابقة واللاحقة من الشبكة وليس من الجدول .وكما في الشكل

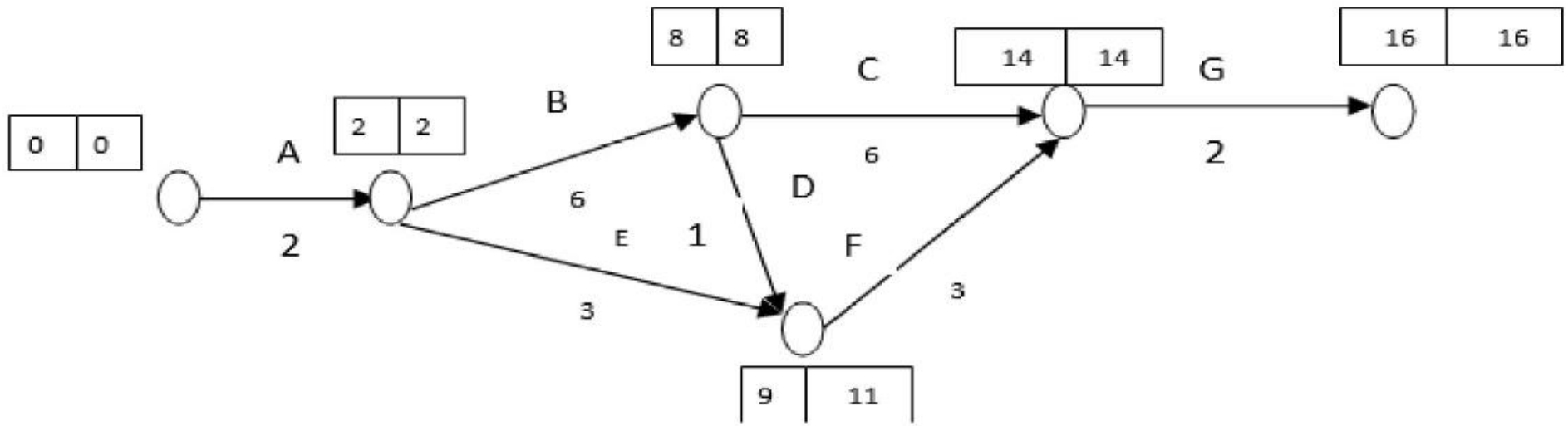


المسار الحرج :Critical Path

هو أطول مسار زمني للفعاليات المتسلسلة منذ بداية الفعالية الأولى وحتى انتهاء الفعالية الأخيرة للمشروع بحيث يكفي هذا المسار لإنجاز الفعاليات بصورة كاملة.وجميع الفعاليات الواقعة على المسار الحرج لها سماحية تساوي صفر ,الفعاليات الواقعة على المسار الحرج تسمى فعاليات حرجة.

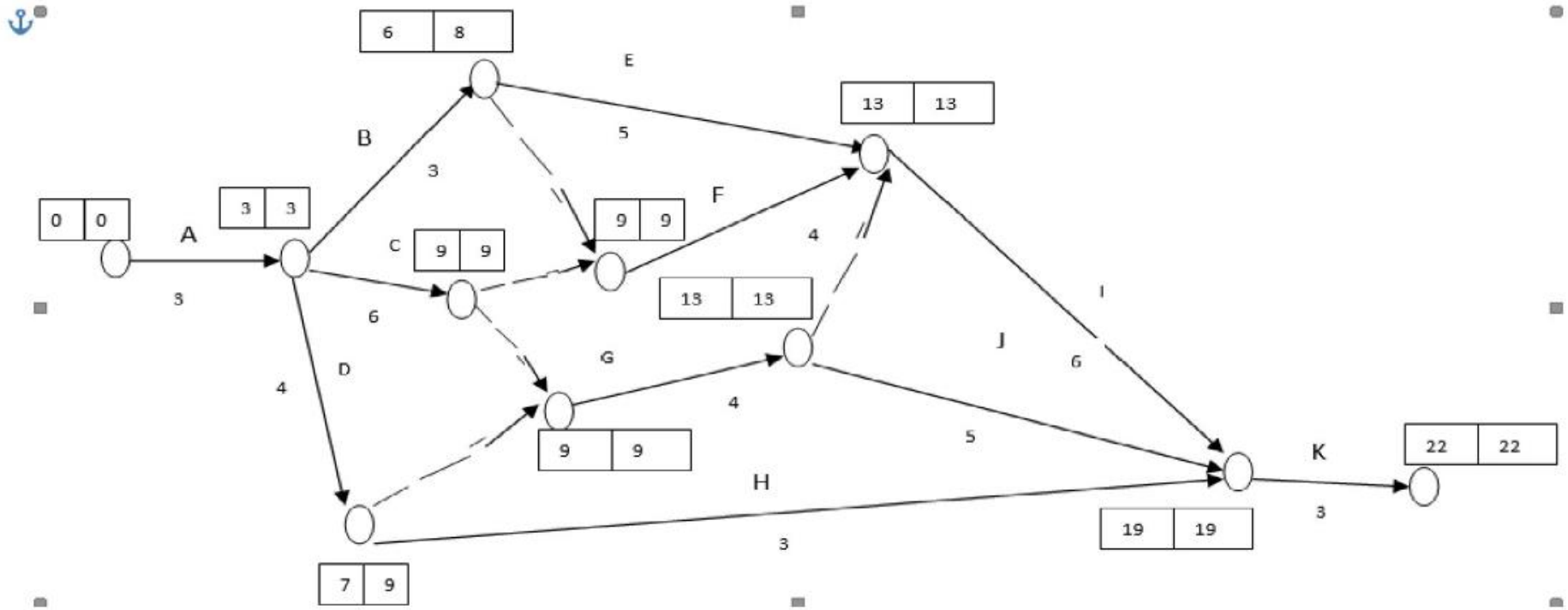
مثال المشروع المبينة فعالياته ادناه اوجد الزمن اللازم لانجاز المشروع مع إيجاد E.S ، F.F، T.F، L.S، L.F،E.F ، C.P،I.F .

Act.	Dur.(day)	Preceded by	E.S	E.F	L.F	L.S	T.F	F.F	I.F	C.P
A	2	-	0	2	2	0	0	0	0	✧
B	6	A	2	8	8	2	0	0	0	✧
C	6	B	8	14	14	8	0	0	0	✧
D	1	B	8	9	11	10	2	0	0	
E	3	A	2	5	11	8	6	4	4	
F	3	D,E	9	12	14	11	2	2	0	
G	2	F,C	14	16	16	14	0	0	0	✧



Act.	Dur.(day)	Preceded by	Followed by	E.S	E.F	L.F	L.S	T.F	F.F	I.F	C.P
A	3		B,C, D	0	3	3	0	0	0	0	✧
B	3	A	E, F	3	6	8	5	2	0	0	
C	6	A	F, G	3	9	9	3	0	0	0	✧
D	4	A	G, H	3	7	9	5	2	0	0	
E	5	B	I	6	11	13	8	2	2	0	
F	4	B,C	I	9	13	13	9	0	0	0	✧
G	4	C, D	I, J	9	13	13	9	0	0	0	✧
H	3	D	K	7	10	19	16	9	9	7	
I	6	E, F, G	K	13	19	19	13	0	0	0	✧
J	5	G	K	13	18	19	14	1	1	1	
K	3	I, J, H		19	22	22	19	0	0	0	✧

مثال المشروع المبينة فعالياته ادناه اوجد الزمن اللازم لانجاز المشروع مع إيجاد E.S ، F.F، T.F، L.S، L.F،E.F ، C.P،I.F .



مثال المشروع المبينة فعالياته ادناه اوجد الزمن اللازم لانجاز المشروع مع إيجاد E.S، E.F، L.F ، L.S، T.F، F.F، I.F، C.P .

Act.	Dur.(day)	E.S	E.F	L.F	L.S	T.F	F.F	I.F	C.P
1-2	4	0	4	4	0	0	0	0	✧
2-3	4	4	8	11	7	3	0	0	
2-4	7	4	11	11	4	0	0	0	✧
2-5	4	4	8	24	20	16	0	0	
3-6	0	8	8	11	11	3	3	0	
3-10	15	8	23	45	30	22	22	19	
4-6	0	11	11	11	11	0	0	0	✧
4-8	7	11	18	24	17	6	0	0	
5-8	0	8	8	24	24	16	10	0	
5-10	10	8	18	45	35	27	27	11	
6-7	6	11	17	17	11	0	0	0	✧
7-8	0	17	17	24	24	7	1	1	
7-9	14	17	31	31	17	0	0	0	✧
8-9	7	18	25	31	24	6	6	0	
8-10	10	18	28	45	35	17	17	11	
9-10	14	31	45	45	31	0	0	0	✧

الحل

C.P=1-2,2-4,4-6,6-7,7-9,9-10

مدة انجاز المشروع=45=14+14+6+0+7+4