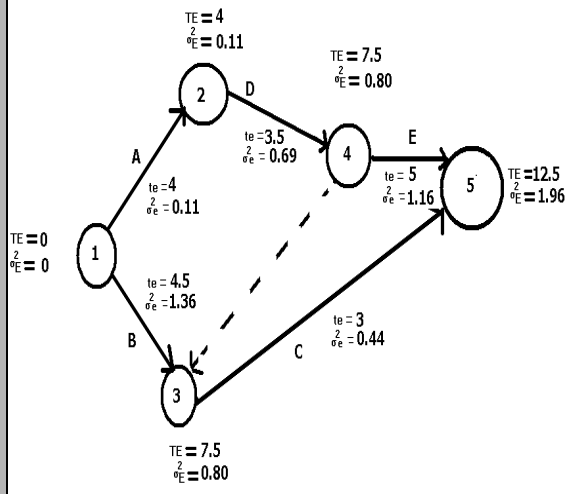
الفصل الثالث
أسلوب تقييم البرامج و مراجعتها و طريقة المسار الحرج

P E R T & C P M



أسلوب تقييم البرامج ومراجعتها (Program evaluation and review technique) وطريقة المسار الحرج (Critical path method)

مقدمة:

عادة ما تقوم الشركات الكبيرة بعمل مشاريع ضخمة ومعقدة، هذه المشاريع الكبيرة تتطلب العديد من العمليات والخطوات المتعاقبة أو المتوازية لإنجازها. فمثلا عند صنع منتج جديد لينزل في الأسواق فإن هناك الكثير من الخطوات والعمليات التي يجب أن يمر بها المنتج الجديد هذا. فالمنتج الجديد يحتاج إلى بحوث سابقة وتطوير، اختبار المنتج ، بحوث تسويقية ، كيفية التغليف ، وهكذا.

لذا فإن التحكم في تخطيط وتنفيذ المشروع بالوسائل القديمة أصبح مستحيلا. وفي هذه الحالة سيكون تركيز الإدارة المهتمة بتنفيذ المشروع في معرفة الوقت الذي سينتهي فيه إكمال ذلك المشروع. وحيث انه يوجد كثير من المتغيرات والأحداث التي تؤثر على وقت نهاية المشروع ، فإنه بالأهمية بمكان أن يوجد عندنا " كمدراء مشاريع مثلا.." وسيلة اتخاذ قرارات تساعدنا على الإجابة على الأسئلة التالية:

1 -متى نتوقع أن ينتهي المشروع؟

2 - ما هو التأثير الكلي على المشروع إذا حدث تأخر في أي من العمليات أو الخطوات؟

3 -ما هو الاحتمال أن يتم المشروع في وقته الذي خطط له؟

4 -كم من التكاليف الإضافية ممكن أن نتحملها إذا أردنا أن نعجل بالمشروع قبل الوقت المحدد؟

أسلوب تقييم البرامج ومراجعتها "Program evaluation and review technique" "PERT"وطريقة المسار الحرج "Critical path method "CPM"هما وسيلتين من وسائل التخطيط و التحكم في تنفيذ المشاريع الكبيرة وتستخدم للإجابة على الأسئلة السابقة. و لنجاح تلك الوسيلتين في التخطيط والتحكم فقد استُعملت في كثير من المشاريع العملاقة والحكومية والتجارية.

بدأ تطبيق أسلوب تقييم ومراجعة المشروعات (PERT) وطريقة المسار الحرج (CPM) منذ أواخر الخمسينيات في تخطيط المشروعات الكبيرة ومتابعة تنفيذها.

ويعتمد أسلوب تقييم ومراجعة البرامج على تقسيم المشروع إلى عدد من الأنشطة التي تسبق و مجموعة من الأنشطة التي تتبع زمنيا و مجموعة من الأنشطة التي تنفذ في نفس الوقت، ويهتم هذا الأسلوب بالوقت المتوقع لإنهاء المشروع، ويمكن أن يدخل العنصر الاحتمالي في تقدير أوقات تنفيذ أنشطة المشروع، وتهتم طريقة المسار الحرج (CPM) بالإضافة إلى عنصر الوقت بعنصر التكلفة حيث يمكن تخفيض زمن تنفيذ المشروع بزيادة تكلفة تنفيذ بعض الأنشطة و تحديد الخطط البديلة لتخفيض زمن

تنفيذ المشروع بأقل تكلفة ممكنة. وقد تم تطوير أسلوب تقييم ومراجعة البرامج وطريقة المسار الحرج (CPM) و اندماجها وذلك في إطار ما يسمى بتحليل شبكات الأعمال Network Analysis.

- **أنشطة المشروع**

ينظر إلى أي مشروع على انه مجموعة من العمليات المتعاقبة والمتوازية، كل عملية من العمليات تسمى نشاطا. كل نشاط من الأنشطة يتطلب إنفاق شي من الوقت والموارد المالية.

ومن هنا كان تعريف النشاط (Activity) على انه عملية أو مهمة تتطلب أنفاق بعض الوقت والموارد ليتم إنجازها.

مثال :

لبناء مدرسة من المدارس فإن الأنشطة اللازم عملها هي التالي:

A. عمل مخطط معماري
B. حفر القواعد
C. صب الأعمدة
D. بناء العظم أو الهيكل
E. صب الأدوار
F. أعمال الكهرباء
G. أعمال السباكة
H. الأعمال الداخلية والأعمال الأخرى من نوافذ و أبواب ودهان

كل من هذه الأنشطة يتطلب وقتا من الزمن ويتطلب موارد من عمال ومواد أولية و أموال. رمزنا لكل نشاط بحرف من الحروف للتسهيل، فنقول نشاط A و نشاط B. فمثلا عمل مخطط معماري هو النشاط A ، وحفر القواعد هو النشاط B وهكذا...

بعض الأنشطة ممكن أن تبدأ في وقت واحد ، والبعض قد تبدأ بعد انتهاء أنشطة سابقة. فمثلا لا نستطيع بناء العظم قبل الانتهاء من صب الأعمدة . لذلك فإنه لكل نشاط أو مهمة يجب أن يحدد بالضبط الأنشطة السابقة (Predecessor activities) .

تعريف : الأنشطة السابقة (Predecessor activities) و هي الأنشطة التي يجب إتمامها أولا ليبدأ نشاط معين.

لذلك فإن النشاط السابق للنشاط D " بناء العظم والهيكل " هو النشاط C . ونحن هنا لا ننظر إلى جميع الأنشطة التي يجب أن تسبق ، إنما ننظر إلى النشاط أو الأنشطة السابقة مباشرة. فمثلا اكتمال النشاط C معناه أن الأنشطة السابقة A و B جميعها قد اكتمل. لذلك لا نقول أن الأنشط ة السابقة للنشاط D ه ي الأنشطة A و

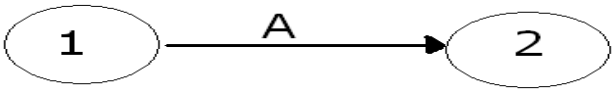
B و C . كذلك النشاط H يتطلب إنهاء كلا من G و F لان G لا يعتمد على F وهكذا.
وإذا أردنا معرفة وقت اكتمال المشروع فإنه يجب معرفة المدة " المتوقعة" لإنجاز كل نشاط.
تعريف: الوقت المتوقع هو عبارة عن المدة الزمنية اللازمة لإنجاز أي نشاط من الأنشطة. وتقاس عادة بالساعات ، الأيام ، الشهور ، السنوات ، أو بأي وسيلة أخرى مناسبة. ولكن يجب توحيد الوحدة المستخدمة للقياس في جميع الأنشطة. وبمعرفة الأنشطة ، الأنشطة السابقة ، والمدة المتوقعة لكل نشاط فإنه يمكن معرفة الوقت المتوقع الإجمالي لإنهاء المشروع باستخدام PERT .
و بما أن كل نشاط لا يمكن أن يبدأ حتى ينتهي النشاط أو الأنشطة السابقة له فإنه يمكن تعريف الحدث "event " على انه :
هو نقطة أو لحظة من الوقت التي يتم فيها اكتمال مجموعة معينة من الأنشطة.
في المثال السابق ، النشاط H لا يمكن أن يبدأ ألا بعد انتهاء النشاط E ، F ، و G .
عندما يقع هذا الحدث فإنه يبدأ النشاط H. لذلك ممكن أن نرمز للأحداث هذه بالأرقام العربية التالية، مثلا حدث 1 ، حدث 2 ، وهكذا..... فحدث 1 يكون بداية المشروع والحدث الأخير هو نهاية المشروع (أي أن جميع الأحداث قد انتهت).

شبكة أو خريطة PERT

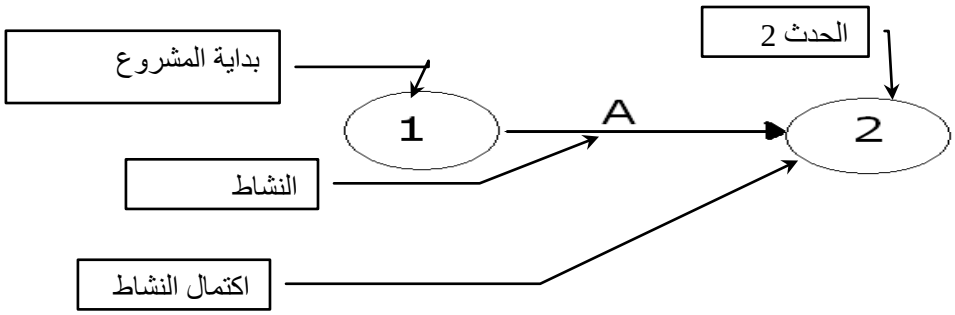
تعرف شبكة أو خريطة PERT على إنها عبارة عن رسم بياني أو نموذج شكلي يوضح تعاقب الأنشطة والحوادث اللازمة لإنهاء مشروع ما. هذه الشبكة تساعد المدير ومتخذ القرار في الشركة من رؤية الأنشطة والحوادث اللازمة لإنهاء المشروع بسهولة .

قاعدة: يجب تمثيل الأنشطة باسهم " ⟵ " و الأحداث بدوائر " ◯ ".

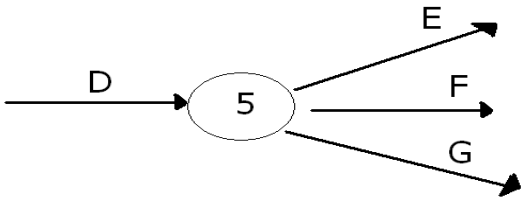
فمثلا الشكل التالي يوضح بداية المشروع بالنشاط A:



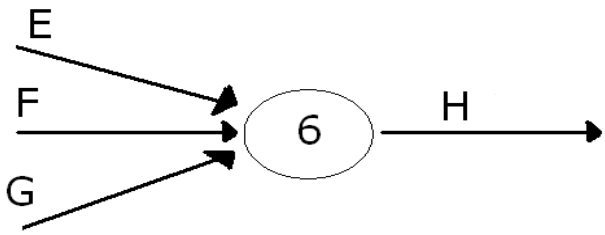
ويمكن توضيح الفرق بين الحدث والنشاط كالتالي:



وبالمثل فإن الأنشطة E ، F ، و G لا يمكن أن تبدأ حتى ينتهي النشاط D .
هذا ممكن تمثيله بالشكل التالي:



كذلك النشاط H لا يمكن أن يبدأ حتى تنتهي الأنشطة E ، F ، و G. وهذا يمكن تمثيله بالشكل التالي:

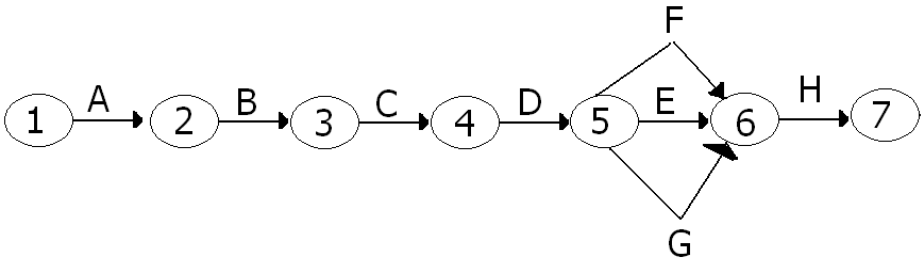


وعموما هناك حدث في بداية ونهاية كل نشاط.

و الآن دعنا نرسم شبكة PERT لمشروع المدرسة السابق .
الأنشطة والأنشطة السابقة هي كما في الجدول التالي:

النشاط	الوصف	الأنشطة السابقة
A	عمل مخطط معماري	لا يوجد
B	حفر القواعد	A
C	صب الأعمدة	B
D	بناء العظم أو الهيكل	C
E	صب الأدوار	D
F	أعمال الكهرباء	D
G	أعمال السباكة	D
H	الأعمال الداخلية والأعمال الأخرى من نوافذ و أبواب ودهان	G, E, F

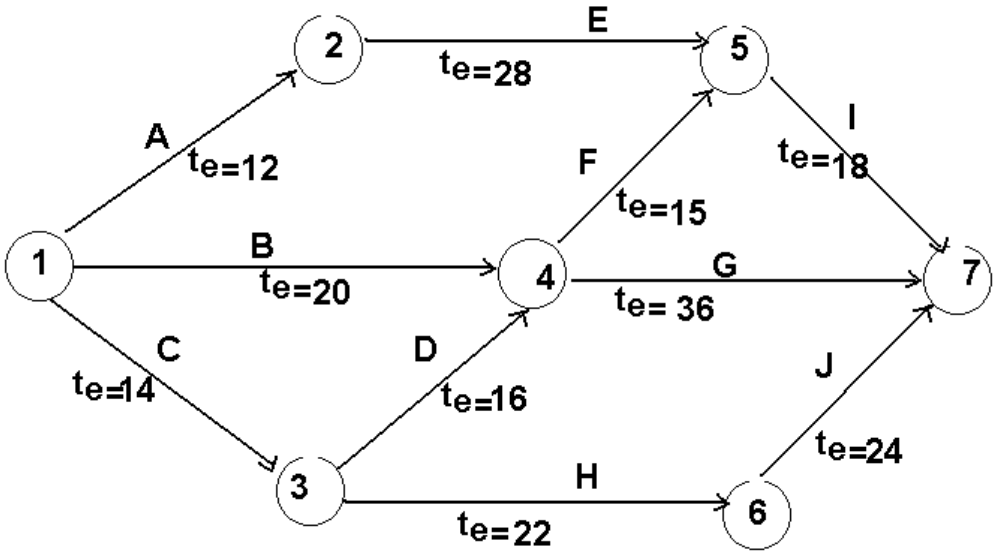
يمكن رسم شبكة PERT التي توضح العلاقة السابقة بالشكل التالي:



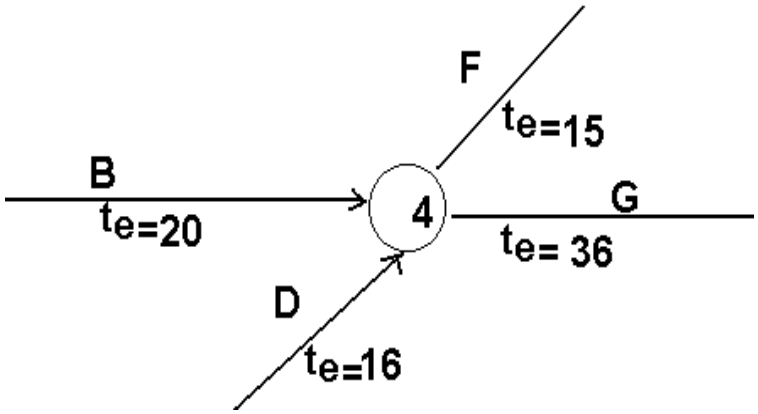
في الشبكة السابقة وضعنا 7 أحداث رئيسية للمشروع ، حدث 1 هو بداية المشروع ، بينما حدث 7 هو اكتمال المشروع.
ألان دعنا ننتقل إلى مثال أصعب قليلا .
الجدول التالي يوضح كل نشاط والأنشطة السابقة والمدة المتوقعة الخاصة بشركة سدير و المطلوب رسم المشكلة و تحديد الأوقات المبكرة والمتأخرة للأنشطة و الأحداث و الأوقات الفائضة وحساب المسار الحرج و الوقت المتوقع للانتهاء:

النشاط	الأنشطة السابقة	المدة المتوقعة Expected duration (t_e)
A	لا يوجد	12
B	لا يوجد	20
C	لا يوجد	14
D	C	16
E	A	28
F	D, B	15
G	D, B	36
H	C	22
I	E, F	18
J	H	24

وبذلك تكون شكل شبكة PERT



حيث أن الأنشطة G و I و J همي آخر الأنشطة فإنها يجب أن تتم فإنهم يجب أن تنتهي بالحدث 7 (هذه الأنشطة ليست سابقة لأي نشاط) :
كذلك لان الأنشطة F، G تتحد في وجود الأنشطة B ،و D كأنشطة سابقة فإن الأنشطة B،و D يجب أن تنتهي في الحدث 4 و النشاط F، G تبدأ من حيث انتهى الحدث 4 .



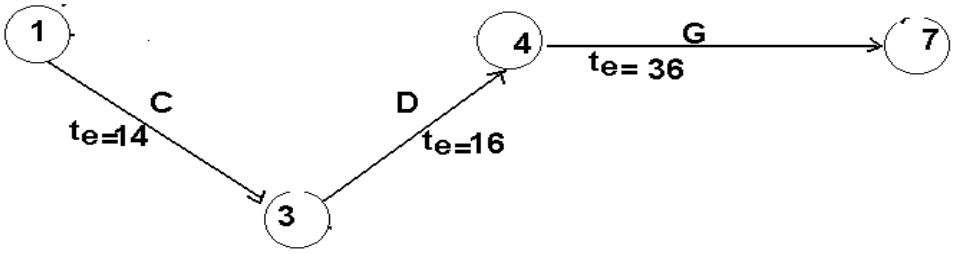
كما يلاحظ أننا وضعنا المدة المتوقعة لإنهاء كل نشاط بجوار النشاط الخاص به وذلك للتسهيل.

المسارات أو الطرق (Paths) في شبكة PERT

من الأسئلة المهمة التي يجب أن نجيب عليها هو متى نتوقع الانتهاء بالكامل من المشروع ، ومن إحدى الطرق التي تساعدنا على ذلك هو معرفة المدة المتوقع أخذها لإنهاء جميع المسارات.

تعريف المسار (Path):

هو عبارة عن نشاطات متتابعة والتي تربط بين حدث البداية (الحدث 1) وحتى حدث النهاية (في مثالنا الحالي الحدث 7 ، هو حدث النهاية). الشكل التالي يعطي مثالا لأحد المسارات.



الجدول التالي يوضح جميع المسارات الممكنة والمدة المتوقعة لكل مسار:

رقم المسار "Path Number"	المسار "Path"	المدة "Duration "
1	A-E-I	58=18+28+12
2	B-F-I	53=18+15+20
3	B-G	56=36+20
4	C-D-F-I	63=18+15+16+14
5	C-D-G	66=36+16+14
6	C-H-J	60=24+22+14

مثلا المسار السابق، يتكون من الأنشطة C-D-G و كذلك الأحداث 1 ، 3 ، 4، 7 و هو يستغرق حوالي 66 يوما . ولكن اكتمال الأنشطة C-D-G لا يعنى اكتمال

المشروع، وذلك لأنه يجب أن تنتهي جميع الأنشطة . ولكن إذا أخذنا المدة المتوقعة لإكمال جميع المسارات (كل واحد على حدة) وكما فعلنا في الجدول السابق فإن أطول مسار من المسارات يكون هو المدة المتوقعة للإنتهاء. لذلك فإن المسار رقم 5 هو المسار الذي يتطلب وقتا أطول " 66 يوما " ومنه نقول أن المدة اللازمة لإكمال المشروع هي 66 يوما من بداية المشروع.

في الحياة العملية من الصعب إيجاد جميع المسارات وحسابها ، ومن ثم معرفة الوقت اللازم لإكمال المشروع. ولكن أسلوب PERT هو أسلوب أكثر سهولة و أفضل طريقة علمية لحل المشاكل الكبيرة.

الوقت المتوقع للانتهاء "Expected time of completion "

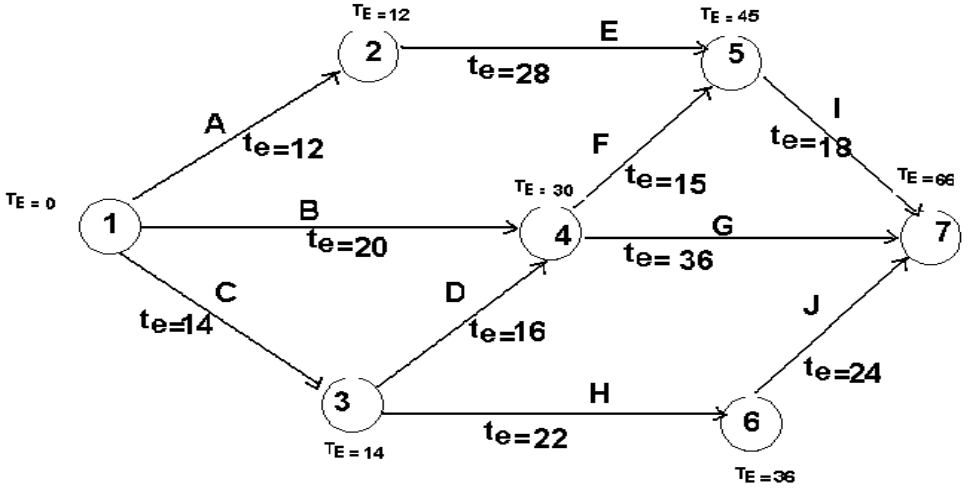
من الأسئلة المهمة هو معرفة الوقت المتوقع لإنهاء كل نشاط وكل حدث، والتي بناء عليها يأتي التعريف التالي:

تعريف : T_E ترمز لأبكر لحظة من الزمن والتي يكتمل فيها نشاط معين. وبالمثل فإن T_E ترمز إلى أبكر لحظة من الزمن والتي يقع فيها حدث معين (أي أن جميع الأنشطة التي تنتهي بهذا الحدث قد اكتملت) ، الوقت المبكر المتوقع " Earliest Expected time" استخدمت لأننا نتوقع إنهاء تكتمل قبل ذلك.

الجدول التالي يوضح الوقت المبكر المتوقع T_E للانتهاء من كل نشاط :

النشاط	Earliest Expected Completion time (T_E)	النشاط	Earliest Expected Completion time (T_E)
A	12	F	45
B	20	G	66
C	14	H	36
D	30	I	63
E	40	J	60

والوقت المبكر لوقوع الأحداث هو كما هو موضح في شبكة PERT التالية:



لحساب الوقت المبكر المتوقع للأحداث يجب وضع الصفر في البداية (T_E) ، لذلك فإن كل الأوقات المبكرة لوقوع الحدث تفسر على أنها عدد الأيام أو الساعات التي مضت منذ بداية المشروع. فمثلا الحدث 6 (T_E = 36) أي انه أبكر وقت متوقع لوقوع الحدث 6 هو 36 يوما من بداية المشروع.

كذلك الوقت المبكر المتوقع لآي نشاط هو عبارة عن الوقت المتوقع للنشاط نفسه+ الوقت المبكر لوقوع حدث البداية . أي أن:

T_E للنشاط A = 0+ 12 = 12

T_E للنشاط B = 0+ 20 = 20

T_E للنشاط F = 30+ 15 = 45

وهكذا

كذلك T_E للحدث 4 يقع عندما تكتمل جميع الأنشطة السابقة وهي B و كذلك D. فمثلا النشاط B ينتهي بعد 20 يوما و لكن النشاط D ينتهي بعد 30 يوما ، لذلك فإن الوقت المبكر المتوقع لوقوع الحدث 4 هو 30 يوما. وهكذا لجميع الأحداث.

لاحظ أن الحدث 7 هو عبارة عن اكتمال الأنشطة I ، G ، و J .لذلك فالنشاط الذي ياخذ وقت أطول للانتهاء منه هو أبكر وقت يتم فيه الحدث 7 ، وهو 66. وهو عبارة عن المسار الأطول أو المسار الحرج.

الوقت المتأخر المسموح به (Latest allowable time)

حيث أن T_E هي عبارة عن مدة متوقعة ، فإن الوقت المبكر لإنهاء الأنشطة أو الوقت المبكر لوقوع أيا من الأحداث سيكون توقع فقط. لذلك فإن بعض الأنشطة قد تأخذ وقت أطول من الوقت المتوقع و بالتالي سيؤثر على المشروع بأكمله. ومعرفة الوقت المتأخر المسموح به لإنجاز أي نشاط أو لوقوع أي حدث مهم جدا. لان معرفة الوقت المتأخر المسموح به ستوضح لنا فيما إذا كان التأخير في نشاط أو حدث معين سيؤثر على تأخر المشروع بأكمله أم لا. سنرمز للوقت المتأخر المسموح به بالرمز (T_L) .

تعريف: T_L لنشاط معين من الأنشطة ، هو عبارة عن آخر لحظة من الزمن يسمح به لإنجاز النشاط هذا بحيث لا يؤثر على تأخر اكتمال المشروع عن المدة المتوقعة الأصلية.

كذلك T_L لحدث معين من الأحداث ، هو عبارة عن آخر لحظة من الزمن يسمح به لوقوع الحدث هذا بحيث لا يؤثر على تأخر اكتمال المشروع عن المدة المتوقعة الأصلية. الجدول التالي يوضح الوقت المتأخر المسموح به للأنشطة:

Latest Allowable (T_L) الوقت المتأخر المسموح به	Earliest Expected Completion time (T_E) الوقت المبكر المتوقع	النشاط
20	12	A
30	20	B
14	14	C
30	30	D
48	40	E
48	45	F
66	66	G
42	36	H
66	63	I
66	60	J

لحساب قيم (T_L) فأننا نبدأ من الحدث النهائي (حدث 7 ، أي 66 يوما) ونرجع إلى الأمام باتجاه البداية . و T_E للحدث الأخير (حدث 7 في هذا المثال) هو دائما يساوي (T_L) لنفس الحدث . أي أن $T_E = T_L$ = 66 يوما. ونرجع إلى الأمام لحساب قيم T_L الباقية.

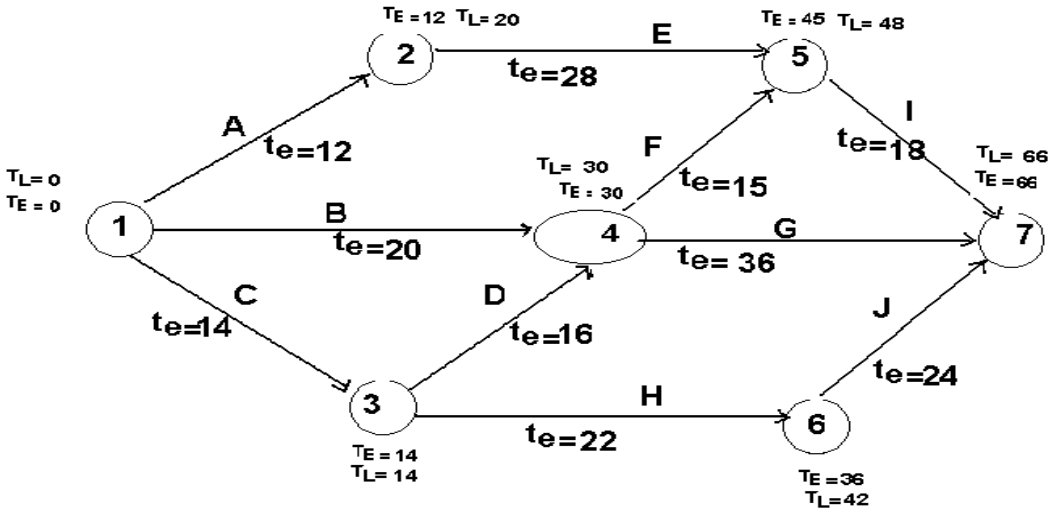
قاعدة : الوقت المتأخر المسموح به (T_L) لأي نشاط من الأنشطة هي عبارة عن الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث الذي ينتهي فيه ذلك النشاط.

لذلك فإنه بمجرد حساب الوقت المتأخر المسموح به (T_L) لأي حدث ، فإنه هو نفسه الوقت المتأخر المسموح به (T_L) لجميع الأنشطة التي تنتهي عند ذلك الحدث.

إذا افترضنا أن النشاط J مثلا لم يبدأ حتى اليوم ال 43 فهل ذلك سيؤثر على المشروع؟

إذا نظرنا إلى الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 7 و كذلك النشاط J هو 66 يوما، والمدة المتوقعة اللازمة لإنجاز النشاط J هي 24 يوما. لذلك فإن النشاط J يجب أن يبدأ في موعد أقصاه هو 66 –24 = 42 (أي أن الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 6 هو 42 يوما) و إلا اثر ذلك على إكمال المشروع في الوقت المحدد. لذلك إذا بدأ النشاط J في اليوم الـ 43 فإن المشروع يتوقع أن ينتهي ليس قبل 43+ 24 =67 يوما ، أي بتأخر يوما واحدا عن الموعد المتوقع لوقوع الحدث 7 .

شبكة PERT التالية توضح أيضا الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للأحداث



كذلك وبنفس الطريقة يمكن حساب الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 5 .
فإن الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 5 عبارة عن 48=18-66 (المدة اللازمة لإنجاز النشاط I تساوي 48 يوما).
حساب الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 4 قد يكون أصعب قليلا، وذلك لان النشاط F و كذلك النشاط G تبدأ من الحدث 4 . لذلك فإن الحدث 4 يجب أن يبدأ مبكرا بما فيه الكفاية ليسمح لكلا النشاطين من الانتهاء قبل الوقت المتأخر المسموح به لكلا منهم.
الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للنشاط F= 48 ، و المدة المتوقع أن يأخذها النشاط هذا هي 15 يوما، لذلك فإن النشاط F يجب أن لا يتأخر عن اليوم 33 يوما وهو الفرق بين 48 و بين 15 .
كذلك فإن الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للنشاط G= 66 ، و المدة المتوقع أن يأخذها النشاط هذه هي 36 يوما، لذلك فإن النشاط G يجب أن لا يتأخر عن 30 يوما (66-36).
و لحساب الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 4 فأننا نأخذ الوقت الأقل من بين الأوقات التي يجب أن لا تتأخر عنها الأنشطة التي تبدأ من ذلك الحدث (أي الأقل من بين 33 ، 30 يوما) . أو بصيغة أخرى min (30,33) ، أي أن الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 4 يكون 30 يوما.
افترض أن الحدث 4 وقع في اليوم ال 31 ، ماذا سيكون التأثير على النشاط F وكذلك النشاط G ؟
النشاط F لن يتأثر بهذا وذلك لان النشاط F يجب أن لا يتأخر عن 33 يوما.
أما النشاط G فسوف يتأثر بهذا وذلك لان النشاط G يجب أن لا يتأخر عن 30 يوما، أي سيتأخر بيوم واحد مما يؤدي إلى نهاية المشروع بأكمله بيوم واحد.
باستخدام نفس الطريقة فأننا نستطيع الحصول على الوقت المتأخر المسموح به (T_L) لكل الأحداث الباقية . ويجب أن تكون قيمة الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث الأول (البداية) دائما تساوي (T_E) وتساوي الصفر.
الوقت المتأخر المسموح به من المعلومات المهمة والتي تساعدنا في معرفة الأنشطة التي يجب أن لا تتأخر عن الموعد المحدد، و إلا فإن المشروع بأكمله سيتأخر.
فمثلا بعد أن بدأنا المشروع وجدنا أن النشاط B لن ينتهي إلا بنهاية اليوم ال 25 بدلا من اليوم المحدد أي اليوم 20 . هل سيؤثر ذلك على المشروع ككل؟

الجواب طبعا بلا! وذلك لان الوقت المتأخر المسموح به (T_L) للحدث 4 (و أيضا للنشاط B) هو 30 يوما. ولا يوجد أي مشكلة بإنتهاء النشاط B حتى اليوم ال 30.
إذا طريقة PERTتستطيع إعطائك الكثير من المعلومات الضرورية للتحكم في المشروع.

الفائض (Slack)

من الأسئلة المهمة التي من الممكن أن يجيب عليها أسلوب PERT هو معرفة المدة التي يمكن أن يتأخر فيها نشاط أو حدث بدون أن يسبب ذلك التأخير في النشاط أو الحدث إلى تأخير في المشروع بأكمله. هذه المدة التي يمكن أن يتأخر فيها نشاط أو حدث بدون أن يسبب ذلك التأخير في النشاط أو الحدث إلى تأخير في المشروع بأكمله ، تسمى الأوقات الفائضة.

كيف يتم حساب الأوقات الفائضة؟

تعريف : الوقت الفائض لنشاط أو حدث معين (ونرمز له بالرمز s) هو الفرق بين الوقت المتأخر المسموح به(T_L) للحدث أو النشاط و الوقت المبكر (T_E) لهذا الحدث أو النشاط. أي انه = $(T_L - T_E)$

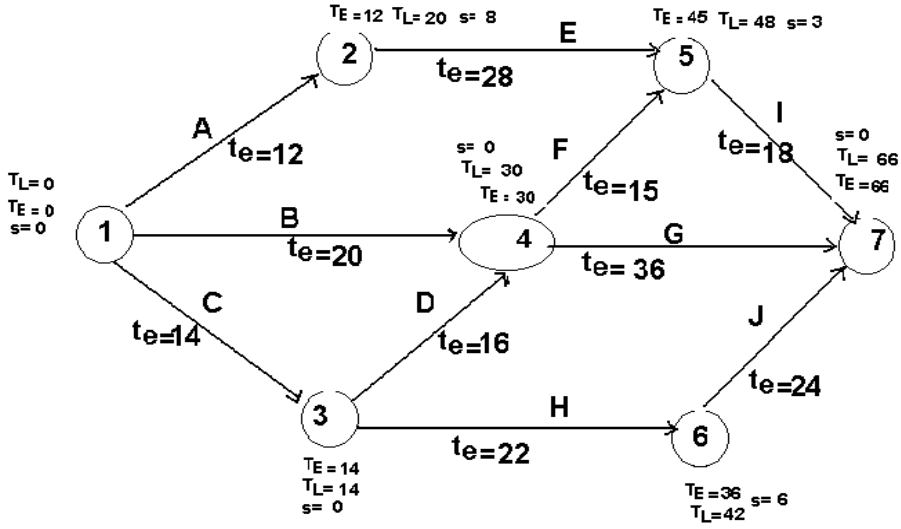
يفسر الوقت الفائض لنشاط ما على انه المدة الزائدة عن الوقت المتوقع (t_e) التي ممكن أن يأخذها نشاط معين بدون أي تأثير على المشروع بأكمله.

و يفسر الوقت الفائض لحدث ما على انه المدة الزائدة عن الوقت المبكر لوقوع الحدث (T_E) و التي ممكن أن يقع فيها حدث معين بدون أي تأثير على المشروع بأكمله.

الجدول التالي يوضح الأوقات الفائضة للأنشطة:

النشاط	Earliest Expected Completion time (T_E) الوقت المبكر المتوقع	Latest Allowable (T_L) الوقت المتأخر المسموح به	الأوقات الفائضة)Slacks ($T_L - T_E$)
A	12	20	8
B	20	30	10
C	14	14	0
D	30	30	0
E	40	48	8
F	45	48	3
G	66	66	0
H	36	42	6
I	63	66	3
J	60	66	6

الأوقات الفائضة لكل حدث من الأحداث هو كما في الشبكة التالية:



الوقت الفائض لنشاط E هو 8 أيام. ذلك يعني أن النشاط Eممكن أن يتأخر 8 أيام زيادة عن المدة المتوقعة (te) ، أي يأخذ إنجازه 28 + 8 = 36 يوما. أو أن النشاط ممكن أن يتأخر 8 أيام عن بدايته . كذلك الوقت الفائض للحدث 3 يوضح لنا أنه من المستحيل أن يتأخر الحدث عن الوقت المبكر للحدث (T_E =14) و آي تأخر في هذا الحدث يعني تأخر في المشروع ككل.

المسار الحرج (The Critical Path CPM)

المسار الحرج هو عبارة عن الأنشطة المتلاحقة والتي تكون في مجموعها أطول فتره ممكنة من البداية وحتى النهاية. وبالنظر إلى شبكة PERT السابقة يتضح أن الأنشطة C→D→G تكون المسار الحرج لهذا المشروع. في السابق تعرفنا على المسار الحرج وذلك بجمع فترات الأنشطة اللازمة لجميع المسارات الممكنة ، ولكن باستخدام أسلوب PERT فإننا لا نحتاج لان نحسب جميع المسارات، اذ انه بالسهولة يمكن تحديده.

جميع الأنشطة التي فائضها يساوي الصفر ، لا يمكن تأخيرها عن موعدها المحدد و إلا فإن ذلك سيؤثر على المشروع بأكمله. ولذلك فإن هذه الأنشطة هي التي تحدد المدة المتوقعة لإنهاء المشروع وكذلك المسار الحرج.

قاعدة : المسار الحرج يتكون من الأنشطة التي لا يوجد بها فوائض في الأوقات أي (s=0) . الأحداث التي لا يوجد بها فوائض (أي أن فوائضها تساوي أصفارا) تكون تقع على المسار الحرج.

وبتطبيق هذه القاعدة على شبكة PERT نجد أن الأنشطة التي لا يوجد بها فوائض هي الأنشطة C ، D، و النشاط G. ولذلك فإن المسار الحرج يمر بهذه الأنشطة. كذلك فإن الأحداث التي يوجد بها فوائض هي الأحداث 1 ، 3 ، 4 ، و كذلك 7 . وهذه الأحداث تربط الأنشطة C ، D، و النشاط G لتكوين المسار الحرج.

وعموما فإن الأشخاص الذين يعملون في المشروع ستكون علاقتهم قوية بأنشطة معينة وليس لهم علاقة بالأحداث ، لان الأحداث ستكون من تخصص مدير المشروع و محلل شبكة PERT.

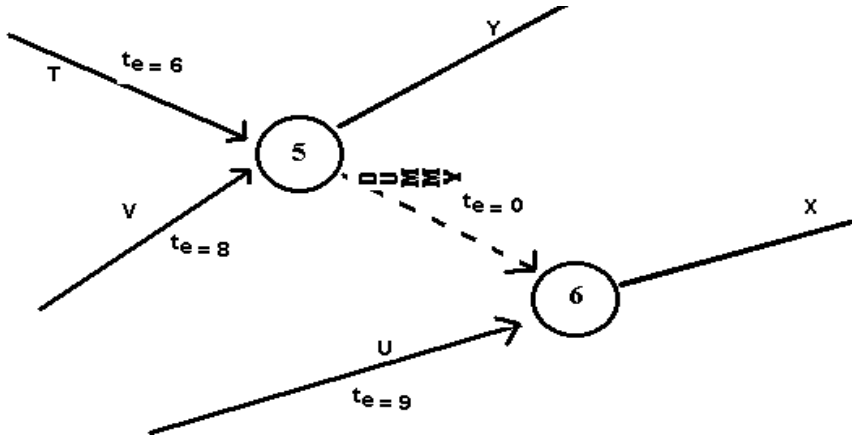
لذلك فإنه بالأهمية بمكان الاهتمام بالأنشطة التي تقع على المسار الحرج ويجب ملاحظتها بعناية اكبر والتركيز عليها والتحكم في أوقاتها حتى لا يتأخر المشروع بأكمله.

الأنشطة الوهمية (Dummy Activities):

في بعض الحالات نجد أن أنشطة معينة تشارك بعضها البعض في بعض الأنشطة السابقة وليس كلها. انظر إلى الجدول التالي:

النشاط	الأنشطة السابقة
X	T , U, V
Y	T , V

في هذه الحالة فأننا لا نستطيع أن نضع حدث واحد ينتهي فيه V , U, T ويكون بداية لنشاط X و نشاط Y . وذلك لان نشاط Y لا يحتاج لنشاط U أن يتم قبله كنشاط سابق. وفي هذه الحالة يجب أن نضع نشاط وهمي (Dummy Activity) و نعطيه صفرا من الزمن (أي أن $t_e = 0$) ويوضع على شكل خط متقطع في شبكة PERT الرسم التالي يوضح هذه الحالة:



وبافتراض أن المدة المتوقعة للنشاط T =6 , V=8 , U =9 فإنه بمجرد أن يقع الحدث 5 (مثلا) فإن الحدث 6 سيقع مباشرة إذا كان النشاط U قد اكتمل . أي أن الحدث 6 سيقع متى ما انتهت جميع الأنشطة الثلاثة.

الأنشطة الوهمية تعامل معاملة الأنشطة العادية الأخرى ، وحيث أن المدة اللازمة لإنجازها دائما يساوي الصفر فإن هذه الأنشطة الوهمية من المستحيل أن تتسبب في تأخير المشروع.

جدولة الأوقات "Schedule times "

في حالات كثيرة في الواقع يجب أن ينتهي بناء المشروع في مدة محددة . مثلا ، صاحب الشركة يريد أن ينتقل إلى المقر الجديد في تاريخ معين ، و الانتهاء من بناء المقر في ذلك الوقت يكون بالأهمية بمكان في المثال السابق

تعريف: T_S ترمز للوقت المتأخر المسموح به لإكمال نشاط معين أو حدث معين بدون تأخير في المشروع بأكمله عن التاريخ المحدد له.

تعريف : S_S هو الفائض الثاني ($T_L - T_S$) وهو عبارة عن الفرق بين الوقت المتأخر المسموح به لإكمال نشاط أو حدث معين بدون التأثير على التاريخ المحدد لتسليم المشروع - الوقت المتأخر المسموح به لإكمال نشاط أو حدث معين بدون التأثير على التاريخ المحدد لاكتمال المشروع.

لذلك فإن T_S للحدث الأخير يساوي تاريخ التسليم أو التاريخ المقرر أن ينتهي فيه المشروع . جميع قيم T_S للأحداث الأخرى ستحسب بدقة إذا استخدمنا تاريخ التسليم كأساس لحساب الأحداث الأخرى.

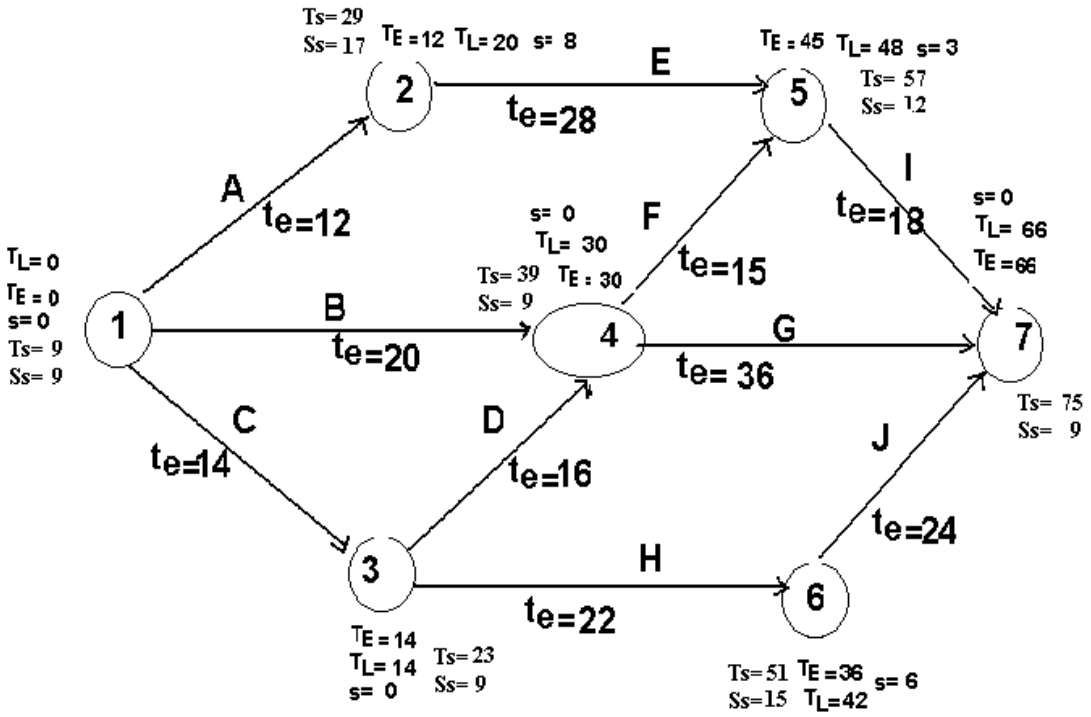
مثلا افترض أن المشروع والذي نحن بصدده مطلوب له أن ينتهي قبل اليوم ال - 75 . والمشروع كما قدرنا يتطلب فقط 66 يوما لإنهائه. لذلك فإن كل قيم T_S هي عبارة عن قيم T_L التي حصلنا عليها من قبل بعد إضافة 9 (وهي 75-66 =9) أيام (9+ $T_L = T_S$) وكذلك فإن الفوائض الثانية هي عبارة عن الفوائض الأولى بعد إضافة 9 أي أن($S_S = s+9$)

قيم S_S وكذلك قيم T_S لجميع الأنشطة هي كما يلي:

Schedule (S_S) $S_S = T_S - T_E$	Schedule time (T_S) $= T_L + 9$	الأوقات الفائضة Slacks($T_L - T_E$)	Latest Allowable (الوقت T_L) المتأخر المسموح به	Earliest Expected Completion time (T_E) الوقت المبكر المتوقع	النشاط
17	29	8	20	12	A
19	39	10	30	20	B
9	23	0	14	14	C
9	39	0	30	30	D
17	57	8	48	40	E
12	57	3	48	45	F
9	75	0	66	66	G
15	51	6	42	36	H
12	75	3	66	63	I
15	75	6	66	60	J

القيمة 9 للحدث 1 (حدث البداية) تفسر على أننا بإمكاننا أن نبدأ في اليوم التاسع وليس ألان ومع ذلك نستطيع أن نكمل المشروع قبل اليوم ال 75 ،إذا ماتمَّ كل نشاط حسب المقدر له.

الشبكة التالية توضح قيم S_S وكذلك قيم T_S لجميع الأحداث:



استخدام الأوقات المقدرة " Variable time estimate "

المدة التي استخدمناها لكل نشاط في السابق هي عبارة عن توقع وتخمين وليس شيء مؤكد. وفي الحقيقة أن الأنشطة قد لا تأخذ نفس الفترة التي افترضناها. في بعض الأحيان قد تأخذ وقت أطول أو اقصر من الفترة المتوقعة. لذلك ،فلكي يكون توقعنا اقرب إلى الحقيقة ،فإنه يجب استخدام بعض التوزيعات الاحتمالية. ومن أفضل التوزيعات الاحتمالية على الإطلاق في هذا المجال ،والذي يتناسب استعماله مع طبيعة طول الفترة الزمنية التي يتطلبها إنجاز نشاط من الأنشطة ،هو توزيع "beta " .

افترض أننا وضعنا ثلاث فترات لتقدير الزمن اللازم (t_e) بدلا من تقدير واحد.

1-التقدير المتفائل (Optimistic estimate)

وهي اقصر فترة ممكنة، بحيث أن الفترة الصحيحة التي يأخذها نشاط معين يجب أن تكون أطول من هذا التقدير بنسبة 99% . افترض إننا رمزنا بالرمز (a) لهذا التقدير.

2- التقدير الأكثر احتمالا (Most likely estimate)

وهي الفترة التي تقابل اكبر احتمال ممكن أن يأخذه هذا النشاط. وهذا هو المنوال لتوزيع الفترات التي يأخذها هذا النشاط "Mode " وليس بالضرورة المتوسط الحسابي "Mean " ، افترض أننا اسمينا هذا التقدير "m ".

3- التقدير المتشائم (Pessimistic estimate)

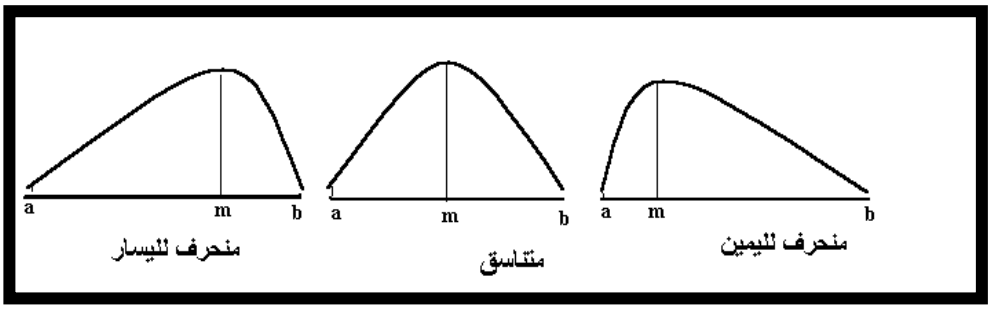
وهي أطول فترة ممكنة، بحيث أن الفترة الصحيحة التي يأخذها نشاط معين يجب أن تكون اقصر من هذا التقدير بنسبة 99% . افترض إننا رمزنا بالرمز " b " لهذا التقدير . توزيع بيتا له خاصية واحدة جعلته الأنسب والأفضل لوصف المدة الزمنية التي يتطلبها إنجاز نشاط من الأنشطة. هذه الخاصية هي انه إذا عرفنا القيم الثلاث (أي التقدير المتفائل ، التقدير الأكثر احتمالا، التقدير المتشائم) فإننا نستطيع معرفة

المتوسط الحسابي أو المدة المتوقعة (t_e) ، و كذلك التباين σ^2_e لهذه الفترة كما يلي:

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

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

توزيع بيتا يختلف عن التوزيع الطبيعي بأنه ليس بالضرورة متناسق حول الوسط. وذلك لأنه بإمكاننا الحصول على تقدير متفائل "a" قريب جدا من التقدير الأكثر احتمالا "m" والتقدير المتشائم "b" يكون بعيد جدا عن التقدير الأكثر احتمالا ، أو العكس. وهذا يعرف في الإحصاء بالتوزيع المنحرف "Skewed distribution" الشكل التالي يوضح الأشكال الثلاثة الممكنة لفترات الأنشطة حسب توزيع بيتا :



الآن دعنا نستخدم هذه التقديرات الثلاث (أي التقدير المتفائل ، التقدير الأكثر احتمالا، التقدير المتشائم) في المشكلة السابقة ، بدلا من التقدير الأول. كذلك المتوسط الحسابي أو الفترة المتوقعة t_e والتباين σ^2_e في فترة الأنشطة.

الجدول التالي يوضح المتوسط الحسابي أو الفترة المتوقعة t_e والتباين σ^2_e لفترات جميع الأنشطة:

النشاط	التقدير المتفائل	التقدير الأكثر احتمالا	التقدير المتشائم	المدة المتوقعة	التباين
A	8	12	16	12	1.78
B	13	19	31	20	9
C	8	14	20	14	4
D	4	16	28	16	16
E	19	23	57	28	40.11
F	9	15	21	15	4
G	24	36	48	36	16
H	14	22	30	22	7.11
I	13	18	23	18	2.78
J	14	24	34	24	11.11

مثلا لحساب الوقت المتوقع و التباين للنشاط B فإن :

$$t_e = \frac{13 + 4(19) + 31}{6} \qquad 120/6 = 20$$

$$\sigma^2_e = \left(\frac{31-13}{6}\right)^2 \qquad (3)^2 = 9$$

لاحظ أن القيم الثلاث التي وضعناها (أي التقدير المتفائل ، التقدير الأكثر احتمالا ، التقدير المتشائم) في الجدول السابق ، وضُعت لكي تتفق مع القيم المتوقعة السابقة ، ولذلك فإن عند التعويض في (t_e) فإن القيم جاءت كالسابق بدون تغيير.

فترة المشروع (Project Duration)

من أهم الأسئلة المطلوب الإجابة عليها من قبل المشرفين على المشروع ، هي أسئلة تتعلق بالوقت الذي ينتهي فيه المشروع. و بالتحديد السؤال هو بنسبة كم نحن واثقون بان المشروع سينتهي في وقت أو تاريخ معين؟

وفي المثال الحالي ممكن أن نُسأل : بنسبة كم نحن واثقون بأننا سنكمل المشروع قبل اليوم الـ 75؟

بإمكاننا إرفاق مقياس للاحتمالية هذه ، مثل التباين و الانحراف المعياري للأوقات التي حسبناها وذلك مثل التوقيت المبكر للأنشطة أو الأحداث. ولكن نحن الآن بصدد التركيز على معرفة احتمال وقوع الحدث الأخير (حدث 7) و هو حدث الانتهاء من المشروع.

تعريف : σ^2_E هو التباين في فترة إكمال نشاط من الأنشطة أو حدث من الأحداث .

ألان دعنا نقوم بصياغة وقت إتمام المشروع على انه يُتوقع أن يكتمل في خلال 66 يوما و بتباين σ^2_E . مع العلم أن تقدير 66 يوما جاء من السابق ومن مجموعة الأنشطة التي تكَّون المسار الحرج.

إذا كان فترة إتمام المشروع هي عبارة عن مجموع 3 متغيرات عشوائية ، فإن توزيع هذه الفترة عبارة عن مجموع هذه الثلاث المتغيرات العشوائية المستقلة. وباستخدام نظرية النزعة المركزية "Central limit theory" التي تقول : انه عند جمع عدة متغيرات عشوائية مستقلة ، بغض النظر عن توزيعاتها الاحتمالية ، فإن الناتج هو متغير عشوائي يقترب من التوزيع الطبيعي. وكلما زاد عدد هذه المتغيرات العشوائية المستقلة هذه ، كلما اقترب الناتج إلى التوزيع الطبيعي. ومتوسط هذا التوزيع هو عبارة عن مجموع متوسطات المتغيرات العشوائية (أي فترات الأنشطة)، و تباينه هو عبارة عن مجموع تباينات هذه المتغيرات العشوائية.

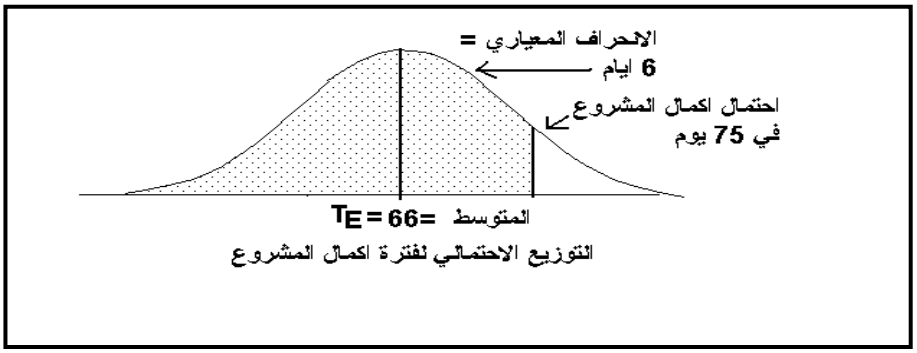
لذلك فإن :

متوسط المدة التي يأخذها المشروع = 14 +16+36 = 66 يوما (كما في السابق)

وتباينه يكون σ^2_e = 16 + 16 + 4 = 36 يوما

و الانحراف المعياري = $\sqrt{36}$ = 6 يوم

لذلك فإنه من الممكن أن نتصور المدة التي يأخذها إكمال المشروع و احتمال اكتمال في أو قبل المدة المقررة وهي 75 يوما كما في الشكل الاحتمالي التالي:



ولحساب احتمال إكمال المشروع في 75 يوما فإنه يجب استخدام التوزيع الطبيعي المعياري (أي بمتوسط = صفر و انحراف معياري = 1)
والسؤال هو ما هو الاحتمال بان نأخذ عينة عشوائية من مجتمع طبيعي معياري بمتوسط 66 وانحراف معياري 6 ، وتكون هذه العينة اقل من أو يساوي 75 ؟
وللوصول للجواب فإنه أولا يجب الحصول على قيمة z (لتحويله إلى متغير عشوائي معياري طبيعي).

$$z = \frac{\text{المدة المقررة للتسليم - المدة اللازمة لإكمال المشروع}}{\text{الانحراف المعياري}}$$

$$z = \frac{75 - 66}{6} = 1.5$$

لذلك فإن 75 يوما تقابل انحراف معياري 1.5 فوق المتوسط. وبالرجوع إلى جدول التوزيع الطبيعي المعياري التجميعي (Cumulative Standard Normal Distribution) فإننا نجد أن القيمة 1.5 تقابل احتمال 0.9332 . أي أن احتمال أن يكتمل المشروع قبل اليوم ال - 75 = 93% ، وباعتبار أن الفترة المتوقعة لإكمال

المشروع هو 66 يوما حُدد بواسطة الأنشطة التي تقع على المسار الحرج (أي G-D-C)
مع إننا افترضنا أن الفترة المتوقعة لإكمال المشروع هي 66 يوما، ألا أن ذلك قد لا يحدد الوقت الصحيح ، خاصة أن بعض المسارات الأخرى قد يأخذ وقت أطول من المسار الحرج أو أن المسار الحرج قد يكتمل في وقت اقل.
أحسب احتمال أن يأخذ المسار A-E-I وقتا أكثر من 43 يوما.

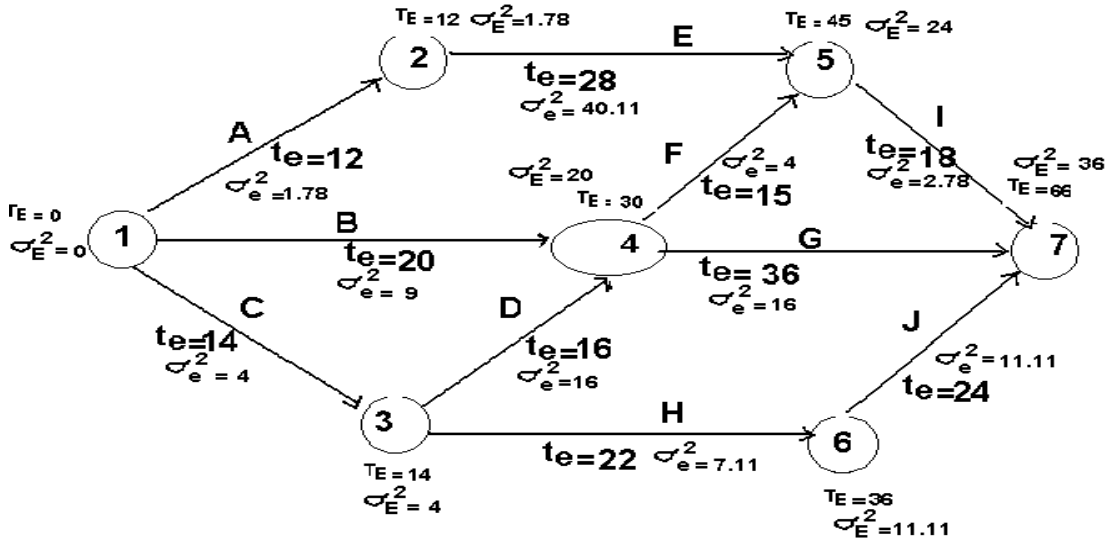
أوقات وقوع الحدث " Event occurrence times "

فترة إكمال المشروع هي تعادل الوقت المبكر TE لوقوع الحدث الأخير، وخاصة لان T_E للحدث الأول بدأ من الصفر. وبإمكاننا قياس التباين $\sigma 2_E$ المرافق للوقت المبكر T_E لكل حدث . وسنستخدم تباين فترة النشاط $\sigma 2e$ للحصول على تباين الحدث $\sigma 2_E$. فلكل حدث معين ، فإن التباين في وقوع الحدث (σ^2_E) = التباين (σ^2_E) للحدث السابق له مباشرة + التباين ($\sigma^2 e$) لفترة النشاط الذي يربط بين هذين الحدثين.
فمثلا

التباين للحدث الأول $\sigma^2_E = 0$ ، حسب التعريف

التباين للحدث الثاني σ^2_E =تباين الحدث الأول + تباين النشاط الذي يربط الحدث 2 بالحدث 1 (أي تباين النشاط A)
$1.78 = 1.78 + 0$=
كذلك الحدث 3 = 0 + 4 = 4 أيام
ولكن الحدث 4 ، اصعب قليلا، حيث يوجد نشاطين سابقين للحدث 4 وهم D , B ولمعرفة التباين لهذا الحدث فإنه يجب معرفة أي من النشاطين هو الذي حدد وقت مبكر T_E = 30 يوما للحدث 4 ؟
إنه النشاط D وذلك لان T_E = 30 هي عبارة عن جمع 14 + 16 = 30 يوما

شبكة PERT التالية توضح التباين لكل الأحداث :



وهو عن طريق الحدث 3 . لذلك فعند حساب التباين لهذا الحدث فإننا نجمع تباين الحدث 3 + تباين النشاط = 4 + 16 = 20 يوما

ويفسر على أن احتمال وقوع الحدث 4 يكون يتبع التوزيع الطبيعي بمتوسط حسابي (T_E) يساوي 30 يوما، وتباين 20 يوما.

ومن الممكن حساب احتمال أن يقع الحدث 4 قبل اليوم 35 . ولحساب ذلك فإننا أولا نستخرج قيمة z

$$z = \frac{35 - 30}{\sqrt{20}} = 1.12$$

وبالرجوع إلى جدول التوزيع الطبيعي التجميعي ، بإمكاننا إيجاد احتمال أن:

$z \leq 1.12$

وهكذا ممكن أن نكمل حساب التباين لجميع الأحداث الباقية ، وملاحظة أن التباين للحدث الأخير (7) يجب أن يساوي التباين الخاص بالفترة المتوقعة لإنهاء المشروع بأكمله.

أوقات إتمام النشاط (Activity-Completion Times)

بإمكاننا أيضا حساب التباين لكل نشاط على حدة ، والقاعدة هي كالتالي:

تباين (σ^2_E) نشاط معين = التباين σ^2_E للحدث السابق + التباين σ^2_e لفترة النشاط نفسه.

الجدول التالي يوضح الوقت المتوقع (T_E) والتباين لإكمال الأنشطة:

النشاط	Earliest Expected Completion time (T_E) الوقت المبكر المتوقع	التباين Variance σ^2_E
A	12	1.78
B	20	9
C	14	4
D	30	20
E	40	41.89
F	45	24
G	66	36
H	36	11.11
I	63	26.78
J	60	22.22

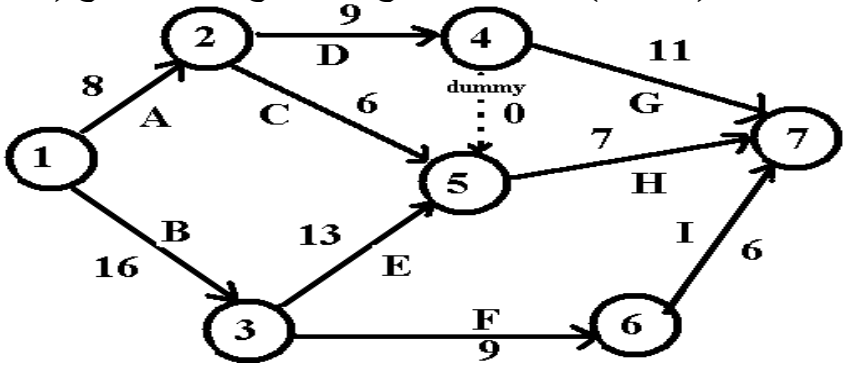
مسائل محلولة على أسلوب تقييم البرامج ومراجعتها وطريقة المسار الحرج (CPM)

1. (تخطيط منشآت سياحية) شركة المنتجعات الوطنية قامت بشراء ارض مساحتها 16 كم2 بمدينة الرياض لإقامة استراحات طبيعية و أشجار وملاعب أطفال ومسطحات خضراء و مائية و كانت الأنشطة اللازمة لتخطيط الأرض و تسويتها وتقسيمها و زراعتها وتشجيرها و بناءها يتطلب إنجاز الأنشطة التالية:

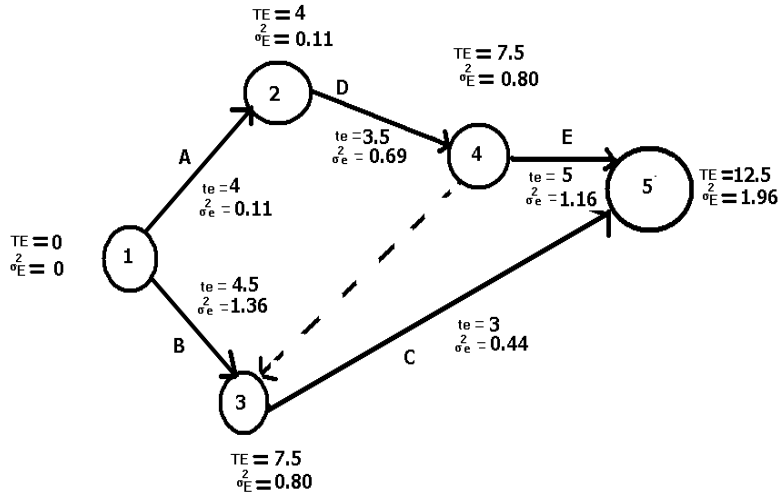
النشاط (Activity)	النشاط السابق (predecessor activities)
A	لا يوجد
B	لا يوجد
C	A
D	A
E	A,B
F	B,A
G	C,E
H	D,G
I	E
K	F

المطلوب رسم شجرة بيرت فقط

2. (تخطيط أحداث المشروع) إذا كانت الأوقات المتوقع (t_e) هي كما هو على شبكة بيرت التالية. المطلوب استخراج الوقت المبكر (T_E) والمتأخر (T_L) والفوائض (Slacks) لأحداث المشروع واستخراج المسار الحرج (CPM):



3. إذا كانت الأوقات المتوقعة والتباين للأنشطة و الإحداث لأحد المشاريع هي كالتالي:



المطلوب:

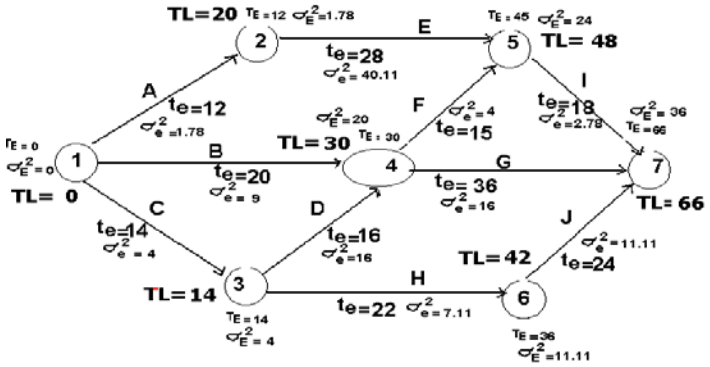
أ- حساب احتمال أن ينتهي المشروع في خلال 14 يوما (14 يوم أو اقل)؟

ب - احتمال أن ينتهي المشروع في خلال 10 أيام (10 أيام أو اقل) ؟

ج - احتمال أن ينتهي النشاط D في مدة تتراوح بين 5 إلى 10 أيام؟

د - احتمال أن ينتهي النشاط D في خلال 10 أيام؟

4. إذا كانت شبكة – خارطة- PERT شاملة الأوقات المتوقعة والتباين للأنشطة هي كالتالي:

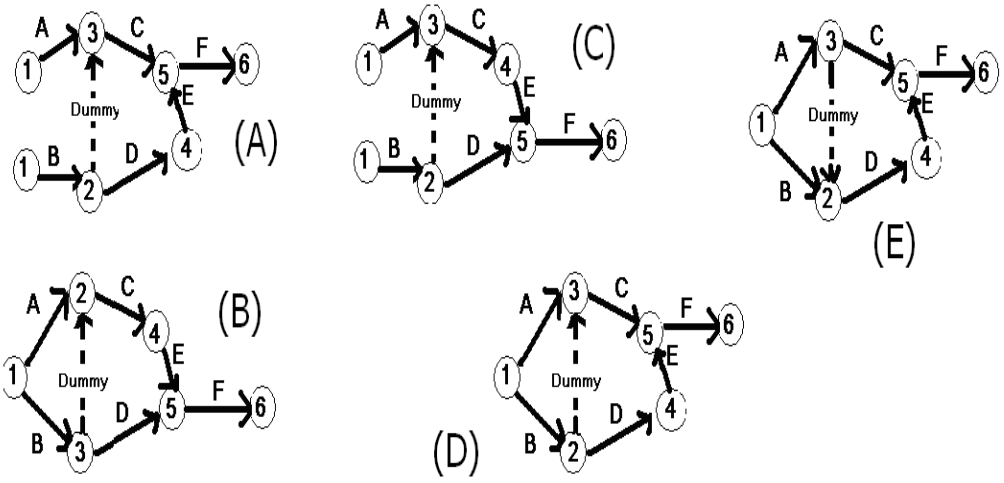


المطلوب :
حساب احتمال أن ينتهي المشروع في فترة لا تقل عن 46 يوم؟
حساب احتمال أن ينتهي المشروع في فترة لا تزيد عن 86 يوم؟
حساب احتمال أن يبدأ النشاط G في فترة لا تزيد عن 40 يوما؟
حساب احتمال أن يبدأ النشاط G في فترة تتراوح بين 30 إلى 50 يوما؟

5. إذا كانت الأنشطة و الأنشطة السابقة لمشروع تسويق منتج هي كالتالي

النشاط(Activities)	الأنشطة السابقة (Predecessors)
A : تدريب العمال	لا يوجد
B : شراء الآلات	لا يوجد
C: إنتاج المادة (1)	A , B
D: إنتاج المادة (2)	B
E: اختبار المادة (2)	D
F: مزج المادتين (1 ،2)	C, E

والمطلوب اختيار الرسم الصحيح لشبكة PERT من بين الرسوم التالية:

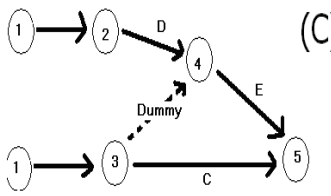


6. إذا كانت الأنشطة و الأنشطة السابقة لمشروع الجزيرة هي كالتالي:

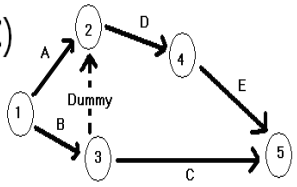
النشاط(Activities)	الأنشطة السابقة (Predecessors
A : تدريب العمال	لا يوجد
B : شراء الآلات	لا يوجد
C: إنتاج المادة (1)	B
D: إنتاج المادة (2)	A
E: اختبار المادة (2)	D,B

والمطلوب اختيار الرسم الصحيح لشبكة PERT من بين الرسوم التالية:

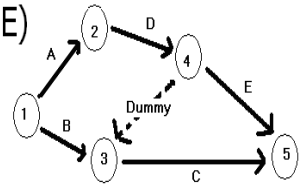
(A)



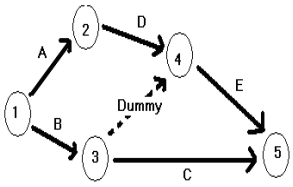
(C)



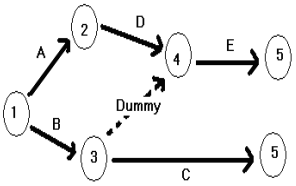
(E)



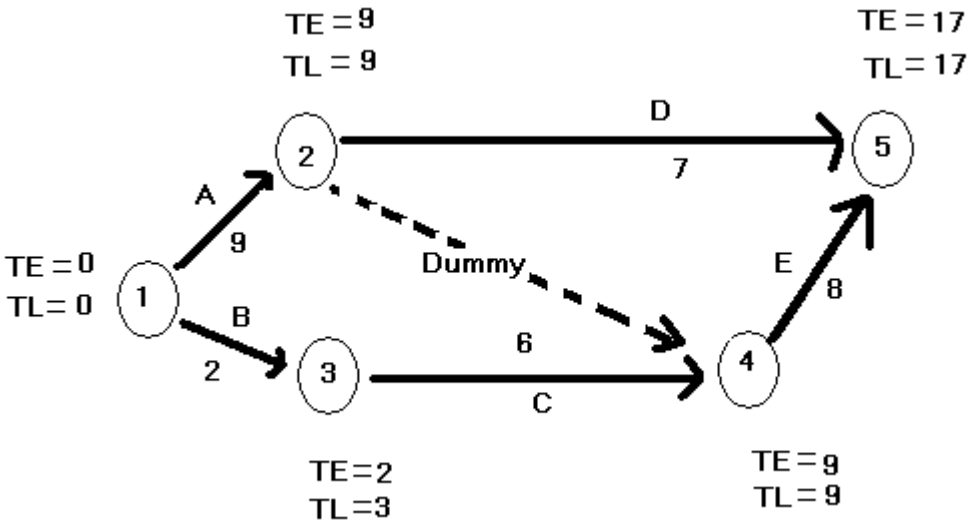
(B)



(D)



7. إذا كانت شبكة بيرت PERT لمشروع العقار هي كالتالي



المطلوب اختيار الأنشطة التي تقع على المسار الحرج CPM

a) A, ,Dummy,D

b) A,Dummy,E

c) B,C,D

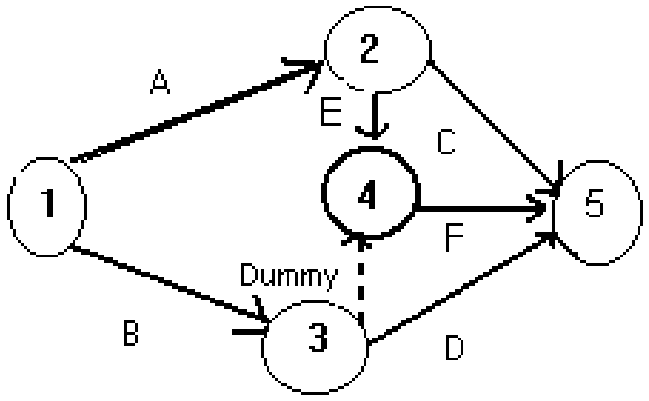
d) B,C,E

e) A,Dummy, C,B

8. إدارة مشاريع.إذا كانت الأنشطة والفترات المتوقعة بالأسابيع لمشروع الجزيرة هي كالتالي:

النشاط	الفترات المتوقعة			te			
	المتفائل (a)	الأكثر احتمالا (m)	المتشائم (b)				
A	1	3	3.5	2.75			
B	0.5	2	3.5	2			
C	3	4	8	4.5			
D	3	5	10	5.5			
E	4	5	9	5.5			
F	3	3.5	4	3.5			

المطلوب آلاتي: بالاستعانة بالجدول السابق وبالرسم المرفق المطلوب:



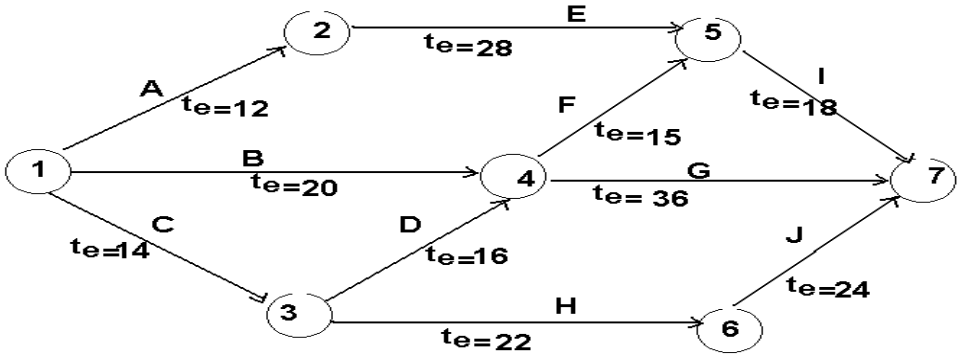
أ - حساب الوقت المبكر والمتأخر للأحداث و للأنشطة وتحديد المسار الحرج؟
ب- حساب احتمال أن ينتهي المشروع في فترة تتراوح بين 10 إلى 15 أسبوعا؟
ج- احتمال أن ينتهي المشروع في فترة لا تقل عن 14 أسبوع (أي 14 أسبوعا أو أكثر)؟
د- احتمال أن يبدأ النشاط d في مدة لا تزيد عن 3 أسابيع؟

حل مشكلة Pert و CPM باستخدام الحاسب

حل مشاكل Pert و CPM باستخدام اكسل (Excel)

هنا نسترجع المشكلة الخاصة بشركة سدير السابقة و ملخص المشكلة في الجدول و خريطة بيرت (PERT) التاليتين والتي تم حلها باستخدام شبكة Pert بالتفصيل:

النشاط	الأنشطة السابقة	المدة المتوقعة Expected duration (t_e)
A	لا يوجد	12
B	لا يوجد	20
C	لا يوجد	14
D	C	16
E	A	28
F	D, B	15
G	D, B	36
H	C	22
I	E, F	18
J	H	24



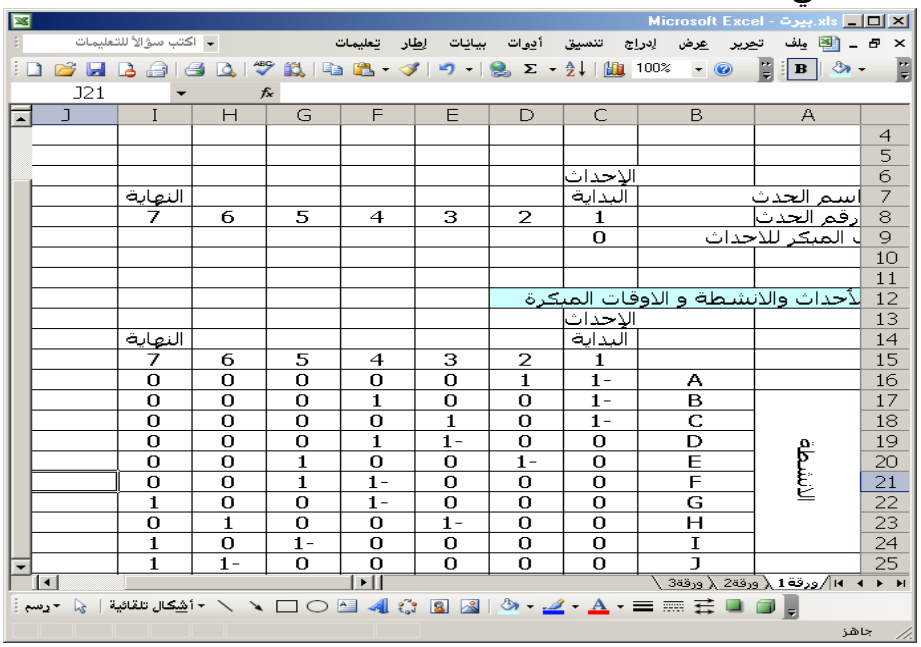
و المطلوب حل المشكلة و تحديد المسار الحرج والوقت المتوقع للانتهاء باستخدام برنامج اكسل (EXCEL).

لحل المشكلة يتعين علينا إتباع الخطوات التالية لتسهيل عملية الحل:
الانتقال إلى برنامج اكسل (EXCEL) و وضع جدول بيرت (PERT) بالشكل التالي:

- اختيار صف وتسميته الأحداث ووضع أرقام هذه الأحداث في هذا الصف.
- كل خلية من الخلايا تمثل الوقت المبكر لبداية الحدث.
- نبدأ بوضع القيمة صفر (0) في الخلية الأولى و التي تمثل الحدث رقم 1.
- الخلايا D9:G9 ستكون الخلايا التي يخرج فيها قيم و نتائج الوقت المبكر لكل حدث. وهذا سيكون هو المطلوب من البرامج التوصل إليه وسيكون شكل المشكلة في برنامج اكسل (EXCEL) كالتالي:

- بعد ذلك ندخل شبكة بيرت (PERT) و العلاقة بين الأحداث و الأنشطة في جدول اكسل (EXCEL) بوضع الأنشطة على العمود B و الأحداث على الصف 15 على سبيل المثال.
- حيث أن الأنشطة تمثل في شبكة بيرت (PERT) بمنحنى أو خط يصل بين الحدث السابق و الحدث اللاحق فانه هنا ستوضع هذه العلاقة في الصفوف بحيث يكون لكل نشاط صف واحد.

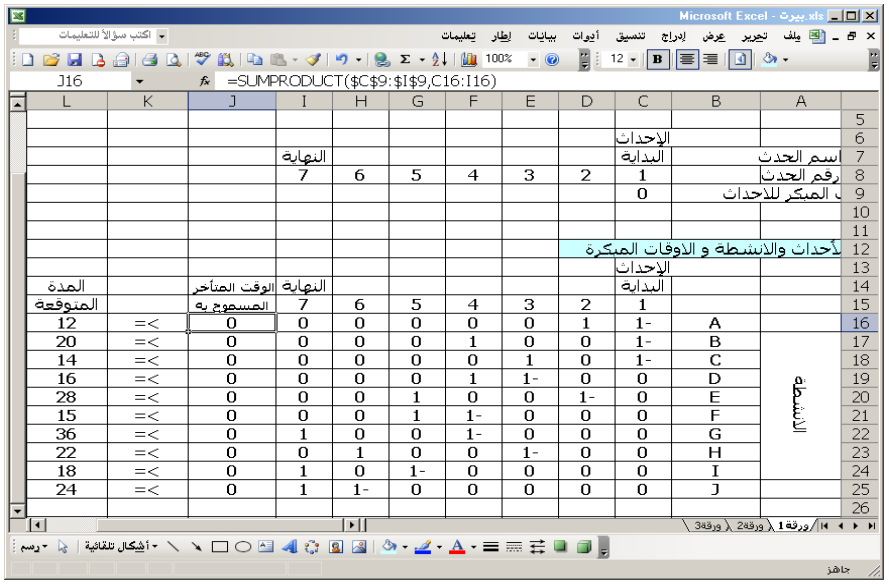
- كل نشاط سيوضع إمامه الرقم (-1) مقابل الحدث الذي يبدأ به و يوضع أمامه (1) أمام الحدث الذي ينتهي فيه وما عدى ذلك نضع القيمة (0) كما في الشكل التالي:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4										
5										
6			الإحداث							
7	اسم الحدث		البداية						النهاية	
8	رقم الحدث		1	2	3	4	5	6	7	
9	ب المبكر للأحداث		0							
10										
11										
12	لأحداث والانشطة و الاوقات المبكرة									
13			الإحداث							
14			البداية						النهاية	
15			1	2	3	4	5	6	7	
16		A	1-	1	0	0	0	0	0	
17		B	1-	0	0	1	0	0	0	
18		C	1-	0	1	0	0	0	0	
19	الانشطة	D	0	0	1-	1	0	0	0	
20		E	0	1-	0	0	1	0	0	
21		F	0	0	0	1-	1	0	0	
22		G	0	0	0	1-	0	0	1	
23		H	0	1-	0	0	0	1	0	
24		I	0	0	0	0	1-	0	1	
25		J	0	0	0	0	0	1-	1	

- بعد ذلك ندخل الوقت أو المدة المتوقعة (te) لكل نشاط أمامه في العمود على سبيل المثال في العمود L . ونكون في الخلايا (L16:L25) .
- وفي العمود J على سبيل المثال يمكن أن نضع الخلايا الخاصة بالوقت المتأخر المسموح به لكل نشاط أي في الخلايا (J16:J25). ويكون حسب المعادلة التالية: sumproduct(c9:I9,c16:I16) لحساب الوقت المتأخر المسموح به لكل نشاط. مع ملاحظة أن رمز الدولار ($) وضع بين الإشارات إلى الصف رقم 9 لتثبيت هذه الخلايا وعدم تحرك الإشارة إليها عند التعبئة. وهذه التعبئة سنستخدمها في نسخ الدالة إلى الخلايا الأخرى. حيث نبدأ بالخلية رقم J16 ثم نسحب الخلية من الزاوية السفلى اليسرى مع استمرار الضغط على الماوس حتى نصل إلى أخر خلية.
- في العمود M نضع الفوائض وهي عبارة عن ناتج طرح قيم J16-L16 وهكذا بالنسبة للعناصر الأخر في نفس العمود.

- وفي العمود رقم K نقوم بإدخال علامات الأكبر من أو يساوي (=>) أي أن الوقت المتأخر المسموح به دائما اكبر من أو يساوي المدة المتوقعة لكل نشاط. و يكون الحل عند هذه الخطوة كالتالي:



بعد ذلك نحدد الخلية الخاصة بالمدة المتوقع للمشروع ككل وهي عبارة عن الوقت المبكر و المتأخر للحدث الأخير ونضعها في الخلية مثلا H11 وهي نفسها القيمة التي تكون في الخلية I9. ولذلك نضع في الخلية H11 القيمة (I9).

الانتقال إلى Solver في قائمة أدوات Tools ثم ادخل المعطيات التالية:

في خانة الخلية الهدف set target cell ضع H11

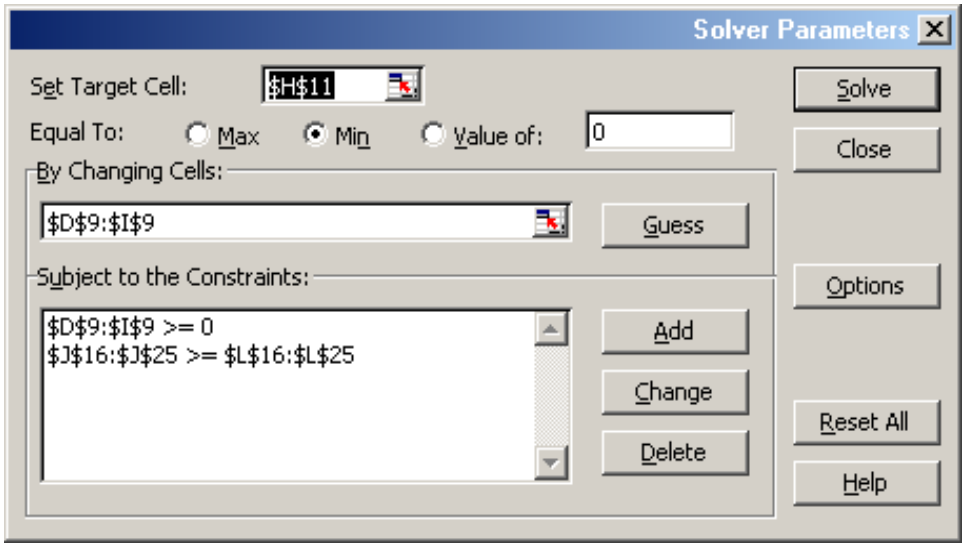
في خانة equal to نضع min أي اقل مدة متوقعة

في خانة الخلايا التي يتم تغييرها by changing نضع D9:I9

وفي خانة القيود subject to نضع القيد D9:I9>=0 وكذلك القيد

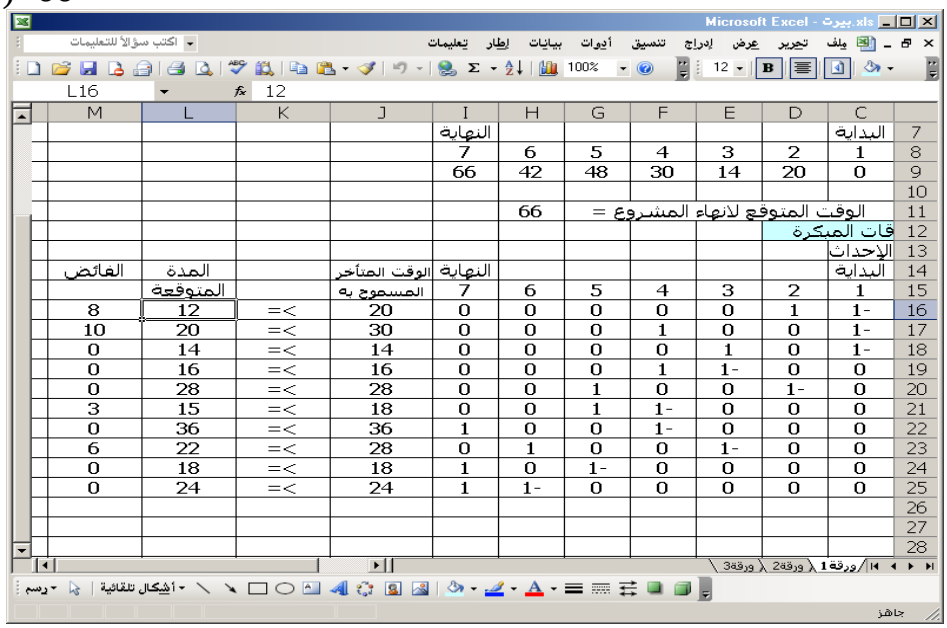
J16:J25>=L16:L25

وفي خانة الخيارات Options نضع افتراض نموذج خطي Assume Linear Model ويكون شكل نافذة Solver كالآتي:



ثم بالنقر على حل Solve ثم موافق Ok نصل إلى الحل وفيها يظهر أن الأوقات المتأخرة المسموح بها لكل حدث هي كما يلي:

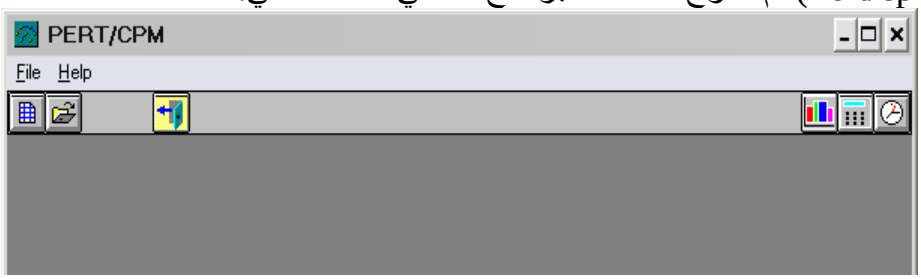
TL(1)=0,TL(2)=20,TL(3)=14,TL(4)=30,TL(5)=48,TL(6)=42,TL(7)=66



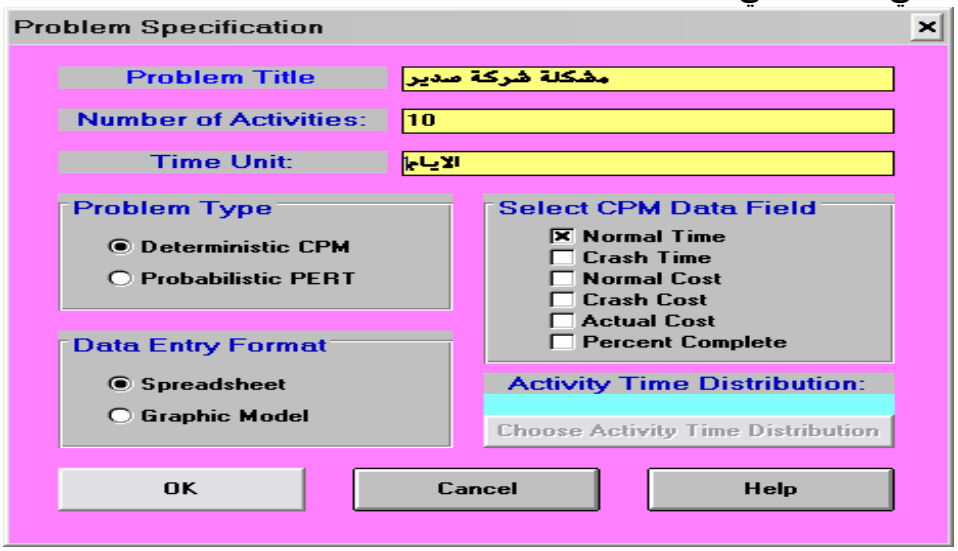
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
7	البداية						النهاية				
8	1	2	3	4	5	6	7				
9	0	20	14	30	48	42	66				
10											
11	الوقت المتوقع لانهاء المشروع =					66					
12	قات المبكرة										
13	الإحداث										
14	البداية						النهاية	الوقت المتأخر		المدة	الفائض
15	1	2	3	4	5	6	7	المسموح به		المتوقعة	
16	1-	1	0	0	0	0	0	20	=<	12	8
17	1-	0	0	1	0	0	0	30	=<	20	10
18	1-	0	1	0	0	0	0	14	=<	14	0
19	0	0	1-	1	0	0	0	16	=<	16	0
20	0	1-	0	0	1	0	0	28	=<	28	0
21	0	0	0	1-	1	0	0	18	=<	15	3
22	0	0	0	1-	0	0	1	36	=<	36	0
23	0	0	1-	0	0	1	0	28	=<	22	6
24	0	0	0	0	1-	0	1	18	=<	18	0
25	0	0	0	0	0	1-	1	24	=<	24	0
26											
27											
28											

حل مشاكل Pert و CPM باستخدام برنامج QSB

يمكن حل مشكلة شركة سدير السابقة باستخدام برنامج QSB كما يلي:
أولا من قائمة ابدأ (Start) في النوافذ نذهب إلى البرامج (programs) ثم اختيار برنامج SQB وبعد ذلك تخرج لنا قائمة طويلة بتطبيقات البرنامج ونختار منها (Pert/cpm) ثم تخرج لنا نافذة البرنامج كما في الشكل التالي:

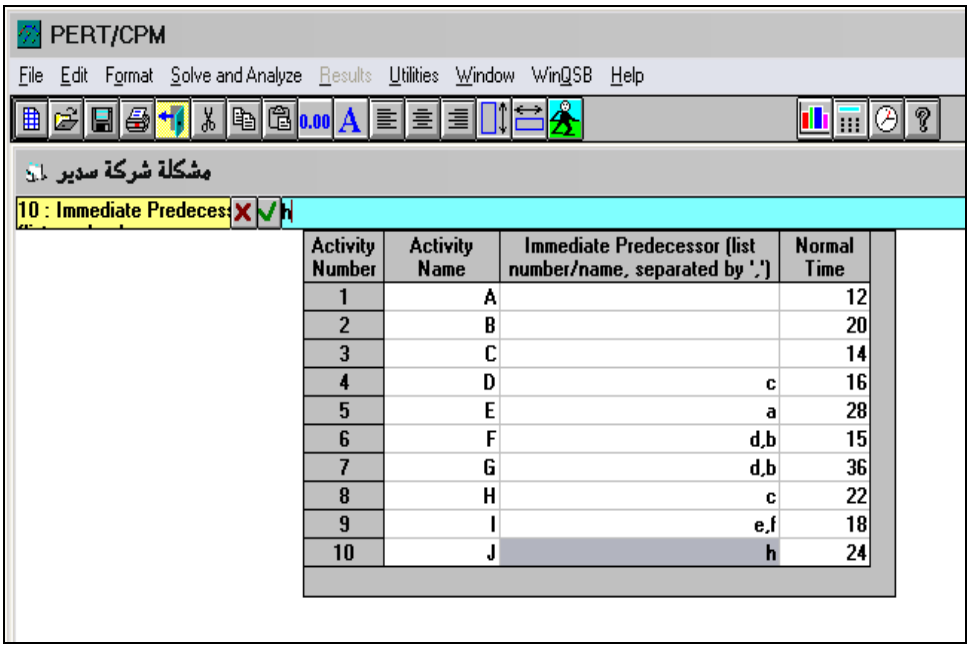


بعد ذلك يتم النقر على الأيقونة "مشكلة جديدة" ويتم كتابة معلومات المشكلة كما في الشكل التالي:



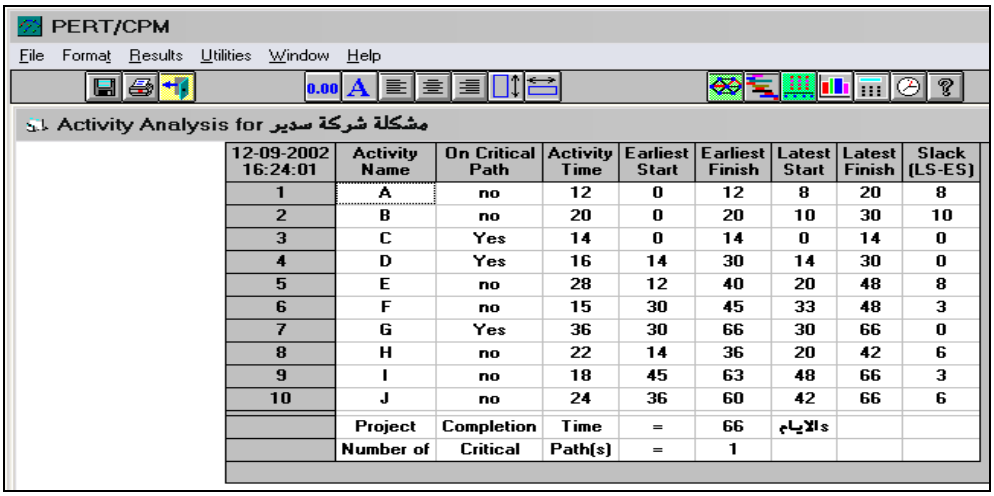
مع العلم بأن Number of activities هي عدد الأنشطة و ن وعية المشكلة (Problem type) هي محددة (Deterministic) و حقل البيانات (Data Field) هو الوقت الطبيعي (Normal Time) بينما وضعنا الهيئة التي ندخل بها البيانات

(Data Entry Format) على شكل جدول (Spreadsheet). وبعد ذلك تخرج لنا نافذة إدخال البيانات كما هي في الشكل التالي:



Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time
1	A		12
2	B		20
3	C		14
4	D	c	16
5	E	a	28
6	F	d,b	15
7	G	d,b	36
8	H	c	22
9	I	e,f	18
10	J	h	24

مع العلم أيضا بان رقم النشاط هو (Activity Number) و اسم النشاط هو (Activity name) و الأنشطة السابقة مباشرة هي (Immediate Predecessor) و يتم وضع فواصل بينهما إذا كانت الأنشطة السابقة أكثر من واحد. وبعد الانتهاء من إدخال البيانات بالكامل نقوم بحل المشكلة من قائمة (Solve and Analyze). و بعد ذلك تخرج لنا نافذة الحل في الصفحة التالية:


PERT/CPM

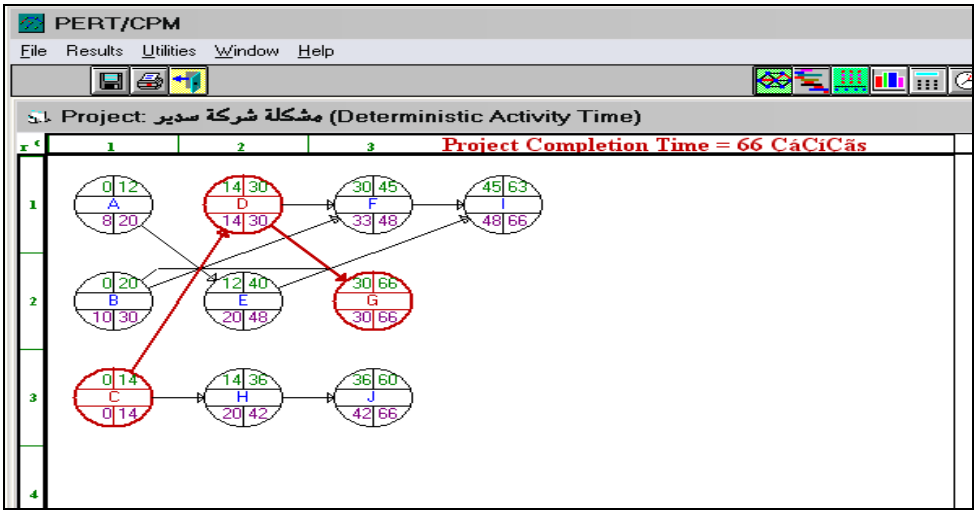
File Format Results Utilities Window Help

Activity Analysis for مشكلة شركة سدير

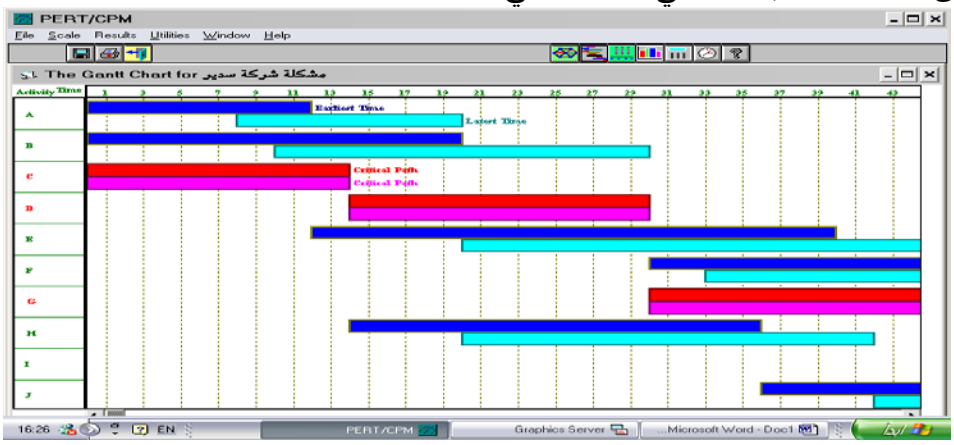
12-09-2002 16:24:01	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	no	12	0	12	8	20	8
2	B	no	20	0	20	10	30	10
3	C	Yes	14	0	14	0	14	0
4	D	Yes	16	14	30	14	30	0
5	E	no	28	12	40	20	48	8
6	F	no	15	30	45	33	48	3
7	G	Yes	36	30	66	30	66	0
8	H	no	22	14	36	20	42	6
9	I	no	18	45	63	48	66	3
10	J	no	24	36	60	42	66	6
	Project	Completion	Time	=	66	الايام		
	Number of	Critical	Path(s)	=	1			

ونلاحظ من الحل السابق أن الأنشطة التي تقع على المسار الحرج (CPM) هي الأنشطة (c,d,g) كما يظهر من العامود (On Critical Path) و أن الأوقات المبكرة للأنشطة (TE) هي القيم الموجودة في العامود (Earliest Start) و كذلك الوقت المتوقع لانتهاء المشروع (Project Completion Time) و هي نفسها نفس النتائج التي تحصلنا عليها من قبل باستخدام طريقة بيرت (PERT) .

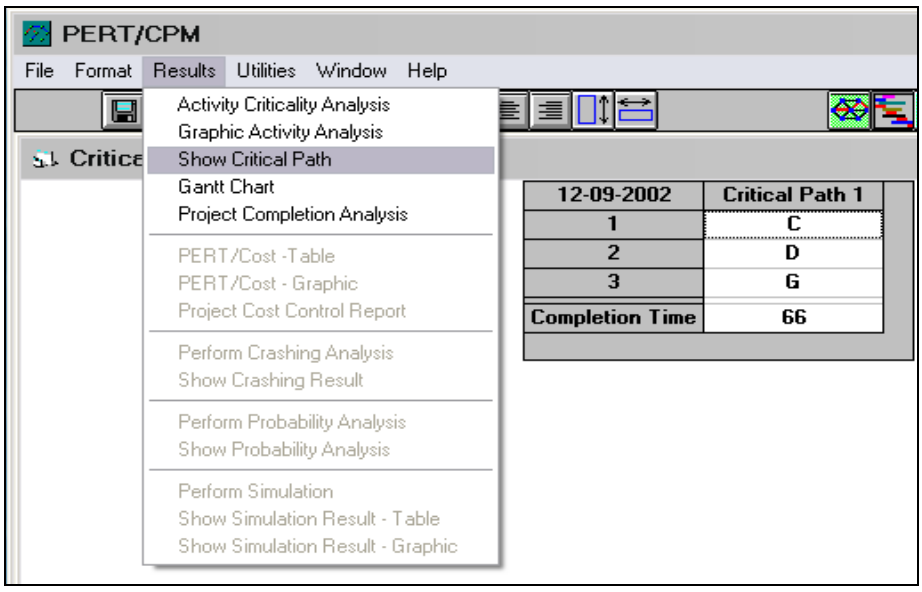
كذلك يمكن الاطلاع على نتائج الحل السابق على خارطة بيرت (PERT) التالية:



وكذلك يمكن الاطلاع على الرسم الخاص بالوقت المبكر و الوقت المتأخر لكل نشاط من الأنشطة السابقة كما في الشكل التالي:

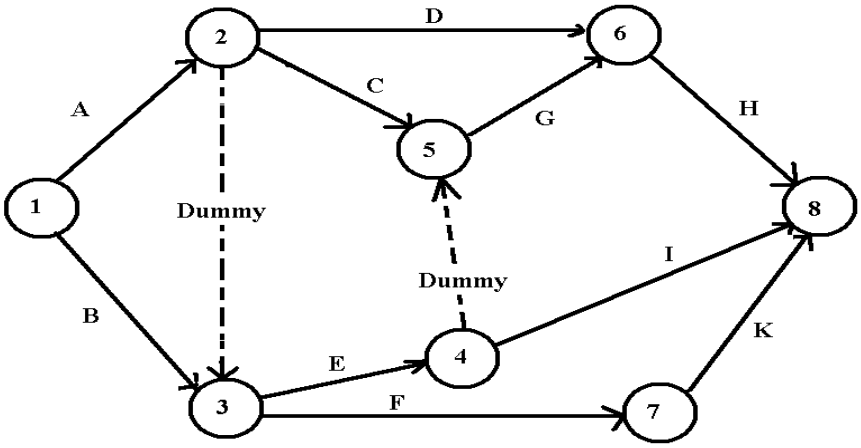


كذلك يمكن الحصول على العديد من النتائج المهمة الأخرى باستخدام البرنامج مثل الحصول على جدول تكاليف مشكلة بيرت (PERT) و رسم شبكة التكاليف لمشكلة بيرت (PERT) و تحليل الاحتمالات (Probabilities) و كذلك المحاكاة (Simulation).

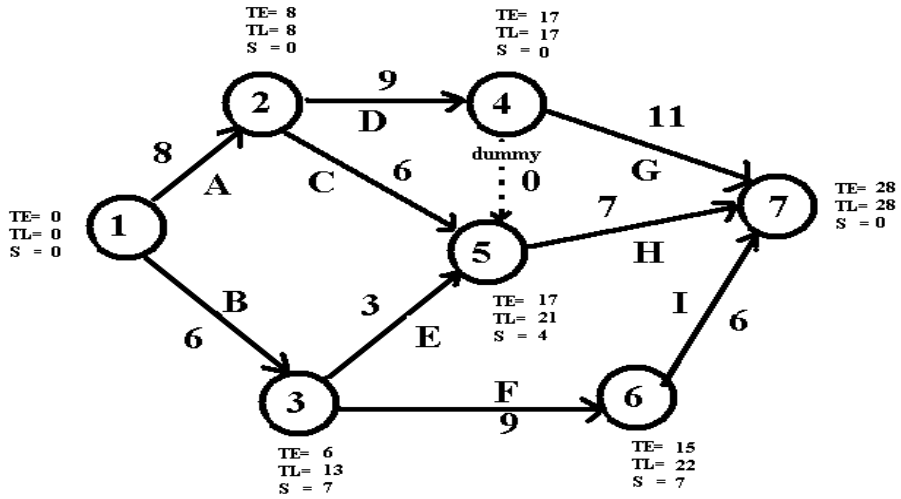


حلول أسئلة تقييم البرامج ومراجعتها وطريقة المسار الحرج (CPM)

.1



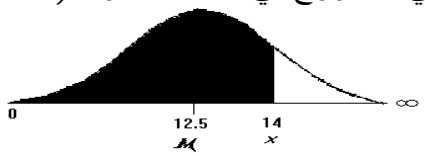
.2



المسار الحرج هو A ، D ، G

.3

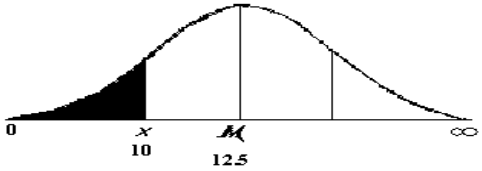
أ- حساب احتمال أن ينتهي المشروع في خلال 14 يوما (14 يوم أو اقل)؟



$Z= \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{14-12.5}{\sqrt{1.96}} = \frac{1.5}{1.4} = 1.07$ ومن الجدول $= 0.3577$

$P(x \leq 14) = 0.5+0.3577 = 0.8577$

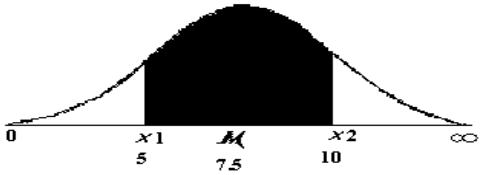
ب - احتمال أن ينتهي المشروع في خلال 10 أيام (10 أيام أو اقل) ؟



$Z= \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{10-12.5}{\sqrt{1.96}} = \frac{2.5}{1.4} = -1.79$ ومن الجدول $= 0.4833$

$P(x \leq 10) = 0.5-0.4833 = 0.017$

ج - احتمال أن ينتهي النشاط D في مدة تتراوح بين 5 إلى 10 أيام؟



$Z1= \frac{X1-\mu}{\sigma} = \frac{5-7.5}{\sqrt{0.8}} = \frac{-2.5}{0.894} = -2.80$ ومن الجدول $= 0.4974$

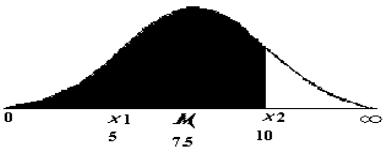
$Z2= \frac{-\mu 2X}{\sigma} = \frac{-7.510}{\sqrt{0.8}} = \frac{2.5}{0.894} = 2.80$ ومن الجدول $= 0.4974$

$P(5 \leq x \leq 1) = 0.4974 + 0.4974 = 0.99$

د - احتمال أن ينتهي النشاط D في خلال 10 أيام؟
الاحتمال هو :

$$Z= \frac{X-\mu}{\sigma} = \frac{10-7.5}{\sqrt{0.8}} = \frac{2.5}{0.894} = 2.80$$ ومن الجدول $= 0.4974$

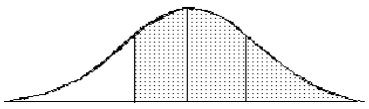
$P(x \le 10) = 0.5 + 0.4974 = 0.9974$



.4
1 -حساب احتمال أن ينتهي المشروع في فترة لا تقل عن 46 يوم؟

$$Z= \frac{x-\mu}{\sigma}$$

$$Z= \frac{46-66}{36} = -.3.33$$



من الجدول p=0.499
الاحتمال =0.5+0.499=0.999

2 - حساب احتمال أن ينتهي المشروع في فترة لا تزيد عن 86 يوم؟

$$Z= \frac{x-\mu}{\sigma}$$

$$Z= \frac{86-66}{36} = +.3.33$$

من الجدول p=0.499
الاحتمال =0.5+0.499=0.999

3 - حساب احتمال أن يبدأ النشاط G في فترة لا تزيد عن 40 يوما؟

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$Z = \frac{30-40}{20} = +2.24$$

من الجدول p=0.487
الاحتمال =0.5+0.487=0.987

4 - حساب احتمال أن يبدأ النشاط G في فترة تتراوح بين 30 إلى 50 يوما؟

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$Z1 = \frac{30-50}{20} = +4.47$$

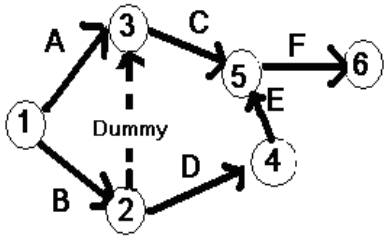
$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$Z2 = \frac{30-30}{20} = 0$$

من الجدول p=0.499
الاحتمال =0+0.499= 0.5

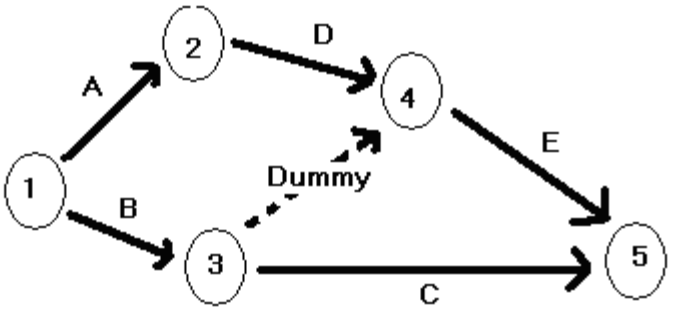
.5

(D)



.6

(B)

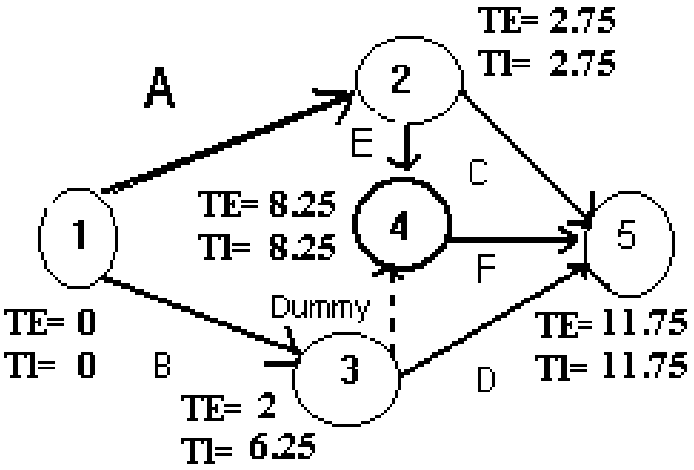


.7

b) A,Dummy,E

.8

النشاط	الفترات المتوقعة			te	σ2	TE	TL
	المتفائل (a)	الأكثر احتمالا (m)	المتشائم (b)				
A	1	3	3.5	2.75	0.17	2.75	2.75
B	0.5	2	3.5	2	0.25	2	6.25
C	3	4	8	4.5	0.69	7.25	11.75
D	3	5	10	5.5	1.36	7.5	11.75
E	4	5	9	5.5	0.69	8.25	8.25
F	3	3.5	4	3.5	0.027	11.75	11.75



أ- المسار الحرج A,E,F

ب . حساب احتمال أن ينتهي المشروع في فترة تتراوح بين 10 إلى 15 أسبوعا؟

$$Z1= \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{10-11.75}{\sqrt{0.887}} = \frac{1.75}{0.942} = -1.86 \quad \text{من الجدول} \quad = 0.4686$$

$$Z2= \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{15-11.75}{\sqrt{0.887}} = \frac{3.25}{0.942} = 3.45 \quad \text{من الجدول} \quad = 0.4999$$

$P(10 \leq x \leq 5) = 0.4686+0.4999 = 0.9686$

ج- احتمال أن ينتهي المشروع في فترة لا تقل عن 14 أسبوع (أي 14 أسبوعا أو أكثر)؟

$$Z = \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{14-11.75}{\sqrt{0.887}} = \frac{2.25}{0.942} = 2.38 \quad \text{من الجدول} \quad = 0.4916$$

$P(14 \leq x) = 0.5 - 0.4916 = 0.0084$

احتمال أن ينتهي المشروع خلال 11 يوم

$0.5-0.288=0.22$

د- احتمال أن يبدأ النشاط d في مدة لا تزيد عن 3 أسابيع؟

$$Z = \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{3-2}{0.125} = \infty \quad =0.4999 \quad +0.5 \quad = 0.9999$$

مرفق رقم (2)

مفردات لاتينية ومعناها بالعربي		مفردات عربية ومعناها باللاتيني	
A		ا	
Activity	النشاط	Equipment Selection	اختيار المعدات
Activity Completion Times	أوقات إتمام النشاط	Quantitative Methods	الأساليب الكمية
Arrival Process	عملية الوصول	Powers Or Exponentiation	الأسس
Arrival Rate	معدل الوصول	Jobs	الأعمال
Arrivals	عدد الزبائن	Predecessor Activities	الأنشطة السابقة
Artificial Intelligence	الذكاء الاصطناعي	Dummy Activities	الأنشطة الوهمية
Artificial Variables	المتغيرات الاصرطناعية	Systems	الأنظمة
Assignment Problem	مشكلة التعيين أو التخصيص	Stochastic	الأنظمة الاحتمالية
B		FMS Flexible Manufacturing Systems	الأنظمة الصناعية المرنة
Branch – And – Bound Methods	باستخدام طريقة التفرع	Interarrival Times	الأوقات الفاصلة
C		First Come First Served أو FCFS	الأول في الوصول الأول في الخدمة
CADاو Computer Aided Design	التعليم بمساعدة الحاسب	Totals	الإجمالي
Capacity Of Queue	حجم الصف	Parametric Programming	البرمجة البرامترية
Central Limit Theory	نظرية النزعة المركزية	Dynamic Programming	البرمجة الديناميكية
Chain	السلسلة	Mathematical Programming	البرمجة الرياضية
Clock Time	ساعة توقيت	Nonlinear Programming	البرمجة غير الخطية
Computer –Aided Manufacturing	التصنيع بمساعدة الحاسب	Quadratic Programming	البرمجة من الدرجة الثانية
Constant	الثابت	Linear Programming	البرمجة الخطية
Constraints	صياغة القيود	Robots Control	التحكم الآلي
Continues System	نظام متصل	Degeneracy	التحلل
Critical Path	المسار الحرج	Quantitative Analysis	التحليل الكمي
Critical Path Method CPM	طريقة المسار الحرج	Duality	التطابقية أوالثنائية
Cumulative Normal Distribution Standard	جدول ا لتوزيع الطبيعي ا لمعيار ي ا لتجميعي	Differentiation	التفاضل
D		User Interface	واجهة المستخدم
Decision Science	علم القرار	Most Likely Estimate	التقدير الأكثر احتمالا
Decision Support Systems(DSS)	نظم دعم اتخاذ القرار	Pessimistic Estimate	التقدير المتشائم
Declarative Rule	القوانين المعلنة	Optimistic Estimate	التقدير المتفائل
Degeneracy	التحلل	Integration	التكامل
Demands	الطلب	Exponential Distribution	التوزيع الأسي
Destinations	مراكز التوزيع	Intelligent Scheduling And Information System	التوزيع الذكي ونظام المعلومات
Determinates	المحددات	Skewed Distribution	التوزيع المنحرف
Deterministic	محددة	Constant	الثابت
Differentiation	التفاضل	Feasible Solution	الحلول الممكنة
Dijkstra’s Algorithm	خوارزمية دجكسترا	Programming Languages	الخاص بالبرمجة

سرد المصطلحات

مفردات لاتينية ومعناها بالعربي		مفردات عربية ومعناها باللاتيني	
A		**ا**	
Activity	النشاط	Equipment Selection	اختيار المعدات
Activity Completion Times	أوقات إتمام النشاط	Quantitative Methods	الأساليب الكمية
Arrival Process	عملية الوصول	Powers Or Exponentiation	الأسس
Arrival Rate	معدل الوصول	Jobs	الأعمال
Arrivals	عدد الزبائن	Predecessor Activities	الأنشطة السابقة
Artificial Intelligence	الذكاء الاصطناعي	Dummy Activities	الأنشطة الوهمية
Artificial Variables	المتغيرات الاصرطناعية	Systems	الأنظمة
Assignment Problem	مشكلة التعيين أو التخصيص	Stochastic	الأنظمة الاحتمالية
B		FMS Flexible Manufacturing Systems	الأنظمة الصناعية المرنة
Branch – And – Bound Methods	باستخدام طريقة التفرع	Interarrival Times	الأوقات الفاصلة
C		First Come First Served أو FCFS	الأول في الوصول الأول في الخدمة
CADاو Computer Aided Design	التعليم بمساعدة الحاسب	Totals	الإجمالي
Capacity Of Queue	حجم الصف	Parametric Programming	البرمجة البرامترية
Central Limit Theory	نظرية النزعة المركزية	Dynamic Programming	البرمجة الديناميكية
Chain	السلسلة	Mathematical Programming	البرمجة الرياضية
Clock Time	ساعة توقيت	Nonlinear Programming	البرمجة غير الخطية
Computer –Aided Manufacturing	التصنيع بمساعدة الحاسب	Quadratic Programming	البرمجة من الدرجة الثانية
Constant	الثابت	Linear Programming	البرمجة الخطية
Constraints	صياغة القيود	Robots Control	التحكم الآلي
Continues System	نظام متصل	Degeneracy	التحلل
Critical Path	المسار الحرج	Quantitative Analysis	التحليل الكمي
Critical Path Method CPM	طريقة المسار الحرج	Duality	التطابقية أوالثنائية
Cumulative Normal Distribution Standard	جدول ا لتوزيع الطبيعي ا لمعيار ي ا لتجميعي	Differentiation	التفاضل
D		User Interface	واجهة المستخدم
Decision Science	علم القرار	Most Likely Estimate	التقدير الأكثر احتمالا
Decision Support Systems(DSS)	نظم دعم اتخاذ القرار	Pessimistic Estimate	التقدير المتشائم
Declarative Rule	القوانين المعلنة	Optimistic Estimate	التقدير المتفائل
Degeneracy	التحلل	Integration	التكامل
Demands	الطلب	Exponential Distribution	التوزيع الأسي
Destinations	مراكز التوزيع	Intelligent Scheduling And Information System	التوزيع الذكي ونظام المعلومات
Determinates	المحددات	Skewed Distribution	التوزيع المنحرف
Deterministic	محددة	Constant	الثابت
Differentiation	التفاضل	Feasible Solution	الحلول الممكنة
Dijkstra’s Algorithm	خوارزمية دجكسترا	Programming Languages	الخاص بالبرمجة

Discrete Event Simulation	نماذج المحاكاة المتقطعة
Discrete System	نظام متقطع
Dual Problem	المشكلة المرافقة
Duality	التطابقية أوالثنائية
Dummy Activities	الأنشطة الوهمية
Dummy Points	نقاط وهمية
Dummy Supply Point	عرض وهمي
Duration	المدة
Dynamic Programming	البرمجة الديناميكية
Dynamic Simulation Model	نموذج محاكاة ديناميكي

E

Earliest Expected Completion Time TE	الوقت المبكر المتوقع للانتهاء
Equipment Selection	اختيار الأدوات
Event Occurrence Times	أوقات وقوع الحدث
Exchange Coefficient	معامل التغيير
Exchange Ratio	معدل التغيير
Expected Duration	المدة المتوقعة
Expected Time Of Completion	الوقت المتوقع للانتهاء
Expert Systems	أنظمة الخبراء
Exponential Distribution	التوزيع الأسي

F

Facility Planning	تخطيط الخدمات
Feasible Solution	مجال الحل الممكن
First Come First Served أو FCFS	الأول في الوصول الأول في الخدمة
Flexibility	تقنية المرونة
Flexible Manufacturing System	نظم الصناعة المرنة
Fms Flexible Manufacturing Systems	الأنظمة الصناعية المرنة
Formulation	صياغة المشكلة رياضيا

G

Gauss Jordan	معادلة قس جوردن
Gemory Methods	طريقة قومري
Goal Programming	برمجة الهدف
Graphical Solution Methods	طريقة الحل البياني
Group Technology GT	تقنية المجموعات

H

Hardware	أجزاء الحاسب الآلي
Hungarian Method	طريقة هانغاريان

I

Idle	فارغ
Improvement Row	كسب الوحدة الواحدة
Infeasible	غير ممكن
Inference Engine	ماكينة الاستدلال
Infinite	لانهائي
Initial Simplex Tableau	جدول ا لسمبلكس الابتدائي
Integer Programming	برمجة الأعداد الصحيحة أوغير الكسرية
Integration	التكامل
Intelligent Scheduling And Information System	التوزيع الذكي ونظام المعلومات
Interarrival Rate	معدل الوصول الفاصل
Interarrival Times	الأوقات الفاصلة
Inventory Models	نماذج المخزون

J

Jobs	الأعمال
Just-I N-Time	طريقة لا مخزون، إحضار المواد أثناء الصنع فقط

K

Kan Ban System	نظام كان بان

Chain	السلسلة
Just-I N-Time	الصنع في وقته
Demands	الطلب
Supplies	العرض
Declarative Rule	القوانين المعلنة
Shipping Allocation	الكمية المنقولة
Logarithm	اللوغاريتمات
Variable Mix	المتغيرات الحرة القيمة
Surplus Variables	المتغيرات الزائدة
Artificial Variables	المتغيرات الصناعية
Slack Variables	المتغيرات الفائضة
Nonmix Variables	المتغيرات غير الداخلة في الحل
Simulation	المحاكاة
Determinates	المحددات
Duration	المدة
Expected Duration	المدة المتوقعة
Critical Path	المسار الحرج (CPM)
Paths	المسارات أو الطرق
Zero-One-Problems	المشاكل ذوات القيمتين
Unbound Feasible Solutions	المشاكل غير المقيدة
Dual Problem	المشكلة المرافقة
Sources	المصادر
Matrixes	المصفوفات
Activity	النشاط
Limits	النهايات
Earliest Expected Completion Time TE	الوقت المبكر المتوقع للانتهاء
Earliest Expected Time	الوقت المبكر المتوقع
Latest Allowable Tl	الوقت المتأخر المسموح به
Latest Allowable Time	الوقت المتأخر المسموح به
Expected Time Of Completion	الوقت المتوقعلانتهاء
Optimized Production	أمثلية الإنتاج
Hardware	أجزاء الحاسب الآلي
Shadow Prices	أسعار الظل
Program Evaluation And Review Technique PERT	أسلوب تقييم البرامج ومراجعتها
Reasoning	أنظمة التحليل
Natural Language Systems	أنظمة اللغة الطبيعية
Expert Systems	أنظمة الخبراء
Ctivity Completion Times	أوقات إتمام النشاط
Event Occurrence Times	أوقات وقوع الحدث
Slacks	إضافة الفوائض

ب

Branch – And – Bond Methods	باستخدام طريقة التفرع
Decision Support Systems أو DSS	بأنظمة القرارات المساعدة
Integer Programming	برمجة الأعداد الصحيحة أوغير الكسرية
Goal Programming	برمجة الهدف
Malti Objectives	برمجة متعددة الأهداف
Primal	برنامج أولي

ت

معدل أو متوسط الأوقات الفاصلة	
Most Attractive Corner	تحديد أعظم زاوية جذابة
Sensitivity Analysis	تحليل الحساسية
Network Analysis	تحليل الشبكات
Facility Planning	تخطيط الخدمات
CAD أوComputer Aided Design	تطبيقات الكمبيوتر في التصميم
Computer –Aided Manufacturing	تطبيقات الكمبيوتر في الصناعة أو التطبيقات الصناعية بواسطة الكمبيوتر
Maximization	تعظيم

Logarithm	اللوغاريتمات
M	
Malti Objectives	برمجة متعددة الأهداف
Management Science	علم الإدارة
Mathematical Programming	البرمجة الرياضية
Matrixes	المصفوفات
Maximization	تعظيم
Memoryless Distribution	توزيع ذو خاصية عدم التذكر
Minimization	دالة تصغيرية
Minimum Cost Technique	طريقة أقل تكلفة
MIS Management Information System	نظم المعلومات الإدارية
Mixed Integer Programming Problem	مشكلة البرمجة الصحيحة المختلطة
Modi Modified Distribution Methods	طريقة التوزيع المعدلة
Monte Carlo Simulation	نموذج مونتي كارلو
Most Attractive Corner	تحديد أعظم زاوية جذابة
Most Likely Estimate	التقدير الأكثر احتمالا
Multi-Objective	متعدد الأهداف
Multiple Optimal Solutions	حلول متعددة مثلى
N	
Natural Language Systems	أنظمة اللغة الطبيعية

Plant Scheduling	توزيع العمل على الأجهزة أو العمال
Memoryless Distribution	توزيع ذو خاصية عدم التذكر
ج	
Transportation Tableau	جدول النقل
Cumulative Standard Normal Distribution	جدول التوزيع الطبيعي ا لمعياري ا لتجميعي
Initial Simplex Tableau	جدول ا لسمبلكس ا لابتدائي
Schedule Times	جدولة الأوقات
Quailty	جودة
State	حالة
Capacity Of Queue	حجم الصف
Multiple Optimal Solutions	حلول متعددة مثلى
خ	
Transportation Algorithm	خطوات طريقة النقل
Dijkstra's Algorithm	خوارزمية دجكسترا
د	
Objective Function	دالة الهدف
Minimization	دالة تصغيرية
ر	
Unit Profit	ربحية الوحدة الواحدة
س	
Clock Time	ساعة توقيت

ص	
صف المحور	Pivot Row
صياغة القيود	Constraints
صياغة المشكلة رياضيا	Formulation
ط	
طريقة التوزيع المعدلة	Modi Modified Distribution Methods
طريقة الحل البياني	Simplex Methods
طريقة الركن الشمالي الغربي	Critical Path Method CPM
طريقة أقل تكلفة	Minimum Cost Technique
طريقة قومري	Gemory Methods
طريقة السمبلكس	Simplex Methods
طريقة هانغاريان	Hungarian Method
طريقة المسار الحرج	Critical Path Method (CPM)
ع	
عدد الزبائن	Arrivals
عدد نقاط الخدمة	Number Of Services
نقطة عرض وهمي	Dummy Supply Point
علم الإحصاء	Statistics
علم الإدارة	Management Science
علم القرار	Decision Science
علم بحوث العمليات	Operations Research
عملية الخدمة	Service Process
عملية الوصول	Arrival Process
عمود المحور	Pivot Column

تحليل الشبكات	Network Analysis
نماذج الشبكات	Network Models
قيد عدم السلبية	Non Negative Constraints
البرمجة غير الخطية	Nonlinear Programming
المتغيرات غير الداخلة في الحل	Nonmix Variables
طريقة الركن الشمالي الغربي	Northwest Corner Technique
O	
دالة الهدف	Objective Function
علم بحوث العمليات	Operations Research
التقدير المتفائل	Optimistic Estimate
أمثلية الإنتاج	Optimized Production
تقنية أمثلية الإنتاج	Optimized Production Technology OPT
P	
البرمجة البرامترية	Parametric Programming
المسارات أو الطرق	Paths
نهائي	Permanent
التقدير المتشائم	Pessimistic Estimate
عمود المحور	Pivot Column
صف المحور	Pivot Row
توزيع العمل على المكائن أو العمال	Plant Scheduling
الأسس	Powers Or Exponentiation
الأنشطة السابقة	Predecessor Activities
برنامج أولي	Primal
أسلوب تقييم البرامج ومراجعتها	Program Evaluation And Review Technique PERT
لغات البرمجة	Programming Languages
فترة المشروع	Project Duration
مشكلة البرمجة الصحيحة الصافية	Pure Integer Programming Problem

Q	
Quadratic Programming	البرمجة من الدرجة الثانية
Quality	جودة
Quantitative Analysis	التحليل الكمي
Quantitative Methods	الأساليب الكمية
Queuing Models	نماذج الصفوف
Queuing Theory	نظرية الانتظار(الصفوف
R	
Reasoning	أنظمة التحليل
Recursive Equation	معادلة التراجع
Robots Control	التحكم الآلي
S	
Schedule Times	جدولة الأوقات
Sensitivity Analysis	تحليل الحساسية
Service Discipline	نظام الخدمة
Service Process	عملية الخدمة
Service Time	مدة الخدمة لكل زبون
Services , Number Of	عدد نقاط الخدمة
Shadow Prices	أسعار الظل
Shipping Allocation	الكمية المنقولة
Shipping Cost	تكلفة النقل
Shortest Path Problems	مشاكل الطريق الأقصر
Simplex Methods	طريقة السمبلكس
Simulation	المحاكاة
Skewed Distribution	التوزيع المنحرف
Slack Variable	متغير فائض
Slacks	إضافة الفوائض

ف	
Idle	فارغ
Project Duration	فترة المشروع
ق	
Non Negative Constraints	قيد عدم السلبية
ك	
Improvement Row	كسب الوحدة الواحدة
ل	
Infinite	لانهائي
م	
Temporary	مؤقتة
Inference Engine	ماكينة الاستدلال
Multiple Objectives	متعدد الأهداف
Multi-Objective	متعددة الأهداف
Slack Variable	متغير فائض
Feasible Solution	مجال الحل الممكن
Deterministic	محددة
Service Time	مدة الخدمة لكل زبون
Destinations	مراكز التوزيع
Shortest Path Problems	مشاكل الطريق الأقصر
Subject To	مشروط أو مقيد بـ
Pure Integer Programming Problem	مشكلة البرمجة الصحيحة الصافية
Mixed Integer Programming Problem	مشكلة البرمجة الصحيحة المختلطة
Assignment Problem	مشكلة التعيين أو التخصيص
Transportation Problem	مشكلة النقل
Knapsack Problem	مشكلة حقيبة الظهر
Recursive Equation	معادلة التراجع

Solution Values	نتائج الحل
Sources	المصادر
State	حالة
Static Simulation Model	نموذج محاكاة ثابت
Statistics	علم الإحصاء
Stochastic	الأنظمة الاحتمالية
Subject To	مشروط أو مقيد بـ
Supplies	العرض
Surplus Variables	المتغيرات الزائدة
Systems	الأنظمة
T	
Temporary	مؤقتة
Totals	الإجمالي
Transportation Problem	مشكلة النقل
Transportation Algorithm	خطوات طريقة النقل
Transportation Tableau	جدول النقل
U	
Unbalanced	غير متوازنة
Unbound Feasible Solutions	المشاكل غير المقيدة
Unit Profit	ربحية الوحدة الواحدة
User Interface	التفاعل مع المستخدم
V	
Variable Mix	المتغيرات الحرة القيمة
Y	
Zero-One-Problems	المشاكل ذوات القيمتين

Gauss Jordan	معادلةقس جوردن
Exchange Coefficient	معامل التغيير
Exchange Ratio	معدل التغيير
Arrival Rate	معدل الوصول
Interarrival Rate	معدل أو متوسط الأوقات الفاصلة
ن	
Solution Values	نتائج الحل
Service Discipline	نظام الخدمة
Kan Ban System	نظام كان بان
Continues System	نظام متصل
Discrete System	نظام متقطع
Queuing Theory	نظرية الانتظار(الصفوف
Central Limit Theory	نظرية النزعة المركزية
Flexible Manufacturing System	نظم الصناعة المرنة
Decision Support System	نظم القرارات المساند
MIS Management Information System	نظم المعلومات الإدارية
Dummy Points	نقاط وهمية
Network Models	نماذج الشبكات
Queuing Models	نماذج الصفوف
Discrete Event Simulation	نماذج المحاكاة المتقطعة
Inventory Models	نماذج المخزون
Static Simulation Model	نموذج محاكاة ثابت
Dynamic Simulation Model	نموذج محاكاة ديناميكي
Monte Carlo Simulation	نموذج مونتي كارلو
Permanent	نهائي

مرفق رقم (3)
مراجع

المراجع العربية:

1. نظرية القرارات التجارية (مفاهيم وطرق كمية)، كاسر نصر المنصور ، الأردن، دار الحامد 2000 م.
2. نظرية القرارات الإدارية(م دخل كمي في الإدارة)، حسن علي مشرفي. عمّان، دار المسيرة للنشر والتوزيع. 1997م.
3. التحليلات الكمية في اتخاذ القرارات ، تركي إبراهيم سلطان،الرياض ، جامعة الملك سعود. 1984م
4. التحليل الكمي في الإدارة(2) ، د. إبراهيم مخلوف، مذكرة - ، قسم الأساليب الكمية، جامعة الملك سعود.1998
5. دراسات في الأساليب الكمية واتخاذ القرارات. د. منصور البديوي (الدار العربية 1987م).
6. نظريات ومسائل في بحوث العمليات. د. ريتشارد برونسون. نيويورك: دار ماكروهيل للنشر ؛ القاهرة: الدار الدولية للنشر والتوزيع، 1988.

المراجع الأجنبية:

1. Operation Research, Application and Algorithms, Wayne L. Winston, Indiana University, 4th Edition, 2004.
2. Applied Management Science: A Computer-Integrated Approach for Decision Making: John A., Jr. Lawrence, Barry Alan Pasternak, 1997
3. Introduction to Operations Research, Hamdy A. Taha, eighth edition, April 4, 2006.
4. Introduction to mathematical programming, Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman. 2 edition, April 1, 1995

5. Production and Operations Analysis, Second Edition, Steven Nahmais, Santa Clara University, IRWIN, March 3, 2008
6. Introduction to Mathematical Programming, by N. K. Kwak, Saint Louis University, Marc J. Schniederjurs university of Nebraska, Robert E.Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1987
7. Quantitative Methods for Business Decision with Case. San Jose. State University, The Dryden Press, Sixth Edition, 1994
8. Operation Research Principles and Practice, Second Edition, Ravindran Phillips Solberg, July 2007
9. Quantitative Decision-Making for Business, Prentice, Hall International editions, Gilbert Gordon, Israel Pressman. Third edition, 1990
10. Linear Programming and Network Flows, Second Edition, Makhtar s. Bazaraa, John J. Jarvis, and Hanif D. Sherali, November 2008