تحليل الوقت والكلفة (Time Cost Analysis)

ان الاوقات المتوقعة للنشاطات ووقت النهاية المتوقع للمشروع هي ماسمى الاوقات الطبيعية (Normal Times) والتي يمكن انجازها من خلال الكلفة الطبيعية (Normal Cost) .

تنشأ الحاجة الى تحليل الوقت والكلفة عن عدة اسباب منها رغبة الادارة في انهاء المشروع في وقت يختلف عن الوقت المخطط بسبب وجود حوافز معينه (او رغبة صاحب العمل لانهاء المشروع قبل الوقت المبكر المتوقع نظراً لاهمية المشروع سواء اقتصادية او غيرها ، ان الهدف من تحليل الوقت والكلفة هو معرفة كيف يمكن تقليل (Reduce) مدة المشروع باقل زيادة ممكنة في الكلفة المباشرة (Direct Cost) وعن طريق تسريع (EXPedite) الفعاليات ذات الكلفة الاقل ، كل ذلك بفرض عدم محدودية الموارد (Unlimited Resources) ، اي ان جميع الموارد المطلوبة متوفرة .

تعريفات :-

١- الوقت الطبيعي (Normal Time) : هو الزمن اللازم لانجاز وتنفيذ الفعالية في ظل الظروف الطبيعية دون ابطاء او تعجيل

٢- الكلفة الطبيعية (Normal Cost) : وهي كلفة الفعاليه او المشروع عند تنفيذه او انجازه خلال الوقت الطبيعي دون الحاجة الى زيادة مستويات الموارد المطلوبة لتنفيذ المشروع .

٣- الوقت المضغوط (Crash Time) : هو اقل زمن يمكن تنفيذ الفعاليه او المشروع خلاله بحيث لايمكن تنفيذ الفعالية او المشروع في زمن اقل مهما زادت مستويات الموارد المستخدمه في التنفيذ

٤- الكلفه المضغوطة (Crash Cost) : هي الكلفة المترتبة على تنفيذ الفعاليه او المشروع في اقل وقت ممكن .

٥- الكلفه الكليه (Total Cost) : هي مجموع الكلف المباشرة (Direct Cost) و الكلف غير المباشرة (Indirect Cost)

Total Cost = Direct Cost + Indirect Cost

أ- الكلف المباشرة (Direct Cost) : هي مجموع المصاريف التي تدخل مباشرة في تنفيذ الفعاليه او الفقرة الانشائيه مثل (المواد واجور العمل واجور المعدات والآليات .

ب- الكلف غير المباشرة (Indirect Cost) : وهي مجموع الكلف التي لها علاقه بادارة المشروع وليست مرتبطه بتنفيذ الفقرة الانشائية وهي على نوعين

- التحميلات الحقلية (Site overhead)
- التحميلات الادارية (Office overhead)

ب-١- التحميلات الحقلية : المصاريف اللازمة لتغطية مجموعة من المواد والخدمات لموقع العمل:

- كلف المنشآت الوقتية مثل دائرة المهندس المقيم و المخازن ومعامل الصيانه
- مصاريف النقل والسيارات الحقلية
- اجور الخدمات الماء والكهرباء والهاتف
- التجهيزات المكتبية و القرطاسيه في الموقع
- كلف صيانه الطرق الخدميه والخدمات لموقع العمل
- رواتب المهندسين والفنيين والحراس وعمال الخدمة والسواق .

ب-٢ : التحميلات الادارية : وتشمل المصاريف اللازمة لتغطية كلف واجور مجموعة من المواد والخدمات في المكتب الرئيسي للدائرة المنفذة (ادارة الشركة)

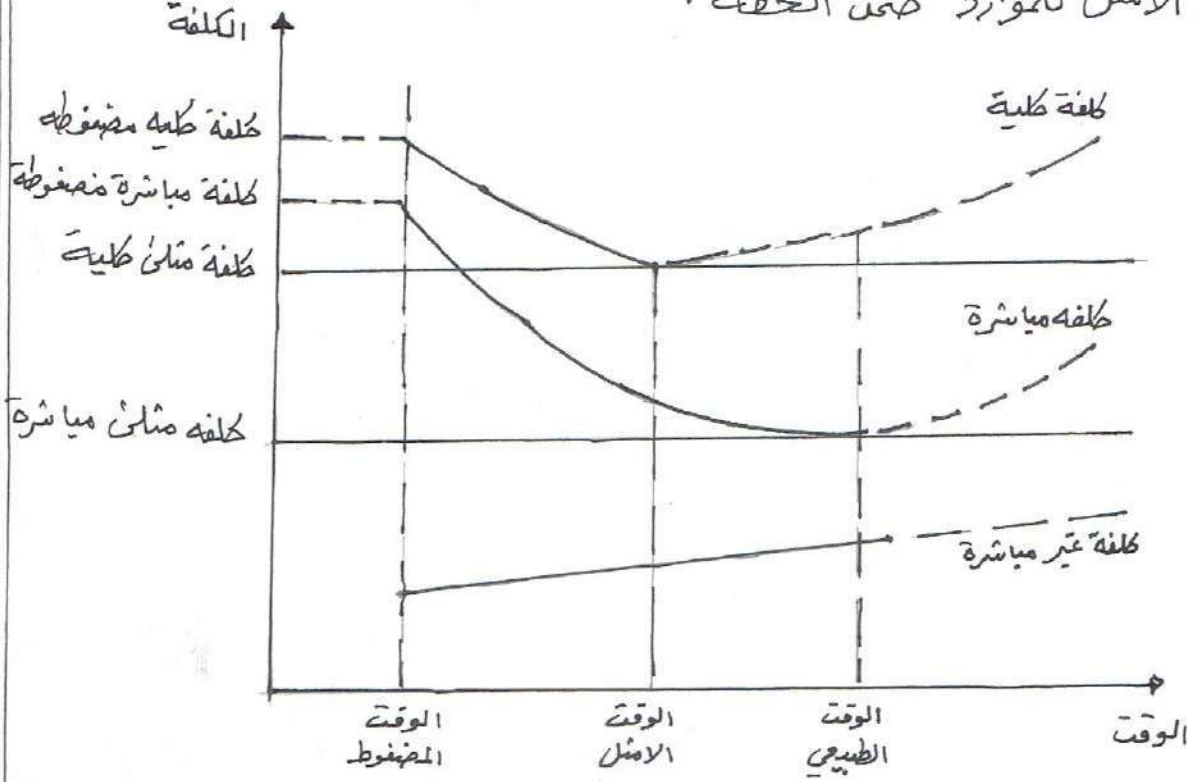
- رواتب العاملين في ادارة الشركة
- ايجارات المكتب الرئيسي للدائرة المنفذة
- اندثار الآليات و المعدات
- اجور الخدمات (ماء + كهرباء + هاتف)
- مصاريف النقل في المكتب الرئيسي للدائرة

وتحسب الكلف غير المباشرة كنسبة مئوية من الكلف المباشره وتتراوح بين (10 - 15) % وتتناسب طردياً مع الزمن ، حيث ان التأخير في تسليم المشروع يؤدي الى زيادة الكلف غير المباشرة

العلاقة بين الوقت والكلفة للمشروع :

ان العلاقة بين الكلفة المباشرة والكلفة غير المباشرة تكاد تكون عكسية كما هو مبين في الشكل التالي ، ففي حالة ضغط مشروع ما (مجموعة فعاليات) فان كلفة المباشرة تزداد بسبب الحاجة الى تنفيذ الفعاليات في وقت اقل بينما كلفة المشروع غير المباشرة تقل بسبب ان نصيبها من المصاريف بالنسبة للزمن قد يقل " الا في حالة ازدياد النفقات الادارية " ، والشكل التالي يوضح العلاقة بين الكلفة الكلية وكل من الكلفة المباشرة وغير المباشرة لمشروع حيث نلاحظ ان الكلفة غير المباشرة تزداد مع الزمن بينما الكلفة المباشرة تقل مع الزمن ثم تبدأ بالزيادة .

الوقت الامثل (Optimum Time) لتنفيذ المشروع بالكلفة المثلى (Optimum cost) يحصل عندما يتغير ميل منحني الكلفة الكلية من سالب الى موجب . وهذه النقطة تقع عادة قبل الوقت الطبيعي للمشروع . لذلك فلتخفيض الكلفة الكلية يجب محاولة انهاء المشروع في الوقت الامثل مع المحافظة على الاستخدام الامثل للموارد ضمن الخطة .



علاقة الوقت والكلفة للمشروع

ملاحظات / عندما يراد منك كمهندس في مشروع معين ان تعجل في فعاليه معينة ولفترة زمنية اقل مما هو مخطط لهذه الفعالية على ان تكون تلك التغيرات واقعه على المسار الحرج (Critical Path) .

① زيادة في عدد العمال او زيادة عدد المجاميع وبالتالي يؤدي تقليل من انتاجيه العامل الواحد والذي يؤدي بذلك الى زيادة في الكلف الثابتة

② زيادة عدد المكائن والآليات في تلك الفعاليات وذلك باستئجار او شراء آليات اضافية وبالتالي هذه الزيادة في العدد تقليل الوقت الاعتيادي وزيادة في الكلف الثابتة نتيجة تقليل في انتاجيه الآلة الواحدة

③ زيادة في سرعة تجهيز المواد الاولية

④ تحفيز العاملين على زيادة في الانتاجية

⑤ ايجاد البدائل في تنفيذ فعاليه معينة تؤدي الى زيادة في الانتاجية

خطوات تقليص مدة تنفيذ المشروع

① ايجاد المسار الحرج وتحديد الفعاليات الحرجة

② ايجاد ميل الكلفه (Cost slope)

$$\text{Cost slop} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}}$$

③ يبدأ الضغط باقل كلفة تشريع بالاعتماد على Cost slop

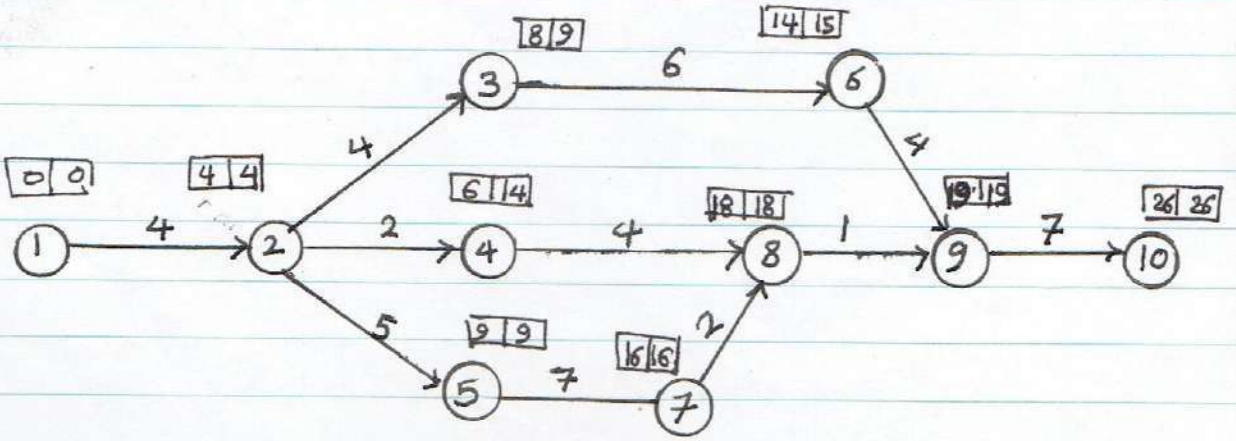
④ خفض الوقت لفعالية معينة ، يكون مقبول في حاله بقاء المسار الحرج بدون تغيير

⑤ بعد الانتهاء من خفض عدد الفعاليات الحرجة ، يتم حساب مدة المشروع الكلية الجديدة (المخفوضة) والكلفة الكلية للمشروع (المخفوضة)

مثال : المخطط الشبكي التالي لاحد المشاريع الانشائيه مع الكلف المباشرة المخمنه وكذلك المدة الاعتيادية (Normal) و القصوى (Crash) ، جد المدة التي ينتج عنها اقل كلفة كلية للمشروع / واذا كانت الكلفة غير المباشرة تزداد بمعدل 150 الف دينار / اسبوع

Act	Normal		Crash		range	rate	C.P
	Time	Cost	Time	Cost			
1-2	4	500	3	750	1	250	*
2-3	4	100	2	300	2	100	
2-4	2	200	2	200	0	0	
2-5	5	600	4	760	1	160	*
3-6	6	700	5	830	1	130	
4-8	4	200	3	300	1	100	
5-7	7	170	5	200	2	15	*
6-9	4	200	2	300	2	50	
7-8	2	80	2	80	0	0	*
8-9	1	100	1	100	0	0	*
9-10	7	600	6	670	1	70	*

3450



١- مدة المشروع هي 26 اسبوع

أ- الكلفة المباشرة 3450 الف دينار

ب- الكلفة غير المباشرة 26 * 150 ف = 3900 الف دينار

كلفة المشروع = 3900 + 3450 = 7350 الف دينار

٢- يتم اختصار اسبوع واحد من الفعالية (5-7) كونها اقل كلفة لفعاليه ضمن المسار الحرج ، فيصبح زمن انجاز المشروع 25 اسبوع

أ- الكلفة المباشرة 3450 + 15 = 3465 بالدينار

ب- الكلفة غير المباشرة 150 x 25 = 3750 الف دينار

الكلفة الكلية 7215

٣- تكون لدينا مساران حرجان ؛ ويتم اختصار مدة المشروع

الكلفة الكلية = 3465 + (50 + 15) + 150 x 24 = 7130 الف دينار

٤- يتم اختصار اسبوع للفعاليه المشتركة (9-10) ليصبح زمن انجاز المشروع (23) اسبوع

الكلفة الكلية 3530 + 70 + 150 * 23 = 7050 الف دينار

٥- عند اختصار مدة المشروع ليصبح 22 اسبوع من الفعاليات (2-5)، (6-9)

الكلفة الكلية = 3600 + (50 + 160) + 150 * 22

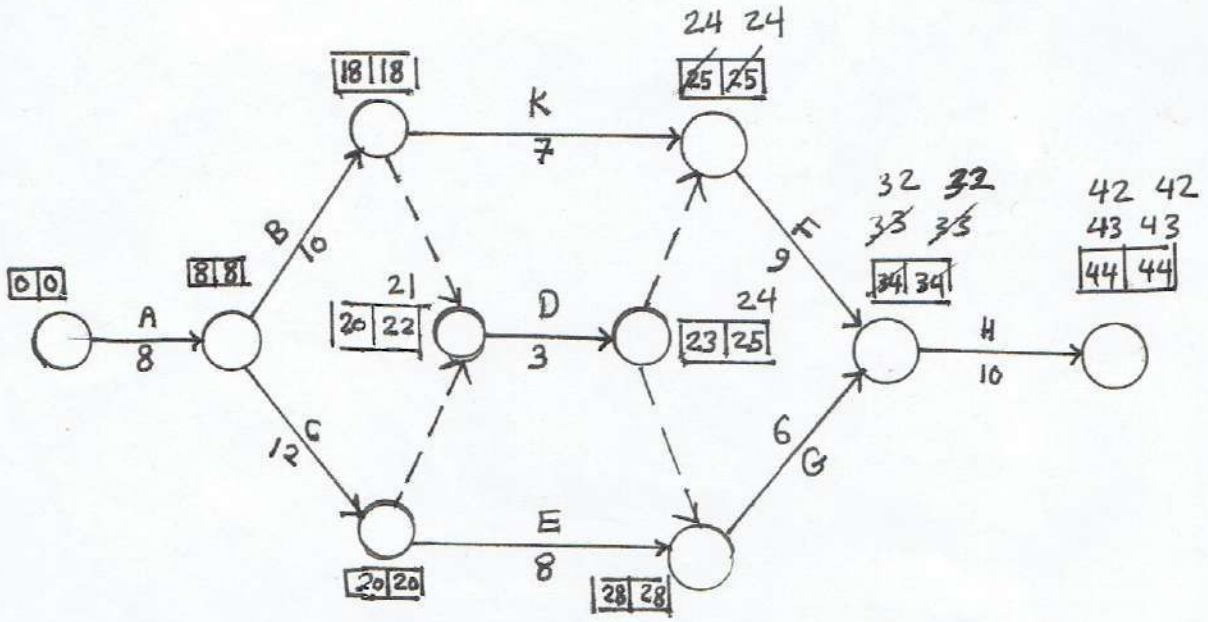
= 7110 الف دينار

٥٠ الكلفة بدأت بالزيادة ، اذا من الافضل ان تكون مدة تنفيذ المشروع هي (23) اسبوع

مثال 2 :- الفعاليات التالية لاحد المشاريع الانشائية ، وكما في ادناه الكلفة وحدة الاعتيادية (Normal) والمتلصه (Crash) ، اذا علمت ان الكلفة غير المباشرة تساوي 40 الف دينار/يوم والغرامه التاخيرية 10 الاف دينار/يوم . جد اقل كلفة للمشروع . ملاحظة تبدأ الغرامه التاخيريه ليوم الثاني والاربعين .

Act.	Preceded by	Normal		Crash		range	rate	C.P
		Time	Cost	Time	Cost			
A	—	8	400	6	500	2	50	
B	A	10	450	8	610	2	80	
C	A	12	600	7	800	5	40	
D	B, C	3	200	3	200	0	0	
E	C	8	350	6	460	2	55	
F	K, D	9	500	7	550	2	25	
G	D, E	6	380	4	425	2	22.5	
H	F, G	10	600	6	810	4	52.5	
K	B	7	300	6	315	1	15	

3780



A-B-K-F-H = 44
A-B-D-F-H = 40
A-B-D-G-H = 37
A-E-D-G-H = 39
A-C-D-F-H = 42

C.P المسارات الحرجة

① التكلفة الكلية = التكلفة المباشرة + التكلفة غير المباشرة

= (10*2 + 44*40) + 3780 = 5560 الف دينار

② تقلص يوم واحد كل من الفعاليتين G, K

التكلفة الكلية = (10+43 x 40) + (22.5+5 + 3780)

= 5547.5 الف دينار

③ تقلص يوم واحد كل الفعاليتين G, F

التكلفة الكلية = 42 x 40 + (25 + 22.5 + 3817.5)

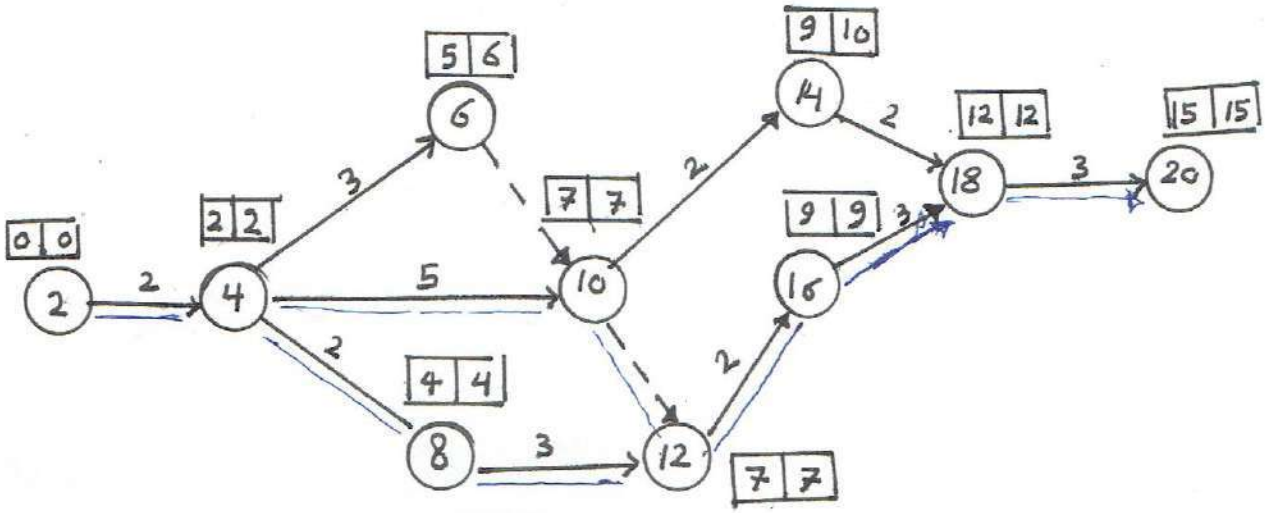
= 5545 الف دينار

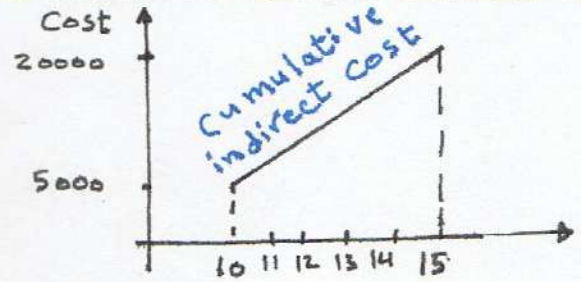
④ تقلص يوم من الفعالية A

التكلفة الكلية = 41 x 40 + 50 + 3865 = 5555 الف دينار

ب: التكلفة بدأت تتزايد فنكتفي باختصار مدة المشروع الى حد 42 يوم تصبح التكلفة الكلية 5545 الف دينار عند 42 يوم.

Ex3: Time & cost data For small Project are given below. Draw the total cost curve and indicate the minimum total cost at the minimum duration of the Poject





$\frac{20000 - 5000}{5 \text{ month}} = 3000/\text{month}$

يعني في الشهر 14 يكون indi.cost = 17000

Activ.	Normal		Crash		R	
	Time	Cost x1000	Time	Cost x1000		
2-4	2	10	2	10	—	
4-6	3	12	1	13	0.5	
4-8	2	15	2	15	—	
4-10	5	10	2	13	1	
8-12	3	14	1	16	1	
10-14	2	11	1	13	2	
12-16	2	13	1	16	3	
14-18	2	16	1	19	3	
16-18	3	18	2	19	1	
18-20	3	11	2	17	6	
		Σ 130				

① لانبدأ بالفعالية 4-6 وهي ارخص لانها لاتقع على المسار الحرج

② يتم تقليص 16-18 ليصبح زمن انجاز المشروع 14 شهر

③ يتم تقليص $\begin{Bmatrix} 4-10 \\ 8-12 \end{Bmatrix}$ لان مجموع التقليص ارخص ليصبح زمن انجاز المشروع 13 شهر

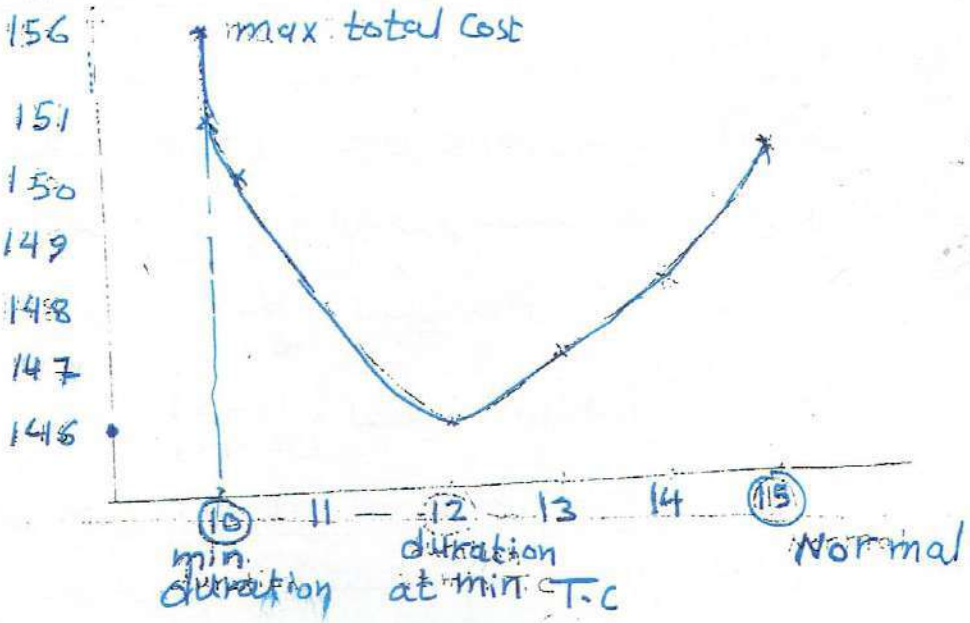
④ يتم تقليص $\begin{Bmatrix} 4-10 \\ 8-12 \end{Bmatrix}$ ليصبح زمن انجاز المشروع 12 شهر

⑤ يتم تقليص $\begin{Bmatrix} 12-16 \\ 10-14 \end{Bmatrix}$ ليصبح زمن انجاز المشروع 11 شهر

⑥ يتم تقليص $\{18-20\}$ ليصبح زمن انجاز المشروع 10 اشهر

⑦ اي مسار حرج ينتهي التقليص له اي ان مدة المشروع لايمكن تقليصها بعد

action	duration month	direct cost x 1000	ind. cost x1000	Total Cost x1000
Normal star	15	130	20	150
← 16–18	14	131	17	148
← 4–10 8–12	13	133	14	147
← 4–10 8–12	12	135	11	146
12–16 10–14	11	140	8	148
18–20	10	146	5	151
All crash	10	151	5	156



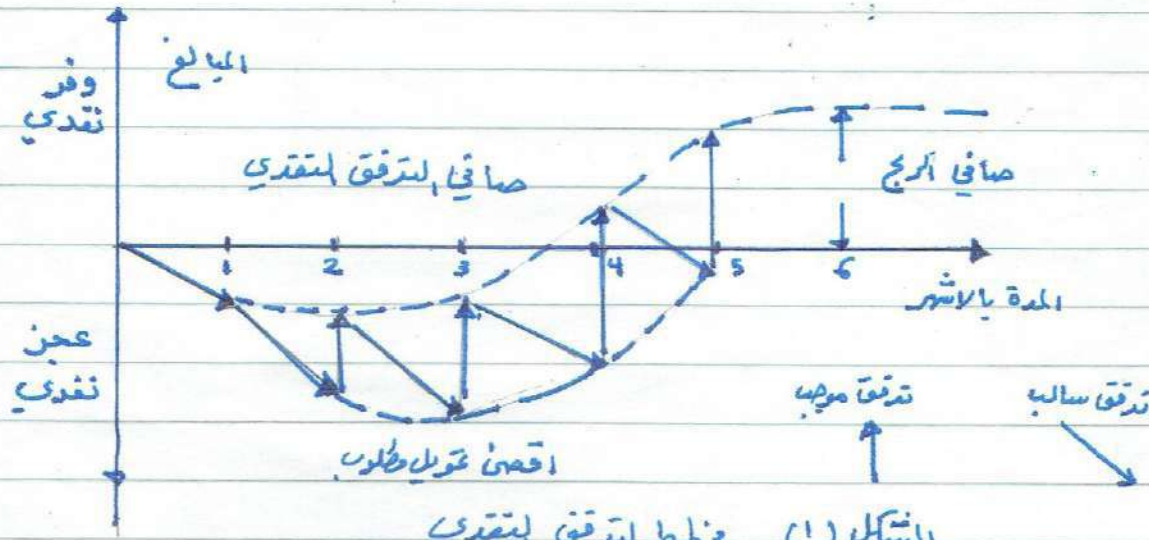
Cash Flow Forecasting توقعات التدفق النقدي

التدفق النقدي (Cash flow) :

التدفق النقدي هو الحركة الفعلية للمبالغ النقدية من والى الوحدة المحاسبية (الشركة / المنشأة / ادارة المشروع) ويعني ايضاً الحركة الفعلية للمبالغ النقدية من والى حسابات المشروع . وتبرز اهمية التدفق النقدي بشكل اكبر بالنسبة للمقاول او الجهة المنفذة عندما يكون هناك اكثر من مشروع قيد التنفيذ حيث ان التدفق النقدي في هذه الحالة يشمل الحركة الفعلية لاجمالي المبالغ النقدية التي تدخل بشكل واردات تمثل قيمة العمل المنجز " مطروحاً منها اية استقطاعات بموجب العقد " والمبالغ التي تشكل مصاريف لتوفير مستلزمات تنفيذ العمل .

في المشروع الانشائي هناك نوعين من حركة المبالغ النقدية

1- تدفق نقدي موجب " Positive Cash Flow " وهو مجموع المبالغ الداخلة الى حسابات المشروع ويعادل مجموع المبالغ التي يستلمها المقاول او الجهة التي تنفذ المشروع وبشكل دفعات شهرية مطروحاً منها الاستقطاعات " مقابل الكميات المنفذة من الاعمال . ويتم التعبير عنه بشكل سهم عمودي يتجه الى الاعلى طوله يتناسب مع المبلغ المستلم ومن خلال ترابط الاسهم مع بعضها على مدى فترة تنفيذ المشروع يتم الحصول على مخطط التدفق النقدي المتوقع للمقاوله وكما في الشكل (1) ، من المخطط يستدل المقاول على صافي التدفق النقدي بما يمكنه من التخطيط المالي وتوفير مستلزمات التمويل المطلوبة بشكل مسبق يضمن استمرارية انجاز الاعمال حسب خطة المشروع



الشكل (1) مخطط التدفق النقدي

٢- التدفق النقدي السالب (Negative Cash Flow) : وهو مجموع المبالغ النقدية الخارجة من حساب المشروع بشكل مصاريف لتغطية تكاليف الاعمال قيد التنفيذ وتشمل على سبيل المثال تكاليف المواد والمعدات واجور العمل واية مصاريف اخرى يتطلبها العمل ويتم التعبير عنه بشكل سهم الى الاسفل ويتجه نحو اليمين ضمن الفترة الزمنية التي يجري فيها الصرف عادة حيث ان ميل السهم يشير الى استمرارية الصرف طوال الشهر

صافي التدفق النقدي (Net Cash Flow)

هو الفرق ما بين التدفق النقدي الموجب (الواردات) والتدفق النقدي السالب (المصاريف) سواء لمشروع واحد او عدة مشاريع في حسابات المقاول او الجهة المنفذة . ومن خصوصيات العمل في المشاريع الانشائية ان التدفق النقدي الموجب يحصل مره واحده في نهاية كل من الفترات الزمنية المتفق عليها في مدة المقاوله (شهر)

Net cash Flow = Positive cash flow – Negative Cash Flow

اما التدفق النقدي السالب فانه مصاريف يومية مستمره طوال مدة التنفيذ وعلى هذا الاساس فان صافي التدفق النقدي يحسب في نهاية الفترات الزمنية ليتزامن مع الدفعات الشهرية المستلمة عن قيمة العمل المنجز اي ان صافي التدفق النقدي لكل نهاية الفترة المحددة يمثل الفرق ما بين مجموع المبالغ النقدية المستلمه مطروحاً منه الاستقطاعات ومجموع المبالغ المصروفه .

ان المقاول يواجه حالتين من حالات صافي التدفق النقدي

① الحاله الاولى : وتكون عادة في الاشهر الاولى من المباشرة بالعمل حيث ان مصاريف المقاول اكبر من الواردات المتحققة عن قيمة الاعمال المنجزة او بمعنى اخر ان التدفق النقدي السالب اكبر من التدفق النقدي الموجب ، الامر الذي يسبب عجز في حسابات المقاول ويتطلب منه الحصول على التمويل من خارج المقاوله لتمكنه من الاستمرار بالعمل وتحقيق تقدم في نسبة انجاز العمل

② الحاله الثانيه : عندما تبدأ واردات المقاول الشهرية في تحقيق نسب تصاعدية من الانجاز تزيد عن مصاريفه التراكميه اي ان التدفق النقدي الموجب يصبح اكبر من التدفق النقدي السالب ويعني ذلك ان حساب المقاولة صار يحقق وفراً يعادل

يعادل صافي التدفق النقدي وان المقاولة بدأت تحول تفسيرا ذاتياً اضافة الى تحقيق شيئاً من الربح المتوقع من تنفيذ المشروع.

التخطيط المالي للمقاولة :

تحال مقاولات المشاريع الانشائية بمعرفة المقاولين وبالاسعار التي يتفق عليها وان السعر للاعمال (يشمل سعر الكلفة التخمينية مضافاً اليها نسبة من الربح قد يصل الى 20% وبصورة عامة فان

سعر المقاولة = كلفة الاعمال + الربح

ويجري تنفيذ الاعمال وفق نسب تصاعدية تتبع عادة مسار منحني الانجاز الكمي (Progress S-Curve) وتحدد هذه النسب مسبقاً وفق خطة العمل (Plan of Work) وبموجب المنهاج الزمني للمقاولة ، فانه بالامكان ان نحدد تبعاً لذلك المبالغ المتوقعة لصرفها على العمل لكل شهر او اي فترة يراد بها تحديد مبالغ المستحقة وذلك من المبالغ المحددة لكل فقرة في الشهر المراد تحديد المسلفة له بدون الارباح المحددة من قبل المقاول

$$\text{الكلفة الحقيقية} = \frac{\text{كلفة الاعمال في جدول الكميات}}{(1 + \text{الربح \%})}$$

ان [redacted] التدفق النقدي للمقاولة يمكن المقاول من تحديد توقعات المبالغ التي سوف يصرفها والمبالغ التي يستلمها لحد نهاية كل فترة زمنية وبالتالي سوف تساعده في معرفة السيولة النقدية التي يحتاجها ومن ثم التخطيط لاسلوب تمويل المشروع بالمبالغ النقدية لمجموعة المشاريع التي بعهدته .

ملاحظات :

① يمكن دفع مسلفة مقدمة على الحساب (مسلفة تشغيلية) تسترجع باقساط يتفق عليها وعلى كيفية تسديدها وفق شروط العقد

② المسلف تدفع شهرياً اذا كان العمل مستمر

③ هناك فترة ما بين تقديم الطلب واستحقاق المسلفة وصرفها

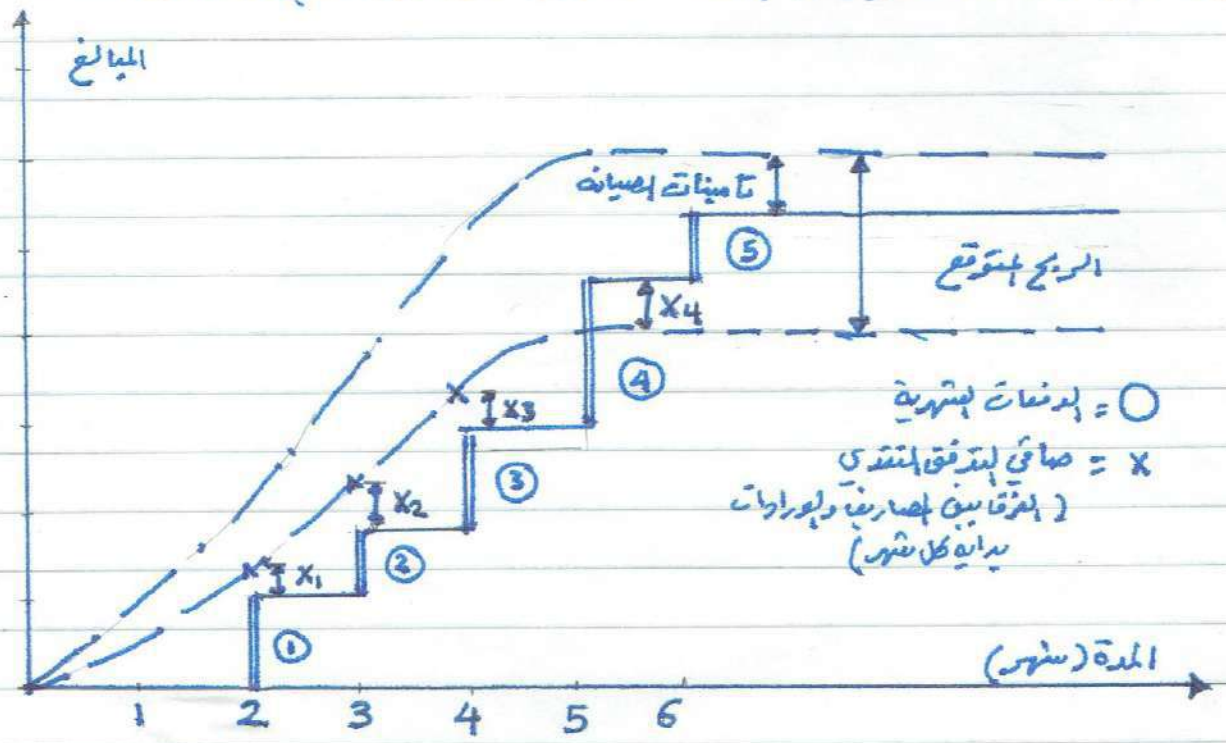
④ يدفع صاحب العمل 90٪ من قيمة العمل المنجز الى المقاول (سلفة شهرية) وبموجب العقد و الباقي استقطاعات ائتمانية

⑤ لاتتجاوز نسبة الاستقطاعات 5٪ من مبلغ المقاولة الكلي

⑥ يتم التسليف 75٪ عن قيمة المواد المطروحة في موقع العمل

⑦ يطلق نصف الاستقطاعات عند صدور شهادة الاستلام الاولي (اكمال الاعمال) و الباقي تطلق بعد اكمال اعمال الصيانة وصدور شهادة الاستلام النهائي

ان خطة العمل و البرنامج الزمني للمقاولة يمثلان الاساس الذي يمكن اعتماده في تحديد قيمة العمل المخطط انجازه شهرياً (Budget Value) ومن تعرفه شروط الدفع في المقاولة يمكن تحديد المبالغ النقدي للدفعات الشهرية المتوقع استلامها لقاء الاعمال المنجزة بالشكل رقم (2) تمثل منحنيات التدفق النقدي لقيمة الاعمال المنجزة والمبالغ المصروفة والمبالغ المدفوعات الشهرية على مدى تنفيذ المقاولة.

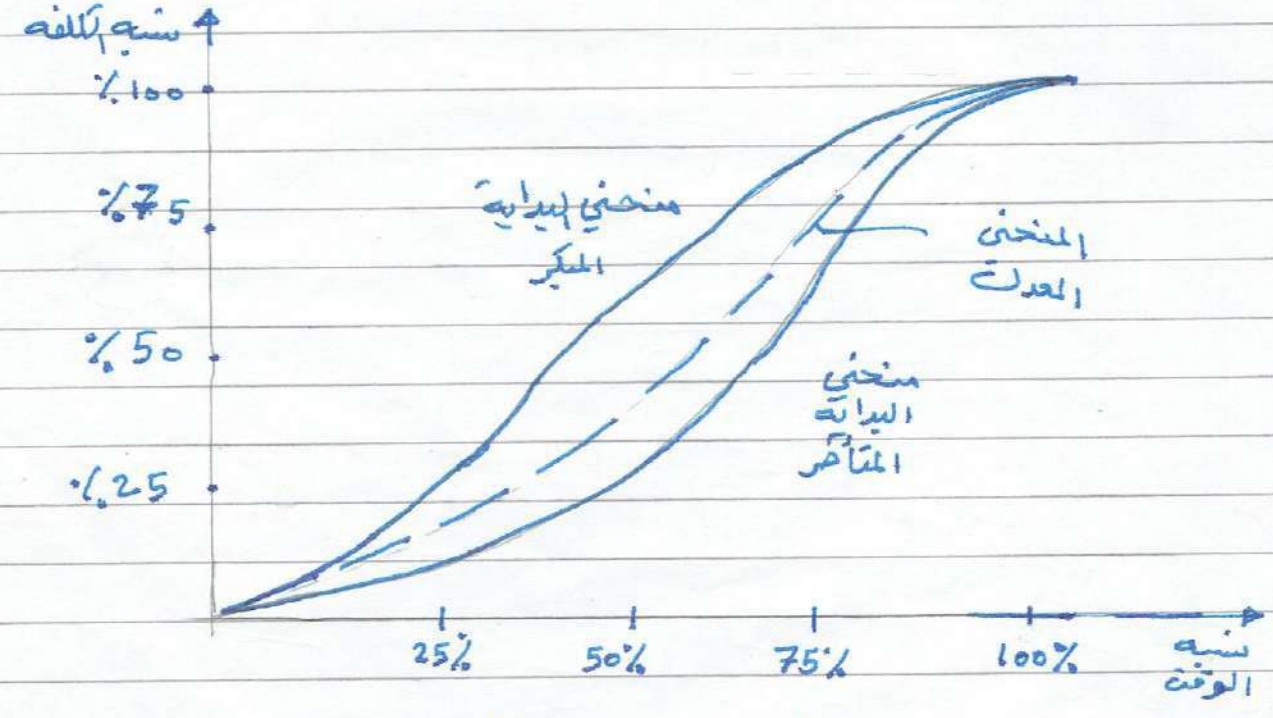


منحني التدفق النقدي التراكمي (S-Curve)

منحنى الوقت والكلفة التراكمي للمشروع

يمثل الشكل (3) منحنى الوقت والكلفة التراكمي للمشروع ما (S - Curve) ونلاحظ ان هناك منحنين ، الاول يمثل منحنى وقت البداية المبكر (Early start Curve) للفعاليات وثاني يمثل منحنى وقت البدايه المتاخر (late start curve) للفعاليات وفي هذه الحالة سياخذ الرسم شكل غلاف خارجي وغلاف داخلي (envelope Curve) ويتم رسم منحنى يمثل المعدل الوسط بين البدايتين (averange Curve) والذي يمثل الخطه العامه للمشروع حيث يتوسط مساره المسافة بين منحنى البدايه المبكرة والبدايه المتاخرة .

ولغرض اجراء المقارنه بين واقع الحال والمخطط يفضل ان يكون مسار المنحنى الذي يمثل واقع الحال واقعاً بين المنحنين الخارجي والداخلي وعلى مدير المشروع ان يحاول الابقاء على حالة سير العمل وفق هذا المسار عهد المستطاع وطيلة فترة التنفيذ ويعتبر هذا الموقف مقبولاً ودالاً على حسن سير العمل اما اذا وقع المنحنى الممثل لواقع الحال خارج الغلاف هذا يعني حدوث انحرافاً في سير العمل يتبغي تلافيه واتخاذ الاجراءات اللازمه .



(S - Curve)

س : احيلت مقاولة الى احد شركات المقاولات بمبلغ 1.52 مليون دينار على ان ينجز العمل بمدة 5 اشهر تضمنت تخمينات المقاول في العطاء المقدّم من قبله ضمان ارباح بنسبة 20 % من الكلفه الكليه للعمل وعلى ان ينفذ العمل وفق البرنامج الزمني والمعلومات المبينه ادناه والواردة ضمن شروط العقد

- قيام صاحب العمل بدفع سلفه تشغيليه مقدمة على الحساب عند بدء العمل قدره 10 % من مبلغ المقاوله سيترجع على شكل 3 اقساط شهرية متتالية يستحق القسط الاول منها من مبلغ السلفه الثالثه التي يستحقها المقاول ويستلمها فعلاً بحيث يكون مبلغ القسط الاول يعادل 30 % والثاني 45 % والثالث 25 % من مبالغ الدفعات المقدمة على التوالي
- استقطاع 10 % من قيمة العمل المنجز (استقطاعات نقدية) ولغاية مبلغ لايتجاوز 5 % من المبلغ الكلي للمقاولة حيث تطلق نصف هذه الاستقطاعات عند انجاز العمل وتطلق النصف المتبقي بعد انتهاء فترة الصيانه وصدور شهادة الاستلام النهائي ، علماً ان اجراءات تنظيم وتدقيق وصرف السلفه يستغرق شهراً واحداً مابين تاريخ استحقاقها وتاريخ استلام مبلغها فعلاً من قبل المقاول

المطلوب : رسم مخطط بياني للتدفقات النقدية وبيان مبلغ وتاريخ اول عجز مالي يواجهه المقاول وكذلك بيان اكبر عجز يواجهه المقاول وتاريخه .

علماً ان المقاول قد وضع رصيداً ثابتاً من امواله الشخصيه (خطاب ضمان) قدره 10 مليون دينار ، لغرض الصرف واداره هذه المقاوله كما رصت شروط العقد على فرض غرامة تأخيرية قدرها 500 الف دينار يومياً عن كل يوم تأخير في العمل .

Activity	المدة الزمنية (month)					
	1	2	3	4	5	6
A	12					
B		18				
C			13			
D			11			
E				6		
F					10	
G					20	
H						12
قيمة العمل المنجز بموجب الجدول الزمني	12	18	24	6	30	12

Total value = 12 + 18 + 24 + 6 + 30 + 12 = 102

Project duration — 12 month — 1 month

التفاصيل Details	1	2	3	4	5	6	7			
Value of finished work	12	18	24	6	30	12				
Total Cost	10	15	20	5	25	10				
Cumulative Cost	10	25	45	50	75	85	85			
monthly Payment	10.2		10.8	16.2	21.9	6	30	12		
deduction (−)					3.06	4.59	2.55	−15 Penalty. غرامة		
net recived value	10.2		10.8	16.2	18.84	1.41	+27.45 +2.55	−3		+2.55
Cumulative recived	10.2		21	37.2	56.04	57.45	84.9	84.45		87
Σ	10.2	0.2	−4	−7.8	+6.04	−17.55	−0.1	−0.55		+2

$X + 0.2X = 12 \Rightarrow X = \frac{12}{1.2} = 10$

$X + 0.2X = 18 \Rightarrow X = \frac{18}{1.2} = 15$

$102 \times 0.1 = 10.2$

$12 - 0.1 * 12 = 10.8$ (حسب شروط المقاول 90٪ من قيمة العمل المنجز)

$(12+18) - 0.1(12+18) = 27 - 10.8 = 16.2$

$(12+18+24) - 0.1(54) = 54 - 5.4 = 48.6$ X (خطأ حيث ان قيمة الاستقطاع حسب الشروط لا تتجاوز 5٪ من المبلغ الكلي)

$54 - 0.05(102) = 54 - 5.1 = 48.9$

$48.9 - 27 = 21.9$

$60 - 5.1 = 54.9 - 48.9 = 6$

$$\text{تكلفة} = \left(\frac{\text{كلفة الاعمال في جدول الكميات}}{1 + \text{٪ الربح}}\right)$$

* قيمة الاستقطاعات لاتتجاوز 5٪ قيمة المقاولة الكلية

$102 * 0.05 = 5.10$

* السلفة التشغيلية و البالغة (١٥٪ من قيمة المقاولة)

$102 * 0.10 = 10.2$

وتسترد على شكل ثلاث اقساط شهرية متتالية يبدأ القسط الاول منها من مبلغ السلفة الثالثة .....

$0.3 * 10.2 = 3.06$

$0.45 * 10.2 = 4.59$

$0.25 * 10.2 = 2.55$

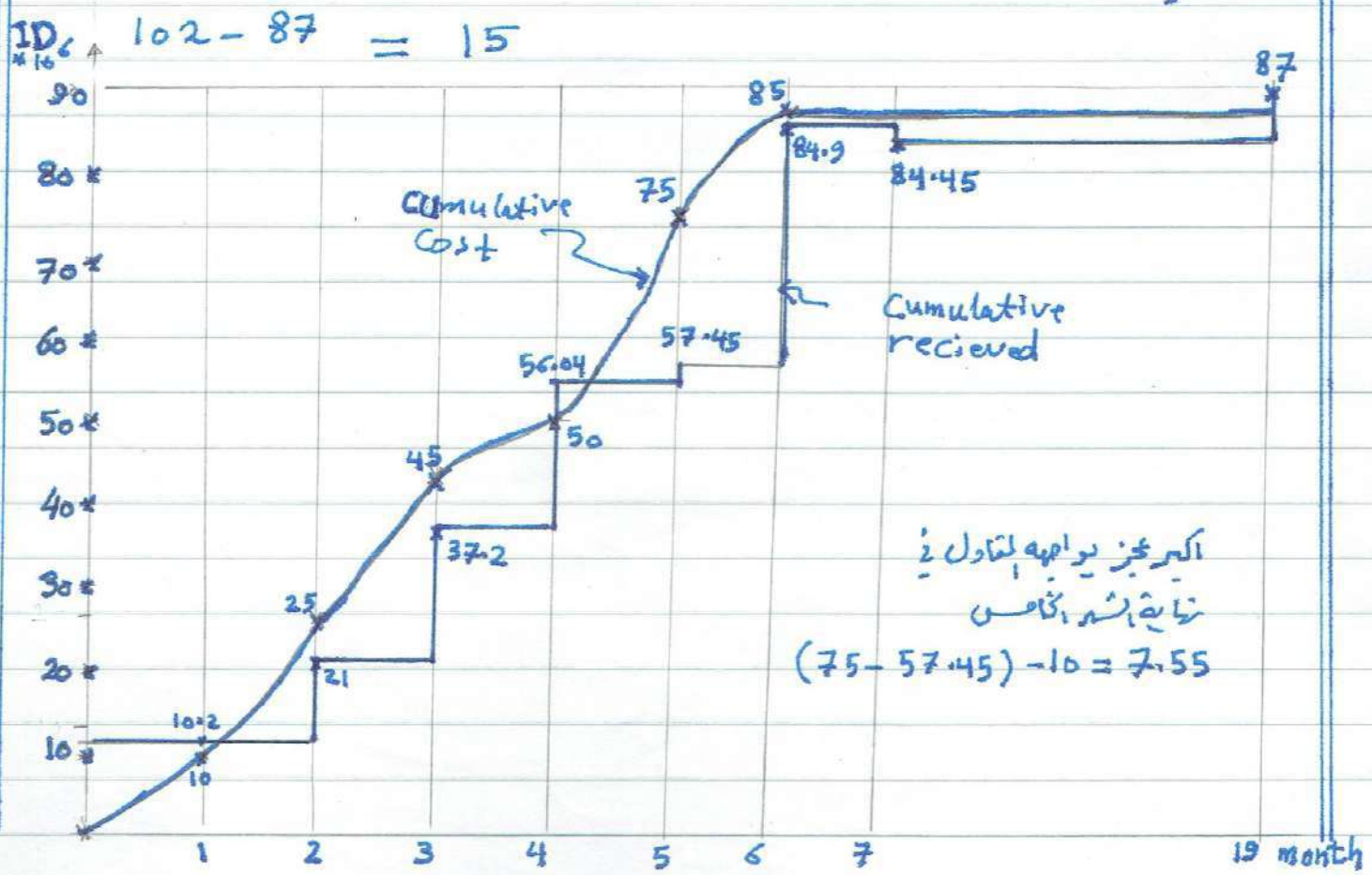
* الغرامات

$500 * 30 = 15000 = 15 * 10^3$

* نصف الاستقطاعات تطلق بعد نهاية العمل والنصف الآخر تطلق بعد نهاية فترة الصيانة .

$0.5 * 5.1 = 2.55$

$102 - 87 = 15$



الكبير يواجه المقاول في نهاية الشهر الخامس

$(75 - 57.45) - 10 = 7.55$

H.W

Ex: A Contract awarded to a contractor for the Sum of 80 milion ID and to be finished with 6 month starting from date of sighing the contract (توقيع العقد), the contractor included It price Profit (ربح) amounting 20% of total Cost, the Contract Condition (شروط العقد) stipulate (تشترط) 10% of the Contract value should be Paid to the Contractor as down Payment on signing the Contract and shoud be paid back by the Contractor by 3 equal installment starting from the third monthly payment according to the general Condition Contract.

draw the Cash flow diagram for this Contract and determine the amount and dates of the requird fianancing for the Project by the Contractor, assuming uniform distribution for the value of works and Cost at each activity along activity duration, the Contract signed on 1/7/2002, the Penelty for dealy is 10000 ID/day, the Proccessing period of the monthly Payment by the employ is one month. Assuming 30 days in each month, the Item Schedule Per Period by the Contractor for the employment of the Job is shown in the following Bar-Chart.

Acti \ Time	1	2	3	4	5	6
A	4500	4500				
B		4000	4000	4000		
C				12000	6000	
D				15000		
E				2000	4000	
F						20000
	4500	8500	4000	33000	10000	20000

Activity	Time (month)	Value (ID) $*10^3$
A	2	9000
B	3	12000
C	1.5	18000
D	1	15000
E	1.5	6000
F	1.0	20000
		80000 ID $*10^3$

Details	1	2	3	4	5	6	7	...	19	
Monthly value *1000	4.5	8.5	4	33	10	20				
Total cost	3.75	7.08	3.33	27.5	8.33	16.67				
Cumulative Cost	375	10.83	14.16	42.66	4999	6666			66.66	
monthy Payment	8	4.05	7.65	36	30.7	10	20			
deduction (−)				2.67	2.66	2.67				
net recived	8	4.05	7.65	0.93	28.04	7.33	20		2	
Cumulative recived	8	12.05	19.7	20.63	48.67	56	78		80	
Σ	8	4.25	1.22	5.54	−24.03	−1.32	−1.66	11.34	13.34	

$80 * 10^6 * 0.05 = 4 * 10^6$ ← ukhei yi

$0.45 + 0.85 + 0.4 = 1.7 + .33 = 5$

د. طه عواد الحميدي
ادارة مشاريع انشائية
قسم الهندسة المدنية
المرحلة الثالثة

Resources Allocation and Levelling توزيع وتسوية الموارد

يمكن تعريف الموارد (Resources) على انها كل مايلزم لانجاز الفعاليات المختلفة من مواد وآليات او ايدي عاملة او اموال وغيرها. اما تسوية وتوزيع الموارد فهو العلم الذي يعنى بالتوزيع الأولي للموارد على الفعاليات على مدى عمر المشروع ثم محاولة الوصول الى افضل تسوية لهذه الموارد ضمن حدود وقيود الوقت والكلفة وتوفر الموارد :

المواد : تعتبر المواد احد الموارد المهمة والرئيسية التي يجب اخذها بعين الاعتبار عند جدولة المشروع ، حيث يتم تحديد كمية المواد اللازمة لتنفيذ كل فعالية ومن واجبات مدير المشروع تنسيق عملية توريد هذه المواد الى موقع المشروع بحيث تكون هذه المواد في المكان والزمان المناسبين وبالكمية المناسبة وعكس ذلك يؤدي الى زيادة زمن المشروع او زيادة كلفته او كليهما .

الآليات والمعدات : من الموارد المهمة والتي يجب توفرها في الاوقات المناسبة وبالعدد الكافي لتنفيذ الفعاليات التي تحتاج الى هذه الآليات ضمن الوقت المتاح لضمان تنفيذ المشروع في موعده المحدد ويمكن توفير الآليات والمعدات عن طريق شرائها او استئجارها او بالطريقتين معاً

الايدي العاملة : احد الموارد الرئيسية في المشاريع وفي معظم المشاريع تكون هناك حاجة لوجود ايدي عاملة فنية متخصصة لتنفيذ اعمال معينة وفي هذه الحالة يجب توفر هذه الايدي العاملة المتخصصة في الوقت المناسب وبالعدد الكافي والمؤهلات المطلوبة حتى لايتأخر تسليم المشروع عن وقته المحدد.

من المتعارف عليه انه لايمكن تنفيذ اي مشروع دون توفر الاموال الكافية لدى الشركة المنفذة وفي العادة يتم تنفيذ المشروع على مراحل بحيث تستطيع الشركة المطالبة بالمستحقات المترتبة لها عن تنفيذ كل مرحلة بعد الانتهاء منها وتسليمها الى الجهة المخولة بالاستلام

اما بالنسبة للزمن فهو احد اهم الموارد في اي مشروع حيث تحتاج الفعاليات الى وقت من اجل تنفيذها وعملية تحديد الزمن اللازم لتنفيذ كل فعالية في

المشروع عملية مهمة جداً لان سوء التقدير لزمن الفعاليات في المشروع سيؤدي الى تاخير فعاليات وتقديم فعاليات اخرى ، ومن الضروري عند القيام بتحليل المخططات الشبكية وجدولتها ، جدولة الموارد اللازمة لتنفيذ كل فعالية من الفعاليات في المشروع وتوزيعها زمنياً بما يحقق الاستغلال الامثل لها.

محدودية الموارد

الموارد محدودة بطبيعتها ، وجعلها الله سبحانه وتعالى بمقادير ، بعضها يستهلك كالبترول وبعضها مقدار ثابت كالماء ولكنه يتحول من حاله الى اخرى ، يشح في منطقة ويزيد في اخرى . وبعض الموارد متجددة ومتنامية كالايدي العاملة وبشكل عام يوجد نوعان من الموارد :

اولاً : موارد يمكن تخزينها وهي تلك الموارد التي ان لم تستخدم في فترة توفرها يمكن تخزينها لاستخدامها في فترات لاحقة مالم يكن لها فترة صلاحية محدودة للاستعمال .

ثانياً : موارد لايمكن تخزينها وهي تلك الموارد التي ان لم تستخدم في فترة توفرها لايمكن تخزينها لاستخدامها في فترات لاحقة مثل وقت الايدي العاملة ووقت الآليات الانتاجي .

بالنسبة للمشاريع بشكل خاص ، فان موارد المشروع محدودة وتحتاج الى مال ووقت وكلاهما محدود ، بمعنى ان هناك فترة زمنية محدودة يجب انهاء المشروع خلالها وهناك ميزانية محدودة يجب انجاز المشروع ضمنها وهذه الاموال تشكل جداً للموارد الاخرى اللازمة للمشروع مثل الايدي العاملة والمواد والآليات وغيرها .

بالاضافة الى ماسبق ذكره فان بعض الموارد محدودة بطبيعتها ، فعلى سبيل المثال الايدي العاملة المتخصصة في مجال معين (مجال فني دقيق) تكون قليلة ونادرة في العادة ، وعليه هناك عدد لعدد العمال الفنيين المتخصصين في مجال معين والذين يمكن ان يعملوا في المشروع آخذين بنظر الاعتبار منافسة مشاريع اخرى على استقطاب هذه الايدي العاملة ، ومن امثلة الاخرى البلدان التي تعاني من الجفاف وقلة الامطار والمياه الجوفية ، فالماء كمورد محدود جداً وبالتالي فان المشاريع التي تعتمد على الماء كمورد رئيسي قد تواجه صعوبات كبيرة تؤدي الى فشلها كذلك الامر بالنسبة للطاقة الكهربائية في المناطق النائية

الاسباب الموجبة لجدولة الموارد

تسمى عملية توزيع وتسوية الموارد بعملية جدولة الموارد ، جدولة الموارد تعنى بمعرفة كيفية توزيع استخدام الموارد المختلفة اللازمة لتنفيذ المشروع على مدى عمره وذلك ضمن الامكانيات والموارد المتوفرة ومن اهم الاسباب الموجبة لجدولة الموارد

١- محدودية الموارد : في حالة كون بعض الموارد اللازمة لتنفيذ المشروع محدودة على مدير المشروع ان يأخذ ذلك في الاعتبار في مرحلة التخطيط ، على سبيل المثال اذا كان الحد الاقصى لعدد الآليات التي يمكن استخدامها هي عشرة آليات فلا يمكننا تخطيط المشروع وجدولة على اساس توفر ١٥ آلية

٢- تجنب التذبذب في كمية الموارد اليومية المستخدمة : عدم الانتظام في توزيع الموارد على مدى عمر المشروع سيعني بتذبذب الموارد وقد يكون من الصعب الحصول على توزيع منتظم « Uniform » للموارد على طول عمر المشروع لكن المقصود هنا تسوية الموارد (Levelling) حيث يقل تذبذب الموارد الى اكبر حد ممكن ومن الافضل عند جدولة المشاريع تجنب التذبذب في كمية الموارد الى اكبر حد ممكن ،

الاستغلال الامثل للموارد : الاستغلال الامثل للموارد سيؤدي حتماً الى تخفيض كلفة المشروع وخصوصاً في حال كون هذه الموارد ثمينة او مكلفة فعلى سبيل المثال في حالة الحاجة الى رافعة لتنفيذ بعض الفعاليات في مشروع فانه من المنطقي استئجار الرافعة لاشرادها وحين يتم استئجار الرافعة عند الحاجة لها ويتم الاستغناء عنها عند نهاية الحاجة لها ، كل هذا مبني على حاسبة الكلف ، ومن الافضل ترتيب الفعاليات التي تحتاج الى الرافعة بحيث يتم تشغيلها طوال فترة الاستئجار والا ستقوم بدفع بدل استئجار عنها اوقات لم تشغل فيها الرافعة مما قد يؤدي الى زيادة كلفة المشروع .

جدولة الموارد Resource Scheduling

تهدف جدولة الموارد الى التوزيع الافضل لكمية الموارد المتوفرة للمشروع وذلك بالاستفادة من المرونة الحرة للفعاليات غير الحرجة وتتم جدولة الفعاليات في الاوقات المناسبة حيث انه ليس من الضروري بدء النشاطات الحرجة في البكر وقت لها.

ذكرنا في السابق ان تخطيط المشاريع باستخدام نظام التحليل الشبكي يلزم معرفة الامور التالية : اولاً العلاقات التتابعية و التزامنية التي تربط بين نشاطات وفعاليات المشروع ، ثانياً الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ كل فعالية في المشروع ونضيف الى هذين المطلبين امرين آخرين يتعلقان بالموارد اللازمة لتنفيذ المشروع وهما معرفة :

* نوعية وكمية الموارد اللازمة لتنفيذ كل نشاط في المشروع والفترة الزمنية التي سوف يتم خلالها استخدام هذه الموارد .
* الموارد الاجمالية المتوفرة للمشروع والقيود التي قد تكون مفروضة على استخدام بعضها مثل القيود على المدفوعات و القيود على التسهيلات البنكية واستقدام الايدي العاملة من خارج البلاد وغيرها

وبالرغم من وجود الكثير من الاختلافات في وجهات النظر على تصنيف طرق جدولة الموارد الا انه يمكن تصنيفها كما يلي

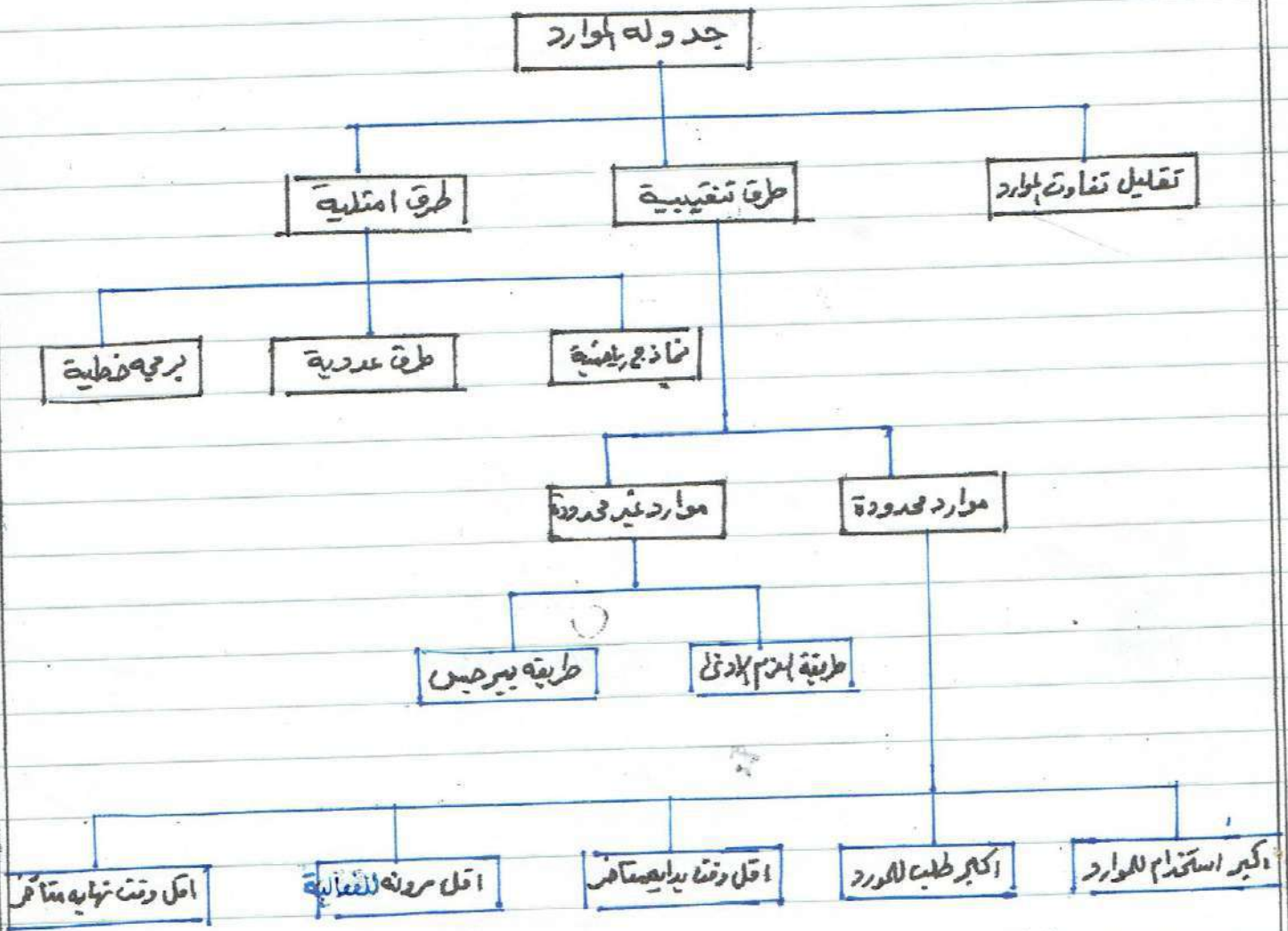
1- Resource Smoothing اسلوب تسوية الموارد (تقليل تفاوت الموارد) : يستخدم في المشاريع الصغيرة ذات الموارد البسيطة حيث تستطيع ادارة المشروع توزيع وجدولة الموارد من خلال عمليات حسابية غير معقدة

2- Unlimited Procedures الاساليب التتابعية وهناك تداخل بين الاسلوبين الاول والثاني ويمكن تقسيم هذا الاسلوب الى مجموعتين من الطرق حسب محدودية الموارد :-

أ- Unlimited Resources الموارد غير محدودة : في هذه الحالة يكون وقت المشروع محدود والهدف عملية الجدولة هو تقليل مستويات الموارد اللازمة لتنفيذ المشروع الى الحد الادنى ضمن الوقت المفروض للمشروع ومن اكثر الطرق استخدامه في هذا المجال طريقة بيرجس Burgess - Minimum Moment Algorithm وطريقة العزم الادنى Algorithm

ب- Limited or Fixed Resources الموارد محدودة : وفي هذه الحالة يكون الحد الاعلى للموارد التي يمكن استعمالها محدود" والهدف من عملية الجدولة تنفيذ المشروع في اقل وقت ممكن ضمن محدودية الموارد ، ان الاساليب التتابعية عبارة عن قوانين تعطي حلاً جيداً في بعض الحالات ، وتعطي حلاً سيئاً في حالات اخرى

٣- اساليب المثلية (optimization Procedures) : حيث يمكن الحصول على الحد الامثل باستخدام احدى الطرق التالية وهي البرمجة الخطية (Linear Programming) والطرق العددية Enumeration Technique والنماذج الرياضية (Mathematical Models)



اساليب جدولة الموارد

① Resource Smoothing : بعد التحميل الاولي للموارد لمعرفة الاحتياجات المختلفة من الموارد المحددة لكل فترة زمنية على مدى عمر المشروع تقوم بتقليل تفاوت الموارد (Resource Smoothing) من فترة الى اخرى للحصول على انتظام افضل لتوزيع الموارد ففي هذا الاسلوب نحافظ على الوقت اللازم لانهاء المشروع كما هو بلا زيادة او نقصان ، ونحاول على تقليل التفاوت

في استخدام الموارد على مدى عمر المشروع عن طريق استخدام المرونة الحرة لكل نشاط في المخطط الشبكي للوصول الى افضل توزيع لها خلال الفترة الزمنية المخصصة باستثناء النشاطات الواقعة على المسار الحرج والتي لا تملك مرونة تستخدم هذه الطريقة في المشاريع الصغيرة ذات الموارد البسيطة حيث تستطيع ادارة المشروع توزيع وجدولة الموارد خلال عمليات حسابية غير معقدة

① حصر الموارد المطلوبة كما ونوعاً لكل نشاط من النشاطات في المشروع

② حصر الكميات المتوفرة من كل نوع من انواع الموارد خلال الفترة زمنية على مدى عمر المشروع

③ تمثيل مخطط كانت للمشروع مع بيان الاوقات المبكرة والاوقات المتأخرة ومرونة لكل فعالية

④ - تمثيل مخطط الاستهلاك اليومي لكل مورد بناء على Bar chart ببداية مبكرة و Bar chart ببداية متأخرة

⑤ - استخدام مرونة النشاطات للتقليل من التقلبات في الاستهلاك اليومي من الموارد بحيث نحصل على افضل توزيع منتظم للموارد

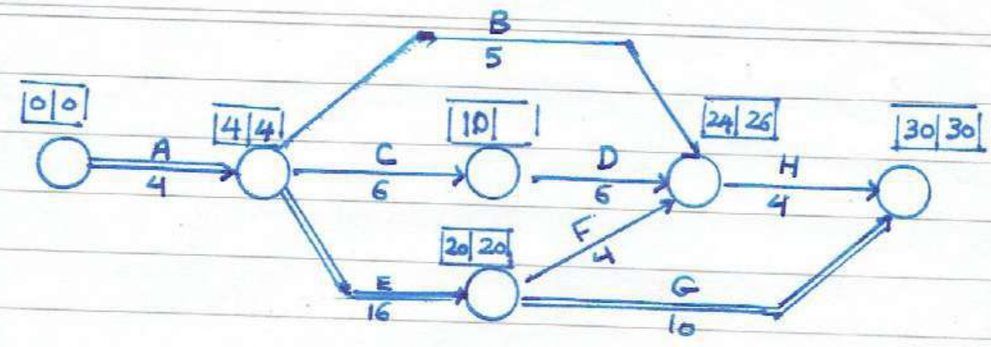
⑥ توثيق الازاحة وتثبيتها على مخطط استقبات (Bar chart) والانتقال للفعالية الاخرى

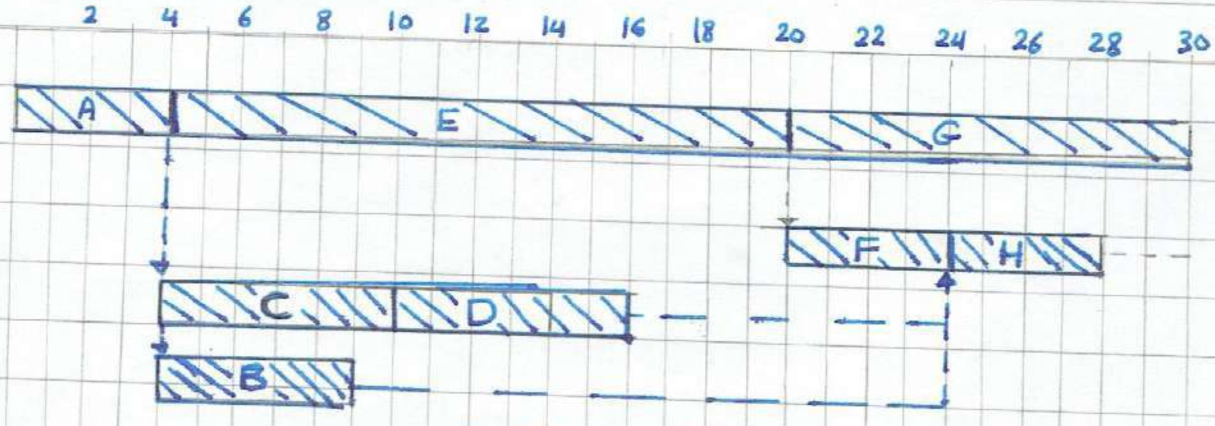
مثال ① (توزيع الموارد)

الجدول التالي يبين بيانات المشروع مكون من ثماني فعاليات فاذا علمنا ان كل فعالية تحتاج الى رجل واحد لكل يوم عمل المطلوب

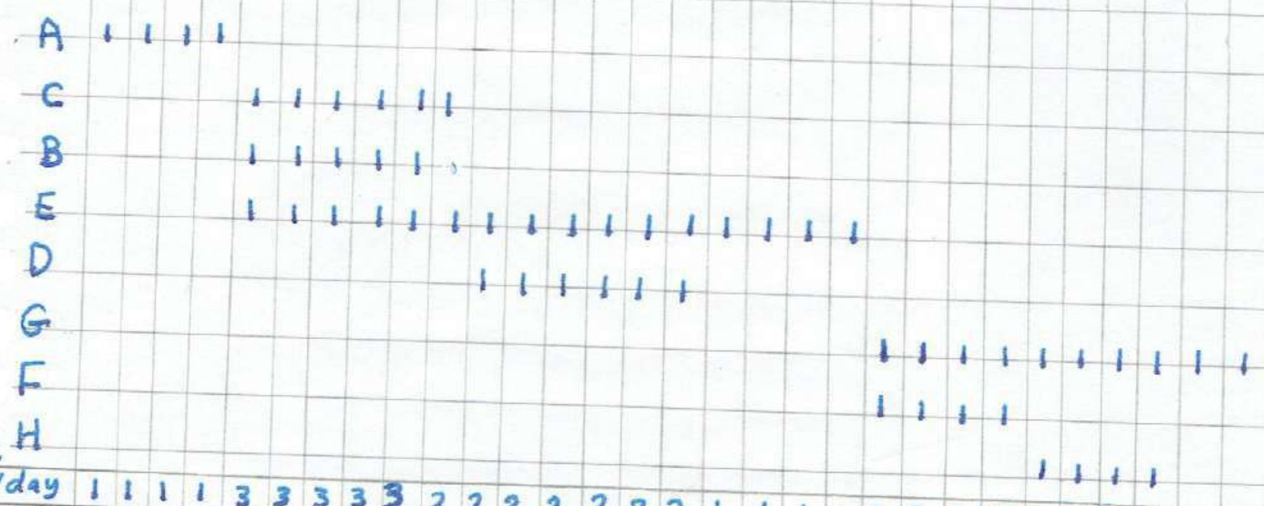
① مخطط Gantt للمشروع
② جدول استخدام الموارد
③ مخطط استخدام الموارد

Activity	duration day	Preceded by	الموارد المطلوبة man/day	تراكمي Cumulative
A	4	—	1	4
B	5	A	1	5
C	6	A	1	6
D	6	C	1	6
E	16	A	1	16
F	4	E	1	4
G	10	E	1	10
H	4	C, D, G	1	4





Gantt chart



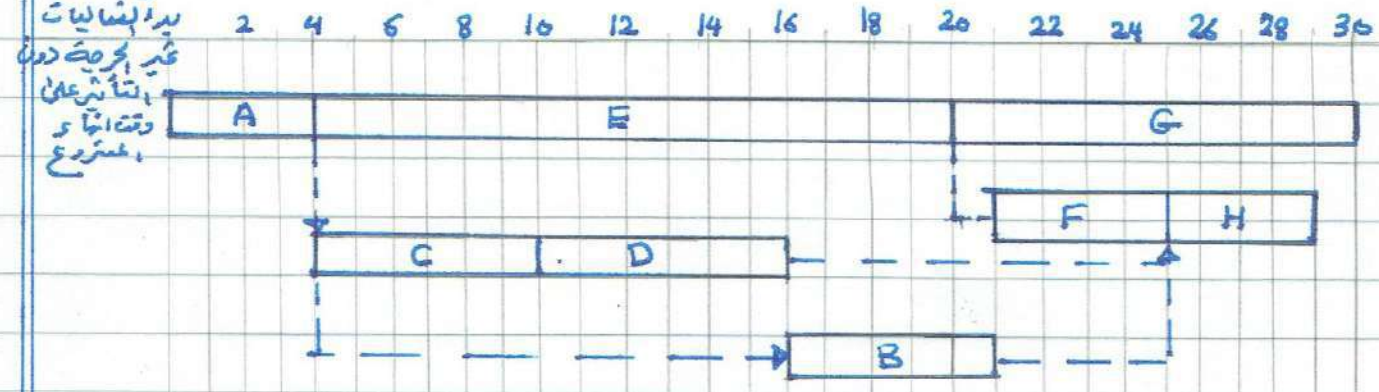
Sum/day	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Cumulation	1	2	3	4	7	10	13	16	19	21	23	25	27	29	31	33	34	35	36	37	39	41	43	45	47	49	51	53	54	55

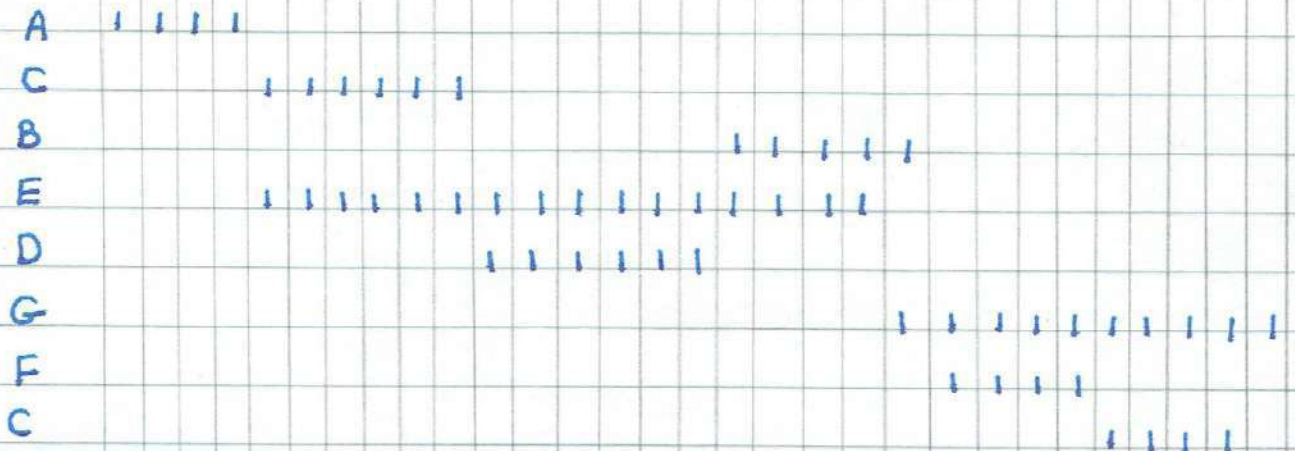
ب- جدول استخدام الموارد

ج- مخطط استخدام الموارد / يوم

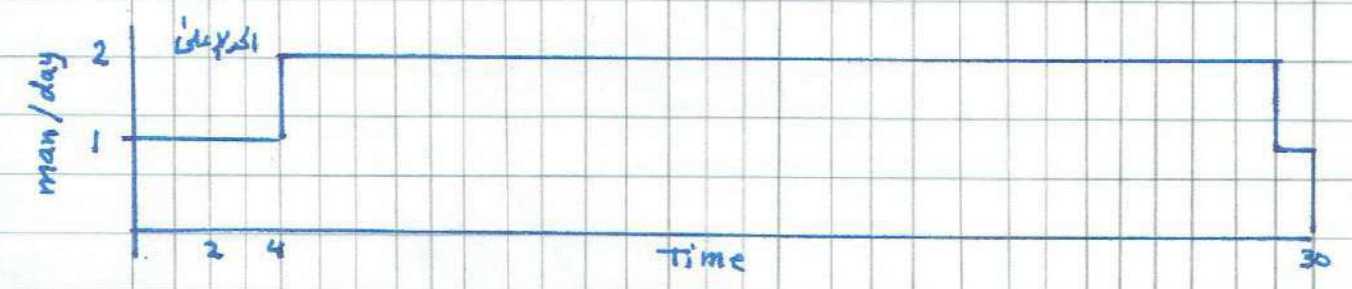
مثال: اذا كان الحد الاعلى لتوفر الموارد هو 2 رجل/يوم في المثال السابق المطلوب - (Resource smoothing) تطبيق باستخدام اسلوب تقليل الموارد ① مخطط Gantt الجديد للمشروع ② جدول استخدام الموارد ③ مخطط استخدام الموارد

الحل: بالنظر الى الشكل في المثال السابق واذا اعتبرنا ان قيد الموارد المذكور نلاحظ ان هنالك نقص في عدد الموارد المتوفره من اليوم الخامس وحتى اليوم التاسع بينما هنالك فائض من اليوم السابع عشر وحتى العشرين وذلك في اليوم ٢٠، ٢٩. المطلوب هو تسوية الموارد الى الحد الاقصى 2 رجل/ساعه. عن طريق تقديم او تاخير اوقات بدء الفعاليات غير الحرجة دون التأثير على وقت انتهاء المشروع.





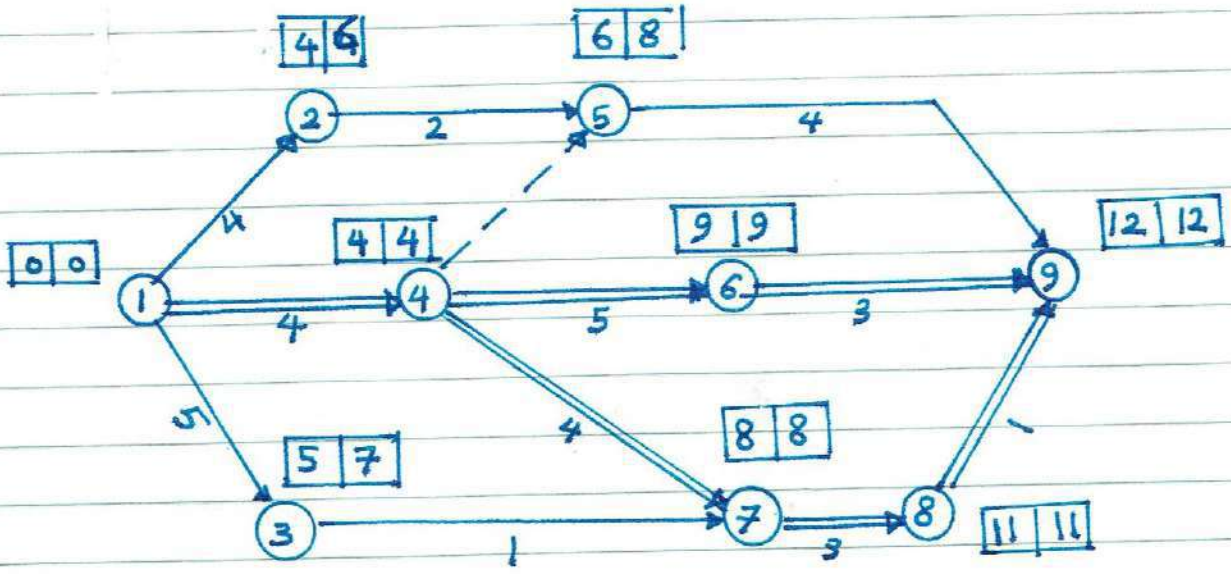
Sum/day	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Cumulat.	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55



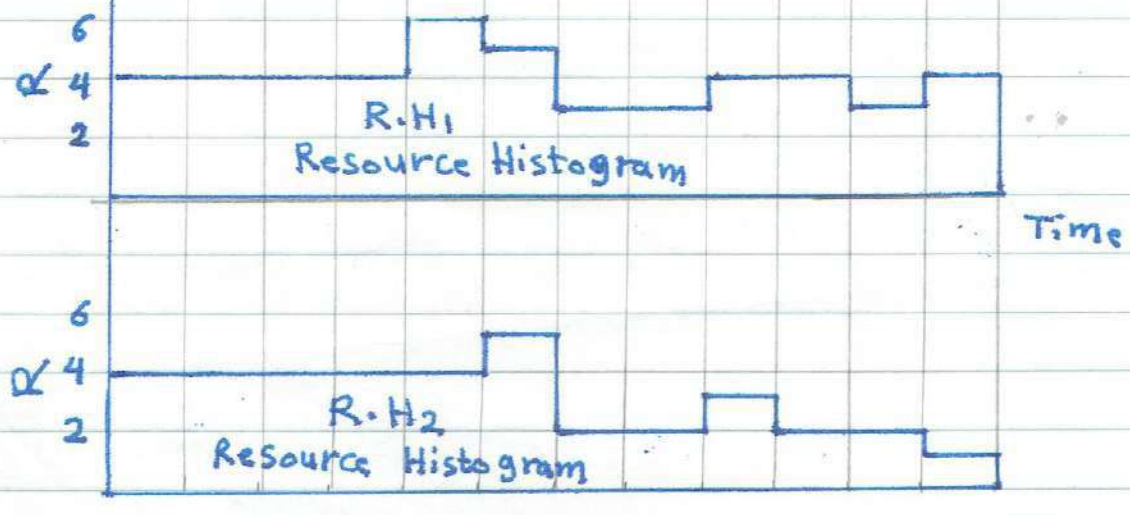
للتقليل من تفاوت الموارد نحافظ على الوقت اللازم لانهاء المشروع كما هو ثلاثون يوماً كما نحافظ على المسار الحرج (لا يستهلك مرونة) ومن ثم نستخدم المرونة للفعاليات غير الحرجة للوصول

Ex: An earth work job, to be completed in 12 week only 3 machines of type 1 and 2 machines of type 2 will be available for the works, draw the net work & find duration of this Project and draw histogram Resources for two type

Activity	duration	No of machines type 1	type 2
1-2	4	1	2
1-3	5	2	—
1-4	4	1	2
2-5	2	2	2
3-7	1	1	—
4-6	5	1	2
4-7	4	1	—
5-9	4	1	—
6-9	3	1	1
7-8	3	2	1
8-9	1	3	—



Activities	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-2												
1-3												
1-4												
2-5												
3-7												
4-6												
4-7												
5-9												
6-9												
7-8												
8-9												
Σ M①	4	4	4	4	6	5	3	3	4	4	3	4
Σ M②	4	4	4	4	4	5	2	2	3	2	2	1



الى افضل توزيع للموارد خلال عمر المشروع وكما يلي

① بدء النشاط (الفعالية) B في اليوم السادس عشر بدلاً من بدء المبكر

② بدء الفعاليتين F ، H بزيادة يوم واحد من بدء المبكر

الاساليب التنقيبية - موارد محدودة

في هذه الحالة يكون وقت المشروع محدود والهدف من عملية الجدولة هو تقليل مستويات الموارد اللازمة لتنفيذ المشروع الى الحد الادنى ضمن الوقت المفروض للمشروع ، ومن اكثر الطرق استخدامه :

① طريقة بيرجس Burgess Algorithm :

وتعتمد على مجموع مربعات الموارد اليومية كمقياس لكفاءة استخدام الموارد فبينما مجموع الموارد اليومية للمشروع ثابت لجميع التوزيعات الممكنة ، فان مجموع مربعات الموارد اليومية يقل كلما وصلنا الى توزيع اكثر انتظاماً ، ويصل مجموع مربعات الموارد الى الحد الادنى حين نصل الى افضل توزيع يومي ثابت للموارد هو التوزيع المثالي :

ويمكن تلخيص عملية جدولة الموارد بهذه الطريقة يمايلي

١- عمل قائمة لفعاليات المشروع حسب اعتمادياتها وتضاف لها زمن الفعالية وقت بداية المبكر وقت بداية المتأخر والمرونة الكلية والمرونة الحرة لكل نشاط

٢- تمثيل Bar chart اعتماداً على وقت بداية المبكر للفعاليات

٣- ايجاد الاحتياجات اليومية للمشروع من كل مورد

٤- ايجاد مجموع مربعات الاحتياجات اليومية لكل مورد على حدة ثم ايجاد مجموع مربعات الاحتياجات اليومية

٥- ابتداء من آخر نشاط في مخطط Bar chart نؤجل بداية النشاط الى اقصى مدة ممكنة بحيث نحصل على اقل مجموع لمجموع المربعات . ويجب ان لا تتساوى مدة التأجيل المرونة الحرة للنشاط ، واذا تساوى مجموع مجموع المربعات لمدتي تأجيل مختلفتين نختار المدة الاكبر لاعطاء النشاطات السابقة مرونة اكبر

٦- اذا اجلنا النشاط في الخطوة السابقة نعيد حسابات الجدولة للمشروع

٧- تكرر الخطوتين ٥ ، ٦

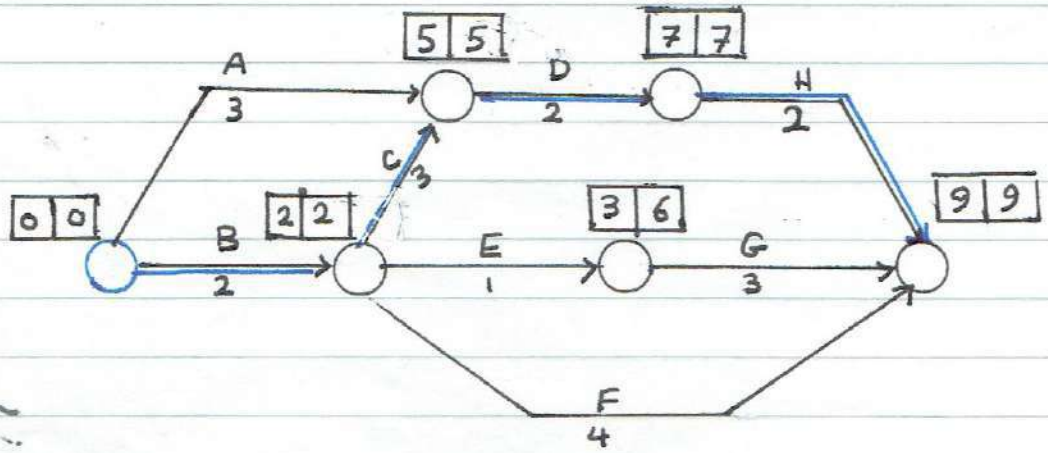
مثال: الجدول (التالي) يمثل قائمة من الفعاليات لاحد المشاريع وحاجة كل فعالية من الموارد حيث يحتاج المشروع الى نوعين من الموارد هما X ، Y المطلوب

١- تمثيل المخطط السهمي للمشروع
٢- ايجاد اوقات الفعاليات المبكرة والمتأخرة وحرجة
٣- مخطط Gantt اعتماداً على الاوقات المبكرة والمتأخرة
٤- المخطط الذي يمثل الاستهلاك اليومي للموردين X ، Y اعتماداً على وقت البداية المبكر والمتأخر
٥- المنحنى التراكمي للمشروع (S-Curve) اعتماداً على وقت البداية المبكر ووقت البداية المتأخر.
٦- جدولة الموارد باستخدام طريقة بيرجس
٧- مخطط الاستهلاك اليومي للموردين X ، Y بعد الجدولة بطريقة بيرجس

Activity	duration day	Preceded by	Resources Unit/day X	Y
A	3	—	3	2
B	2	—	1	2
C	3	B	2	2
D	2	A, C	2	1
E	1	B	1	1
F	4	B	—	2
G	3	E	2	3
H	2	D	1	3

الحل:

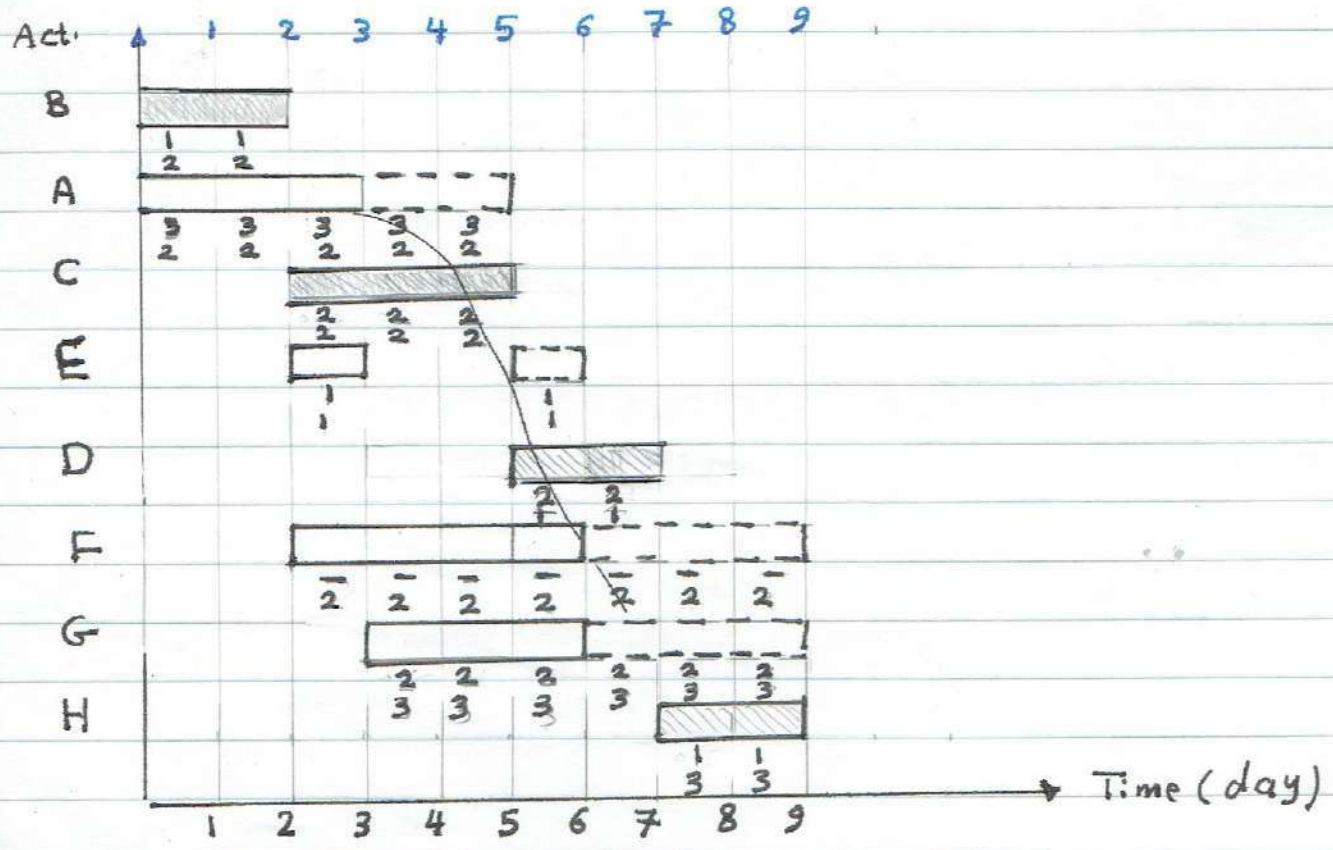
①



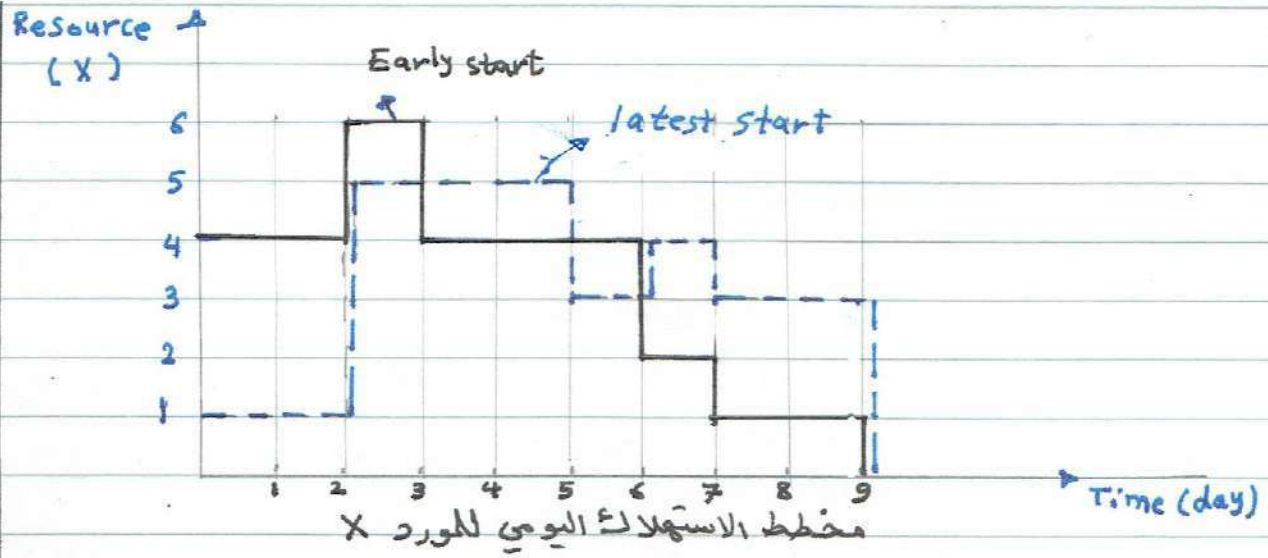
②

Activity	Time (day)	Early		late		Float		C.P
		start	Finish	start	finish	Total	Free	
A	3	0	3	2	5	2	2	
B	2	0	2	0	2	0	0	*
C	3	2	5	2	5	0	0	*
D	2	5	7	5	7	0	0	*
E	1	2	3	5	6	3	0	
F	4	2	6	5	9	3	3	
G	3	3	6	6	9	3	3	
H	2	7	9	7	9	0	0	*

③



4	4	6	4	4	4	2	1	1	المورد x بداية
4	4	7	7	7	6	1	3	3	المورد y بداية
1	1	5	5	5	3	4	3	3	المورد x نهاية
2	2	4	4	4	4	6	8	8	المورد y نهاية



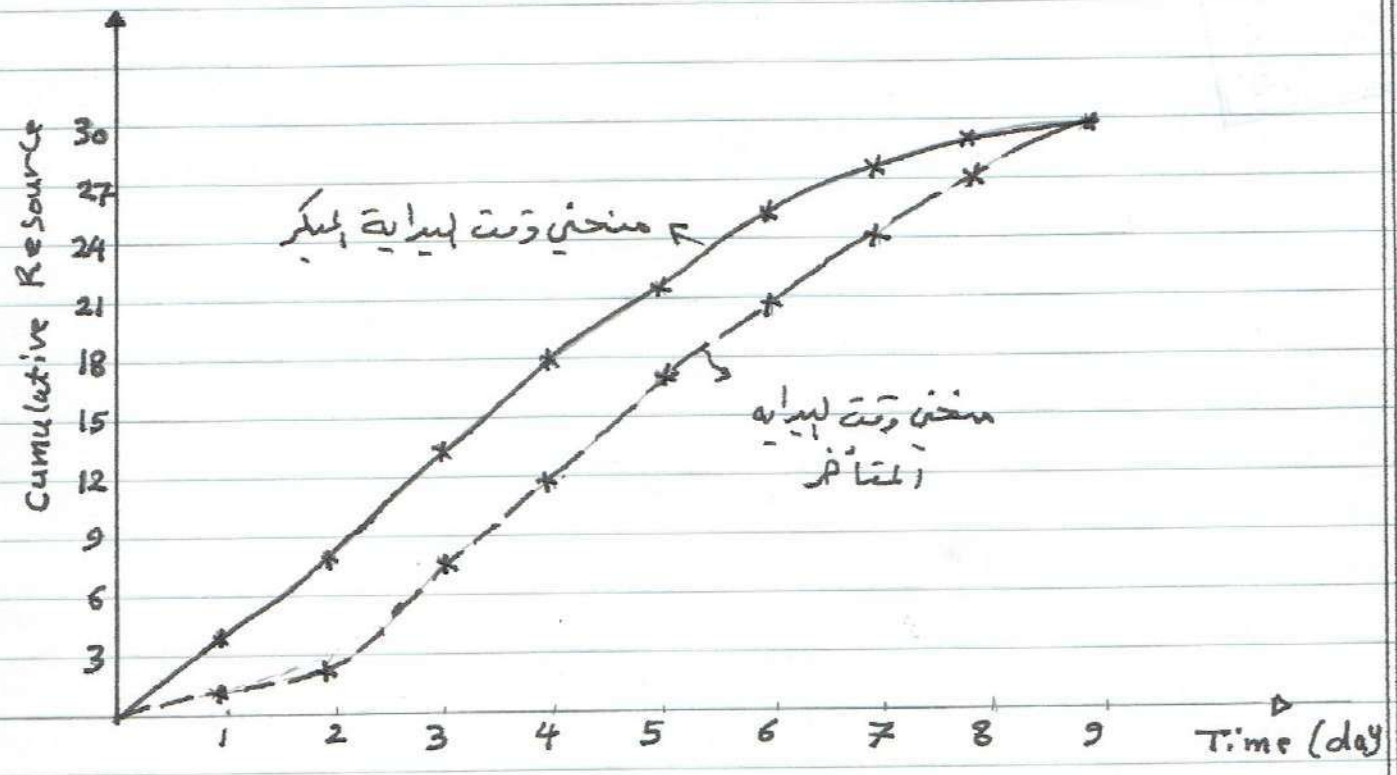
مخطط الاستهلاك اليومي للمورد X

مخطط الاستهلاك اليومي للمورد y

٥) لتمثيل منحنى لبداية مبكرة تراكمي (S-Curve) للمورد X تكون البيانات كالآتي

الحاجة التراكمية للمورد (X) حسب بداية مبكرة وبداية متأخرة

Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Resource/day	4	4	6	4	4	4	2	1	1	E. start
Cumulati.	4	8	14	18	22	26	28	29	30	
Resource/day	1	1	5	5	5	3	4	3	3	L. start
Cumulat.	1	2	7	12	17	20	24	27	30	



S-Curve For Resource X

H.W: (تمثيل منحني لبداية المبكر لتراكمي (S-Curve للمورد Y)

⑥ جدولة الموارد بطريقة بيرجس

باتباع الخطوات السابق ذكرها لتسوية الموارد ومتابعة الجدولين رقم (1) و رقم (2) حيث نظهر في اول سطر من كل جدول الحاجة اليومية قبل الجدولة للموردين X، Y على التوالي

مجموع مربعات الاستهلاك اليومي للمورد X = 122

" " " " " " Y = 234

مجموع الموردين X، Y = 356 ومن ثم نبدأ بتطبيق الخطوات بطريقة بيرجس

④ المورد X :-

الخطوة الاولى : الفعاليات B ، C ، D ، H لا تأجيل كونها حرجة

الخطوة الثانية : الفعالية G لها 3 يوم مرونة كلية اي يمكن تأجيلها يوماً او يومين او ثلاثة ايام

تأجيل يوم (1) تكون مجموع المربعات = 122

Resource Allocation & Leveling Management Techniques

- Means to complete project activities are called RESOURCES.
- Examples are People, Machinery, Material, Capital, Time, etc.
- Peak demands of resources over short periods is undesirable.
- Resources may be limited or unlimited in nature from project to project.

Resource Utilization Factor

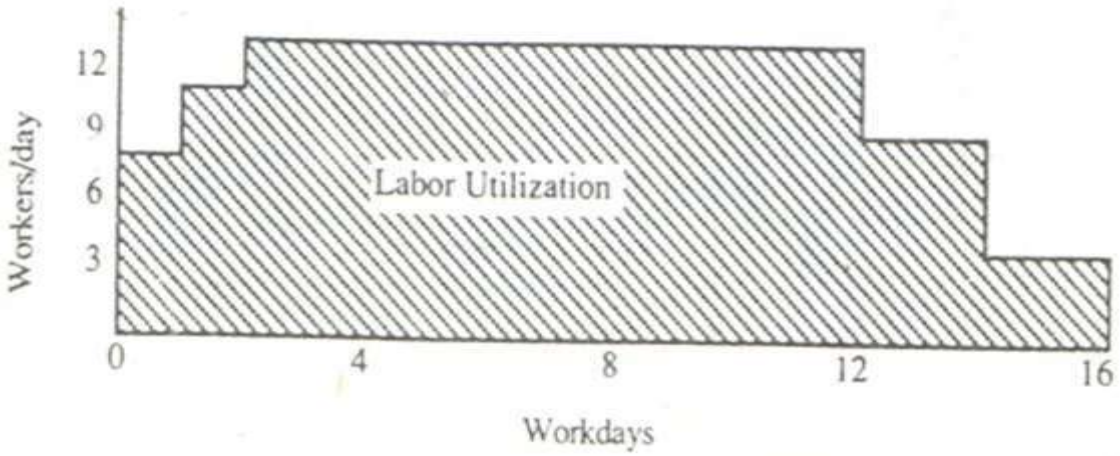
- The degree to which a resource may be used is measured in terms of a Resource Utilization Factor.

Mathematically,

Usable Resources x Days Used x 100 R.U.F. (%) = Usable Resources x Days available.

Resource Profile

- Plot of daily Resource requirements versus time is called
  - Resource Profile
  - Resource-use Graph
  - Histogram



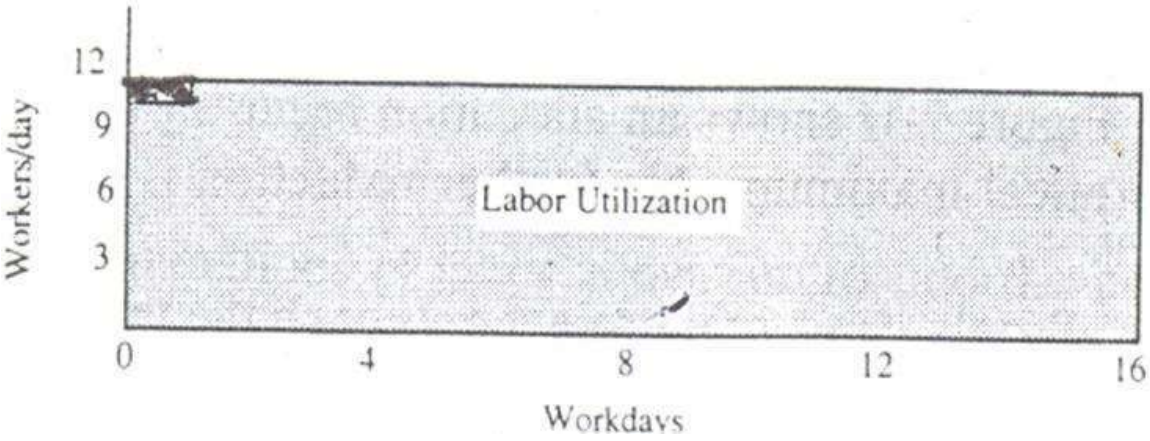
Resource Allocation

To assign required resources to work activities such that available resources are not exceeded.

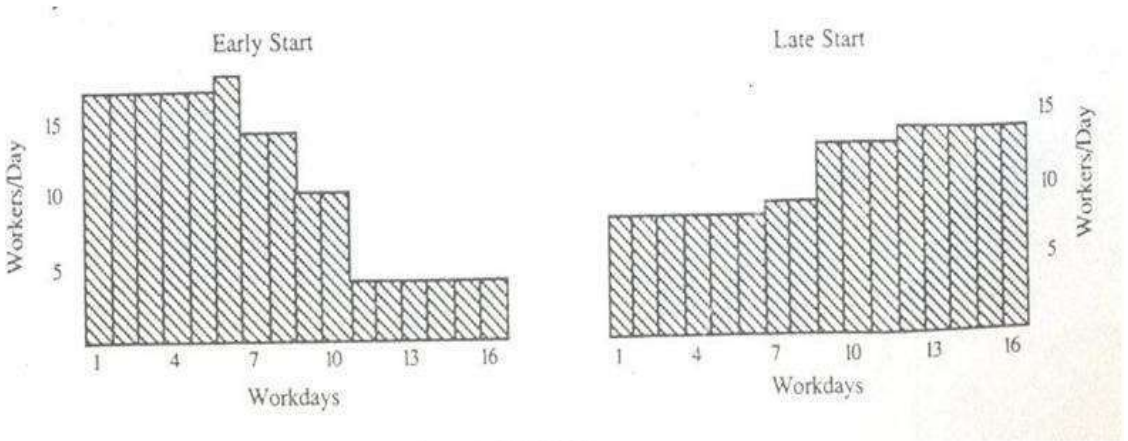
Resource Leveling

- Smoothening of a resource demand is called Resource leveling.
- Resource leveling is an attempt to assign resources to project activities in a manner that will improve productivity and efficiency.

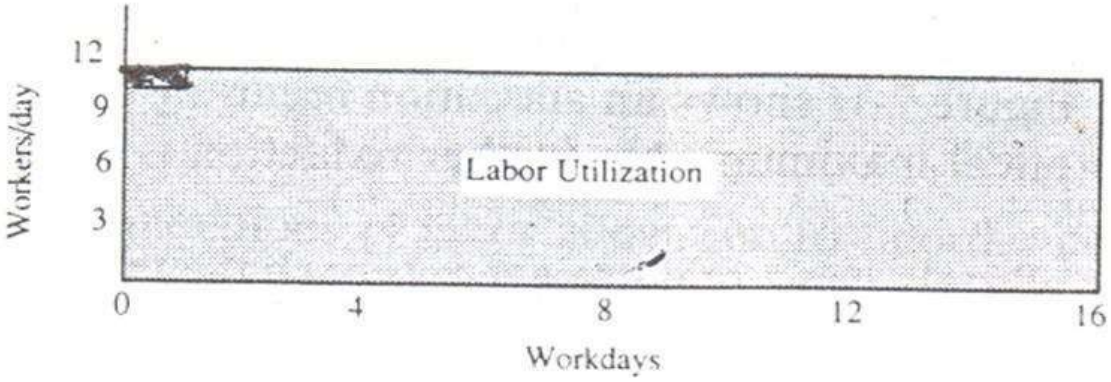
Ideal Condition



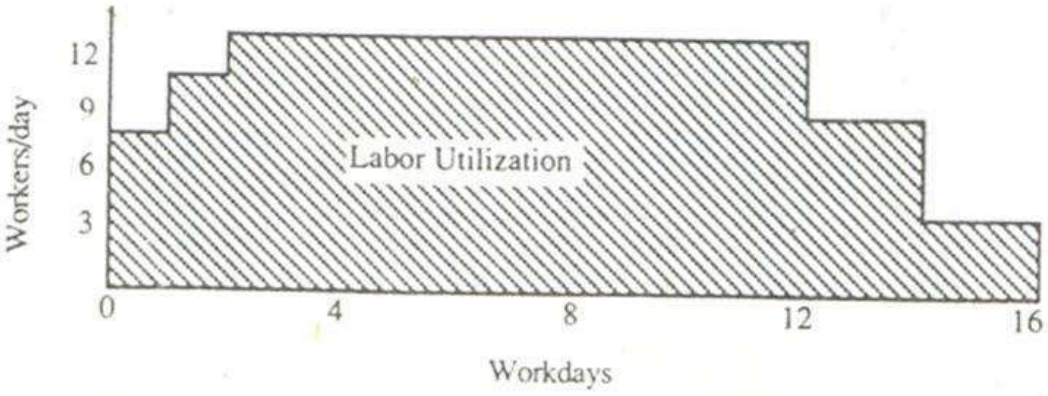
Early-start and Late-start Histograms



Ideal Level Histogram



Practical & Target Histogram



Objects of Resource Leveling

- Fixed Crew Size
- Learning Curve
- Start-up Problems
- Completion Congestion

Techniques for Resource Leveling

- Sum of Resources Square method
- Burgess Leveling Procedure
- Wiest Leveling Procedure

Limited Resource Allocation

- Where resources e.g., plant, labour, materials (or capitals) are restricted, the activities have to be rescheduled to satisfy this form of constraint. This will imply scheduling those activities that use such resources, in a sequential or serial fashion. And this might create the situation where activities overrun their allowable float.
- If resource limitations are known at the outset, for example, only one site crane is available, then the original network plan for the project can include this constraint.
- In certain cases, it may be possible to hire additional plant to cover peak requirements; in this case no rescheduling of the activities is called for

Algorithm

1. Calculate initial early start (ES) and late start (LS) time for each activity in the project, and set time now equal to1, i.e., T = 1
2. Determine the initial eligible activity set (EAS), i.e., those activities with all predecessor activities scheduled.
3. From among the members of the current EAS, determine the ordered scheduling set (OSS) of activities i.e., activities with ES < T, ordered

according to LS with smallest values first and within this characteristic, according to least activity duration first.

4. Consider the activities in OSS in the order listed and schedule those activities for which sufficient resources are available for the duration of the activity. As activities are scheduled, update the level of resources available, and update the members of EAS.
5. Have all activities been scheduled, i.e., is EAS empty set ?

If Yes STOP

If No Set T new = T old + 1, and

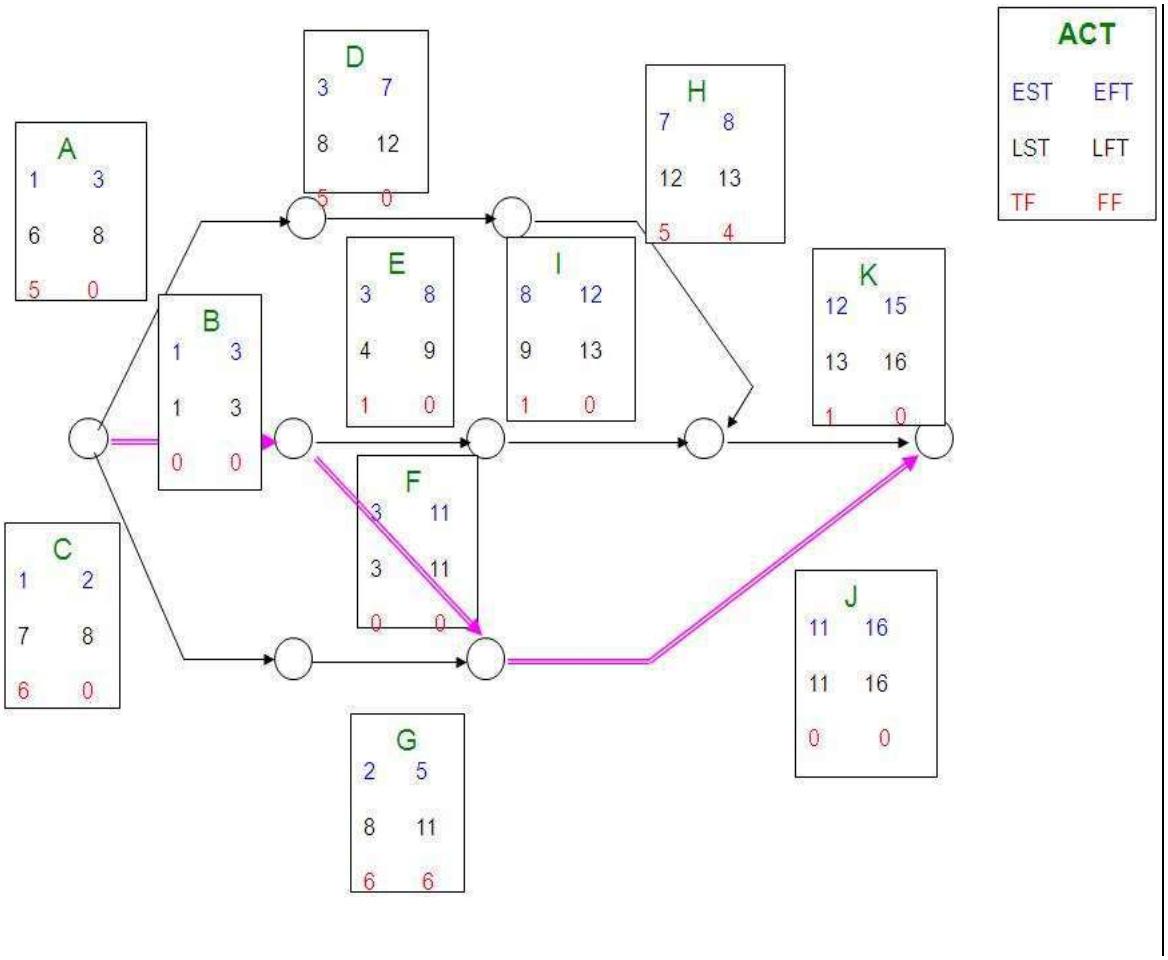
compute new ES times for the updated EAS.

1. Go to step 3 and continue.

EXAMPLE

Reschedule the Project given in Figure keeping in view the limitation of Resources L to be 8 per day and M to be 6 per day.

المحاضرة (٨)


ACT
EST EFT
LST LFT
TF FF
A
1 3
6 8
5 0
D
3 7
8 12
5 0
H
7 8
12 13
5 4
B
1 3
1 3
0 0
E
3 8
4 9
1 0
I
8 12
9 13
1 0
K
12 15
13 16
1 0
F
3 11
3 11
0 0
C
1 2
7 8
6 0
J
11 16
11 16
0 0
G
2 5
8 11
6 6

المحاضرة (٨)

Act	Resources Required						Time																
	L	M	D	ES	F	L	1 S	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	3	__	2	1	5	6			3L X	3L X													
D	__	2	4	3	5	8								x 2M	x 2M	x 2M	x 2M						
B*	6	__	2	1	0	1	6L X	6L X															
E	__	2	5	3	1	4			x 2M	x 2M	x 2M	x 2M	x 2M										
H	4	__	1	7	5	12														4L X			
I	2	__	4	8	1	9								2L X	2L X	2L X	2L X						
C	3	__	1	1	6	7					3L X												
F*	4	4	8	3	0	3			4L 4M	4L 4M	4L 4M	4L 4M	4L 4M	4L 4M	4L 4M	4L 4M							
G	5	__	3	2	6	8											5L X	5L X	5L X				
K	__	5	3	12	1	13															x 5M	x 5M	x 5M
J*	2	__	5	11	0	11														2L X	2L X	2L X	2L X	2L X

Let T = 1

EAS : A B C (E F)

ES : 1 1 1

LS : 6 1 7

OSS : B A C

Schedule B to days 1-2

Remove B from EAS

Add F to EAS

Let T = 2

EAS : A C E F

ES : 2 2 3 3

LS : 6 7 4 3

OSS : A C

No Activity can be scheduled on T = 2

Let T = 3

EAS : A C E F (I D)

ES : 3 3 3 3

LS : 6 7 4 3

OSS : F E A C

Schedule F to days 3-10

Remove F from EAS

Schedule E to days 3-7

Remove E from EAS.

Schedule A to days 3-4

Remove A from EAS EAS

Add I & D to EAS

Let T = 4

EAS : C I D

ES : 4 8 5

LS : 7 9 8

OSS : C

No Activity can be scheduled on T = 4

Let T = 5

EAS : C I D (G)

ES : 5 8 5

LS : 7 9 8

OSS : C D

Schedule C to day 5

Remove C from EAS

Add G to EAS

Let T = 6

EAS : I D G

ES : 8 6 6

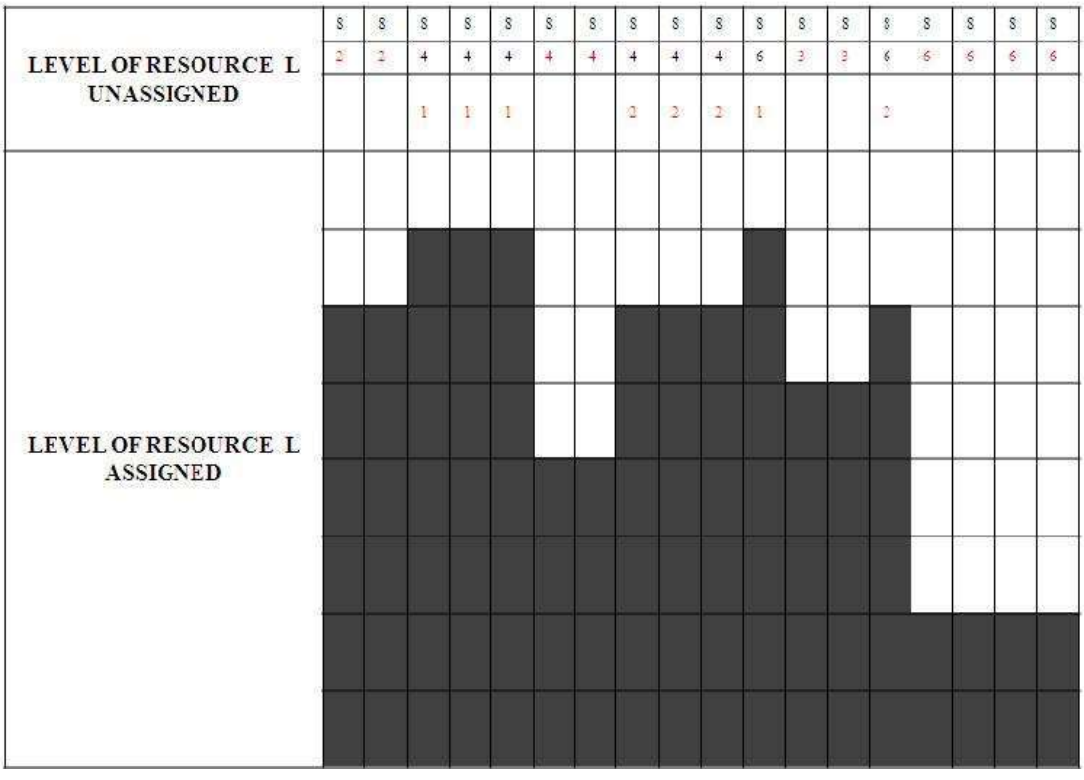
LS : 9 8 8

OSS : G D

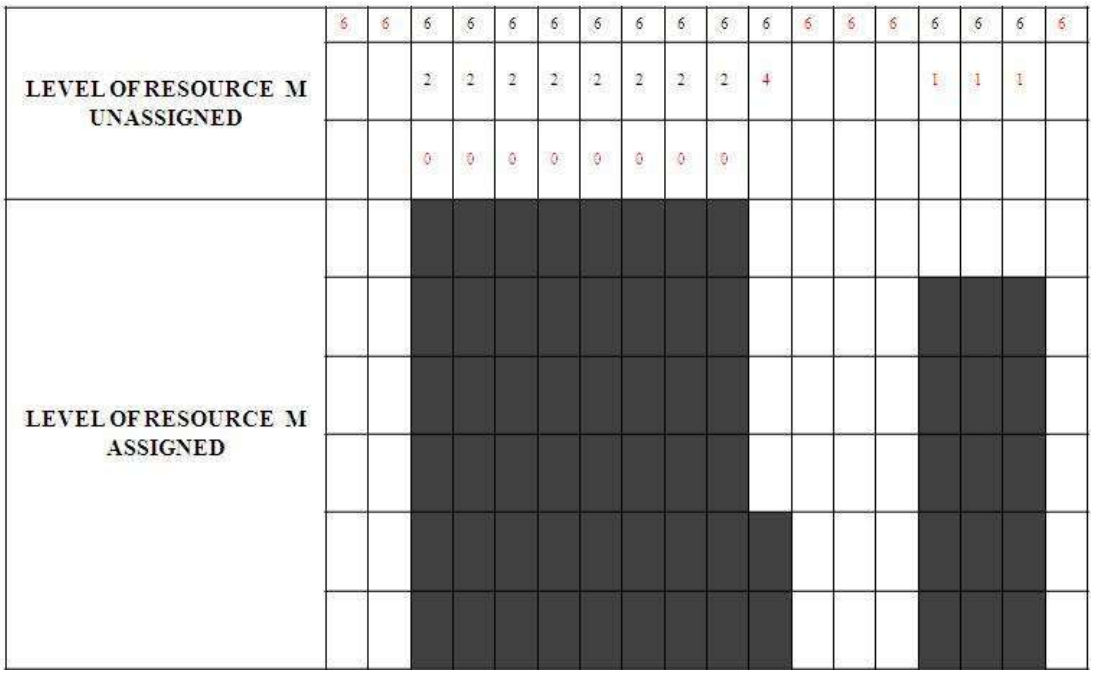
No Activity can be scheduled on T = 6

Note: G and D have same LS. These are ordered on less duration first.

LEVEL OF RESOURCE L UNASSIGNED	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	6	3	3	6	6	6	6	6
			1	1	1			2	2	2	1			2				
LEVEL OF RESOURCE M UNASSIGNED	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
			2	2	2	2	2	2	2	2	4				1	1	1	
			0	0	0	0	0	0	0	0								



المحاضرة (٨)


LEVEL OF RESOURCE M UNASSIGNED
LEVEL OF RESOURCE M ASSIGNED

طرق تخطيط وجدولة المشاريع method of planning &scheduling of projects

INTRODUCTION:

Network scheduling is a technique used for planning, and scheduling large projects in the field of construction, maintenance, fabrication, purchasing computer system etc. The technique is a method of minimizing the trouble spots such as production, delays and interruptions, by determining critical factors and coordinating various parts of the overall job. There are two basic planning and control technique that utilize a network to complete a predetermined project or schedule. These are Programed Evaluation Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM).

تعريف المشروع

المشروع هنا هو عملية أو نشاط مقيد بزمن، أي له تاريخ بداية وتاريخ نهاية، يتم القيام به مرة واحدة من أجل تقديم منتج ما أو خدمة ما بهدف تحقيق تغيير مفيد أو إيجاد قيمة مضافة.

وهناك تعارض ما بين خاصية كون المشروع أمراً مؤقتاً لمرة واحدة، وبين ما تتسم به العمليات الإدارية أو التشغيلية التي تجري بشكل دائم أو شبه دائم من أجلِ تقديم نفس المنتج أو الخدمة مراراً وتكراراً. ولا تتطلب إدارة المشاريع بالضرورة نفس المتطلبات التي تتطلبها إدارة العمليات الإدارية والتشغيلية الدائمة، سواء من ناحية المهارات الفنية المطلوبة أو فلسفة العمل، ومن ثم فقد نشأت الحاجة إلى بلورة إدارة المشاريع.

وقد عرف هيرسون (١٩٩٢) المشروع بأنه " أي سلسلة من الانشطة أو المهام التي لها أهداف محدده يجب أن تنجز ضمن مواصفات محدده ولها بداية ونهاية محددتان وله تمويل ويستعمل المصادر المختلفة من اموال ووقت ومعدات وايدي عاملة.

ولقد نسب بريمان واخرين (١٩٩٥) الي ليش وتيرنر (١٩٩٠) تعريف المشروع بأنه " وحدة استثمار صناعي جديدة والتي لها بعض المعالم المميزة أو المتفردة وذلك من خلال تناغم الوقت والتكلفة".

المحاضرة (٢+٣)

المشروع هو عبارة عن وقت وتكلفة عملية مقيدة لتحقيق مجموعة من الإنجازات المحددة تصل إلى معايير الجودة والمتطلبات.

التحدي الأول لإدارة المشاريع هو ضمان أن يتم إنجاز المشروع مع الالتزام بقيود محددة، أما التحدي الثاني الأكثر طموحاً فهو تحقيق الوضع الأمثل والأنسب –أو ما يعرف بالاستمثال (بالإنجليزية: Optimization) - فيما يتعلق بتخصيص المدخلات المطلوبة من أجل ملاقاة الأهداف المحددة سابقاً. هناك تعريف مناسب للمشروع على إنه : مجموعة من الأنشطة التي تستخدم الموارد (سواء المال أو البشر أو الخامات أو الطاقة أو المساحة أو الترتيبات أو الاتصالات أو الجودة أو المخاطر أو ما إلى ذلك) من أجل تحقيق أهداف محددة سابقا.

تاريخ تطور إدارة المشاريع

ان تطور الادارة بشكل عام حيث ان في العهد النبوي هناك تحديد واضح وناجز للسلطات والصلاحيات و كانت هناك وظائف في متنوعة أُسندت للأكفاء من أصحاب رسول الله صلوات الله وسلامه عليه، ومن هذه الوظائف؛ القضاء والكتابة بأنواعها والعهود والمواثيق والرسل والترجمة والعاملين على الصدقات. وفي عهد

الخلفاء الراشدين برزت بجلاء عالمية الإدارة وتطورهاوقد اعتمدت االادارة في زمن الخلفاء على عدة مبادئ منها : - الاعتماد على الاسلوب الاستشاري، مبدأ التخصص وتقسيم العمل : مع مراعاة الكفاءة والمعرفة بالعمل والاختيار على أساس الكفاءة والجدارة والأمانة .

عرفت الإدارة كعلم له قواعده وأسسه ومدارسه منذ أواخر القرن التاسع عشر وخلال القرن العشرين، حيث شارك في إثراء هذا العلم عدد من العلماء الباحثين الذين كان لدراستهم وتجاربهم أثراً واضحاً فيه، ومن روّاده شارلز بابيج (Charles Babbage) الذي قام بعرض أفكاره الإدارية في كتابه الذي نشر عام ١٨٣٢ بعنوان "اقتصاديات الآلات وأصحاب المصانع" (The Economy of Machinery and Manufacture's).

كما عرض هنري تاون (H. Town) أفكاره الإدارية في مقاله الذي نشر عام ١٨٨٦ تحت عنوان (The Engineer as an Economist)، ويعتبر تاون رائد حركة الإدارة العلمية، ثمّتبعه هنري جانت (H. Gantt) الذي وضع المخطط الشهير المعروف باسمه عام ١٩١١ وهو مخطط (Gantt Chart).

كما وضع فريدريك تايلر (F. Taylor) العديد من المؤلفات ومن أهمها كتاب (The Principles of Scientific Management) الذي تم نشره عام ١٩١١، ثم جاء العالم الفرنسي هنري فايول (H. Fayol) ووضع كتابه الذي نشر عام ١٩١٦ بعنوان (L'administration Industrielle et'Generale)، كما أنّ هناك العديد من العلماء والباحثين الذين شاركوا في تطور علم الإدارة على مدى العقود الماضية.

ظهرت بعد الحرب العالمية الثانية الحاجة لطرق علمية وعملية لحل مشاكل الإدارة في المشاريع الكبيرة، فنشط الباحثون في إيجاد طرق ذات كفاءة عالية تقوم على أسس كمّية، ومن هؤلاء الباحثين فريقان من المستشارين عملا في الولايات المتحدة الأمريكية، وفريق ثالث عمل في المملكة المتحدة.

ففي الولايات المتحدة عمل فريق من المستشارين بالتعاون مع شركة دي بونت (Du Pont) للصناعات الكيماوية وشركة رمنجتون راند (Univac Division of Remington Ran) للأدمغة الإلكترونية على تطوير أسلوب للتخطيط وإدارة عمليات الصيانة في شركة دي بونت، وذلك في الفترة من كانون الأول من عام ١٩٦٥ حتى شباط من عام ١٩٥٩.

و قد طوّر هذا الفريق أسلوباً سمّي التخطيط والجدولة بالمسار الحرج (Critical Path Planning and Scheduling – CPPS)، الذي عرف فيما بعد بطريقة المسار الحرج (CPM – Critical Path Method)، حيث تم استخدامه في تخفيض الوقت اللازم للصيانة في شركة دي بونت إلى الحد الأدنى. أمّا

الفريق الثالث فقد عمل في المملكة المتحدة في عام ١٩٥٧ في قسم بحوث العمليات في سلطة الكهرباء المركزية، وقد طوّر طريقة – لم يتم نشرها لاحقاً - عرفت باسم أطول مسار غير قابل للاختصار (The Longest Irreducible Sequence of Events)، والذي عرف فيما بعد ب التتابع الرئيسي (Major Sequence)، وقد أدّى تطبيق هذه الطريقة إلى الحصول على نتائج جيدة في الفترة من عام ١٩٥٨ حتى عام ١٩٦٠.

شهدت فترة الخمسينيات من القرن العشرين إستهلال عهد إدارة المشاريع، حيث أن إدارة المشاريع كانت قبل هذه الفترة تتم بشكل غير نظامي حسب الحالة أو الموقف أو المشروع باستخدام مخطط جانت غالبا وبعض الأساليب والأدوات غير الرسمية، وفي هذه الفترة، تم تطوير نموذجين رياضيين لتحديد الجدول الزمني للمشروع:

ويمكن تقسيم الطرق المستخدمة في ادارة المشاريع وحسب طبيعة المشروع والمعلومات المتوفرة عن المشاريع ففي حالة المشاريع المتكررة او التي سبق اقامة مشاريع مشابهه لها نستطيع الحصول على معلومات بدرجة عالية من الدقة وبالتالي نستطيع استعال احدى الطرق المؤكدة (Deterministic methods) اما في حالة كون المشروع جديدا او لاتوجد معلومات كافية فان الفرضيات والبيانات الاحصائية هي المصدر الرئيسي للمعلومات وبالتالي نستخدم احدى الطرق الاحتمالية (probabilistic methods)

١- الطرق المؤكدة (Deterministic methods)

- طريقة جانت (المخطط الشريطي) Bar chart (Gantt)
- طريقة المخطط الشبكي network analysis methods

a- طريقة النشاط على السهم Activity on Arrow(AoA) او تسمى Arrow Diagramming method (ADM)

b- طريقة النشاط على العقد Activity on Nodes (AoA) او تسمى طريقة المخطط التصدري Precedence Diagramming method (PDM)

- طريقة خط التوازن Line of Balance

٢- الطرق الاحتمالية (probabilistic methods)

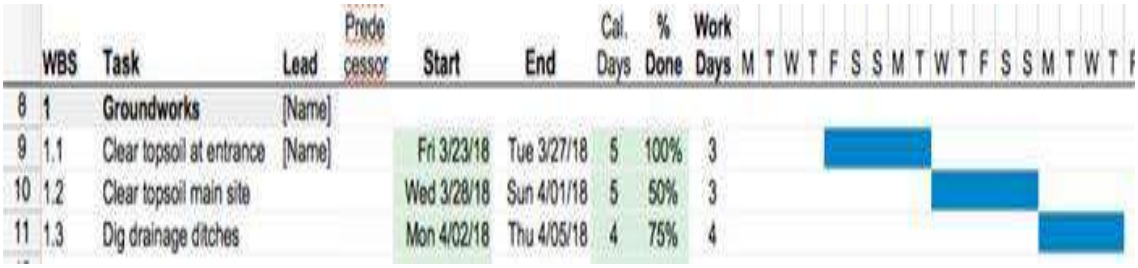
- طريقة تقييم ومراجعة البرامج Program Evaluation & Review Technique (PERT)

ان الفائدة من جدولة وتخطيط المشروع هي :

١- تحديد الوقت اللازم لوصول المواد المختلفة الى موقع العمل
٢- تحديد الانواع والاعداد المطلوبة من الاليات والمعدات والاجهزة والوقت اللازم لبقاء تلك الاليات في الموقع.
٣- تحديد انواع واصناف الايدي العاملة
٤- مدى الحاجة الى الدعم المالي
٥- تحديد المدة المتوقعة لانجاز المشروع.

A Gantt Chart provides a timeline for a project giving an overview of how a project is progressing. Project activities, tasks and events are easy to see relative to one another, and the gantt chart allows multiple users to see how the project is progressing over time and what steps or tasks are next.

A Gantt Chart is used for planning, scheduling and monitoring projects, and managing the dependencies between project tasks. Below is a simple Gantt Chart layout showing tasks, dates and duration.



	WBS	Task	Lead	Predecessor	Start	End	Cal. Days	% Done	Work Days
8	1	Groundworks	[Name]						
9	1.1	Clear topsoil at entrance	[Name]		Fri 3/23/18	Tue 3/27/18	5	100%	3
10	1.2	Clear topsoil main site			Wed 3/28/18	Sun 4/01/18	5	50%	3
11	1.3	Dig drainage ditches			Mon 4/02/18	Thu 4/05/18	4	75%	4

Advantage of Gantt chart (Bar chart) مزايا طريقة المخطط الشريطي

١- سهولة الاستخدام ويمثل طريقة للمقارنة بين الانجاز المخطط والفعلى

٢- يساعد في تحديد متطلبات الموارد (resources)

Dis advantage of Gantt chart (Bar chart) مساوئ طريقة المخطط الشريطي

١- لايوضح العلاقات التفصيلية بين الفعاليات

٢- صعوبة تحديد السماحيات float لكل فعالية.

مثال: مشروع لتنفيذ شبكة مجاري يتكون من ٥ احواض تفتيش (مانهولات)يصب موقعيا (in-situ R.C) وبمساحة ٣ م٢ وعمق ٣ م وكما مبين في الفعاليات ، المطلوب رسم برنامج زمني باستخدام طريقة **Gantt chart**

NO.	Activities	Time (day)
١	Casting Foundations صب القواعد	٢
٢	Casting of precast slabs صب السقوف الجاهزة	٣
٣	Casting of walls صب جدران المنهول	٦
٤	Casting the sewer صب مجرى الانابيب في القاعدة	١
٥	Connecting pipes ربط الانابيب	٦
٦	Installation of precast slabs تركيب السقوف الجاهزة	٣
٧	Installation of Manhole cover and other accessories تركيب غطاء النمهول وبقية الملحقات	٢

activities	Time (days)															
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
Casting Foundations																
Casting of precast slabs																
Casting of walls																
Casting the sewer																
Connecting pipes																
Installation of precast slabs																
Installation of Manhole cover and other accessories																

Total time to complete the project =2+6+6+2= 16 days

Example 2: The following table is represent the activities and times find the total time to complete the project use Gantt chart .

activities	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Time/month	**2**	**3**	**4**	**3**	**2**	**1**	**2**	**2**
Preceded by	**-**	**A**	**A**	**B**	**B**	**D,E**	**F**	**G**

activities	Time (month)

	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣
A													
B													
C													
D													
E													
F													
G													
H													

Total time to complete the project =2+3+3+1+2+2= 13 Month

Example 3 : (Case study- حالة دراسية)

ترغب شركة مقاولات بتقديم عرض لتنفيذ خط مجاري لحساب احد البلديات المطلوب جدولة المشروع باستخدام مخطط Gantt وحسب المعلومات التالية

١- خط المجاري أنابيب اسمنتية قطر ٥٠٠ ملم

٢- مجموع اطوال خط المجاري ٨ كم

٣- عدد احواض التفتيش (مانهولات)١٨٨ منهول وان متوسط الطول ٤٥ م بين منهول واخر وان الحجم الكلي لاحواض التفتيش = ٣٩٥ م٣

٤- تمتلك الشركة حفارتين كاتربلر ، كل حفارة ذات قادوس حفر (Bucket) سعة ٠.٦ م٣ ودورة الحفر والتفريغ ٣ دقائق ومدة العمل الفعلية للحفارة ٥٤ دقيقة /ساعة

٥- تمتلك الشركة ٥ حادلات صغيرة تستعمل للحدل بعد الدفن وكذلك ٨ كمبريسر تستعمل للحفر حيثما يلزم

٦- العمل داخل حدود البلدية هو ٦ كم في الطرق المعبدة (المبلطة)و ٢ كم في الممرات الترابية

٧- مدة المشروع المنصوص عليها في وثاءق العقد ١٤ شهرا

٨- عرض الخندق ٧٠٠ ملم ومتوسط العمق ٢.٥ م

٩- كميات الحفر ١٦٨٠٠ م٣ ومعامل انتفاخ التربة ١.٢ بعد الحفر

١٠- ينص قانون العمل على ان ساعات العمل اليومية هو ٨ ساعات ومجموع ساعات العمل الاسبوعية ٤٨ ساعة وعدد ايام العمل بالشهر ٢٥ يوما

١١- فحص الخطوط بالضغط حسب شروط العقد قبل اجراء الدفن يستغرق ٤٨ ساعة

١٢- لدى الشركة فريق عمل لتركيب الانابيب انتاجيته ٣٠ م.ط باليوم

١٣- لدى الشركة فرقتان لانجاز احواض التفتيش قادرة على انجاز حوض تفتيش (منهول) كل ٣ يوم

١٤- الانتاجية لاعمال الدفن ٧٥م٣/يوم وان اعادة تبليط الخندق ٨ يوم وتنظيف وتسليم الموقع ١٠ يوم

Solution:

١- اقامة موقع للعمال والاليات

٢- اجراءات التنسيق مع دوائر البلدية ودوائر المرور

٣- القيام باعمال الحفريات

٤- تركيب الانابيب

٥- صب احواض التفتيش (المانهولات)

٦- القيام باجراء الفحص (اختبار الضغط على الخطوط)

٧- القيام باعمال الدفن

٨- اعادة التبليط

٩- تنظيف وتسليم الموقع

تحليل الفعاليات :

- اقامة الموقع للعمال والمعدات والتحرك للموقع ٣٠ يوم

- اجراءات التنسيق مع دوائر البلدية ودوائر المرور ٣٠ يوم
- اعمال الحفريات:

سعة قادوس الحفارة ٠.٦٠ م٣ ، دورة الحفر والتفريغ ٣ دقيقة ومدة العمل ٥٤ دقيقة / ساعة

وعليه يكون انتاج الحفارة الواحدة باليوم = (٨ ساعات)(٥٤ / ٣) (٠.٦٠)= ٨٦ م٣ / يوم

ولكون عدد ايام العمل هي ٢٥ يوم / شهر عليه يكون

انتاجية الحفارتين بالشهر = (٢ حفارة) (٨٦) (٢٥)= ٤٣٠٠ م٣/يوم

مدة العمل المطلوبة = (كمية الحفر * معامل الانتفاخ)/الانتاجية

= (١٦٨٠٠ *١.٢٠) / ٤٣٠٠ = ٤.٧ شهر ≈ ٥ شهر

المدة بالايام = ٥ * ٢٥ = ١٢٥ يوم عمل

- تركيب الانابيب

انتاجية فريق عمل تركيب الانابيب = ٣٠ م.ط

اطوال خطوط المجاري = ٨ كم * ١٠٠٠= ٨٠٠٠ م.ط

مدة العمل المطلوبة = (٨٠٠٠/ (٣٠) (٢٥))= ١٠.٧ ≈ ١١ شهرا

مدة العمل بالايام = ١١ *٢٥ = ٢٧٥ يوم

- صب احواض التفتيش

العدد الكلي = ١٨٨ مانهول

انتاجية فريق عمل واحد = منهول واحد لكل ٣ يوم ولدى الشركة فرق عمل عدد ٢ لصب المانهولات وعليه يكون :

مدة العمل = [(١٨٨)(٣)/(٢)(٢٥)] = ١١.٢٠ ≈ ١٢ شهرا

مدة العمل بالايام = ١٢ *٢٥ = ٣٠٠ يوم عمل

- فحص الخطوط بالضغط حسب شروط العقد قبل الدفن

عدد الفحوص المطلوبة = العدد الكلي – ١ =١٨٨ -١ =١٨٧ فحص

يستغرق الفحص ٤٨ ساعة حسب الشروط (٢ يوم)

وعليه يكون مدة العمل = ١٨٧ *٢ =٣٧٤ يوم

وبما ان فرق العمل عدد ٢ يكون مدة العمل = ٢/٣٧٤ = ١٨٧ يوم عمل

- اعمال الدفن

كمية الردم = كمية الحفر – حجم الانابيب – حجم احواض التفتيش

حجم الانابيب $= \pi r^2 * Lengh =$

$= 0.25^2 * \pi * 8000 =$ ١٥٧٠ م٣

كمية الردم = ١٦٨٠٠-١٥٧٠-٣٩٥=١٤٨٣٥ م٣ وعليه يكون مدة العمل ١٤٨٣٥/٧٥=٢٠٠ يوم .

- اعادة التبليط للخندق = ٨ يوم

- التنظيف وتسليم الموقع = ١٠ يوم

No	Activates	Time (day)	Preceded by	الملاحظات
١	تهيئة موقع الشركة	٣٠	-	-
٢	اجراءات التنسيق	٣٠	-	-
٣	اعمال الحفر	١٢٥	١،٢	-
٤	تركيب الانابيب	٢٧٥	١،٢	بعد يوم من بداية اعمال الحفر
٥	صب احواض التفتيش	٣٠٠	١،٢	بعد ٥ يوم من بداية اعمال الحفر
٦	اختبار الضغط	١٨٧	٤	بعد ٨٩ يوم من بداية

اعمال تركيب الانابيب				
بعد ١٢ يوم من اختبار الضغط	٦	٢٠٠	اعمال الدفن	٧
	٧	٨	اعمال اعادة التبليط	٨
	٨	١٠	اعمال تنظيف الموقع	٩

H.W : Gantt Chary رسم

The work involved in a project can he divided into three phases corresponding to the management functions of planning, scheduling and control.

Planning This phase involves setting the objectives of the project and the assumptions to be made. Also it involves the listing of tasks or jobs that must be performed to complete a project under consideration. In this phase, men, machines and materials required for the project in addition to the estimates of costs and duration of the various activities of the project are also determined.

Scheduling This consists of laying the activities according to the precedence order and determining,

(i) the start and finish times for each activity

(ii) the critical path on which the activities require special attention and

(iii) the slack and float for the non-critical paths.

Controlling This phase is exercised after the planning and scheduling, which involves the following:

(i) Making periodical progress reports

(ii) Reviewing the progress

(iii) Analyzing the status of the project and

(iv) Management decisions regarding updating, crashing and resource allocation etc

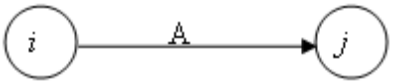
٢-طريقة النشاط على السهم Activity on Arrow(AoA) او تسمى Arrow Diagramming method (ADM)

BASIC TERMS

To understand the network techniques one should be familiar with a few basic terms of which both CPM and PERT are special applications.

Network It is the graphic representation of logically and sequentially connected arrows and nodes representing activities and events of a project. Networks are also called arrow diagram.

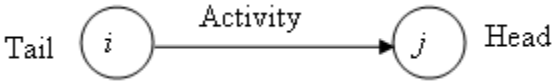
Activity An activity represents some action and is a time consuming effort necessary to complete a particular part of the overall project. Thus, each and every activity has a point of time where it begins and a point where it ends. It is represented in the network by an arrow as follows.



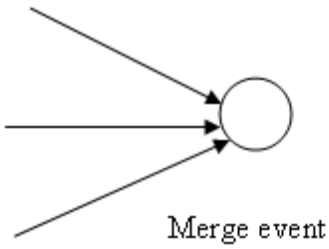
.

Here A is called the activity and *i* and *j* are start and end nodes.

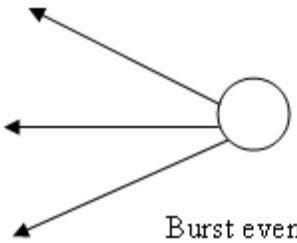
Event The beginning and end points of an activity are called events or nodes. Event is a point in the time and does not consume any resources. It is represented by a numbered circle. The head event called the jth event has always a number higher than the tail event called the ith event.



Merge and burst events it is not necessary for an event to be the ending event of only one activity but can be the ending event of two or more activities. Such event is defined as a Merge event.



If the event happens to be the beginning event of two or more activities it is defined as a Burst event



Preceding, succeeding and concurrent activities

Activities which must be accomplished before a given event can occur are termed as *preceding activities.*

Activities which cannot be accomplished until an event has occurred are termed as *succeeding activities.*

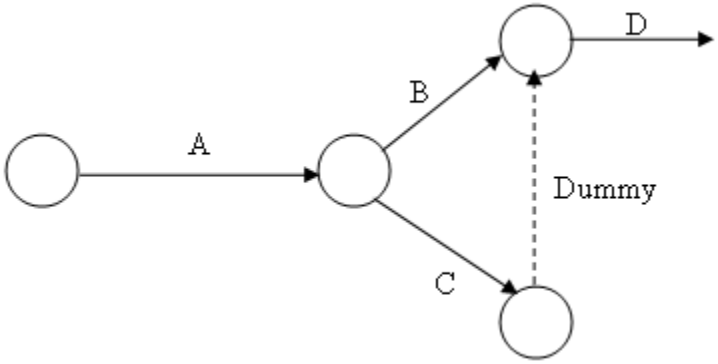
Activities which can be accomplished concurrently are known as *concurrent activities.*

This classification is relative, which means that one activity can be preceding to a certain event, and the same activity can be succeeding to some other event or it may be a concurrent activity with one or more activities.

Dummy activity Certain activities which neither consumes time nor resources but are used simply to represent a connection or a link between the events are known as dummies. It is shown in the network by a dotted line. The purpose of introducing dummy activity is –

(i) to maintain uniqueness in the numbering system as every activity may have distinct set of events by which the activity can be identified.

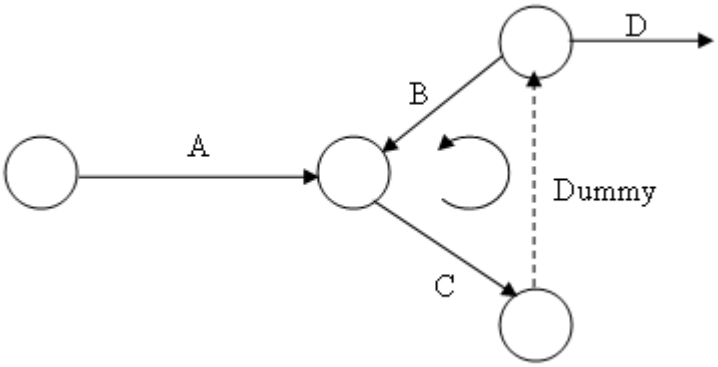
(ii) To maintain a proper logic in the network.



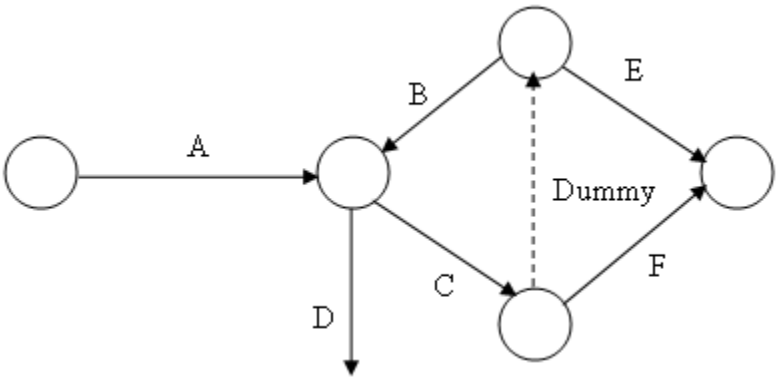
COMMON ERRORS

Following are the three common errors in a network construction:

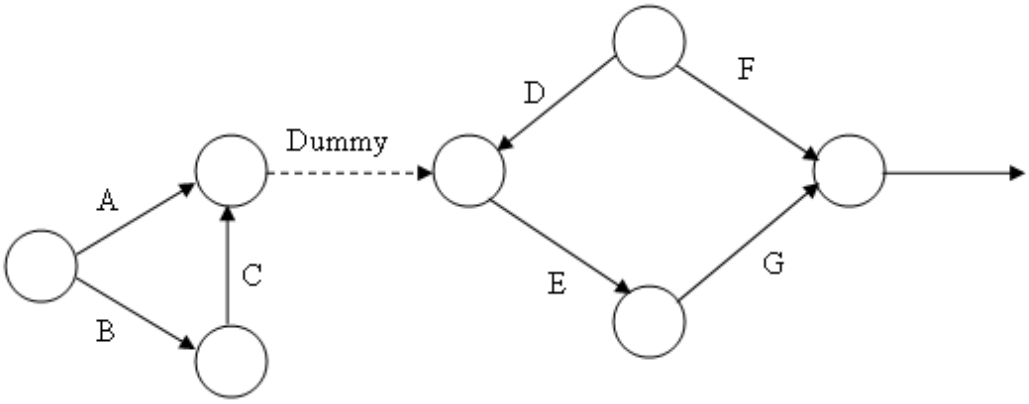
Looping (cycling) In a network diagram looping error is also known as cycling error. Drawing an endless loop in a network is known as error of looping. A loop can be formed if an activity were represented as going back in line.



Dangling To disconnect an activity before the completion of all the activities in a network diagram is known as Dangling.



Redundancy If a dummy activity is the only activity emanating from an event and which can be eliminated is known as redundancy.



Numbering the Events

After the network is drawn in a logical sequence every event is assigned a number. The number sequence must be such so as to reflect the flow of the network. In numbering the events the following rules should be observed.

(i) Event numbers should be unique.

(ii) Event numbering should be carried out on a sequential basis from left to right.

(iii) The initial event which has all outgoing arrows with no incoming arrow is numbered as 1.

(iv) Delete all arrows emerging from all the numbered events. This will create at least one new start event out of the preceeding events.

(v) Number all new start events 2,3 and so on. Repeat this process until all the terminal event without any successor activity is reached, number the terminal node suitably.

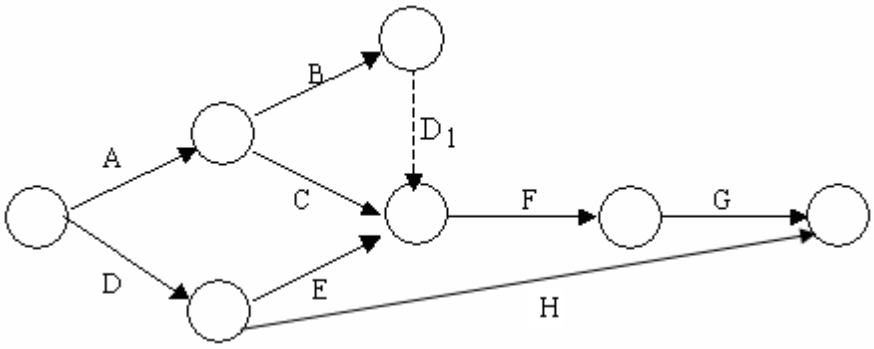
Note: The head of an arrow should always bear a number higher than the one assigned to the tail of the arrow.

EXAMPLE4 : Construct a network for the project whose activities and their precedence relationships

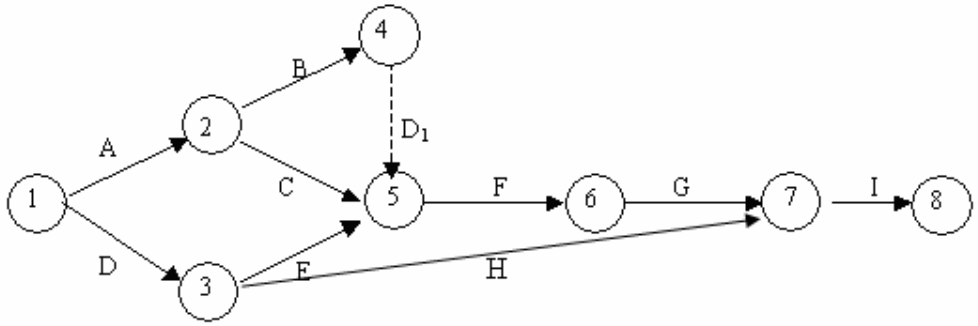
are as given in table :

Activities	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Immediate -Predecessor	__	A	A	__	D	B,C,E	F	D	G,H

Solution From the given constraints, it is clear that *A, D* are the starting activity and I the terminal activity. B, C are starting with the same event and are both the predecessors of the activity F. Also E has to be the predecessor of F. Hence, we have to introduce a dummy activity:

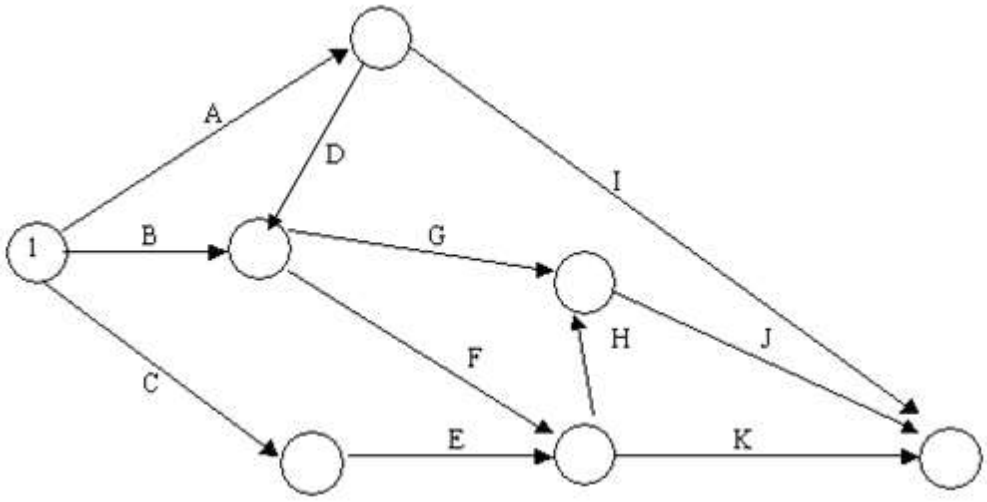


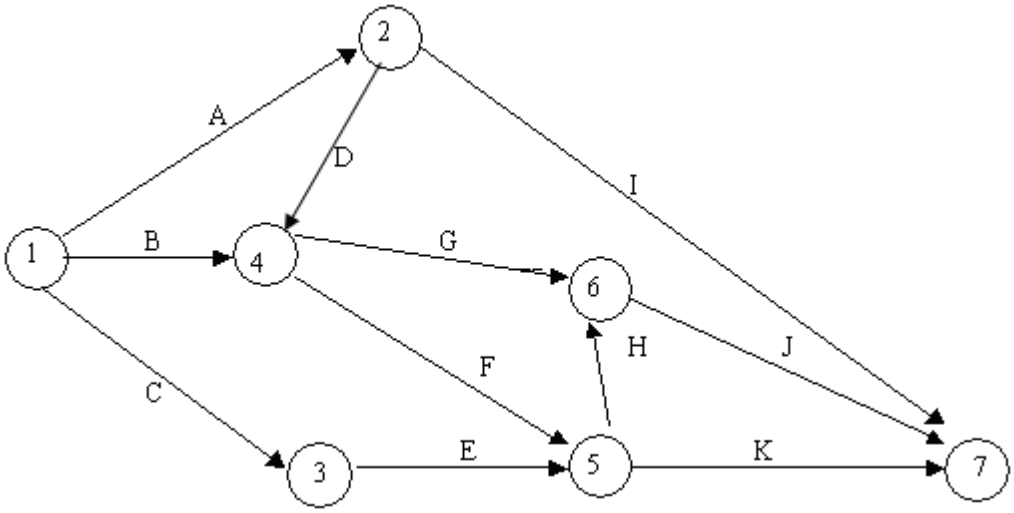
D_1 is the dummy activity.
Finally we have the following network.



EXAMPLE 5 : Construct a network for the project whose activities and their precedence relationships are as given in Table.2.

Activities	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Immediate -Predecessor	—	—	—	A	C	B,D	B,D	E,F	A	G,H	E,F





TIME ANALYSIS

Once the network of a project is constructed the time analysis of the network becomes essential for planning various activities of the project. An activity time is a forecast of the time an activity is expected to take from its starting point to its completion (under normal conditions).

We shall use the following notation for basic scheduling computations.

(i, j) = Activity *(i, j)* with tail event *i* and head event *j*

Tij = Estimated completion time of activity *(i, j)*

ESij = Earliest starting time of activity *(i, j)*

EFij = Earliest finishing time of activity *(i, j)*

(LS)ii = Latest starting time of activity *(i, j)*

(LF)ij = Latest finishing time of activity *(i, j)*

الجدولة باستخدام اوقات الفعاليه :

الهدف من ، لجدولة (scheduling) لاي مشروع هو اعطاء متخذ القرار (Decision Maker) مختلف المعلومات منها ماهو متعلق بالمشروع ككل ومنها ماهو متعلق بالفعاليات المكونه للمشروع وللحصول على المعلومات هناك العديد من العمليات الحسابيه التي يجب تطبيقها على المخطط بعد انشائه

① على صعيد المشروع

ا- متى سينتهي المشروع كاملاً

ب- ماهي النشاطات الحرجة (Critical Activities) ، اي التي تؤثر على نهاية المشروع في حالة تأخرها ، وبالتالي يجب الحرص على زمن بداية ونهاية هذه الفعاليات

ج- الفعاليات (النشاطات) غير الحرجة ، اي التي لاتؤثر في نهاية المشروع مهما لو تأخرت بمقدار زمني معين يتم تحديده

د - في تاريخ زمني محدد هل ينتهي المشروع حسب المدة المحددة ، وفي حالة تأخر المشروع ، ماهي قيمة هذه الفترة الزمنية .

② على صعيد الفعاليات

ا - اعطاء الزمن لبدء اي فعاليه وزمن الانتهاء

ب - بيان التواريخ التي يمكن ان يسمح لنهايتها تأجيل بداية اي فعاليه من خلال حساب قيم المرونه (Float) لتلك الفعالية

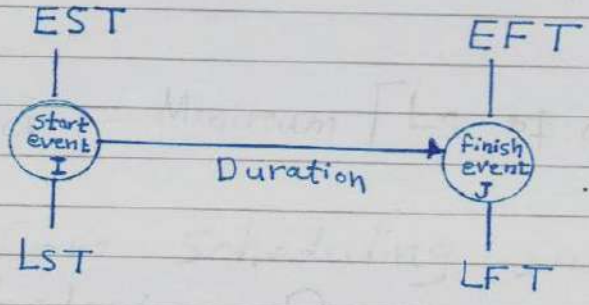
الاوقات الاربعه للفعاليات

(EST) Earliest start time وقت البداية المبكر : وهو ابكر وقت لابتداء فعاليه ما بدون مخالفة الفعاليات التي تسبقه . لايمكن للفعاليه ان تبدأ قبل هذا الوقت .

(EFT) Earliest Finish Time وقت النهاية المبكر : هو ابكر وقت يمكن ان ينتهي عنده الفعاليه اذا بدأت في وقت البداية المبكر . لايمكن ان تنتهي الفعاليه قبل هذا الوقت

(LFT) Latest Finish Time وقت النهاية المتأخر : هو آخر وقت يمكن ان تنتهي عنده الفعاليه دون ان يؤدي الى تأخير المشروع ككل

وقت البداية المتأخر (LST) Latest Start Time : هو آخر وقت يمكن لاي فعالية ان تبدأ دون تأخير المشروع ككل



$$EF = ES + Duration$$
$$LS = LF - Duration$$

المرور الامامي (Forward Pass) : الهدف من المرور الامامي تحديد الزمن الكلي للمشروع ووقت البداية المبكر (ES) والنهاية المبكر (Ef) للفعاليات المختلفة بدءاً من اول حدث وهو حدث البداية للمشروع وحتى آخر حدث وهو حدث النهاية للمشروع

في حالة وجود اكثر من فعالية سابقة تنتهي في حدث بداية فعالية ما وعليه يكون وقت البداية المبكر

$$ES_{(An\ activity)} = Maximum\ [EF\ of\ all\ Previous\ Activities]$$

$$EF_{The\ Project} = Maximum\ [EF\ of\ all\ terminal\ Activites]$$

المرور الخلفي (Backward Pass) : على العكس من المرور الامامي الذي يزودنا باوقات البداية والنهاية المبكرة فان المرور الخلفي يزودنا باوقات البداية والنهاية المتأخرة (LS) (LF)

$LS = LF - Duration$

$LS_{An\ activity} = Minimum\ [LS\ of\ all\ Succeeding\ Activites]$ الفعاليات اللاحقة

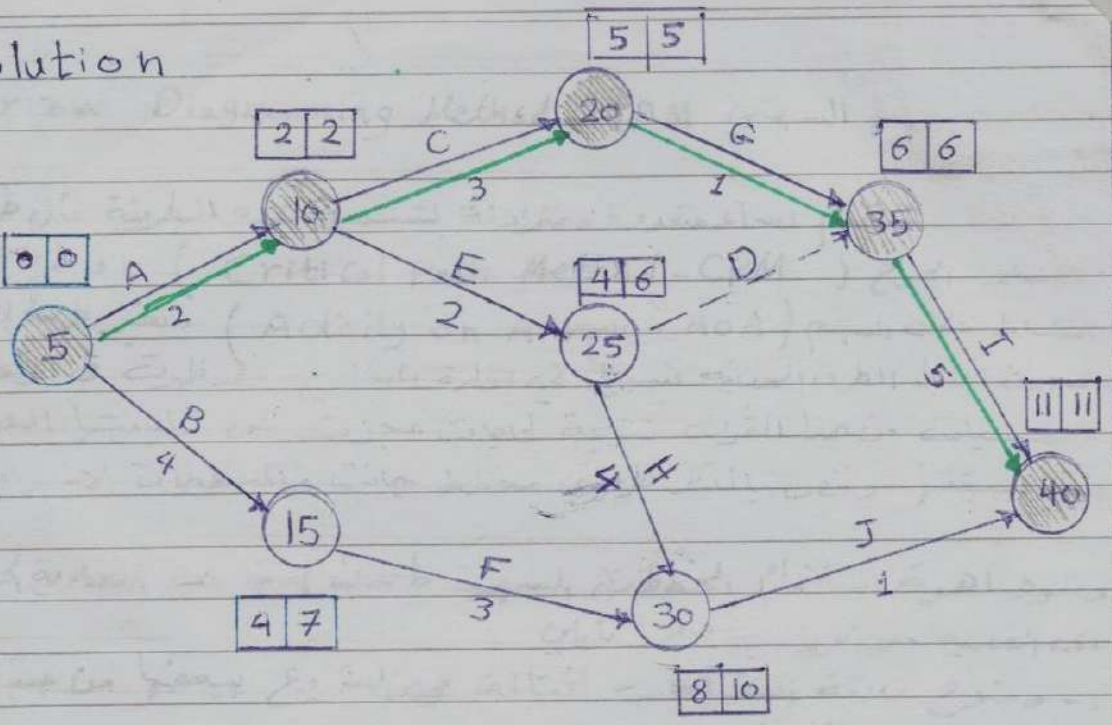
$LS_{the\ Project} = Minimum\ [LS\ of\ all\ Initial\ Activites]$

Ex. data For Scheduling Small Project are given below , Draw an arrow network & Determine the Following

1- Early & Late event time
2- list by atable the Four dates of each activity
3- Indicate the critical Path on the network and List the critical Path

Activity	A	B	F	J	.I	H.	C	E	G	D
Time Week	2	4	3	1	5	4	3	2	1	
Preceded by	—	—	B	F,H	G.E.C	E	A	A	C	

Solution



Activity	Duration	Preceded by	Early start	Early Finish	Latest start	Latest Finish	C.P
A	2	—	0	2	0	2	*
B	4	—	0	4	3	7	
F	3	B	4	7	7	10	
J	1	F,H	8	9	10	11	
I	5	G E C	6	11	6	11	*
H	4	E	4	8	6	10	
C	3	A	2	5	2	5	*
E	2	A	2	4	4	6	
G	1	C	5	6	5	6	*
D			4	4.	6	6	

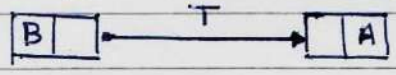
المرونه Float : هي مقدار الاحتياط الزمني (السماحيه) للفعاليات ، والتي تتكون من نوعين من ناحية وجود او عدم وجود قيمة للمرونه ، حيث ان الفعاليات التي لاتوجد لها اي مرونه تسمى الفعاليات الحرجة وهي تلك الفعاليات التي تؤدي اي تاخير بالمشروع فيما لو تأخرت ، اما الفعاليات غير الحرجة فهي تلك الفعاليات التي توجد لها مرونه والتي تنقسم الى

① المرونه الكلية Total Float (T.F)

وهي تمثل السماحية الكلية للفعاليه او مجموعة من الفعاليات التي يمكن لها تأخير الفعاليات او زيادة زمن التنفيذ دون ان تؤثر على الزمن الكلي للمشروع

$$T.F_{\text{An Activity}} = LST_{\text{Same Activity}} - EST_{\text{Same Activity}}$$

OR



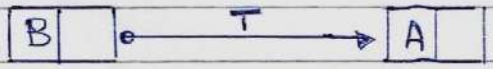
$$T.F = A - B - T$$

② المرونه الحرة Free Float (F.F)

وهي عبارة عن السماحية التي تمتلكها الفعاليه دون ان تؤثر على المباشرة المبكرة للفعاليه اللاحقه حسب ايجادها

$$F.F_{\text{An Activity}} = \text{Minimum}\left[EST_{\text{of Succeeding Activities}} - EFT_{\text{An Activity}}\right]$$

كما ويمكن ايجادها من الخطوط من حاصل طرح الرقم الاسير للحدث عند رأس السهم وطرحاً منه الرقم الاسير للحدث عند بداية السهم وطرحاً منه زمن الفعالية.



$$F.F = A - B - T$$

③ المرونه المتداخلة Interfering Float (INTF)

وهي الفترة الزمنية التي يمكن تأخير البدء بالفعالية دون التأخير في موعد انهاء المشروع ، علماً انها ستؤدي الى

تأخير يبدء في بعض النشاطات التي تليها ويتم ايجادها

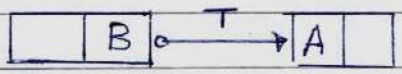
$$INTF_{An\ Activity} = TF_{Same\ Activity} - F.F_{same\ Activity}$$

④ الفرونه المستقلة INDF Independent Float

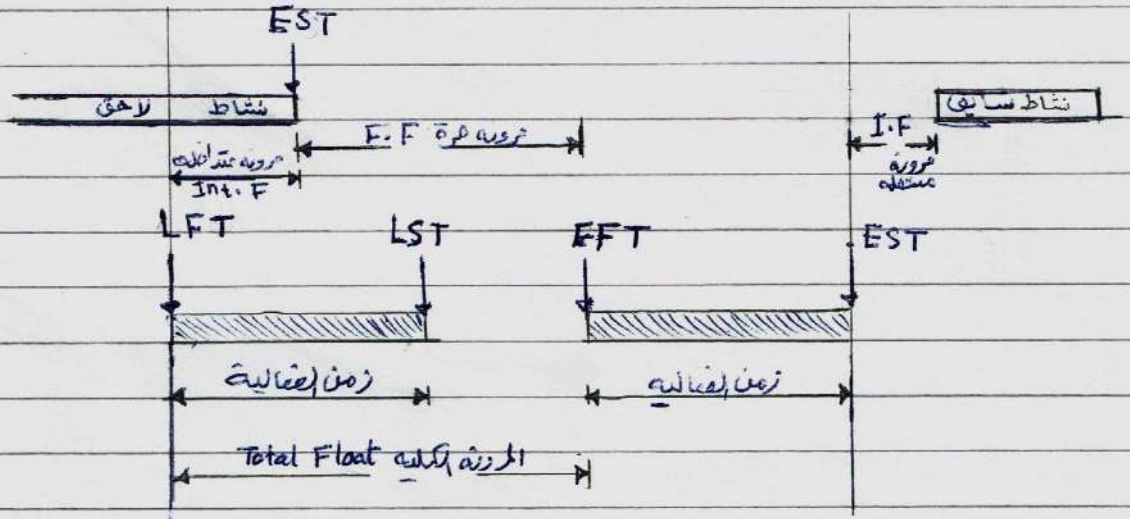
هي الفترة التي يمكن تأخير البدء في الفعالية بمقدارها، دون التأخير في موعد انتهاء المشروع او موعد بداية اي نشاط لاحق او دون ان تتأثر الفعالية المعنية نتيجة اي تأخير في اي فعالية سابقة.

$$I.F = E.S.T_{\text{الاحقة}} - L.F.T_{\text{سابقة}} - Time$$

كما يمكن ايجادها من خلال طرح الرقم الاسر للحدث عند رأس السهم مطروحاً منه الرقم الايمن عند بداية السهم مطروحاً منه زمن الفعالية المعنية.



$$I.F = A - B - T$$

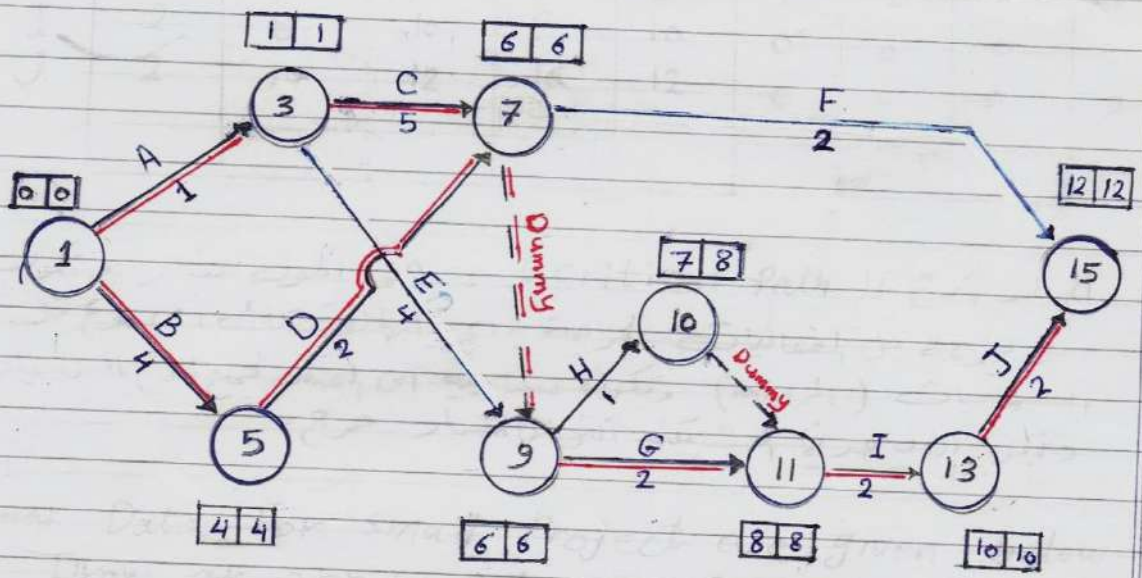


العلاقة بين اوقات الفعاليات الاربعه وانواع الفرونه Float الاربعة

مثال : الفعاليات جزء من مشروع تنفيذ طريق المطلوب

١- رسم المخطط السهمي للمشروع وترقيمه
٢- حساب اوقات الفعاليات (EST, EFT, LST, LFT)
٣- حساب المرونة بانواعها الاربعة (T.F, F.F, INT F, I.F)
٤- تحديد مسار الحرج للمشروع

Activity	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Duration (month)	1	4	5	2	4	2	2	1	2	2
Preceded by	–	–	A	B	A	C, D	C, D, E	C, D, E	G H	I



بالاستعانة بالجدول الخاص بحساب اوقات الفعاليات والمرونة نجد ان هنالك مسارات حرجة عدد 2

first Critical Path : 1-3-7-9-11-13-15

Second Critical Path : 1-5-7-9-11-13-15

Activity	Time	Earliest		Latest		Float			
		Start	Finish	Start	Finish	Total	Free	Interfer.	Indep.
A	1	0	1	0	1	0	0	0	0
B	4	0	4	0	4	0	0	0	0
C	5	1	6	1	6	0	0	0	0
D	2	4	6	4	6	0	0	0	0
E	4	1	5	2	6	1	1	0	1
F	2	6	8	10	12	4	4	0	4
G	2	6	8	6	8	0	0	0	0
H	1	6	7	7	8	1	0	1	0
I	2	8	10	8	10	0	0	0	0
J	2	10	12	10	12	0	0	0	0

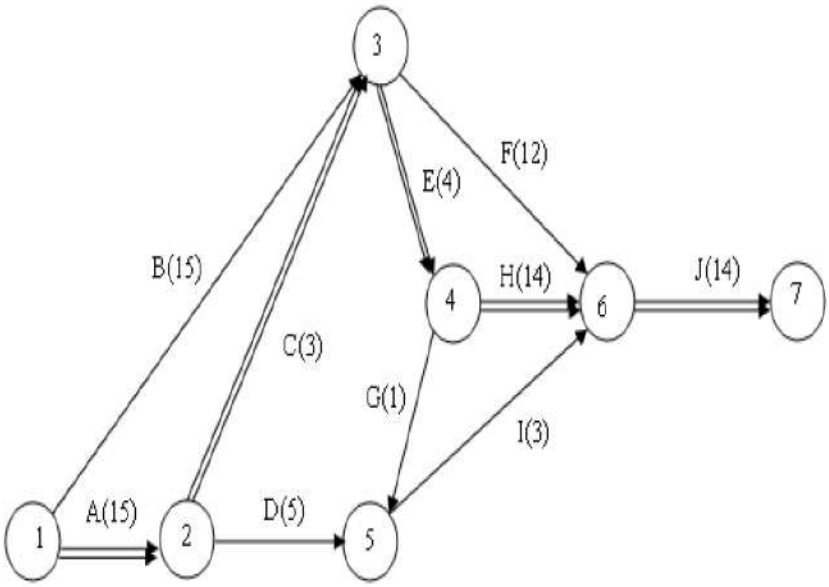
المسار الحرج (Critical Path) : هو اطول مسار ويتكون من مجموعة من الفعاليات الحرجة ، اي انها لا تمتلك اي نوع من السماحيات (المرونة) ويكون مساوية الى الصفر لجميع انواع السماحيات ويمكن ان يوجد في الشبكة اكثر من مسار حرج .

Ex: Data For small Project are given below Draw an arrow network Compute the early & Late dates , Indicate the critical Path on the network & determine the Four Float for each activity & List there values in atable

Activity	1-2	1-3	2-4	3-5	4-9	5-6	5-7	6-8	7-8	8-10	9-10	10-11	4-6
duration Mon.	9	4	8	7	3	6	8	2	3	3	3	3	0

EXAMPLE : Consider the network shown in Fig. which consists of the following activities as shown in the Table determine 1- the early &late event 2- list the four dates of each activity.

Activities	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Immediate - Predecessor	—	—	A	A	B,C	B,C	E	E	D	F,H,I
Duration(weeks)	15	15	3	5	8	12	1	14	3	14



Activity	Duration	Start time		Finish time		Total float
		Earliest	Latest	Earliest	Latest	(weeks)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
A(1-2)	15	0	0	15	15	0
B(1-3)	15	0	3	15	18	3
C(2-3)	3	15	15	18	18	0
D(2-5)	5	15	32	20	37	17
E(3-4)	8	18	18	26	26	0
F(3-6)	12	18	28	30	40	10
G(4-5)	1	26	36	27	37	10
H(4-6)	14	26	26	40	40	0
I(5-6)	3	27	37	30	40	10
J(6-7)	14	40	40	54	54	0

EXAMPLE :

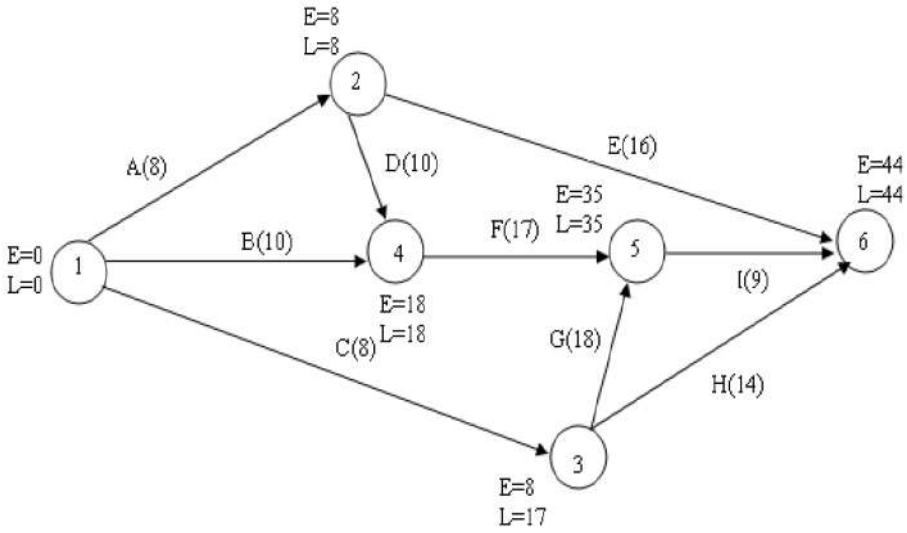
Tasks A, B, C, H, I constitute a project. The precedence relationships are A < D; A<E, B < F; D < F, C < G, C < H; F < I, G < I

Draw a network to represent the project and find the minimum time of completion of the project when time, in days, of each task is as follows:

Task	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Time	8	10	8	10	16	17	18	14	9

Also identify the critical path.

SOLUTION



Fig(a)

The earliest occurrence time (E) and the latest occurrence time (L) of each event is then computed.

El = 0,

E2 = El + t12 =0 + 8 = 8,

E3 = El + t13 = 0 + 8 = 8,

E4 = Max. [0 + 10, 8 + 10] = 18,

E5 = Max. [18 + 17, 8 + 18] = 35,

E6 = Max. [8 + 16, 35 + 9, 8+14]=44.

Similarly,

L6 = E6 = 44,

L5 = L6 — t56 = 44 – 9 = 35,

L4 = L5 — t45 = 35 – 17 = 18,

L3 = Min. [44 – 14, 35 – 18 = 17,

L2 = Min. [44 –. 16, 18 – 10] = 8,

L1 =Min. [8-8, 17-8, 18– 10] =0

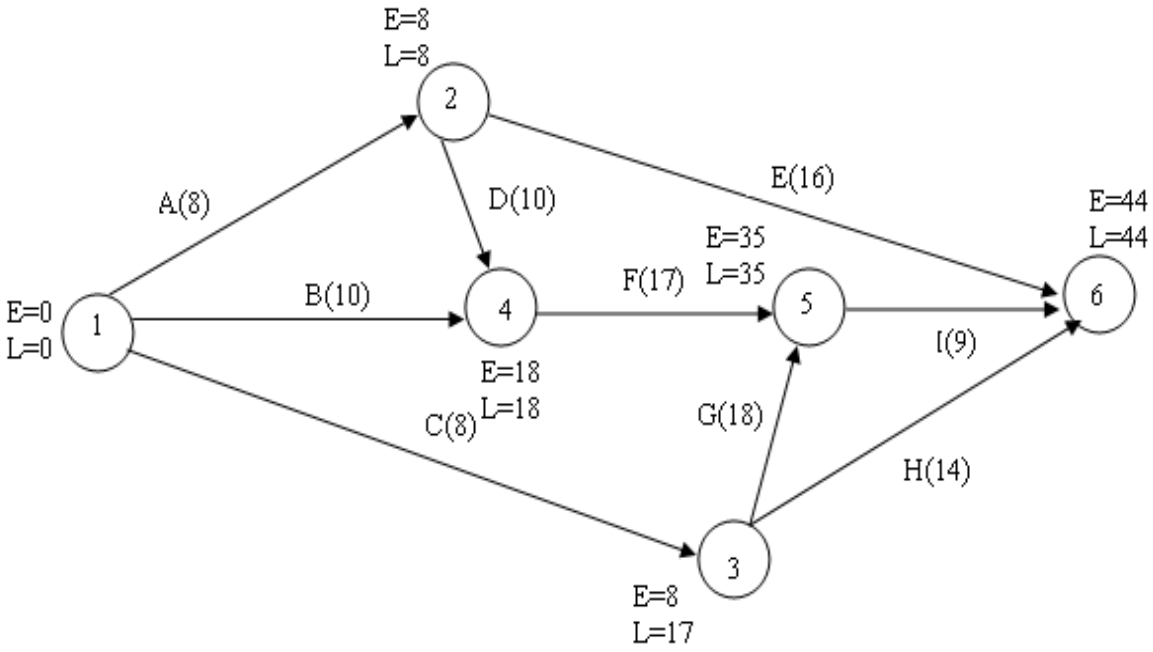


Fig (b)

The critical path is now determined by any of the following methods:

Method 1. The network analysis table is compiled as shown in the Table

Activity	*Duration*	Start time		Finish time		Total float (weeks)
		Earliest	Latest	Earliest	Latest	
1-2	8	0	0	8	8	0
1-3	8	0	9	8	17	9
1-4	10	0	8	10	18	8
2-4	10	8	8	18	18	0
2-6	16	8	28	24	44	20
3-5	18	8	17	26	35	9
3-6	14	8	30	22	44	22
4-5	17	18	18	35	35	0
5-6	9	35	35	44	44	0

Activities 1-2, 2-4, 4-5 and 5-6 having zero float are the critical activities and 1-2-4-5-6 is the critical path.

Method 2. For identifying the critical path, the following conditions are checked. If an activity satisfies
all the three conditions, it is critical.
(i). E = L for the tail event.
(ii). E = L for the head event.
(iii). Ej - Ei = Lj - Li = t*ij*.
Activities 1-2, 2-4, 4-5 and 5-6 satisfy these conditions. Other activities do not fulfill all the three conditions. The critical path is, therefore, 1-2-4-5-6.

Method 3. The various paths and their duration are:
Path Duration (days)
1-2-6 24
1-2-4-5-6 44
1-4-5-6 36
1-3-5-6 35
1-3-6 22
Path 1-2-4-5-6, the longest in time involving 44 days, is the critical path. It represented by double bold lines in Fig b.

EXAMPLE 9.5
A project consists of a series of tasks labeled *A, B. H, I* with the following constraints A< D,E; B, D<F: C<G; B<H; F, G<I. (W<X, Y means X, and Y can't start until W is completed.) You are required to construct a network using this notation. Also find the minimum time of completion of the project when the time of completion of each task is given as follows.

Task	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Time(days)	23	8	20	16	24	18	19	4	10

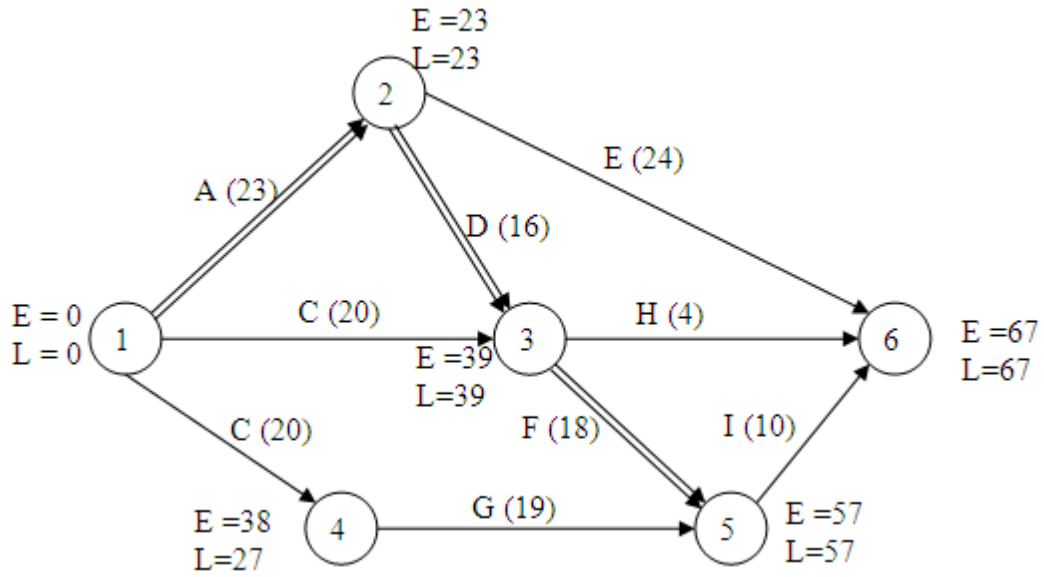
SOLUTION The given constraints can be given in the follow table.

Activity	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Proceeding Activity	--	--	--	A	A	B,D	C	B	G,F

To determine the minimum time of completion of the project, we compute ES*i* and LF*j* for each of the tasks (*i*, *j*) of the project. The critical path calculations are as shown in the Table. Critical path 1-2-3-5-6

Actvity	Normal time	Earliest		Latest		Total floats
		Start	Finish	Start	Finish	
A (1-2)	23	0	23	0	23	0
B (1-3)	8	0	8	31	39	8
C (1-4)	20	0	20	18	38	18
D (2-3)	16	23	39	23	39	0
E(2-6)	24	23	47	43	67	20
F(3-5)	18	39	57	39	57	0
H(3-6)	4	39	43	63	67	24
G(4-5)	19	20	39	38	57	18
I(5-6)	10	57	67	57	67	0

The above table shows that the critical activities are 1-2, 2-3, 3-5, 5-7 as their total float is zero. Hence, we have the critical path, 1-2-3-5-7 with the total project duration (the least possible time to complete the entire project as 67 days.



EXAMPLE

A project schedule has the following characteristics

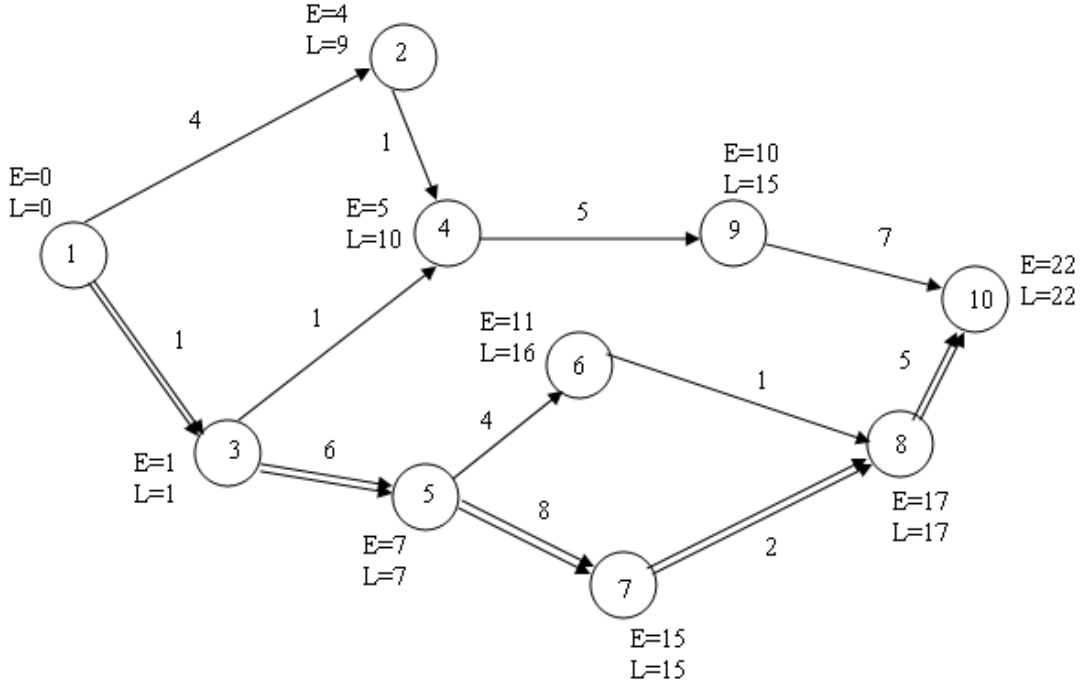
Activity	*Time (weeks)*	*Activity*	*Times (weeks)*
1-2	4	5-6	4
1-3	1	5-7	8
2-4	1	6-8	1
3-4	1	7-8	2
3-5	6	8-10	5
4-9	5	9-10	7

(i) *Construct the network.*
(ii) *Compute E and L for each event, and*
(iii) *Find the critical path.*

SOLUTION

The given data results in a network shown in Fig.. The figures along the arrows represent the activity times

The earliest occurrence time (E) and the latest occurrence time (L) of each event are now computed by employing forward and backward pass calculations.
In forward pass computations, E values are represented in Fig and in backward pass computations, L values are also represented in Fig..



Network analysis table is given Table

Activity	Duration	Start time Earliest	Latest	Finish time Earliest	Latest	Total float (weeks)
1-2	4	0	5	4	9	5
1-3	1	0	0	1	1	0
2-4	1	4	9	5	10	5
3-4	1	1	9	2	10	8
3-5	6	1	1	7	7	0
4-9	5	5	10	10	15	5
5-6	4	7	12	11	16	5
5-7	8	7	7	15	15	0
6-8	1	11	16	12	17	5
7-8	2	15	15	17	17	0
8-10	5	17	17	22	22	0
9-10	7	10	15	17	22	5

Path 1-3-5-7-8-10 with project duration of 22 weeks is the critical pat

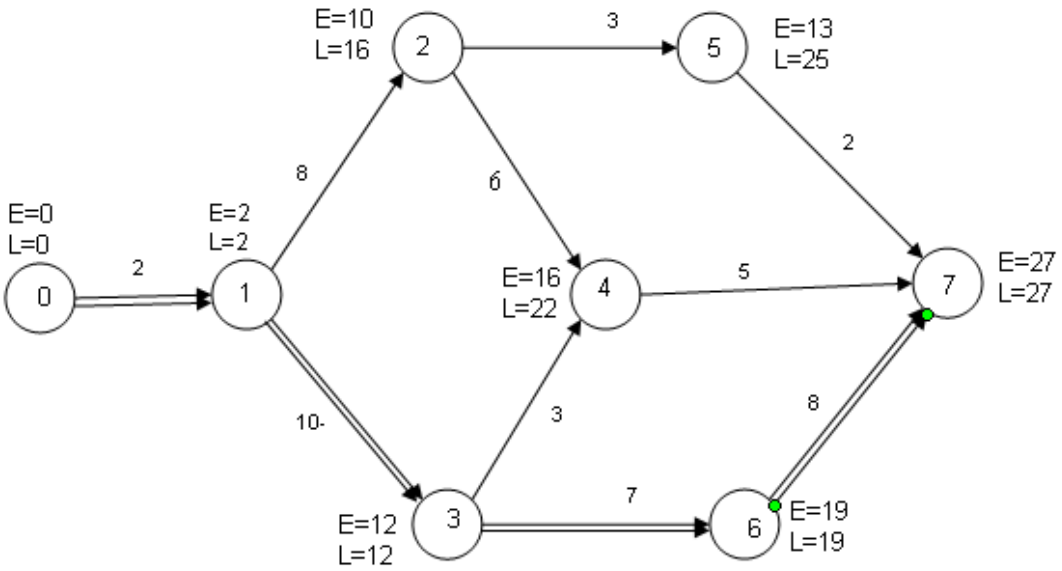
EXAMPLE

The utility data for a network are given below. Determine the total, free, and independent floats and identify the critical path.

Activity	0-1	1-2	1-3	2-4	2-5	3-4	3-6	4-7	5-7	6-7
Duration	2	8	10	6	3	3	7	5	2	8

SOLUTION

The network diagram for the given project data is shown in Fig.. Activity durations are written along the activity arrows. The earliest start and latest finish times of the activities are computed by employing the forward pass and backward pass calculations, as explained in example 2. These times are represented in the network around the respective nodes. The network analysis table is now constructed in Table.



Activity	Durat ion	Start time		Finish time		Float		
		Earliest	Latest	Earliest	Latest	Total	Free	Independent
0-1	2	0	0	2	2	0	0	0
1-2	8	2	8	10	16	6	0	0
1-3	10	2	2	12	12	0	0	0
2-4	6	10	16	16	22	6	0	$-6 \approx 0$
2-5	3	10	22	13	25	12	0	$-6 \approx 0$
3-4	3	12	19	15	22	7	1	1
3-6	7	12	12	19	19	0	0	0
4-7	5	16	22	21	27	6	6	0
5-7	2	13	25	15	27	12	12	0
6-7	8	19	19	27	27	0	0	0

Total float is the positive difference between latest and earliest finish times or latest and earliest start times. For activity 1-2,

Total float (T.F.) = 16 – 10 = 8 – 2 = 6.

Similarly, for activity, say 2-5,

Total float = 25-13 = 22 -10 = 12 and so on.

Total float calculations are depicted in column 7 of table 4.

Free float of activity i - j = Total float – head event slack

= Total float – (L – E) of event j. Thus free float of activity 0 – 1 =0–(L–E) of event 1, = 0–(2-2)=0, free float of activity 1 -2 =6–(16– 10)=6-6=0etc.

Free floats of various activities are calculated in column 8 of the network analysis table. Independent float of activity i - j = Free float – tail event slack = Free float – (L – E) of event *i*.

Thus independent float of activity 0 - 1 = 0 – (0 – 0) = 0,

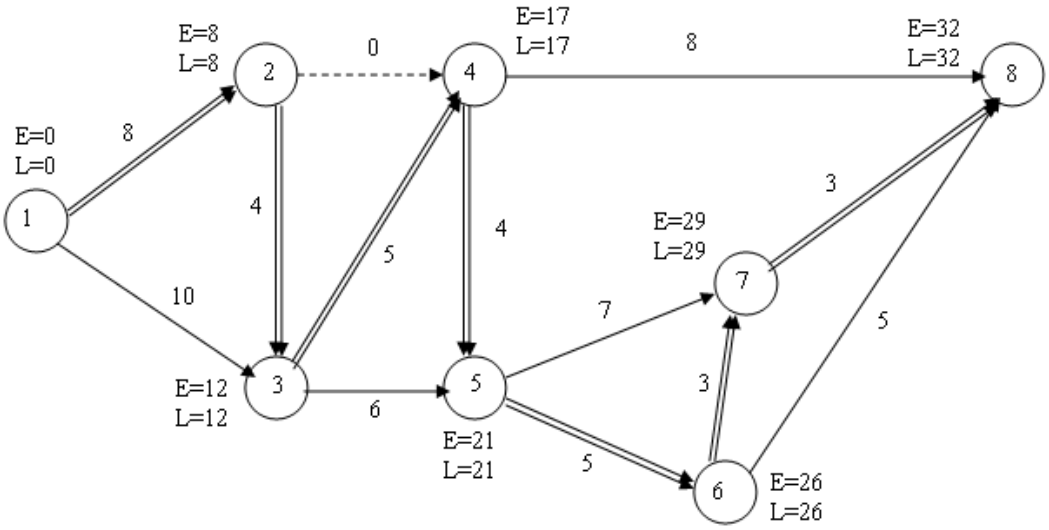
independent float of activity I - 2= 0 – (2 – 2) = 0,

independent float of activity 2 – 4 = 0 – (16 – 10) = – 6 ≈ 0 and so on.

Independent floats of various activities are calculated in column 9 of the Table. If independent float of an activity is negative, it is taken as zero.

EXAMPLE

For the network given in Fig, determine the total, free, and independent floats for each activity. Times for activities are in months.



SOLUTION

The computations of earliest start, earliest finish, latest start and latest finish times along with floats are given in Table

Activity	Duration	Start time		Finish time		Float		
		Earliest	Latest	Earliest	Latest	Total	Free	Independent
1-2	8	0	0	8	8	0	0	0
1-3	10	0	2	10	12	2	2	2
2-3	4	8	8	12	12	0	0	0
24	0	8	17	8	17	9	9	9
3-4	5	12	12	17	17	0	0	0
3-5	6	12	15	18	21	3	3	3
4-5	4	17	17	21	21	0	0	0
4-8	8	17	24	25	32	7	7	7
5-6	5	21	21	26	26	0	0	0
5-7	7	21	22	28	29	1	1	1
6-7	3	26	26	29	29	0	0	0
6-8	5	26	27	31	32	1	1	1
7-8	3	29	29	32	32	0	0	0

Activities 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 and 7-8 have zero float and hence are critical. The path 1-2-34-5- 6-7-8 is the critical path with the project duration of 32 months. Total, free and independent floats are calculated as explained in example 4 and are represented in the last four columns of the above table.

EXAMPLE : Estimated times for the jobs of a project are given below:

Job:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Time (weeks) :	13	5	8	10	9	7	7	12	8	9	4	17

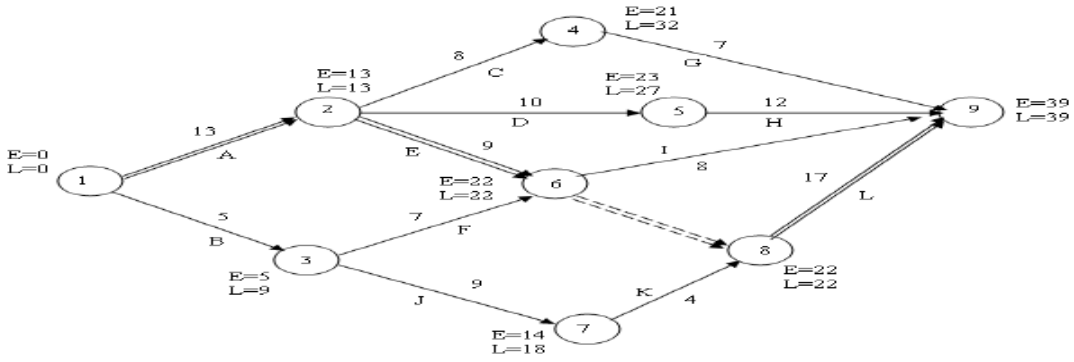
The constraints governing the jobs are as fo1lows:

A and B are start jobs; A controls C, D and E; B controls F and J; G depends upon C; H depends on D; E and F control I and L; K follows J; L is also controlled by K; G, H, I and L are the last jobs. Draw the network, determine float for each activity, project duration and the critical path.

SOLUTION

The network obtained by using the given precedence relationship is shown in Fig. Events have been numbered using the Fulkerson's rule. Note that a dummy activity 6-8 has been included to draw the network. The earliest start times and latest completion times of the activities can be computed by

using the forward and backward pass methods. Critical path is 1-2-6-8-9 and project duration is 39 weeks.



EXERCISES

1.Define 'project', and give some application areas of project management. Explain different phases of project management.

2. Distinguish between CPM and PERT.

3. Discuss the guidelines for constructing a project network.

4. Define the following: (a) total float, (b) free float, and (c) critical path.

5- A construction company has listed down various activities that are involved in constructing a building. These are summarized along with predecessor(s) details in the table.

Activity	Immediate predecessor(s)
A	—
B	—
C	A
D	B
E	A, B
F	C, D
G	F, B
H	E, G
I	H, G
J	I, F
K	J, L
L	A
M	K

Draw a project network for the above project

6. Consider the details of a project as shown in the table .

Activity	Immediate predecessor(s)	Duration (months)
A	-	4
B	-	8
C	-	5
D	A	4
E	A	5
F	B	7
G	B	4
H	C	8
I	C	3
J	D	6
K	E	5
L	F	4
M	G	12
N	H	7
O	I	10
P	J,K,L	5
Q	M,N,O	8

(a) Construct the CPM network.

(b) Determine the critical path.

(c) Compute total floats and free floats for non-critical activities.

7. A project schedule has the following characteristics.

Activity	1-2	1-3	2-4	3-4	3-5	4-9	5-6	5-7	6-8	7-8	8-10	9-10
Time(days)	4	1	1	1	6	5	4	8	1	2	5	7

From the above information, you are required to

(i) Construct a network diagram.

(ii) Compute the earliest event time and latest event time

(iii) Determine the critical path and total project duration

(iv) Compute total, free float for each activity.

8.The following Table shows the job of a project with their duration in days. Draw the network and determine the critical path. Also calculate all the free floats of each activity.

Job	1-2	1-3	1-4	2-5	3-7	4-6	5-7	5-8	6-7	6-9	7-10	8-10	9-10	10-11	11-12
Duration (days)	10	8	9	8	16	7	7	7	8	5	12	10	15	8	5

9. The activities involved in Alpha Garment Manufacturing Company are listed with their time estimates as in the following table:

Activity	Description	Immediate predecessor(s)	Duration(days)
A	Forecast sales volume	—	10
B	Study competitive market	—	7
C	Design item and facilities	A	5
D	Prepare production plan	C	3
E	Estimate cost of production	D	2
F	Set sales price	B, E	1
G	Prepare budget	F	14

Draw the network for the given activities and carry out the critical path calculations.

PROGRAMME EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE (PERT)

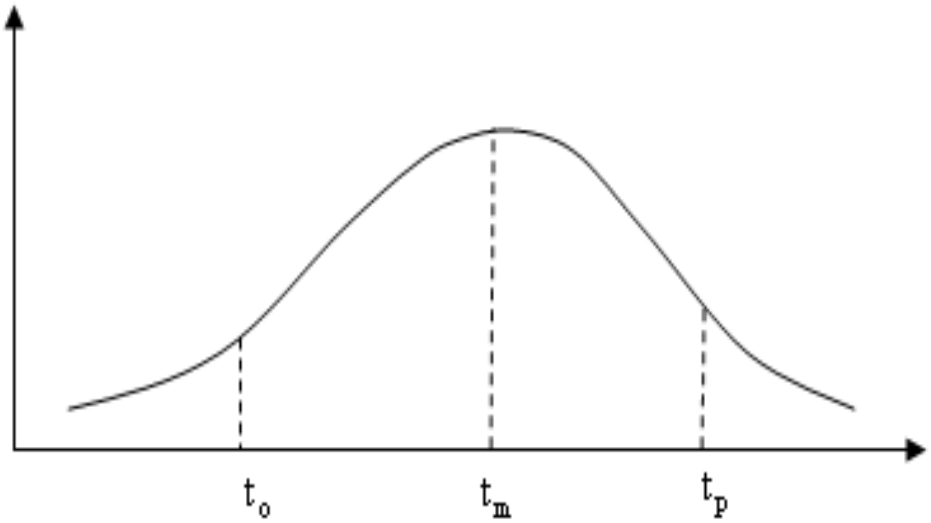
The network methods discussed so far may be termed as deterministic, since estimated activity times are assumed to be known with certainty. However, in research project or design of gear box or a new machine, various activities are based on judgment. It is difficult to obtain a reliable time estimate due to the changing technology. Time values are subject to chance variations. For such cases where the activities are non-deterministic in nature, PERT was developed. Hence, PERT is probabilistic method where the activity times are represented by a probability distribution. This probability distribution of activity times is based upon three different time estimates made for each activity. These are as follows.

(i) Optimistic time estimate

(ii) Most likely time estimate

(iii) Pessimistic time estimate

is denoted by *tp* or *b.* These three time values are shown in the following figure 1



طريقة تقييم ومراجعة البرنامج Program Evaluation & Review Technique – (PERT)

هدف الاداره هو اتخاذ القرارات المدروسة لغرض الحصول على اعظم فائدة ممكنه ضمن المعلومات المتوفرة حيث نشأت الحاجة لاستخدام نظريات الاحصاء والاحتمالات لمعالجة المشاريع غير المتكررة مما ادى الى ظهور طريقة تقييم ومراجعه البرنامج (PERT) للمساعدة على الحصول على احسن قرار ممكن ضمن المعطيات المتوفرة .

يعود ظهور طريقة PERT الى اواخر الخمسينات من القرن العشرين ، اي في نفس الفترة التي ظهرت فيها طريقة المخطط السهمي ، باستثناء استخدام مفاهيم الاحتمالية عادة ما تكون عملية اتخاذ القرارات الاداريه خاضعه لاحدى الحالات التالية :

التأكد (Certainty) او عدم التأكد (Un certainty) او المخاطرة (Risk)

ان الفارق الرئيسي بين طريقة المخطط السهمي (AOA) وطريقة PERT هو أن

ان طريقة المخطط السهمي تعتمد على حالة التأكد وبالتالي استخدام الاساليب المحددة (Deterministic) للتعامل مع بيانات المشروع التي قد نستطيع الحصول عليها من خلال مراجعة مشاريع سابقه مشابهه للمشروع الذي يراد تنفيذه ، اما طريقه PERT جاءت لمعالجة المشاريع الجديدة في المجالات الحديثة التي لايوجد مشاريع سابقة مشابهه لها وبالتالي لاتوجد معلومات مؤكدة حول المشروع مما ادى الاعتماد على معلومات احتمالية (Probabilistic) .

مفاهيم احصائية

بما ان طريقة تقييم ومراجعة البرامج (PERT) تقوم على اسس احتماليه مبنية على بيانات احصائيه لذا نستعرض بعض المفاهيم الاحصائيه قبل البدء في تطبيق هذه الطريقه

١- مقاييس النزعة المركزية :

لايمكن وضع البيانات في توزيع تكراري ذي فئات لدراسة كل توزيع تكراري وطبيعته ، لذلك توجد مقاييس عدديه تعين موقع التوزيع ، فربما يكون هناك توزيعات تكراريه متشابهه في طبيعتها وشكلها ولكنها تختلف في مواقعها ومن هنا نشأت الحاجه الى معرفة مقاييس النزعة المركزية (Measures of Central Tendency) ، وتعرف بظاهرة تتركز القيم او المشاهدات عند اجراء تجربه ما حول قراءه معينه

ومن هذه المقاييس :

١- الوسط الحسابي (Arithmetic Mean μ) : يعتبر الوسط الحسابي

وهو حاصل قسمة مجموعة قيم على عددها

$$M = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N}$$

٢- الوسيط (Median) : يعرف الوسيط لمجموعة من القيم المرتبة حسب قيمتها العددية تصاعدياً او تنازلياً بانه العدد الاوسط منها اذا كان عددها فردياً ، وهو الوسط الحسابي للرقمين اللذين يقسمان هذه القيم الى نصفين متساويين

٣- المنوال (Mode) : يعرف بانه القيمة التي يقابلها اكبر تكرار اذا وضعنا البيانات في توزيع تكراري للقيم .

مقاييس التشتت (Measures of Dispersion)

ظاهرة التشتت عكس ظاهرة التركز حيث نجد ان القيم تتباعد او تتشتت ، وتحدث الظاهرتان في نفس التجربة فنجد ان اكثر القيم تتمركز حول نقطة ما ، ونجد بعض القيم تقع على جانبي هذه النقطة متباعدة كما في حالة التوزيع المتماثل واهم مقاييس التشتت :

١- المدى (Range) : ويعرف المدى لمجموعة من القيم او المشاهدات بانه الفرق بين اكبر قيمة واصغر قيمة ويعتبر المدى مقياساً غير دقيقاً للتشتت بشكل عام المدى = اكبر مشاهدة - اصغر مشاهدة .

٢- التباين (Variance - S^2) : هو مربع انحرافات البيانات عن وسطها الحسابي مقسوماً على عددها

٣- الانحراف المعياري (Standard Deviation - S) : يعتبر الانحراف المعياري اهم مقاييس التشتت لمجموعة من القيم او المشاهدات واكثرها دقة لانه يأخذ جميع القيم او المشاهدات بعين الاعتبار ، فهو الاكثر شيوعاً واستخداماً ويعرف بانه القيمة الموجبة الجذر التربيعي للتباين .

مفاهيم احتمالية :

يعرف الاحتمال على انه نسبة عدد مرات تحقيق حادثة معينة الى عدد المحاولات التي تم اجراءها لتحقيق ذلك الحادث ، وبشكل عام فالاحتمال هو مقياس عددي لقياس فرصة تحقيق حادثة غير مؤكدة ، كأن نهتم بمعالجة او عملية ما خلال فترة معينة

من الجدول حيث ان

$$Z = \frac{X - M}{\sigma}$$

X : قيمة القراءه
M : الوسط الحسابي
σ : الانحراف المعياري

وفي طريقة PERT :

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sigma_E}$$

T_S: Time schedule المدة المطلوبة

T_E: Expected time المدة المتوقعة

σ_E: standard deviation for critical Path

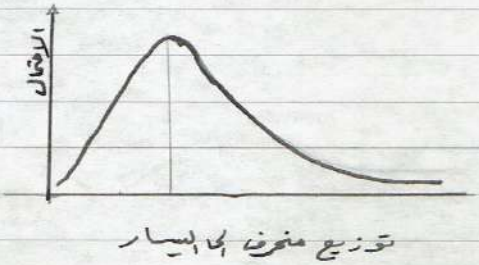
هنالك بعض التعريفات والفرضيات المستخدمة في طريقة (PERT)

الوقت التفاؤلي (Optimistic Time - a) : هو الزمن المتوقع لتنفيذ فعالية عندما تكون ظروف التنفيذ مثالية ولاحتمال تنفيذ الفعالية في وقت اقصر.

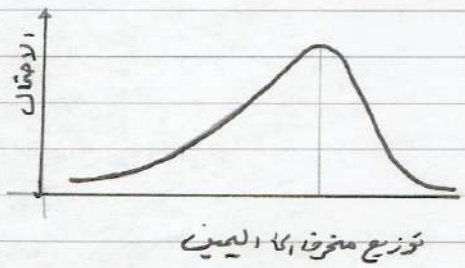
الوقت الأكثر احتمالاً (Most Probable Time - m) : وهو الزمن المتوقع لتنفيذ الفعالية عندما تكون ظروف التنفيذ طبيعية ولكن ليست مثالية.

الوقت التشاؤمي (Pessimistic Time - b) : وهو الزمن المتوقع لتنفيذ الفعالية عندما تكون ظروف التنفيذ سيئة ولاتدخل هنا الظروف غير الطبيعية او الكوارث مثل الزلازل والفيضانات.

ان توزيع اوقات الفعاليات يتبع توزيع بيتا (Beta Distribution)



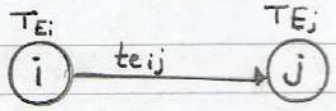
توزيع منحرف الى اليسار



توزيع منحرف الى اليمين

$$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{36}$$

σ^2 - Variance التباين



$(T_E)_{start}$ = Base time = 0

$(\sigma_E^2)_{start} = 0$

$T_{Ej} = Max\ [T_{Ei} + teij]$

$\sigma_E^2 = \sigma_{Ei}^2 + \sigma_{eij}^2$

If T_{Ej} Can be found from events take the longer variance

$T_{Li} = Min\ [T_{Lj} - teij]$

ولايجاد الوقت المتوقع لانجاز المشروع
اذا كان هنالك مسار حرج واحد في المخطط يكون

T_E للمشروع $= t_{Acitivity\ A} + t_{Activity\ B} + t_{Activity\ C} + \cdots$

اما اذا كان هنالك أكثر من مسار حرج نقارن بين التباين ونأخذ الأكبر تبايناً.

اما الانحراف المعياري لاي مسار في المشروع هو الجذر التربيعي لمجموع التباين

$$\sigma_{Path} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2 + \cdots}$$

مثال تطبيقي :

باعتبارك مهندس مخطط لاحد المشاريع واردت ايجاد الزمن اللازم لانجاز فعاليه صب السقف والتي تبدأ من نصب القالب الخشبي الى نهاية المعالجة وان البداية تكون في منتصف شهر تشرين الثاني اي الشهر الحادي عشر ، اوجد زمن انجاز الفعاليه مقدراً هذه الفقره وفق الاحتمالات المتوقعه واعتماداً على الخبرة ، بايجاد المعدل المتوقع لمدة الفعاليه والانحراف القياسي لمعدل المدة والتفاوت المطلوب

الجواب :

بما ان الفعاليه تبدأ في منتصف شهر تشرين الثاني ، فان هنالك احتمالات عدة

أ- الاحتمال الاول : هو ان الحاله الجوية تكون جيدة (عدم وجود امطار - الجو غائم وبذلك يمكن ايجاد الفقره باقصر مدة ممكنه (a)

١- نصب وتركيب القالب الخشبي و	6 يوم
٢- صب السقف	1 يوم
٣- رفع القالب والمعالجه	8 يوم
المجموع	15 يوم تقريباً

ب - الاحتمال الاكثر حدوث في هذه الفقره ، الحاله الجويه هو وجود غيوم ، وانخفاض درجات الحراره مع رطوبة - غير ممطر وبذلك يمكن ايجاد الفقرة (M)

١- نصب وتركيب القالب الخشبي والسقالي	8 يوم
٢- صب السقف	1 يوم
٣- رفع القالب والمعالجه	11 يوم
	20 يوم

جـ - الاحتمال المتشائم : على اعتبار سقوط امطار وباستمرار مع وجود رطوبه عاليه وانخفاض درجات الحراره وبذلك يمكن ايجاد الفقره الزمنيه (b)

١- نصب وتركيب القالب الخشبي والسقالي	14 يوم
٢- صب السقف	3 يوم (على اساس وجود مناصل جدد)
٣- رفع القالب والمعالجه	16 يوم
	33 يوم

المعدل بتوقع مدة الفعالية :

$$te = \frac{a+4M+b}{6} = \frac{15+4*20+33}{6} = 21 \ day$$

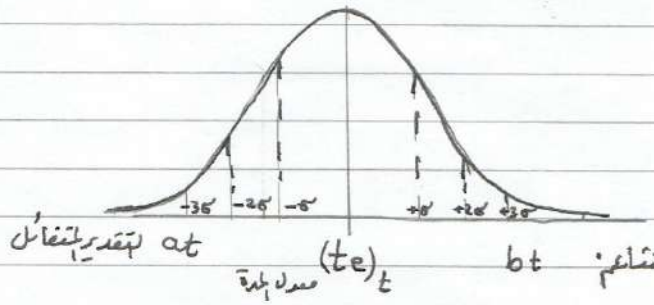
الانحراف القياسي لمعدل المدة :

$$\sigma = \frac{b-a}{6} = \frac{33-15}{6} = 3 \ day$$

التفاوت (التباين) :-

$$V = \sigma^2 = \frac{(33-15)^2}{36} = 9 \ day$$

ملاحظة



التقدير المتشائم — معدل المدة — التقدير المتفائل

لايجاد التقدير المتفائل للمدة الكلية للمشروع :-

$$a_t = (te)_t - 3\sigma$$

اما التقدير المتشائم للمدة الكلية للمشروع

$$bt = (te)_t + 3\sigma$$

مثال : الجدول ادناه يمثل الفعاليات لانجاز احد المشاريع ، وباعتبارك المهندس المخطط في هذا المشروع وكانت هناك عدة احتمالات لانجاز كل فعالية لعدم وجود احصائيات مشابهه (مشروع جديد) ، المطلوب

١- رسم المخطط الشبكي
٢- الحدل المتوقع لانجاز الفعاليه والتباين والانحراف لكل فعالية
٣- تحديد Criti cal Path والحدل المتوقع للمدة الكليه للمشروع
٤- التقدير بمتفائل (a_t) و التقدير بمتشائم (b_t) للمدة الكليه لتنفيذ المشروع
٥- ماهي احتماليه اكمال المشروع في 24 .

Sol:-

Activity	Preceded by	a	M	b	t	σ^2	σ	Es	Ef	Ls	L.F	T.F	C.P
A	—	4	6	8	6	4/9	2/3	0	6	0	6	0	*
B	—	1	4.5	5	4	4/9	2/3	0	4	5	9	5	
C	A	3	3	3	3	0	0	6	9	6	9	0	*
D	A	4	5	6	5	1/9	1/3	6	11	15	20	9	
E	A	0.5	1	1.5	1	1/36	1/6	6	7	12	13	6	
F	B, C	3	4	5	4	1/9	1/3	9	13	9	13	0	*
G	B, C	1	1.5	5	2	4/9	2/3	9	11	16	18	7	
H	E, F	5	6	7	6	1/9	1/3	13	19	14	20	1	
I	E, F	2	5	8	5	1	1	13	18	13	18	0	*
J	D, H	2.5	2.75	4.5	3	1/9	1/3	19	22	20	23	1	
K	G, I	3	5	7	5	4/9	2/3	18	23	18	23	0	*

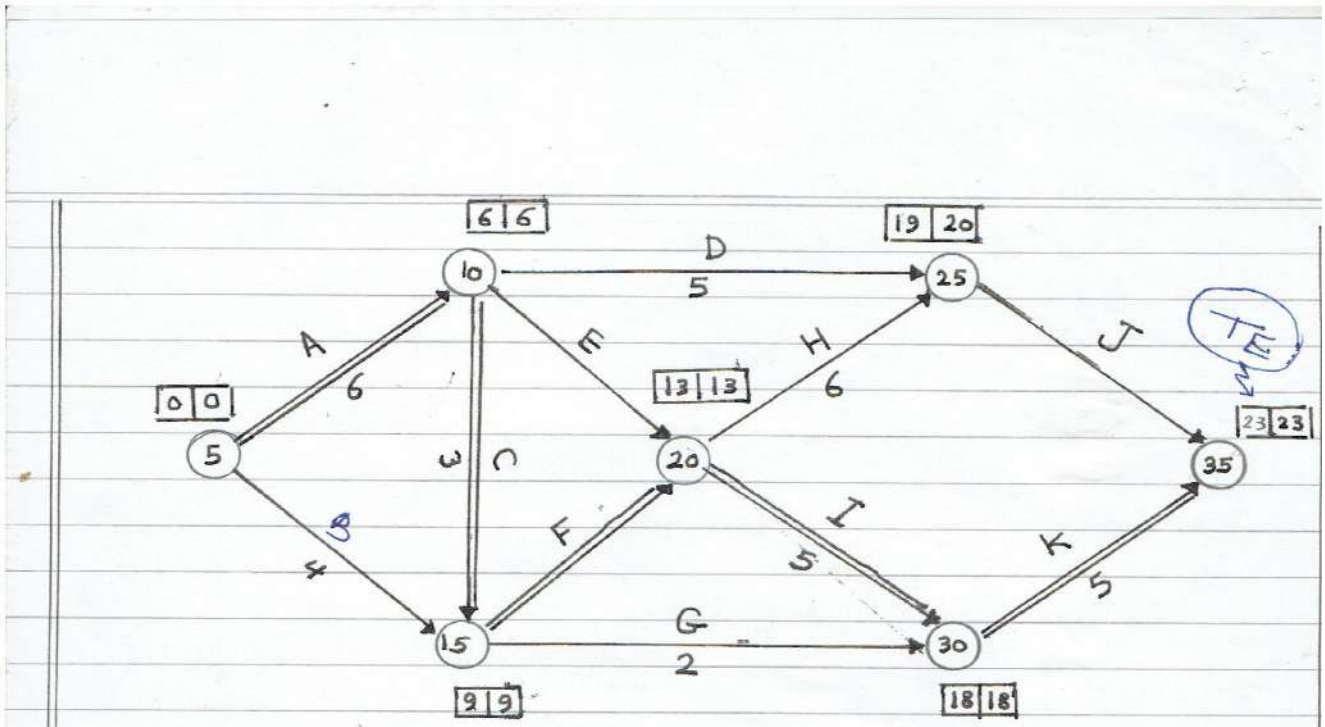
$$t_A = \frac{4+4*6+8}{6} = 6$$

$$\sigma_A^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 = \left(\frac{8-4}{6}\right)^2 = \frac{4}{9}$$

$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_A^2} = \frac{2}{3}$$

$$t_D = \frac{4+4*5+6}{6} = 5$$

$$\sigma_D^2 = \left(\frac{6-4}{6}\right)^2 = \frac{1}{9} \qquad \sigma_D = \frac{1}{3}$$



③ Activity on Critical Path (الفعاليات على المسار الحرج)

A , C, F, I, K

الوقت المتوقع لمدة اكمال المشروع = 6 + 3 + 4 + 5 + 5 = 23 week

⑤ $T_E = 23$

$T_S = 24$

$\sigma^2_{Path} = \sigma^2_A + \sigma^2_C + \sigma^2_F + \sigma^2_I + \sigma^2_K$

$= \frac{4}{9} + 0 + \frac{1}{9} + 1 + \frac{4}{9} = 2$

$\sigma = \sqrt{2} = 1.414$

$Z = \frac{T_S - T_E}{\sigma} = \frac{24 - 23}{1.414} = 0.71$

نذهب إلى الجدول بخدمة الاحتمالية = 0.7611

احتمالية اكمال المشروع في 24 اسبوع = 76 %

④

التقدير المتفائل للمدة الكلية للمشروع $= te - 3\sigma$

$= 23 - 3*1.414 = 18.75$ week

التقدير المتشائم للمدة الكلية للمشروع $= te + 3\sigma$

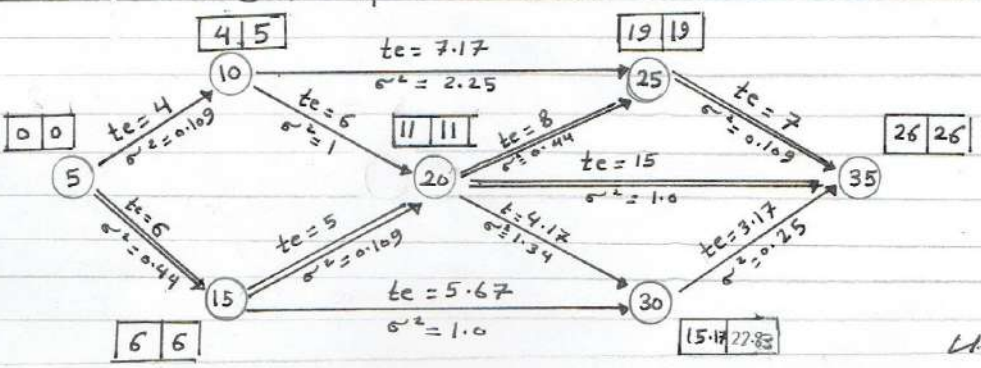
$= 23 + 3*1.414 = 27.25$ week

مثال :-

كلف مهندس التخطيط والمتابعة لاحد المشاريع الانشائية باعداد جدول زمني لفعاليات المشروع وحسب ما مبين في الجدول ادناه وحسب طريقة تقييم ومراجعة البرامج (PERT) ، المطلوب ① رسم المخطط الشبكي ② احتمالية انجاز المشروع في 26 شهر
③ المدة المتوقعة لانجاز المشروع وباحتمالية 90٪
④ احتمالية انجاز المشروع في 27 شهر

Sol:-

Activity	a	m	b	te	σ_e^2	σ_e
5–10	3	4	5	4	0.109	0.33
5 – 15	4	6	8	6	0.44	0.66
10 – 20	3	6	9	6	1.0	1.0
10 – 25	3	7	12	7.17	2.25	1.5
15 – 20	4	5	6	5	0.109	0.33
15 – 30	2	6	8	5.67	1.0	1.0
20 – 25	6	8	10	8	0.44	0.66
20 – 30	1	4	8	4.17	1.34	1.16
20 – 35	12	15	18	15	1.0	1.0
25 – 35	6	7	8	7	0.109	0.33
30 – 35	2	3	5	3.17	0.25	0.50



②

Critical path I = 5 – 15 – 20 – 25 – 35

Critical path II = 5 – 15 – 20 – 35

$\sigma_1 = \sqrt{(0.44) + 0.109 + 0.44 + 0.109} = 1.048$

$\sigma_2 = \sqrt{0.44 + 0.109 + 1.0} = 1.244$

} نختار القيمة الاكبر

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sigma_E} = \frac{26-26}{1.244} = 0$$

If $Z = 0$ Probability = 50%

③ If Probab. = 90%

%90 = (0.8997) من الجدول

نرجع الى الجدول ونجد فيه Z وتساوي 1.28

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sigma_E}$$

$$1.28 = \frac{T_S - 26}{1.244} \Rightarrow T_S = 27.6 \text{ month}$$

④

$$Z = \frac{27-26}{1.244} = 0.8$$

Probability = 0.7881 من الجدول ≃ 79%

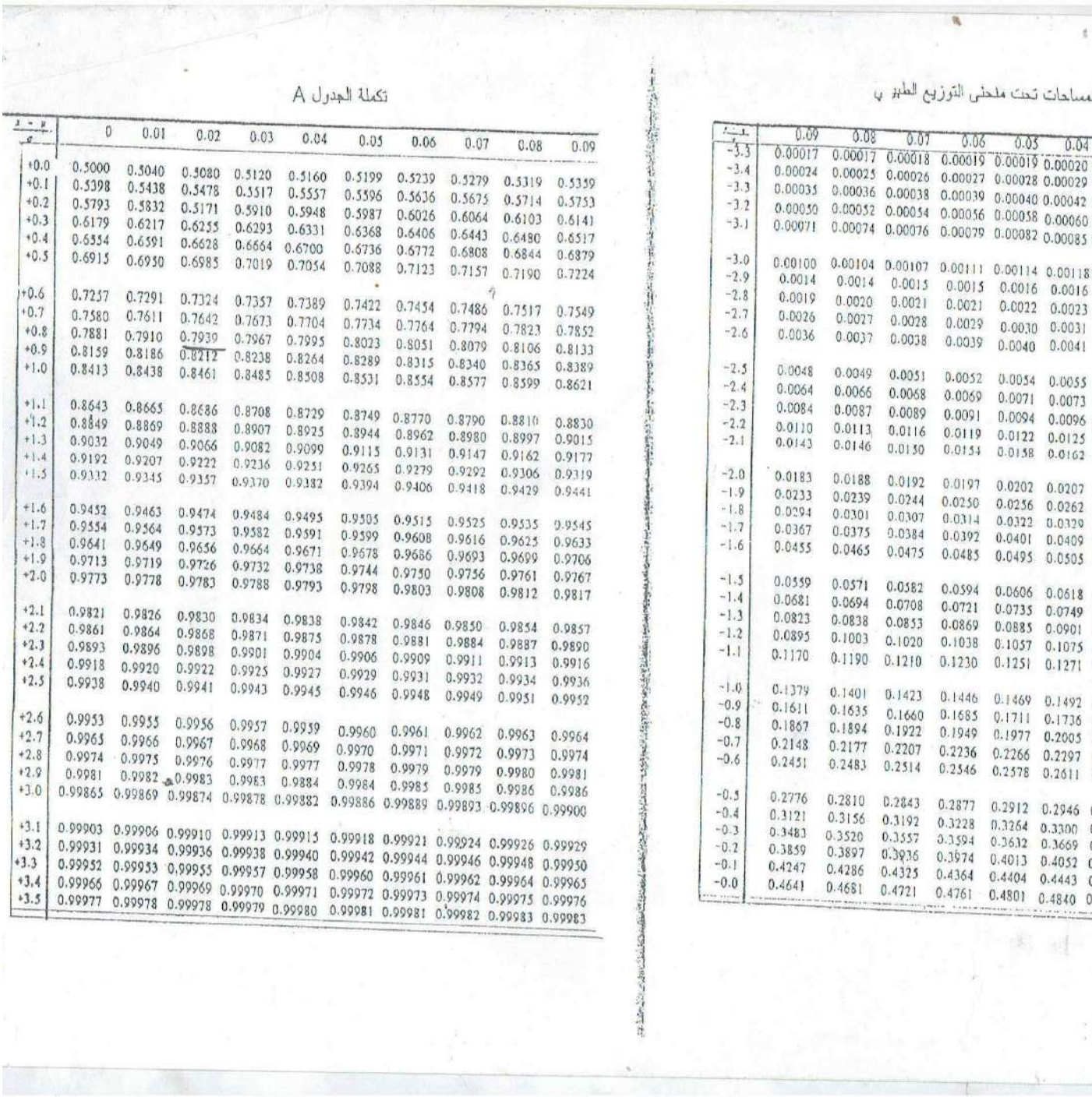
H.W ① : مشروع صغير يتكون من عدد من الفعاليات وكما مبين في الجدول ،
رصد مبلغ 100 مليون دينار لاكمال المشروع في 26 اسبوع .
هل هناك جدوى من صرف مبالغ اضافية مقدارها 15 مليون دينار لاختصار الفعالية E اربعة اسابيع .

Activity	Preceded by	te	δe
A	—	6	2
B	—	3	1
C	A	6	1
D	A	15	2
E	C, B	12	2

H.W ②

Construct the PERT Net work for the data shown below and determine the expected finish date, & Probabilty of finishing the works in 25 months

Activity	a	m	b
5–10	6	9	15
5–15	2	4	8
10–20	6	8	10
15–25	4	7	12
20–45	2	3	6
25–30	4	7	9
25–35	5	9	11
30–40	1	2	4
35–40	2	3	5
40–50	2	4	5
45–50	1	4	6
50–55	2	3	5



تكملة الجدول A

z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
+0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
+0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
+0.2	0.5793	0.5832	0.5171	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
+0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
+0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
+0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
+0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
+0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
+0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8079	0.8106	0.8133
+0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
+1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
+1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
+1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
+1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
+1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
+1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
+1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
+1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
+1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
+1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
+2.0	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
+2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
+2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
+2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
+2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
+2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
+2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
+2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
+2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
+2.9	0.9981	0.9982	0.9983	0.9983	0.9884	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
+3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
+3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99915	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
+3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
+3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
+3.4	0.99966	0.99967	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
+3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983

مساحات تحت منحنى التوزيع الطبيعي

z	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
-3.3	0.00017	0.00017	0.00018	0.00019	0.00019	0.00020
-3.4	0.00024	0.00025	0.00026	0.00027	0.00028	0.00029
-3.3	0.00035	0.00036	0.00038	0.00039	0.00040	0.00042
-3.2	0.00050	0.00052	0.00054	0.00056	0.00058	0.00060
-3.1	0.00071	0.00074	0.00076	0.00079	0.00082	0.00085
-3.0	0.00100	0.00104	0.00107	0.00111	0.00114	0.00118
-2.9	0.0014	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0016
-2.8	0.0019	0.0020	0.0021	0.0021	0.0022	0.0023
-2.7	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.0030	0.0031
-2.6	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041
-2.5	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0054	0.0055
-2.4	0.0064	0.0066	0.0068	0.0069	0.0071	0.0073
-2.3	0.0084	0.0087	0.0089	0.0091	0.0094	0.0096
-2.2	0.0110	0.0113	0.0116	0.0119	0.0122	0.0125
-2.1	0.0143	0.0146	0.0150	0.0154	0.0158	0.0162
-2.0	0.0183	0.0188	0.0192	0.0197	0.0202	0.0207
-1.9	0.0233	0.0239	0.0244	0.0250	0.0256	0.0262
-1.8	0.0294	0.0301	0.0307	0.0314	0.0322	0.0329
-1.7	0.0367	0.0375	0.0384	0.0392	0.0401	0.0409
-1.6	0.0455	0.0465	0.0475	0.0485	0.0495	0.0505
-1.5	0.0559	0.0571	0.0582	0.0594	0.0606	0.0618
-1.4	0.0681	0.0694	0.0708	0.0721	0.0735	0.0749
-1.3	0.0823	0.0838	0.0853	0.0869	0.0885	0.0901
-1.2	0.0895	0.1003	0.1020	0.1038	0.1057	0.1075
-1.1	0.1170	0.1190	0.1210	0.1230	0.1251	0.1271
-1.0	0.1379	0.1401	0.1423	0.1446	0.1469	0.1492
-0.9	0.1611	0.1635	0.1660	0.1685	0.1711	0.1736
-0.8	0.1867	0.1894	0.1922	0.1949	0.1977	0.2005
-0.7	0.2148	0.2177	0.2207	0.2236	0.2266	0.2297
-0.6	0.2451	0.2483	0.2514	0.2546	0.2578	0.2611
-0.5	0.2776	0.2810	0.2843	0.2877	0.2912	0.2946
-0.4	0.3121	0.3156	0.3192	0.3228	0.3264	0.3300
-0.3	0.3483	0.3520	0.3557	0.3594	0.3632	0.3669
-0.2	0.3859	0.3897	0.3936	0.3974	0.4013	0.4052
-0.1	0.4247	0.4286	0.4325	0.4364	0.4404	0.4443
-0.0	0.4641	0.4681	0.4721	0.4761	0.4801	0.4840

P(x ≤ C)*)* represents the probability that the project will be completed on or before the C time u This can be converted into the standard normal statistic *z* as:

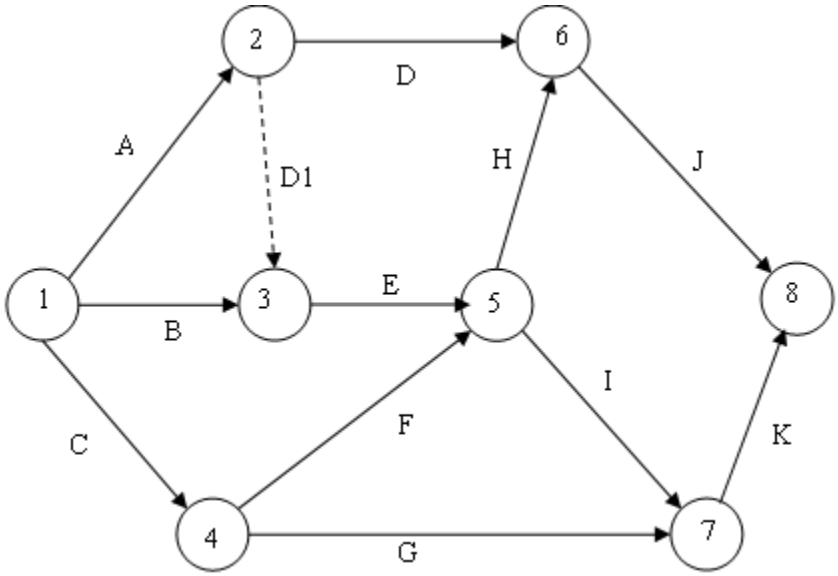
$$p\left[\frac{x-\mu}{\sigma} \le \frac{c-\mu}{\sigma}\right] = P[Z \le \frac{c-\mu}{\sigma}]$$

Example Consider Table 1 summarizing the details of a project involving 11 activities Table 1 Details of Project with 11 Activities

Activity	Predecessor(s)	Duration (weeks)		
		t_o	t_m	t_p
A	—	6	7	8
B	—	1	2	9
C	—	1	4	7
D	A	1	2	3
E	A, B	1	2	9
F	C	1	5	9
G	C	2	2	8
H	E,F	4	4	4
1	E, F	4	4	10
J	D, H	2	5	14
K	I,G	2	5	8

(a) Construct the project network.
(b) Find the expected duration and variance of each activity.
(c) Find the critical path and the expected project completion time.
(d) What is the probability of completing the project on or before 25 weeks?
(e) If the probability of completing the project is 0.84, find the expected project completion t

Solution (a) The project network is shown in Figure 1.



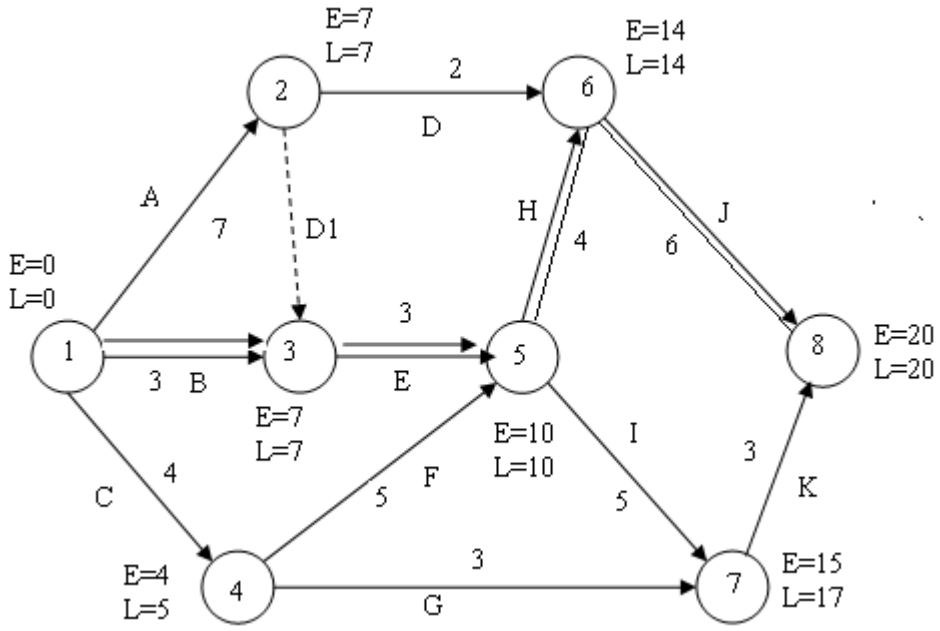
(b) The expected duration and variance of each activity are shown in Table 1.

Table 2 Computations of Expected Duration and Variance

Activity	Duration (weeks)			Mean duration	Variance
	t_o	t_m	t_p		
A	6	7	8	7	0.11
B	1	2	9	3	1.78
C	1	4	7	4	1.00
D	1	2	3	2	0.11
E	1	2	9	3	1.78
F	1	5	9	5	1.78
G	2	2	8	3	1.00
H	4	4	4	4	0.00
1	4	4	10	5	1.00
J	2	5	14	6	4.00
K	2	2	8	3	1.00

(c) The calculations of critical path based on expected durations are summarized in Figure

2. The critical path is A-DI –E-F-J and the corresponding project completion time is 20 weeks.



*D1 — Dummy activity

(d) The sum of the variances of all the activities on the critical path is:

$$0.11 + 1.78 + 0.00 + 4.00 = 5.89 \text{ weeks.}$$

Therefore $\sigma = \sqrt{5.89} = 2.43$ weeks. Also

$$P(x \le 25) = P\left(\frac{x-\mu}{\sigma} \le \frac{25-20}{2.43}\right) = P(z \le 2.06) = 0.9803.$$

This value is obtained from standard normal table. Therefore, the probability of completing the project on or before 25 weeks is 0.9803.

(e)We also have $P(x \le C) = 0.84$. Therefore,

$$P\left(\frac{x-\mu}{\sigma} \le \frac{C-\mu}{\sigma}\right) = 0.84$$

$$P\left(z \le \frac{C-20}{2.43}\right) = 0.84$$

From the standard normal table, the value of z is 0.99, when the cumulative probability is 0.84. Therefore,

$$\frac{C-20}{2.43} = 0.99 \quad \text{or} \quad C = 22.4 \text{weeks}$$

The project will be completed in 22.41 weeks (approximately 23 weeks) if the probability of completing the project is 0.84.

EXERCISES:

1- Consider the following data of a project.

Activity	Predecessor(s)	Duration (weeks)		
		a	m	b
A	—	3	5	8
B	—	6	7	9
C	A	4	5	9
D	C	A	4	5
D	B	3	5	8
E	A	4	6	9
F	C, D	5	8	11
G	C, D, E	3	6	9
H	F	1	2	9

(a) Construct the project network.
(b) Find the expected duration and variance of each activity.
(c) Find the critical path and the expected project completion time.
(d) What is the probability of completing the project on or before 30 weeks?
(e) If the probability of completing the project is 0.9, find the expected project completion time.

2- Consider the following table summarizing the details of a project:

Activity	Predecessor(s)	Duration (weeks)		
		a	m	b
A	—	4	4	10
B	—	1	2	9
C	—	2	5	14
D	A	1	4	7
E	A	1	2	3
F	A	1	5	9
G	B, C	1	2	9
H	C	4	4	4
1	D	2	2	8
J	E, G	6	7	8
K	F, H	2	2	8
L	F, H	5	5	5
M	1, J, K	1	2	9
N	L	6	7	8

(a) Construct the project network.

(b) Find the expected duration and variance of each activity.

(c) Find the critical path and the expected project completion time.

(d) What is the probability of completing the project on or before 35 weeks'?

(e) If the probability of completing the project is 0.85, find the expected project completion time.

The Construction Industry (الصناعة الانشائية):

The construction industry is vast and varied. Just take a look around—from homes to highways to hospitals—and you see the results of this industry.
As our needs expanded, so did our building capabilities. We eventually built political capitals, great cities bustling with business and commerce. Though the means and the methods have changed over the centuries, the construction industry is still about building communities that serve people.
Construction is big business, totaling more than $3.9 trillion annually Worldwide, and there is no slowdown in sight. The industry employs about 7 million people directly (plumbers, carpenters, welders, and so on) and hundreds of thousands more indirectly. It gives rise to the steel industry, the lumber industry, the carpet industry, the furniture industry, the paint industry, the concrete industry, the paving industry, and so on. It goes even further than that if you consider the trucking, shipping, manufacturing, and mining industries.

There are three principal players in any construction project are the owner, the designers (architects and engineers), and the contractor

Owners (اصحاب العمل)
No construction would ever be accomplished without owners. They are the driving force behind the construction industry. Their demands for housing, commercial facilities, industrial products, and infrastructure are the chief motivation to build.

.
Architects (المعماريون)
Architects design the overall aesthetic and functional look of buildings and other structures. Architectural technicians are typically the drafters of the building plans. They are the ones who actually produce the drawings that are used for construction. Today drafters have become computer operators and produce their drawings electronically using computer-aided design (CAD) software. Some CAD operators have expanded their skills to include 3D building information modeling (BIM) as well. As the trend toward information modeling continues, these technicians will become more and more valuable in the marketplace.

Specification writers accompanying (ارفاق) the plans for a new building is a written project manual that contains the specifications for the project. The

plans and specifications compose two parts of the legal contract for construction.
There are many different engineering specialties; the most common ones associated with construction activities are described next:

Structural engineers Structural engineers design the timber, concrete, or steel structural systems that support a building and basically hold it up to withstand the forces of wind, gravity, and seismic activity. They design the foundations, beams, girders, and columns that make up the skeleton of the structure.

Mechanical engineers Mechanical engineers design the heating, cooling, ventilating, plumbing, and fire suppression systems within a building. They coordinate their efforts with the architectural design, the structural design, and the electrical design.

Electrical engineers Electrical engineers design and calculate electrical loads and determine the circuitry, lighting, motors, transformers, and telecommunications needed for a building. They typically work closely with the architect to ensure that the owner's expectations are met and often coordinate their efforts with the mechanical engineer.
Civil engineers Civil engineers design roads, bridges, tunnels, dams, site drainage, parking lots, runways, and water supply and sewage systems.

General Contractor (المقاول العام)
The general contractor, also known as the *prime contractor*, enters into a contract with the owner to deliver the construction project in accordance with the plans and specifications that have been prepared by the architects and engineers.

Construction Managers
Construction managers may be employed by construction management firms, general contractors, architects, engineers, owners, or specialty contractors. The primary responsibility of the construction manager is to organize the project team to perform the construction management function that is the topic of this entire book.

Subcontractors (المقاول الثانوي)
They perform their work under a contract with another contractor (typically the general contractor) to do a portion of the contractor's work, as opposed to contracting directly with an owner. These subcontractors, in turn, may

engage other subcontractors. Thus, there can be several levels of subcontracting to a general contractor.

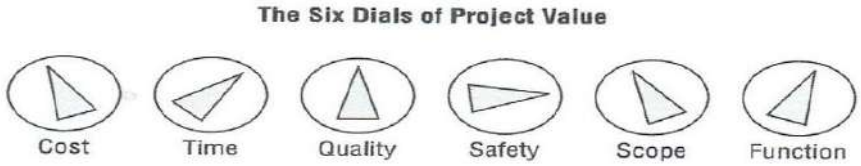
Construction Management Defined

One of the best definitions that I have come across over the years is from Charles Patrick's *Construction Project Planning and Scheduling*. According to Patrick, "Construction management (CM) entails the planning, scheduling, evaluation, and controlling of construction tasks or activities to accomplish specific objectives by effectively allocating and utilizing appropriate labor, material, and time resources in a manner that minimizes costs and maximizes customer/owner satisfaction."

Project Values

In 1996, a group of owners, architects, contractors, and engineers gathered in San Francisco to discuss common goals and opportunities for collaboration in the building industry. They referred to these factors as the *six dials of project value*: cost, time, quality, safety, scope, and function.

The Six Dials of Project Value



Cost It is essential to predict and control what the construction project will cost. Costs are established, targeted, and controlled by means of an estimate or budget. As the work progresses, expenditures for materials, labor, equipment, and subcontracts are tracked and measured against the estimates.

Time : Time is monitored and controlled by a detailed schedule, breaking each item of work down into its component parts.

Quality is the grab bag that covers all the aspects of the building not addressed by the other five values, such as aesthetic impact, user perceptions, and appropriateness of building materials, and so on. Quality is monitored and controlled by a variety of means, including specifications, punch lists, inspections, tests, and user surveys.

Safety No matter how valuable a facility or structure may be, it is never more valuable than the health and welfare of the people who build and use the building. Care must always be taken to ensure that the building process and the building itself do not create unacceptable hazards to workers or users. These hazards range from risks during the building process (for example, falls, accidents, injury, and death) to risks from the completed buildings (for example, toxic gases, biohazards, and structural failure).

Scope is monitored and controlled by means of an architectural program, which identifies the space needs and tracks compliance of the building design with those needs.

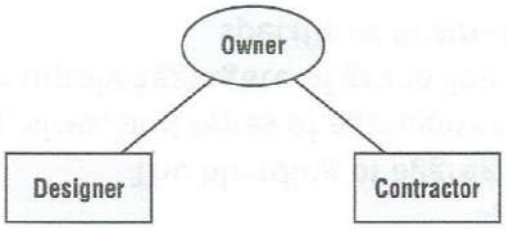
Function Function is monitored and controlled by means of process flow diagrams and utilization analyses, which document the efficiency of the processes that will be performed in the completed facility.

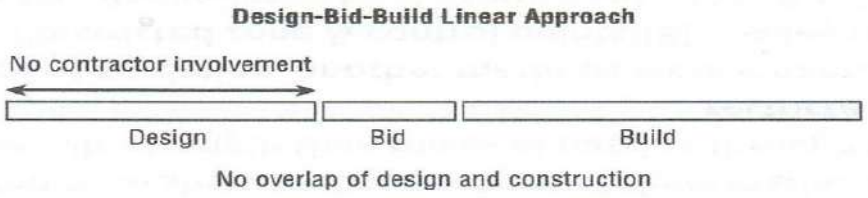
Types of Project Delivery (انواع احالة المشروع)

There are basically three project delivery methods: design-bid-build, construction management, and design-build. Keep in mind that the functions associated with construction management are required in all three methods even though only one of them is actually named *construction management*.

1- Design-Bid-Build

Design-bid-build is commonly referred to as the traditional method of project delivery, and the traditional accountabilities apply. In this scenario, the owner first hires the architect or engineer to design the building or structure. The design professional prepares a design, moving through the three standard design phases: schematic design, design development (the design development drawings are often referred to in the industry as DDs), and finally contract documents (referred to as CDs). Under this arrangement, the design professional is usually selected on a qualifications basis and then is typically paid a fee or a percentage of the building cost for their services.

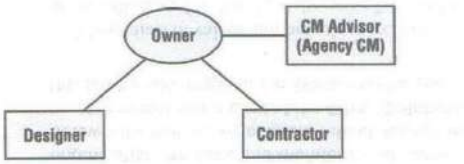




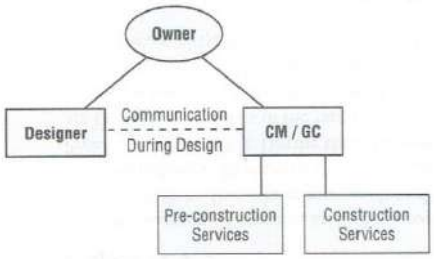
2- Construction Management (الادارة الانشائية)

As you now know, *construction management* may be viewed from several different perspectives, and one of them is as a specific project delivery method. Under this method, construction management services are provided to the owner independent of the construction work itself. There are two options for the owner to consider under this method.

Option 1: agency CM The Construction Management Association of America (CMAA) defines *agency CM* as a fee-based service in which the construction manager is responsible exclusively to the owner and acts in the owner's best interests at every stage of the project. In this case, the construction manager offers advice uncolored by any conflicting interest because the construction manager does not perform any of the actual construction work and is not financially at risk for it.

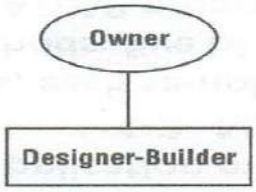


Option 2: at-risk CM (also called CM/GC) The CMAA defines the *at-risk CM* project delivery method as an option that entails a commitment by the construction manager to deliver the project within a guaranteed maximum price (GMP). The construction manager acts as consultant to the owner in the development and design phases but does the work of a general contractor during the construction phase. In this scenario, there are only two contracts, one between the owner and designer and one between the owner and the at-risk CM.



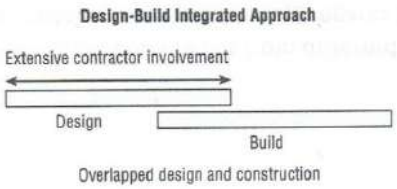
3- design-build

A project delivery method in which there is only one contract between the owner and a design-build entity. The design-builder is responsible for both the design and the construction of the project. This method is often referred to as *single-source project delivery.*

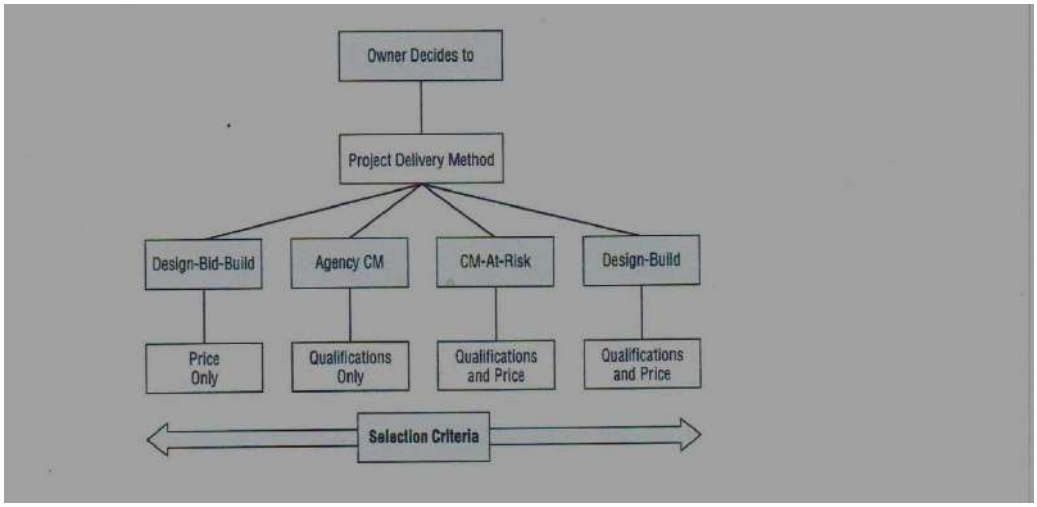


--fast tracking

A practice utilized to speed up a job by overlapping the design phase and the construction phase of a project. It 'soften applied in design-build or construction management project delivery



method and selection criteria. Although there are exceptions to these standard practices, for the purposes of this book, I will stick with the more common situations.



What Does a Construction Manager Do?

- Estimating the project
- Administering the contract
- Managing job site and construction operations
- Planning and scheduling the project
- Monitoring project performance
- Managing project quality
- Managing project safety
-Assessing project risks

Construction Management Functions(وظائف ادارة الانشاء)

The construction management functions are typically performed by a team of construction professionals trained in various aspects of the job. The experienced construction professional will be competent in all of the following management functions.

Estimating the Project (تخمين المشروع)

Estimating entails the calculation and pricing of all materials, equipment, and man-hours needed to complete the work. We use estimating to get the work and also to help us keep score. In other words, we constantly compare the actual cost of the project with the estimated cost of the project and monitor any discrepancies.

Administering the Contract(ادارة العقود)

Contract administration (or project administration) is all about the "red tape "and paperwork associated with a construction project. As you might imagine, there are tons of reports, submittals, shop drawings, time cards, payroll records, change orders, inspection records, and numerous other documents that must be processed in order to manage a project as complex and expensive as a building, bridge, or highway.

Managing Job Site and Construction Operations(ادارة موقع العمل والعمليات الانشائية)

This is where all the action happens and we get to build something! This function considers every detail associated with the logistics of actually doing the work and getting it done. Think about all the activities and needs linked with workers doing their jobs: tools, equipment, traffic, parking, deliveries, storage, security, communications, signage, safety, trash, drinking water, lunch breaks, and so on.

Planning and Scheduling the Project (تخطيط وجدولة المشروع)

Project planning is a critical component for the successful completion of any type of building or structure. Scheduling introduces real time into the plan and is the tool used to communicate the scheme to all parties associated with the project.

Monitoring Project Performance (مراقبة اداء المشروع)

Controlling is the process of measuring, monitoring, and comparing actual efforts with estimated inputs and adjusting the plan accordingly to get the project back on track for completion as intended. Estimates and schedules are the tools used to examine this progress.

Managing Project Quality(ادارة جودة المشروع)

The quality standards on any project are established in the plans and specs prepared by the designer. Within these documents, specific measurable conditions are given. These include dimensions, tolerances, test results, temperatures, and so onThe quality control plan usually very important that the contractor be able to document and report satisfactory compliance because only after the standards (المعايير) have been met will the owner accept the work and release payment.

Managing Project Safety

This function, by necessity, must be a priority on every project regardless of size. The personal and economic costs associated with accidents, injuries, and deaths on the job site are clearly avoidable, and a proactive, rigorous approach to safety planning and management is one of the most important construction management goals.

Assessing Project Risks (تقييم مخاطر المشروع)

Construction is a very risky business, for both the owner and the contractor. Part of the challenge is trying to place the risk in the hands of the party who can best manage that risk (see Table 2.1).

Type of risk	Responsible party		
	Contractor	Owner	Designer
Site conditions		x	
Weather conditions		X	
Project funding		x	
Subcontractor failure	X		
Job site safety	X		
Material deliveries	X		
Quality of the work	X		
Delays in the work	X		x
Defective design			x
Site conditions			x
Defective work	X		
Code compliance	X		x
Estimate errors	X		
Labor strikes	x		

Advertisement for bids (الاعلان عن العطاء)

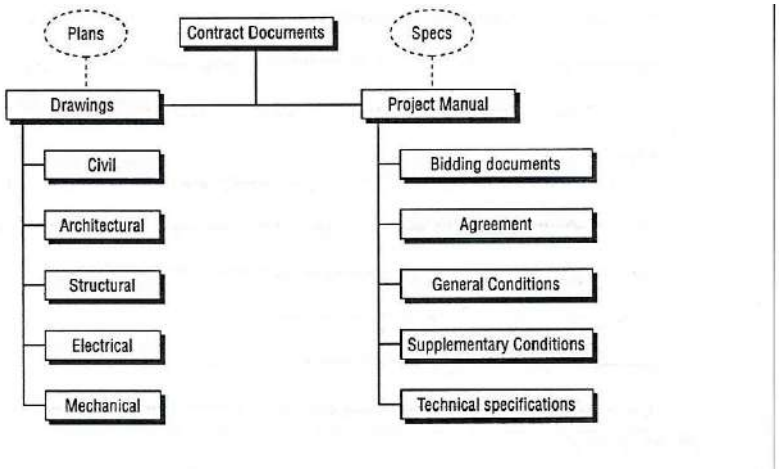
A public notice, usually published in newspapers, trade magazines, and journals, providing information regarding bidding procedures for public projects. The types of information typically included in an advertisement are as follows:

- Project name and description

- Project location
-Owner name and address
- Architect or engineer name, address, and contact information
- Bid due date and time
- Where to access the plans and specs
- Project duration with anticipated start and completion dates
- Bonds required
- Restrictions on bidders
- Project budget or anticipated price range

Contract documents

The drawings, conditions, terms, and specifications setting forth the requirements
for constructing the project.



The Project Manual

The project manual Typically has four primary sections:
- Bidding documents (وثائق العطاء)
- General conditions (الشروط العامة)
- Supplemental conditions (شروط اضافية)
- Technical specifications (المواصفات الفنية)

Bidding Documents

the instructions to bidders also include the following:
- Procedures for submitting questions and obtaining clarifications regarding the contract documents.

- Information regarding *addendum* receipt and inclusion as part of the contract documents.
- Rules concerning bid submission including bond requirements, bid opening, rejection of bids, and notification of successful bidder.
- The expectations for post-bid deliverables including such items as the schedule of values, cash flow projections, the construction schedule, payment and performance bonds, or any other documentation requested by the owner prior to the signing of the contract.

General Conditions

The general conditions document is one of the most important documents associated with the contract for construction. the general conditions and give a brief description of each:

General Provisions (احكام عامة) This section provides fundamental definitions for the contract, the work, and the drawings and specifications. It also clarifies the ownership, use, and overall intent of the contract documents.

Supplemental Conditions

The information that may appear in these conditions are listed here: . Soils and soil-testing information provided by the owner
- Survey information provided by the owner
- Materials or other services provided by the owner
-Job signage requirements
- Traffic control and pedestrian safety requirements
- Phasing or special schedule requirements
- Requirements for security
- Temporary facilities and sanitation requirements

Technical Specifications المواصفات الفنية

The primary purpose of the specifications is to clarify and describe the following aspects of the job:
- Quality of materials
- Standard of workmanship
- Methods of installation and erection
- Quality control and quality assurance procedures

The Construction Specification

1. General Requirements
2. Site Construction

3. Concrete
4. Masonry
5. Metals
6. Wood and Plastics
7. Thermal and Moisture Protection
8. Doors and Windows
9. Finishes
10. Specialties
11. Equipment
12. Furnishings
13. Special Construction
14. Conveying Systems

15. Mechanical

16. Electrical

Contract Types (انواع العقود)

1- Lump-Sum Contracts (مقاولة المبلغ المقطوع)

Lump-sum contracts are the most common type of contract, especially for building construction. Under this arrangement, the contractor agrees to complete the work specified in the plans and specs for a single fixed amount of money Once the contract is signed, both parties must live with the terms of the contract, and any flaws, errors, or omissions in the plans and specs will result in a *change order*. Change orders result in extra work and/or extra time, both of which result in extra cost to the owner.

Contract Amount	Actual Cost	Contractor Impact	Owner Impact
$2,000,000	$2,029,000	Contractor suffers a $29,000 loss.	No impact, because the contract amount Remains the same.
$2,000,000	$1,990,000	Contractor earns an additional $10,000.	No impact, because the contract amount remains the same.

2- Cost-Plus-Fee Contracts (عقود +اجرة ثابتة او نسبة من الكلفة)

Under a cost-plus-fee contract (also referred to as *time and materials*), the owner reimburses the contractor for all actual costs associated with the work plus a fixed fee or percentage of the cost.

Contract Amounct	Fee as % cost	Actual Cost	Contractor Impact	Owner Impact
$1,994,500	$99,725	$2,094,225	None. The contractor still Earns a 5% fee.	$94,225 over budget amount of $2,000,000

3- Guaranteed Maximum Price Contracts (عقد وحدة السعر مع ضمان الحد الاعلى للكلفة)

The *guaranteed maximum price (GMP)* contract is a variation of the cost-plus- fee contract and has become very popular, particularly with owners using design-build project delivery

Table 4.3 GMP Contract

GMP Contract Amount	Actual Cost Plus Fee	Contractor Impact	Owner Impact
$2,000,000	$2,029,000	Contractor suffers $29,000 loss.	No impact. The contract amount remains the same.
$2,000,000	$1,990,000	No impact.	Owner receives benefit of $10,000 savings.

4- Unit-Price Contracts (عقود وحدة السعر)

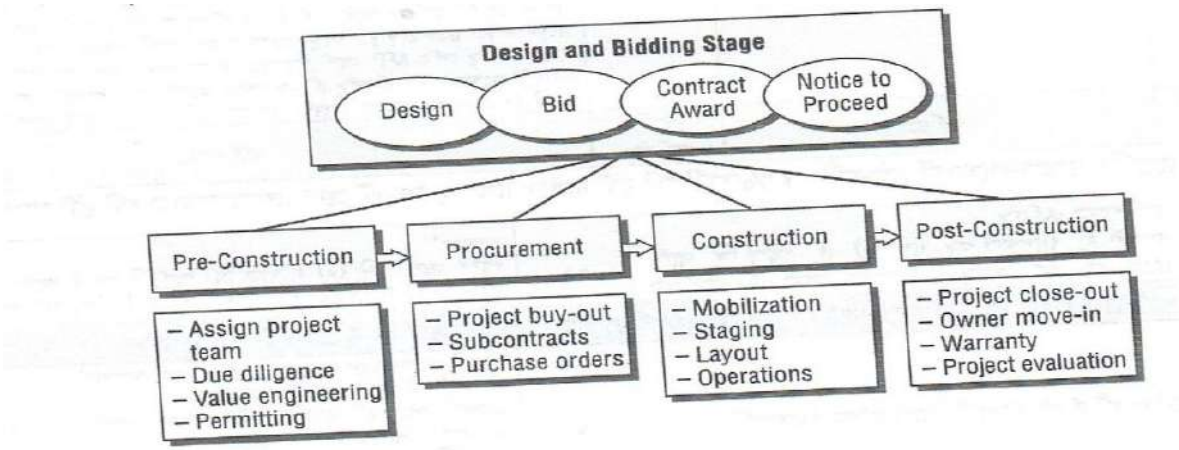
Unit-price contracts are used when the work to be performed cannot accurately be measured ahead of time. Unit pricing is common for heavy civil and highway type projects.

Work item	Estimated quantities	Unit price	Bid amount	Actual quantities	Final cost
Trench excavation	14000 m3	5.25 $	73500 $	13500 m3	70875 $
8" pipe	1750 m.L	18.24 $	31920 $	1750 m.L	31920 $
Back fill	9500 m3	4.00 $	38000 $	9800 m3	39200 $
			143420 $		141995 $

5- Turn –key contract (عقد تسليم المفتاح)
6- BOT (Build operate transfer) عقد البناء والتشغيل ونقل الملكية
7- Joint-Venture contract عقد الاتحاد بين شركتين
ملاحظة العقود من(-٥- ٦ -٧) يقدم به تقرير جميع الطلبة

Project stages (مراحل المشروع)

These stages are as follows:
- Design
- Pre-construction
- Procurement
- Construction
- Post-construction
- Owner occupancy



The Design Stage

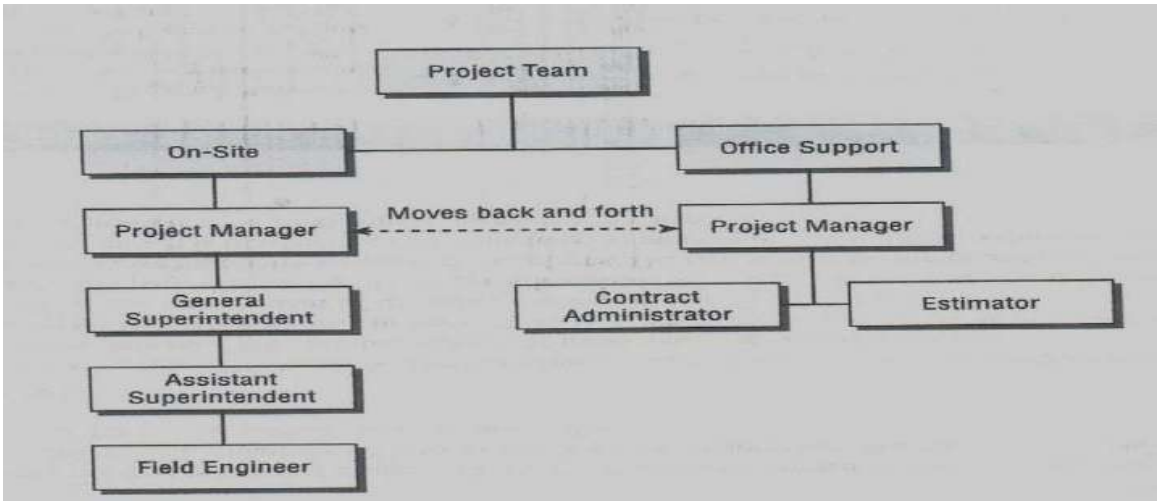
Every project starts with a design, and the design process involves an intensive study and a lot of considerations. Architects and engineers basically take ideas combined with certain requirements and develop the two into comprehensible plans and specifications that are used to construct the new building or facility. There are four steps to the design process:
- Programming and feasibility
- Schematic design
- Design development

− drawing documents

The Bidding Stage

The design phase culminates with the competitive bidding stage. The drawingsand specifications are complete, and now it's time to select the contract and award the contract.

Assigning the Project Team



Value Engineering (هندسة القيمة)

Value engineering is a process that may or may not be conducted during the preconstruction phase, In this process, a thorough analysis is conducted of the design, products, and materials and their application, installation, and execution to determine whether the proposed design solutions are really the best solutions relative to their cost. The purpose of value engineering is to optimize resources to achieve the greatest value for the money being spent

The Procurement Stage

To procure means to buy or obtain. The procurement stage of construction management is often referred to as "buying out" the job or purchasing the labor, materials, and equipment needed to complete the project. A great deal of the constructionmanagement function has to do with managing contracts—contracts tosecure the labor and trades needed to perform the work and contracts to securethe materials and equipment that will be placed on the project.

The Construction Stage

Once the work is ready to start, the superintendent will call for a pre-construction meeting with all the subcontractors and major material vendors. This meeting essentially establishes the ground rules for working together

Mobilization الاعدادت

Mobilization is all about setting up and getting ready to start construction. Construction cannot begin until all of the proper personnel, materials, and Equipment are in place.

The following are some of the activities that should be done during the mobilization process:

- Set up field office.
- Set up temporary storage facilities.
- Secure the site.
- Organize adequate parking and site access.
- Develop a materials and handling plan.
- Secure temporary electric, water, and telephone service.
- Arrange for trash and debris removal.
- Provide and place portable toilets.
- Install job signage and barricades.
- Assemble survey and layout personnel.
- Confirm testing agencies and personnel.
- Establish job site management systems.
- Establish safety programs and protocol.

The Project Closeout

The final step in the construction process is the project closeout .The construction management team must complete the following list of final standard procedures before they can celebrate the completion of a job well done:

- Substantial completion
- Final inspection
- Certificate of occupancy
- Commissioning
- Final documentation
- Final completion

some of the typical work items associated with various building elements.

Table 5.1 Building Elements and Work Items

Building Element	Work Included
Site work	Clearing, grading, utilities, layout, landscaping, irrigation, paving, exterior concrete
Foundations	Excavation, standard foundations, special foundations, slabs on grade
Basement construction	Basement excavation, basement walls, basement floors, waterproofing, perimeter drains, backfill
Superstructure	Floor construction, roof construction
Exterior closure	Exterior walls, exterior windows, exterior doors
Roofing	Roof coverings, flashings, roof openings
Interior construction	Partitions, interior doors, specialties
Staircases	Stair construction, stair finishes
Interior finishes	Wall finishes, floor finishes, ceiling finishes
Conveying systems	Elevators, escalators, moving walkers, material-handling systems
Plumbing	Plumbing fixtures, domestic water distribution, sanitary waste, rainwater drainage, special plumbing systems
HVAC	Energy supply, heat-generating systems, cooling generating systems, control and instrumentation
Fire protection	Fire protection and sprinkler systems, standpipe and hose systems, fire protection specialties
Electrical	Electrical services and distribution, lighting and branch wiring, communication and security systems
Equipment	Commercial equipment, institutional equipment, vehicular equipment, other equipment
Furnishings	Fixed furnishings, movable furnishings
Special construction	Special structures, integrated construction, special construction systems, special facilities
Selective building demolition	Building elements demolition, hazardous compounds abatement

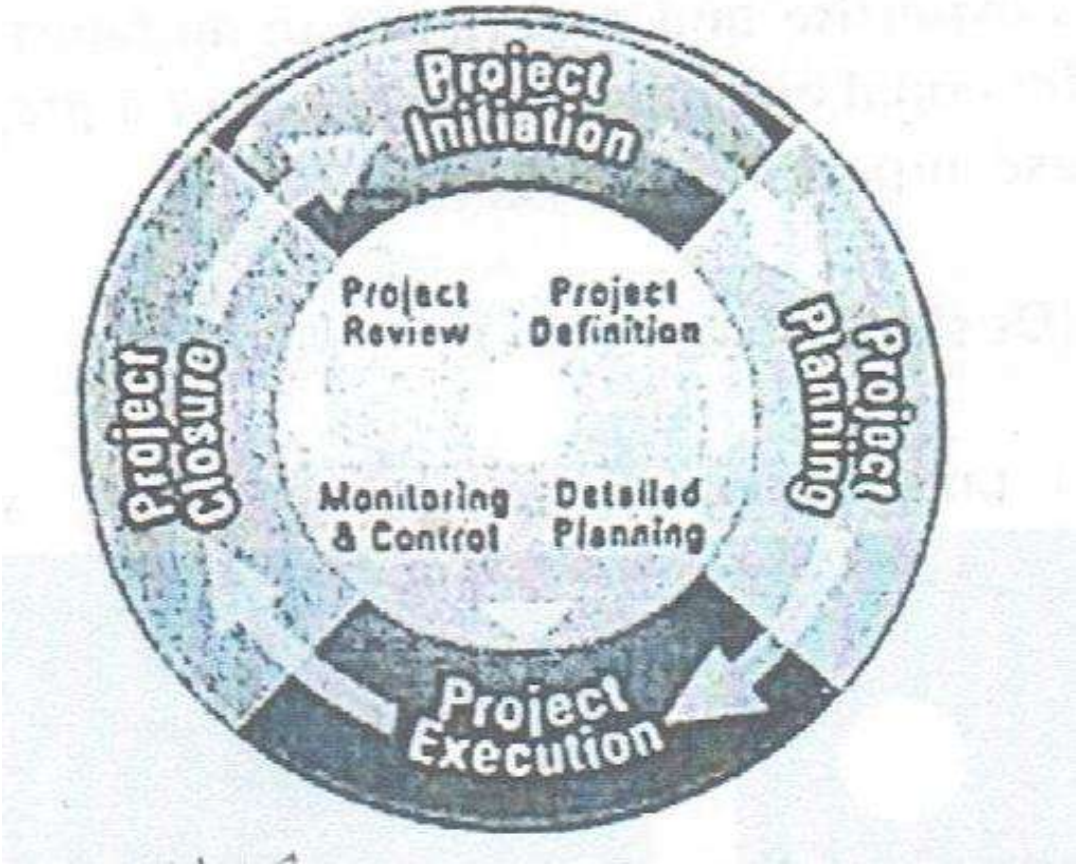


Fig life cycle cost of project