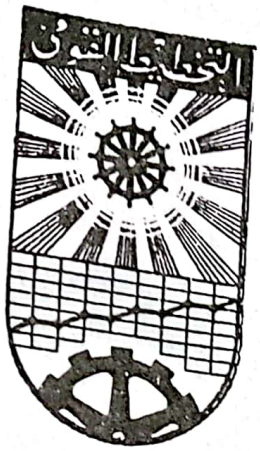
جمهورية مصر العربية



معهد التخطيط القومى

مذكرة داخلية (٦٤٠)

التحليل الشبكى

د . راجية عابدين

اكتوبر ١٩٧٨

اعادة طبع ابريل ١٩٨٦

القاهرة

طريق صلاح سالم مدينة نصر

المحتويـــات

الموضـــــوع	رقم الصفحـة
الفصل الاول : أهمية استخدام شبكات الاعمال فى تخطيط المشروعات ومتابعة تنفيذها	١
٠١٠١ مقدمـــــة	١
٠٢٠١ أساليب تحليل شبكات الاعمال	٢
الفصل الثانى : تطبيق أساليب تحليل شبكات الاعمال	
٠١٠٢ بناء شبكة الاعمال	٤
٠٢٠٢ تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ المشروعـــات	
باستخدام أسلوب برت / زمن PERT/Time	١٠
٠١٠٢٠٢ تحديد التقديرات الزمنية للانشطة ..	١١
٠٢٠٢٠٢ تحديد المسار الحرج (المسارات الحرجه)	١٣
٠٣٠٢٠٢ السماح	٢١
٠٣٠٢ استخدام خريطة التحميل Bar Chart فـــى	
تمثيل الانشطة	٢٣
٠٤٠٢ استخدام أسلوب برت/تكلفة PERT / COST	
فى تحديد بدائل تكلفة تنفيذ المشروعات ..	٢٦
١ــ التكاليف الكلية للمشروع الصناعى	٢٧
٢ــ العلاقة بين الزمن والتكلفة	٢٨
٣ــ حساب الزمن والتكاليف باستخدام طريقـــة	
PERT/COST	٣٠

الفصل الاول

اهمية استخدام شبكات الاعمال فى تخطيط المشروعات ومتابعة تنفيذها

١.١ ـ مقدمة :

من اهم واجبات الادارة بالوحدات الاقتصادية القيام بتنظيم وتخطيط الاعمال التنفيذية التى تحقق أهداف المشروعات التى ستنهض بها الوحدة ، ثم القيام بمتابعة التنفيذ بأسلوب يسمح بتقييم نتائج المشروعات بصفة دورية . وتتوقف كفاءة هذا التخطيط على ما اتبع فى اعداده من دقة وتسلسل منطقى فى ترتيب الاعمال الجزئية المتعددة للمشروع والتى ترتبط ببعضها البعض وهذا يستلزم بالضرورة الالمام التام بجميع العناصر الاساسية المؤثرة فى سير العمل ، والاستفادة الكاملة بكافة الامكانيات المتاحة ، مع الاهتمام بعنصرى الزمن والتكلفة لضمان تنفيذ المشروع بأقل قدر ممكن من النفقات وفى أسرع وقت ممكن .

ولهذا السبب اتجه رجال الادارة الى تطوير نظام ادارة المشروعات ، واستخدام تحليل شبكات الاعمال فى العلوم الادارية عامة ، وفى تخطيط ومراقبة تنفيذ المشروعات خاصة .

ويهدف استخدام تحليل شبكات الاعمال فى تخطيط وتنفيذ المشروعات الى :

١ ـ تحديد الانشطة (الاعمال الجزئية للمشروعات) وبخاصة تلك التى يتوقع ان تكون نقط اختناق فى تنفيذ المشروع ، فتوجه الادارة الى تركيز الاهتمام عليها ومراقبة سير تنفيذها حتى لا يتعطل تنفيذ المشروع فى الزمن المحدد له .

٢ — التعرف على مدى تأثير التعديلات التى يمكن ادخالها على برنامج التنفيذ فى الزمن والتكلفة ودراسة أثر نقل الامكانيات المتاحة بين الأنشطة المختلفة وبذلك يمكن المقارنة بين الأساليب البديلة لتنفيذ المشروع من ناحية الزمن والتكلفة واختيار المرادف الذى يتناسب مع ظروف المشروع المختلفة .

وهنا تجدر الاشارة الى أن تنفيذ بعض المشروعات الحيوية (مثل مشروعات البنية الأساسية) فى الزمن المحدد لها يؤدى الى تحقيق الهدف منها وهو المساهمة فى نمو الاقتصاد القومى ككل . كما أن عدم اتمام تنفيذ هذه المشروعات فى الزمن المحدد لها يؤدى الى تأخير تنفيذ المشروعات المرتبطة بها . ومثال لذلك ضرورة تنفيذ مشروعات الرى والصرف فى الزمن المحدد لها وذلك لضمان تغطية احتياجات قطاع الزراعة من الرى وتحسين انتاجية الفدان وامكانية توفير المياه للقيام بالمشروعات الضخمة فى مجال التوسع الأفقى للزراعة (استصلاح الأراضى).

ومن هنا تتضح الأهمية القصوى لاستخدام شبكات الأعمال فى تخطيط وتنفيذ المشروعات الزراعية ومشروعات التصنيع الزراعى ومشروعات الرى والمرافق وخلافه .

٢٠١ أساليب تحليل شبكات الأعمال

لقد نشأت عن أسلوب تحليل شبكات الأعمال أساليب عديدة، لعل أهمها أسلوب توقيت وضبط تنفيذ المشروعات (بيرت

Program Evaluation and Review Techinques (PERT)

وطريقة المسار الحرج

Critical Path Method (CPM)

ولقد تم التوصل الى هاتين الطريقتين فى نفس الوقت تقريبا ، وعن طريق جهتين مختلفتين ، فالاولى تم ظهورها وتطبيقها خلال الابحاث الخاصة ببرنامج الصواريخ الامريكية بولارس (Polaris) فى عام ١٩٥٨ ، والثانية اثناء ابحاث مؤسسة دى بونت (Du Pont) الموجهة للانتاج التجارى ، مما استتبع اختلاف مصطلحات كل من الطريقتين وان أدت الى نفس المعانى تقريبا . وقد شاع استخدام هاتين الطريقتين وخاصة طريقة (برت PERT) فى كثير من الشركات والمؤسسات منذ أوائل الستينات . ثم تم تطوير أسلوب توقيت وضبط تنفيذ المشروعات والذى يعتبر عامل الزمن أساسيا لتحديد الجدول الزمنى لتنفيذ المشروع (برت / زمن PERT/TIME) بحيث تضمن بالاضافة الى عامل الزمن احتساب تكاليف تنفيذ المشروعات (برت / تكلفة PERT/COST) .

ونظرا للسهولة النسبية فى تطبيق أساليب شبكات الاعمال فقد انتشر استخدامها فى تخطيط المشروعات ومتابعة تنفيذها وخاصة بعد انتشار استخدام الآلات الحاسبة الالكترونية .

الفصل الثانى : تطبيق أساليب تحليل شبكات الاعمال

تطبق أساليب تحليل شبكات الاعمال على مرحلتين

أولا : بناء شبكة الاعمال Construction of the network

التى تربط بين الاعمال الجزئية للمشروع (الانشطة المكونة للمشروع) والتى توضح التتابع الزمنى والارتباط بين هذه الاعمال .

ثانيا : تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ المشروع ويتم على خطوتين :

١ـ تحديد التقديرات الزمنية Time estimates لكل من هذه الاعمال الجزئية (الانشطة) .

٢ـ تحديد الزمن الكلى اللازم لاتمام تنفيذ المشروع .

١٠٢ بناء شبكة الاعمال :

شبكة الاعمال ماهى الا خريطة أو تمثيل تخطيطى (Diagram) يبين علاقات الارتباط بين الانشطة والاحداث المكونة للمشروع ، وتعتبر الشبكة فى المرحلة الاولى كرسم تخطيطى للمشروع وتصبح بعد اضافة الزمن لانشطة المشروع برنامجا زمنيا محددا لتنفيذ المشروع .

ولبناء شبكة الاعمال لابد من اتباع التالى :

١ـ تخطيط المشروع : وهنا لابد من تقسيم المشروع الى أعمال جزئية أى الى أنشطة Activities لكل منها زمن محدد لازم لتنفيذها وهذا يتطلب خبرة طويلة ودراية بتصميم وتنفيذ المشروعات ، كذلك لابد من تحديد التتابع الزمنى لهذه الانشطة (الاعمال) ، والارتباط بينها من حيث التوقيت فى بدء تنفيذ أى منها . ويفضل عمل قائمة بكل أنشطة المشروع وذلك لتوضيح حجم الشبكة .

٢ـ رسم شبكة المشروع : ولرسم شبكة المشروع يجب التعرف على مكونات (عناصر) الشبكة .

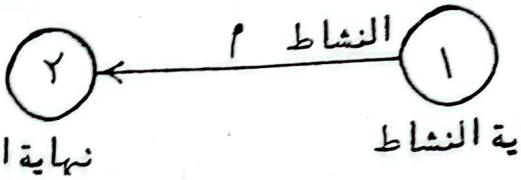
أ ـ النشاط Activity :

هو جزء معين (عملية معينة) من المشروع يتم انجازه فى فترة زمنية محددة ويحتاج الى امكانيات من العمالة والالات ورأس المال ... الخ . ويمثل هذا النشاط بسهم يدل اتجاهه على تقدم سير العمل ، كما فى شكل رقم (١) .

ب ـ الحدث Event :

هو نقطة محددة فى زمن المشروع ، ويستعمل لتحديد بداية أو نهاية

نشاط أو أكثر ولا يستهلك امكانيات • ويمثل الحدث بدائرة بداخلها رقم يحدد هذا الحدث ، كما فى شكل (١) •



من شكل رقم (١) نلاحظ مايلى :

ـ يمثل كل نشاط بسهم واحد مع ملاحظة ان اتجاه السهم من العدد (الرقم) الاقل الى الاكبر • واتجاه السهم يمثل الاتجاه العام لتقدم النشاط فيمثل ذيله بداية النشاط ورأسه نهاية النشاط •

ـ لاترسم الانشطة المختلفة بمقياس رسم ثابت فليس شرطا أن يتناسب طول السهم مع الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ النشاط •

ولتوضيح طريقة رسم شبكة الاعمال فى حالة تعدد الانشطة نذكر الامثلة التالية :

مثال ١ : مشروع بناء وحدة سكنية يتكون من الانشطة التالية :

أ ـ الاساسات •

ب ـ المبانى •

ج ـ التشطيبات •

ويمكن رسم شبكة أعمال المشروع كما يلى (شكل رقم (٢)) :

شكل رقم (٢)

من الرسم نجد أن العملية أ وهى رمى الاساسات لابد وأن تتم قبل بداية العملية ب (المبانى) ، كما ان العملية جـ (التشطيبات) لايمكن أن تبدأ قبل الانتهاء من العملية ب .

ويلاحظ من الشكل رقم (٢) أنه يشترط ان يكون الرقم عند بداية النشاط أقل منه عند نهايته .

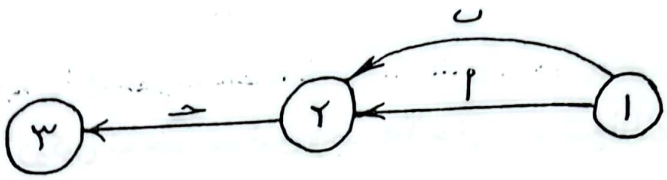
ويصعب من الناحية العملية تسمية الانشطة بالرموز أ ، ب ، جـ وخصوصا اذا كان المشروع يحتوى على عدد كبير منها ، ولذلك يمكن الاستعانة بالترقيم ويعرف كل نشاط برقمين أى بحادثتين (حادثة البدء وحادثة الانتهاء) . ففى المثال السابق نجد ان :

النشاط (١ ـ ٢) يعبر عن رمى الاساسات .
النشاط (٢ ـ ٣) يعبر عن عملية المبانى .
النشاط (٣ ـ ٤) يعبر عن عملية التشطيبات .

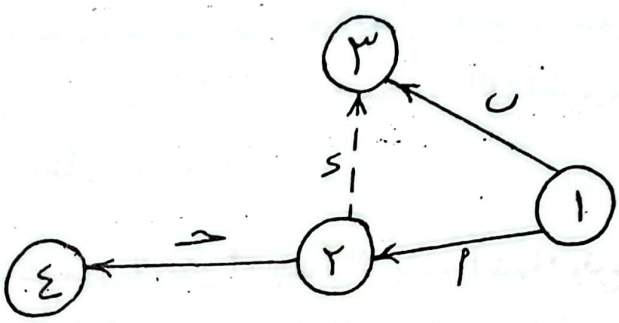
وحيث أن الاحداث ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ تمثل سلسلة متتابعة من الاحداث ، ١ < ٢ < ٣ < ٤ فان مجموعة الانشطة (١ـ٢) ، (٢ـ٣) ، (٣ـ٤) تكون مايسمى بالمسار Path .

النشاط المساعد (الوهمى) Dummy Activity

اذا كانت حادثة البداية لنشاطين أو أكثر واحدة كما أن حادثة النهاية واحدة أيضا كما فى الشكل رقم (٣) فانه فى هذه الحالة نستخدم نشاطا مساعدا زمن تنفيذه صفر ولا يستهلك اى امكانيات كما مبين بالخطوط المتقطعة فى الشكل رقم (٤) .



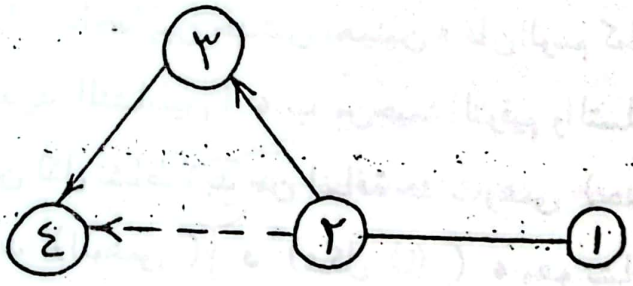
شكـل رقـم (٣)



شكـل رقـم (٤)

وبهذه الطريقة نضمن انكل زوجين من الارقام(حاد ثنين)يمثلان بوضوح نشاطا معينا والعكس •

وهنا يجب التنويه الى مراعاة عدم استخدام الانشطة المساعدة الا فى الضرورة القصوى • والشكل رقم (٥) يوضح احدى الحالات التى لايجب فيها استخدام نشاط مساعد •



شكـل رقـم (٥)

من العرض السابق يمكننا تلخيص القواعد الاساسية التى تحكم طريقة رسم شبكة المشروع فيما يلى :

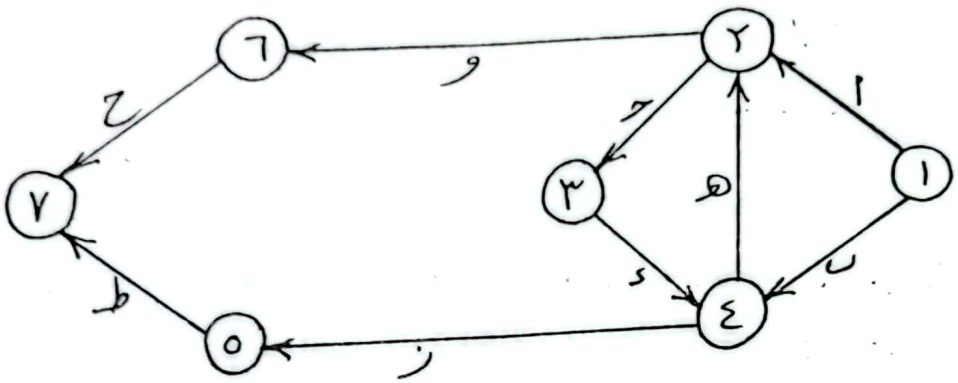
أ — كل نشاط يجب أن يكون له حدث سابق وحدث لاحق . ويتبع ذلك أن لكل حدث نشاط سابق ونشاط لاحق فيما عدا حدث بداية المشروع وحدث نهاية المشروع، مع ملاحظة انه يجوز أن يكون لحدث ما أكثر من نشاط لاحق أو أكثر من نشاط سابق . وعلى ذلك فان الحدث يمثل بداية أو نهاية نشاط معين ، ولا يمثل القيام أو التنفيذ الفعلى لهذا النشاط ، بل يمثله السهم الذى يحدد النشاط . ويحدد النشاط برقمى الحدثين السابق واللاحق (كما هو موضح بالمثال (١)) .

ب — أى نشاط لاحق لحدث معين لا يمكن أن يبدأ الا بعد انتهاء وقوع هذا الحدث، كما أن أى حدث لاحق لنشاط معين (أو أنشطة معينة) لا يمكن أن يتم قبل انتهاء هذا النشاط (أو هذه الانشطة جميعها) .

وتظهر أهمية هذه القاعدة فى أنه ليس هناك مجالا لان يكون النشاط نصف منتهى والا جاز تجزئته الى نشاطين وتحديد حدث معين للفصل بينهما . وهذا يتوقف بالطبع على المستوى التفصيلى الذى يجب بناء الشبكة على أساسه ، وما يستتبع ذلك من ضرورة تفهم المشروع المراد رسم شبكة الاعمال له تفهما تاما ، وتحديد علاقات ترابط الانشطة والاحداث بطريقة واضحة لا لبس أو ازدواج فيها .

ج — اذا ما وجد أكثر من نشاط واحد بين حدثين معينين ، فان الرسم كما فى شكل (٣) يسبب خلطا وعدم وضوح فى تحديد النشاطين أ ، ب من حيث الترقيم والتسلسل . وعلى هذا فمن أجل تحديد رقمين مختلفين لكل نشاط لابد من اضافة حدث وهمى (حدث رقم ٣ فى شكل (٤)) . والنشاط المساعد (الوهمى) د (شكل (٤)) ، وهو نشاط لا يستهلك أى امكانيات وزمن تنفيذه صفر ، ويستعمل فقط للدلالة على تتابع وارتباط الانشطة ببعضها .

د ـ لا يجوز أن يشمل أى مسار نشاطات مثالية تؤدى مرة أخرى الى نفس الحدث كما فى الشكل رقم (٦) .

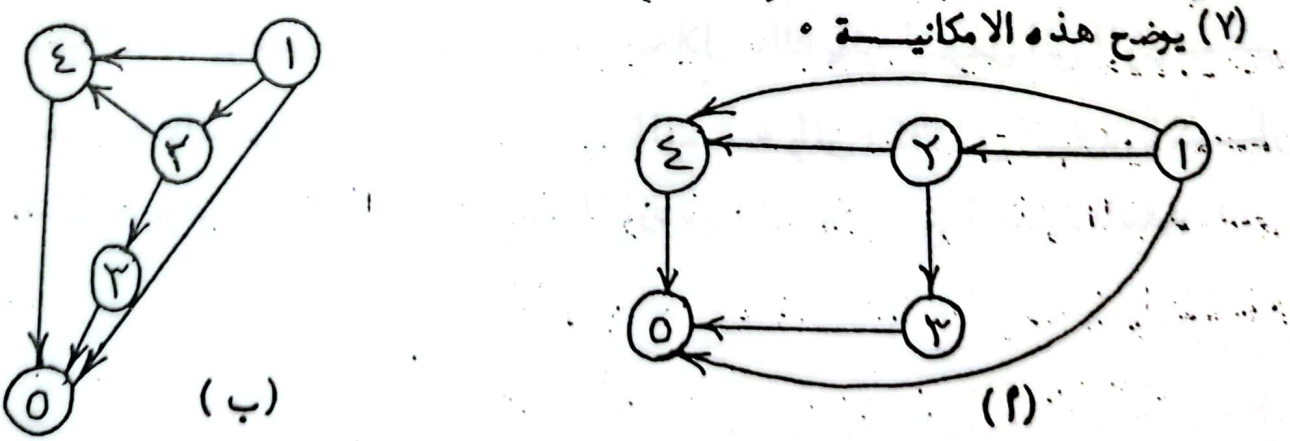


شكل رقم (٦)

من الشكل رقم (٦) نجد أن النشاط جـ يبدأ من الحدث ٢ وينتهى فيه عن طريق الحدثين ٣ ، ٤ أى أن المسار جـ ، د ، هـ غير منته ، والعلاقة بين الاحداث ٢ ، ٣ ، ٤ غير واضحة وغير محددة .

ويلاحظ أن مثل هذه الحالة غير مقبولة فى رسم شبكات الاعمال .

هـ ـ عند رسم شبكة المشروع يجب مراعاة عدم رسم خطوط متقاطعة أو غير مستقيمة كلما امكن ذلك ، وهذا يمكن أن يتم بتنظيم وضع الاحداث بما يسمح بذلك . والشكل رقم (٧) يوضح هذه الامكانية .



شكل رقم (٧)

و - يمكن رسم شبكة المشروع بطريقتين . اما أن نبدأ الرسم بحدث بدء المشروع ثم رسم الانشطة المختلفة حسب التسلسل المنطقي والزمني حتى الانتهاء من رسم جميع الانشطة منتهين بحدث انتهاء المشروع . كما يمكن البدء برسم حدث نهاية المشروع ثم التسليل راجعين الى الخلف اى النشاط الذى يسبق نهاية المشروع وهكذا . ولكن الطريقة الاولى هى الاكثر شيوعا .

وهنا يجب التنوية الى أن اتباع القواعد الاساسية سالفة الذكر يسهل بناء شبكة الاعمال وخاصة فى المشروعات الكبيرة . ويلاحظ أن عدد الانشطة اللازمة يعتمد على حجم المشروع وعلى مستوى الرقابة المطلوبة من ناحية التفاصيل المراد اظهارها . فاذا كانت الرسوم تعد للادارة العليا حيث لا تهم التفاصيل الدقيقة للاعمال فان الخطوط العامة والاساسية فقط هى التى توضح على الرسم ، على أن يعد لكل جزء من الرسم شبكة أعمال تفصيلية لاحتياجات الرقابة على المستوى التنفيذى حيث توضح كافة التفاصيل الدقيقة .

٢٠٢ . توقيت تنفيذ المشروع باستخدام أسلوب برت / زمن PERT/ Time

(تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ المشروع):

ويعتبر توقيت تنفيذ المشروع أو تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ المشروع المرحلة الثانية الاساسية فى تحليل شبكات الاعمال. وتعتبر عملية التوقيت الترجمة التنفيذية للخطة الموضوعة على هيئة شبكات أعمال الى جدولة زمنية ذات تواريخ محددة يرتبط بها الافراد القائمين بالتنفيذ ، ويتم على أساسها اعداد وتوزيع الموارد المتاحة (سواء مادية أو بشرية) اللازمة للتنفيذ ، وخلال ذلك يمكن التوصل الى الوفر فى اقتصاديات المشروع من الناحيتين المالية والزمنية ، والى الكفاءة فى التنفيذ وامكان التقييم عن طريق الموازنة بين التواريخ الواردة بالخطة والتواريخ الفعلية للتنفيذ .

٢٠٢٠١٠ تحديد التقديرات الزمنية للانشطـــة :

وبمجرد بناء شبكة الاعمال يصبح لزاما تقدير الزمن اللازم لكل نشاط حتـــى يتيسر تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ المشروع • ويتم تحديد التقديرات الزمنيـــة Time estimates اللازمة لكل نشاط وذلك بناء على تقديرات من عمليات مشابهـه سبقت وذلك بالتالى يستلزم خبرة طويلة فى تخطيط وتنفيذ المشروعات • ويمكن تحديد التقديرات الزمنية اللازمة للا نشطة باكثر من طريق ولعل اكثرها مناسبة للبلاد النامية هو الاعتماد على تقدير متوسط لهذه الازمنة مع الاخذ فى الاعتبار توقعات معينه لهذه الازمنة كالتالـــى :

١ــ الزمن المتفائل Optimistic Time

هو أقصر فترة زمنية يمكن أن يتم فيها تنفيذ النشاط وذلك بافتراض توفر جميـــع الظروف الحسنة (نسبة غياب العمال أقل ما يمكن ــ الظروف الجوية أحسن مايمكـــن ــ الموارد متوفرة فى الزمن اللازم •• الخ) • ويرمز للزمن المتفائل بالرمز a_{ij} ، حيث i تمثل بداية النشاط ، j تمثل نهاية النشاط •

٢ــ الزمن المتشائـم Pessimistic Time

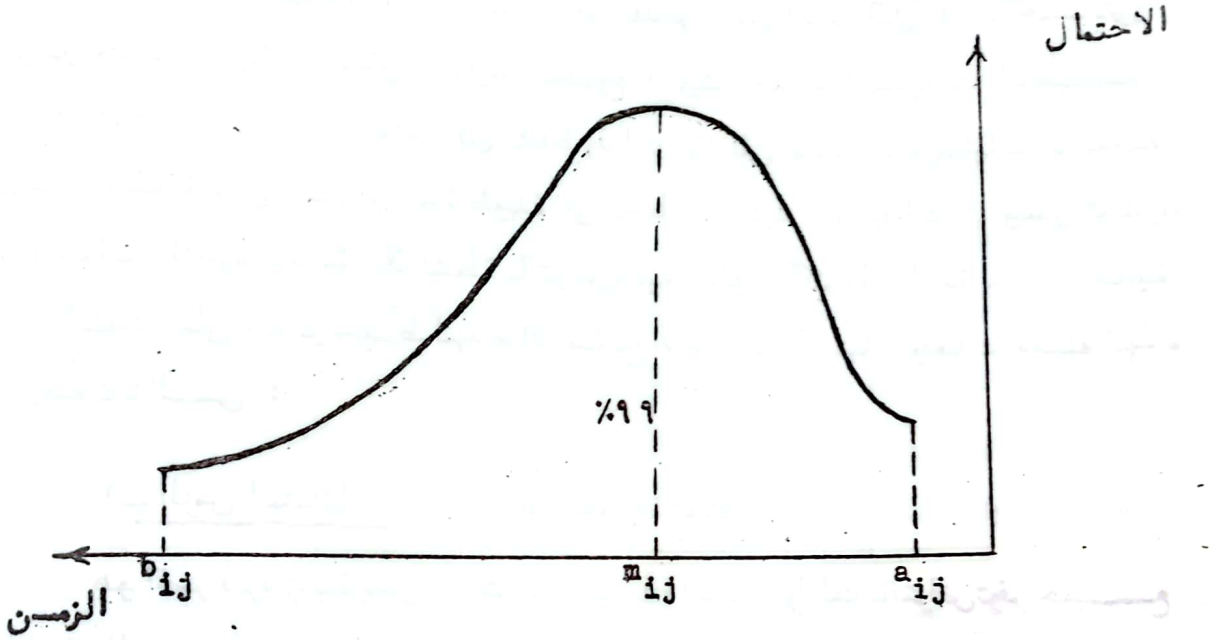
وهو أطول فترة زمنية ممكنة لتنفيذ النشاط بافتراض أن التنفيذ تعترضه جميـــع العقبات الممكنة الحدوث (ماعدا الكوارث) ويرمز له بالرمز b_{ij} •

٣ــ الزمن الاكثر احتمـــالا Most Likely Time

وهو الفترة الزمنية التى تستغرق عادة فى تنفيذ النشاط مع الاخذ فى الاعتبار جميع الاحتمالات المتوقعة أثناء التنفيذ • ويتحدد الزمن الاكثر احتمالا من متوسط معدلات التنفيذ السابقة لمثل هذه الانشطة ، ويرمز له بالرمز m_{ij} •

وعلى أساس الخبرة السابقة وجد أن تقدير الازمنة الثلاثة لتنفيذ النشـــــاط (i - j) تأخذ شكل توزيع احتمالى Probability Distribution .

ويقل قيمة احتمال انجاز المشروع فى كل من الزمن المتفائل أو المتشائم ويتعاظم احتمـــال انجاز المشروع فى الزمن الاكثر احتمالا كما هو مبين بالشكل رقم (٨) .



شكـــل رقـــم (٨)

ونجد أن توزيع زمن النشاط هو تقريبا توزيع بيتـــا Beta Distribution ، حيث مؤاله هو m_{ij} (الزمن الاكثر احتمالا) والحد الادنى له a_{ij} (الزمـــن المتفائل) والحد الاعلى له هو b_{ij} (الزمن المتشائم) .

وعلى هذا يحسب الزمن المتوقع لاتمام تنفيذ النشاط على أساس متوسط الازمنـــــة الثلاثة كمايلى .

الزمن المتوقع Expected Time وهو الزمن المتوسط الذى يتطلبه تنفيذ النشاط اذا ماكرر تنفيذه مرات كثيرة . ويرمـز لهبالرمز t_{ij}

$$t_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

كما أن توزيع زمن تنفيذ النشاط تباينه هو :

$$\sigma_{ij}^2 = \left[\frac{(b_{ij} - a_{ij})}{6}\right]^2$$

وهذا يعنى أن نهايتى التوزيع يقعان على بعد σ 6 من الوسط الحسابى أى أن الفترة بين نهايتى التوزيع a_{ij} ، b_{ij} تساوى ستة أمثال الانحراف المعيارى .

ولتحديد الزمن الكلى اللازم لاتمام تنفيذ المشروع يمكن استخدام طريقة المسار الحرج .

٢٠٢٠٢ . تحديد المسار الحرج Critical Path (CP)

والمسار الحرج Critical Path هو أطول مسار لشبكة الاعمال من نقطة بداية المشروع حتى نهايته .

وتعرف الانشطة التى تقع على المسار الحرج بالانشطة الحرجة ، وهى الانشطة التى يجب أن تتم فى المواعيد المحددة لها اذا ما أريد للمشروع أن يتم تنفيذه طبقا للجدول الزمنى المعد له .

واحدى طرق تحديد المسار الحرج هى حساب الاوقات الاكثر تبكيرا (The earliest time T_E) والاوقات الاكثر تأخيرا (The latest time T_ℓ) والتى يمكن أن يتم عندها كل حدث . ويلى ذلك تطبيق اختبارات بسيطة للتعرف عما اذا كان النشاط يقع على المسار الحرج من عدمه .

ولتحديد الاوقات الاكثر تبكيرا يلزم معرفة الاتـــى :

١- البدء الاكثر تبكيرا (ES) Earliest Start

هو أدنى وقت يمكن أن يبدأ فيه النشاط على فرض أن جميع الانشطة التى تسبقه قد بدأت وانتهت فى وقتها المبكـــر .

ويلاحظ أن البدء المبكر لنشاط ما هو أكبر اتمام مبكر للانشطة السابقة لـه فى مسار يصل من بداية المشروع الى النشاط المعنى .

٢- الاتمام الاكثر تبكيرا Earliest Finish (EF)

وهو الوقت الذى يمكن أن يتم فيه تنفيذ النشاط اذا بدأ فى وقتـه الاكثر تبكيـرا أى هو عبارة عن البدء الاكثر تبكيرا مضافا اليـه مدة انجاز النشاط .

وبتحديد كل من البدء والاتمام الاكثر تبكيرا لكل نشاط نحصل على وقت اتمام المشروع ونأخذ هذا الموعد (موعد اتمام المشروع كله) أساسا لتنفيذ الاعمال وعلى أساسه لا يجـب أن تتأخر أى عملية فى التنفيذ عن آخر موعد يمكن أن تبدأ فيه العملية التاليـة .

ولتحديد الاوقات الاكثر تاخيرا يلـزم تحديد الاتـى :

١- الاتمام الاكثر تأخيرا (LF) Latest Finish

وهو أقصى وقت يمكن فيه اتمام نشاط ما دون زيادة الوقت الكلـى لتنفيذ المشروع .

والاتمام الاكثر تأخيرا لنشاط ما هو أصغر بدء مؤخر لمجموعـة الانشطة السابقـة له فى مسار يصل من نهاية المشروع الى النشاط المعنى .

٢- البدء الاكثر تأخيرا (LS) Latest Start

وهو أقصى وقت يمكن أن يبدأ فيـه نشاط دون أن يؤخر العمليات التاليـة لـه

وهو عبارة عن الانعام الأكثر تأخيرا مطروحا منه مدة الانجاز .

ولتوضيح كيفية تحديد المسار الحرج نذكر المثال التالى : -

مثال ٢ : -

مشروع مكون من أثنى عشر نشاطا وعشرة أحداث والجدول التالى يبين الأنشطة والارتباط بينها (الاعتمادية Dependency) والزمن اللازم لتنفيذ كل نشاط .

النشاط		الاعتمادية	زمن التنفيذ
رمز	أرقام		(الأسابيع)
أ	١ - ٢	-	٦
ب	١ - ٣	-	٢
جـ	١ - ٤	-	٣
د	٢ - ١٠	أ	١٠
هـ	٢ - ٥	أ	٣
و	٣ - ٧	ب	٢
ل	٤ - ٦	جـ	٤
م	٥ - ١٠	هـ	٥
ن	٧ - ٨	و ، ل	٨
ص	٨ - ١٠	ن	٤
ك	٦ - ٩	ل	٦
ح	٩ - ١٠	ك	٢

لاتمام الحدث ٧ ، وهو ٧ أسابيع . وعليه فان البداية الأكثر تبكيرا للنشاط ن لايمكن أن تكون قبل الأسبوع السابع . وهذا طبيعى حيث أن النشاط ٧ ـ ٨ لايمكن أن يبدأ حتى تتم الأنشطة المعتمد عليها والسابقة له كلها ، وهذا بالتالى مقيد بأطول فترة لتنفيذ الأنشطة السابقه له . وحيث أن النشاط ن زمن تنفيذه ٨ أسابيع فان الأوقات الأكثر تبكيرا لحدوث الحدث ٨ هى ١٥ أسبوعا .

وبالنسبة للحدث ١٠ فتنتهى فيه الأنشطة م ، د ، ص ، ح

والوقت الأكثر تبكيرا لنهاية النشاط م = ٩ + ٥ = ١٤ أسبوعا

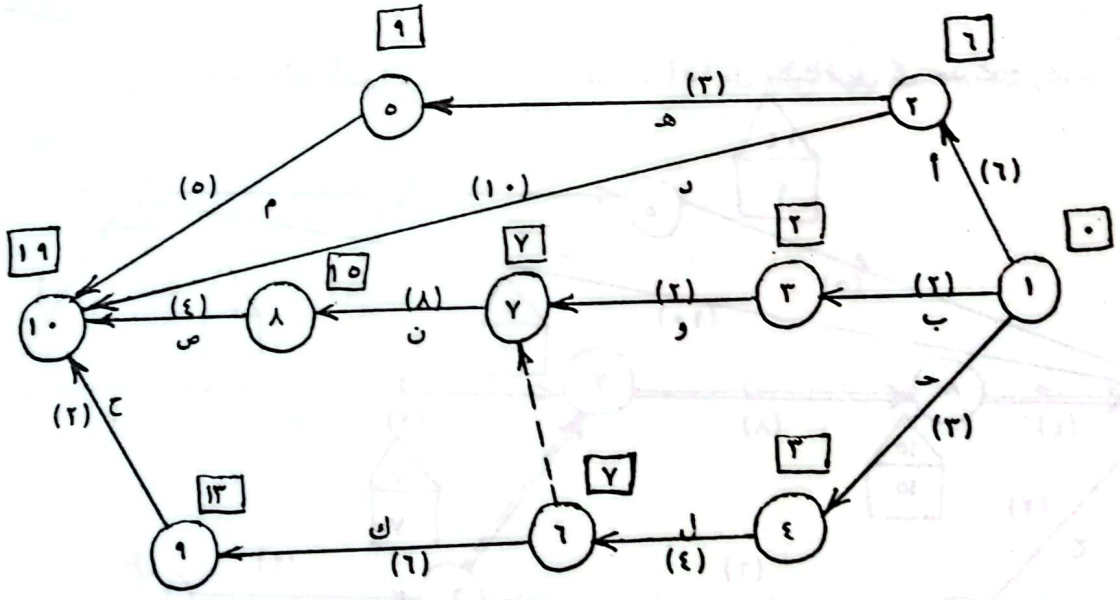
والوقت الأكثر تبكيرا لنهاية النشاط د = ٦ + ١٠ = ١٦ أسبوعا

والوقت الأكثر تبكيرا لنهاية النشاط ص = ١٥ + ٤ = ١٩ أسبوعا

والوقت الأكثر تبكيرا لنهاية النشاط ح = ١٣ + ٢ = ١٥ أسبوعا

ويلزم هنا اختيار أكبر رقم وهو ١٩ أسبوعا ليمثل الوقت الأكثر تبكيرا لحدوث الحدث ١٠ ، وبالتالى فان الزمن الأكثر تبكيرا لتنفيذ المشروع هو ١٩ أسبوعا .

وهذه الأوقات الأكثر تبكيرا للأحداث المختلفة مبينة داخل مربعات بجانب الأحداث كما فى الشكل رقم (١٠) .



شكل رقم (١٠)

ولتحديد الأوقات الأكثر تأخيرا لحدوث كل حدث

نبدأ من نقطة نهاية المشروع فيكون أكثر الأوقات تأخيرا والمسموح به لوقوع الحدث ١٠ هو ١٩ أسبوعا من بداية نشاط المشروع وهو ماسبق تحديده .

وبحساب هذا التاريخ منقوصا منه الفترة اللازمة للتنفيذ بالنسبة للأنشطة السابقة تصل الى آخر زمن يمكن فيه بدء أى من الأنشطة الأخرى بدون تأخير فى تنفيذ المشروع ككل . فمثلا الوقت الأكثر تأخيرا لبدء النشاط (٥ — ١٠) أى لانتهاء الحدث ٥ هو الأسبوع الرابع عشر (حيث ١٩ — ٥ = ١٤) وبنفس الطريقة يمكن تحديد الأوقات المناظره لباقى الأحداث .

ويلاحظ أنه اذا كان هناك أكثر من نشاط ينفرع من حدث واحد مثل الأحداث ٢ ، ٦ فيلزم اختيار أصغر وقت للاتمام المتأخر لجميع هذه الأنشطة .

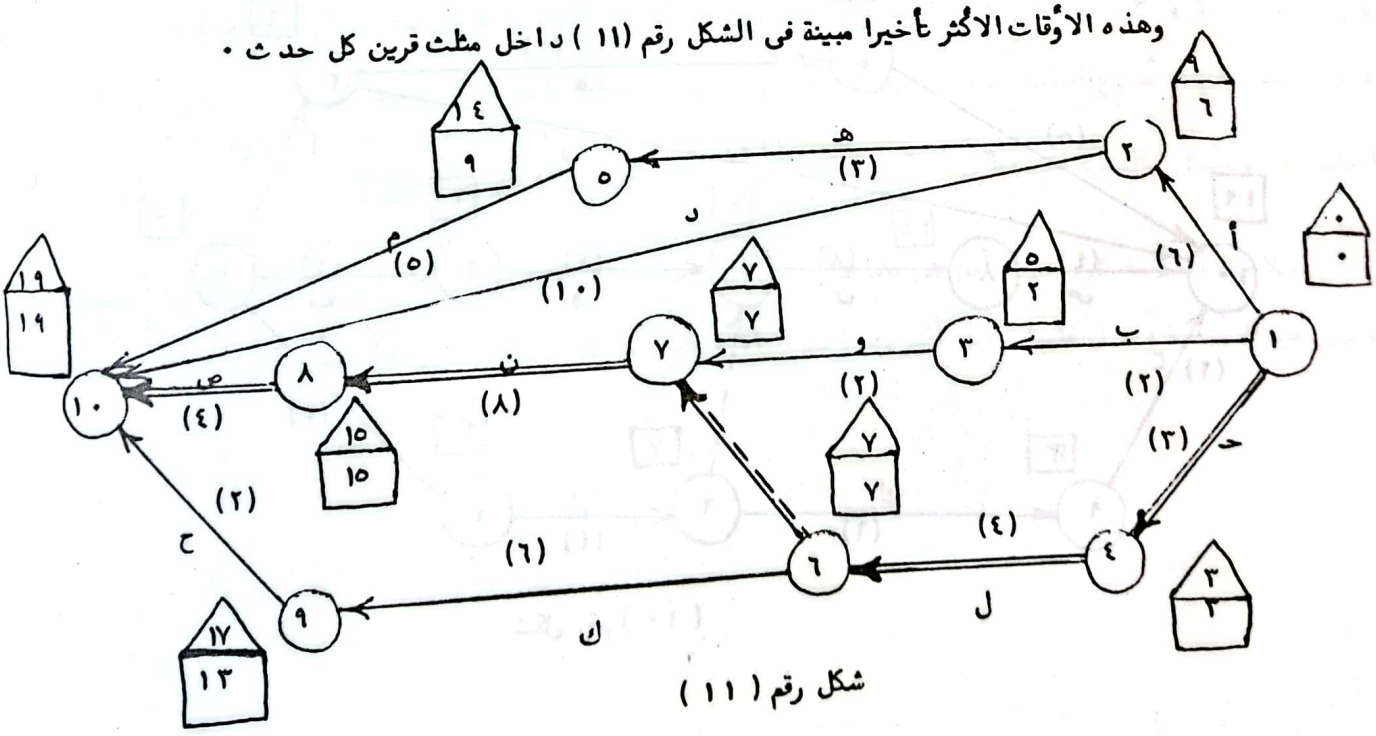
وبالنسبة للحدث ٢ : —

الوقت الأكثر تأخيرا لبدء النشاط هـ = ١٤ — ٣ = ١١

الوقت الأكثر تأخيرا لبدء النشاط د = ١٩ — ١٠ = ٩

من ذلك نرى أن أكثر الأوقات تأخيرا والمسموح به لوقوع الحدث (٢) هو الأسبوع التاسع من بدء المشروع .

وهذه الأوقات الأكثر تأخيرا مبينة فى الشكل رقم (١١) داخل مثلث قرين كل حدث .



شكل رقم (١١)

ولتحديد المسار الحرج بعد تحديد الأوقات الأكثر تبكيرا والأكثر تأخيرا لوقوع كل حدث يمكن تحديد الأنشطة التى تقع على المسار الحرج والتى يلزم أن يتوافر فيها الشرطين التاليين معا :—

١ — اذا كانت الأوقات الأكثر تبكيرا = الأوقات الأكثر تأخيرا ، عند بداية ونهاية نشاط ما ، فانه من الممكن وقوع هذه الأنشطة على المسار الحرج • هذا شرط ضرورى ولكن غير كاف •

٢ — اذا تحقق الشرط السابق وكان الفرق بين الزمن عند بداية النشاط وعند نهايته مساويا للزمن اللازم لتنفيذ هذا النشاط ، كان هذا النشاط نشاطا حرجا •

وبتطبيق ماسبق ذكره على المثال السابق نجد أن :—

الأحداث ١ ، ٤ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ١٠ يتحقق فيها الشرط الأول ، كما أن الأنشطة حـ ، ل ، ن ، ص تحقق كلا الشرطين •

وعليه فان هذه الأنشطة حرجة وتقع على المسار الحرج •

ويكون المسار الحرج هو ١ — ٤ — ٦ — ٧ — ٨ — ١٠ ، وهو المسار الذى يحتوى على الأنشطة الحرجة التى يجب مراقبة تنفيذها حتى يمكن تنفيذ المشروع فى الزمن المحدد وهو ١٩ أسبوعا •

وواضح من المثال السابق أن المشروع له مسارا حرجا واحدا ، ولكن فى المشروعات الكبيرة من المحتمل وجود أكثر من مسار حرج •

ويمكن توضيح الجدولة الزمنية Schedule Tabulation لتنفيذ أنشطة المشروع فى الجدول التالى :—

الجدولة الزمنية لأنشطة المشروع الموضح فى شكـــل (٩)

النشاط		زمن تنفيذ النشاط	البدء Start		الانتهاء Finish		السماح الكلى
رمز	أرقام	(أسابيع)	ES	LS	EF	LF	
أ	١ ــ ٢	٦	صفر	٣	٦	٩	٣
ب	١ ــ ٣	٢	صفر	٣	٢	٥	٣
جـ	١ ــ ٤	٣	صفر	صفر	٣	٣	صفر*
د	٢ ــ ١٠	١٠	٦	٩	١٦	١٩	٣
هـ	٢ ــ ٥	٣	٦	١١	٩	١٤	٥
و	٣ ــ ٧	٢	٢	٥	٤	٧	٣
ل	٤ ــ ٦	٤	٣	٣	٧	٧	صفر*
م	٥ ــ ١٠	٥	٩	١٤	١٤	١٩	٥
ن	٧ ــ ٨	٨	٧	٧	١٥	١٥	صفر*
ص	٨ ــ ١٠	٤	١٥	١٥	١٩	١٩	صفر*
ك	٦ ــ ٩	٦	٧	١١	١٣	١٧	٤
ح	٩ ــ ١٠	٢	١٣	١٧	١٥	١٩	٤

من المثال السابق نلاحظ أن النشاط و تكون البداية الأكثر تأخيرا له هى الأسبوع الخامس حيـــــث (٧ ــ ٢ = ٥) ، وبمعنى أصح أن النشاط و بدلا من أن يبدأ فى الأسبوع الثانى مباشرة كما هو مبين فى الأوقات الأكثر تبكيرا (ES) يستطيع أن يتأخر البدء فى تنفيذه حتى الأسبوع الخامس بدون أن يؤثر ذلك على موعد انتهاء تنـــفيذ المشروع ككل فى الأسبوع التاسع عشر . من ذلك يتضح أن بعض أنشطة المشروع أ ، ب ، د ، هـ ، و ، م ، ك ، ح هى أنشطة غير حرجة تتميز بدرجة تأخير أو تبكير محددة عند بدئها أو الانتهاء منها بدون التأثير على الزمـــن الكلى اللازم لتنفيذ المشروع (أنظر الجدول السابق) . ويعرف الوقت المسموح به هـذا بالسماح .

٣٠٢٠٢ السمـــــــــاح Slack (Float)

ويعرف السماح بأنه الأوقات الأكثر تأخيرا ـ الأوقات الأكثر تبكيرا .

ويلاحظ أنه فى حالة الا نشطة الحرجة السماح يساوى صفرا . ويمكن تعريف الأنواع التالية من السماح (أنظر شكل (١٢).

أ ـ السماح الكلى للنشاط Activity Total Slack

وهو يساوى أقصى وقت متاح لاتمام تنفيذ أى نشاط مطروحا منه الزمن اللازم لتنفيذ هذا النشاط أى أن :ـ

السماح الكلى = (الوقت الأكثر تأخيرا لنهاية النشاط ـ الوقت الأكثر تبكـــــيرا لبداية النشاط) ـ زمن تنفيذ النشاط

أى أن :ـ

$$\text{Activity Total Slack} = \text{Float} = (LF - ES) - t_e$$
$$= LS - ES$$
$$= LF - EF$$

وبالتطبيق على المثال السابق نجد أن :ـ

السماح الكلى للنشاط د= (١٩ ـ ٦) ـ ١٠ = ٣ أسابيع

أو = ٩ ـ ٦ = ٣ أسابيع

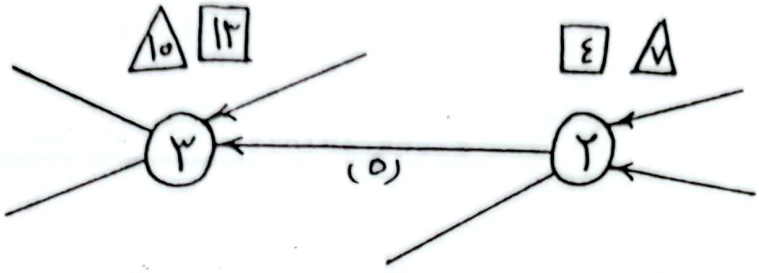
أو = ١٩ ـ ١٦ = ٣ أسابيع

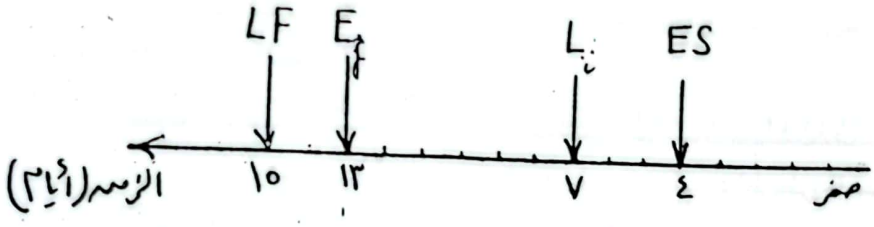
السماح الكلى للنشاط هـ = (١٤ ـ ٦) ـ ٣ = ٥ أسابيع

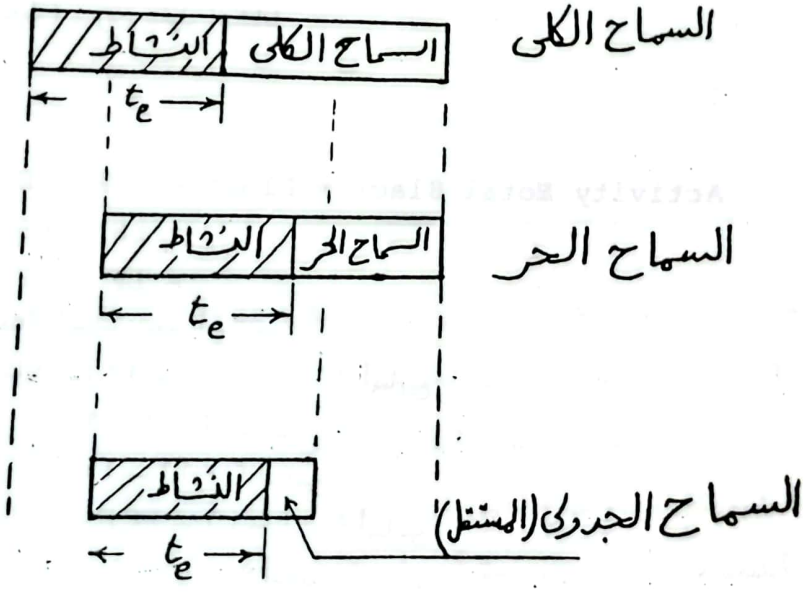
= ١٤ ـ ٩ = ٥ أسابيع

= ١١ ـ ٦ = ٥ أسابيع

وهكذا بالنسبة لبقية الأنشطة الغير حرجة .







السماح الكلى — Activity total slack = $(LF-ES) - t_e$

السماح الحر — Activity Free Slack = $(E_j - ES) - t_e$

السماح الجدولى (المستقل) — Activity Scheduled Slack = $(E_j - L_i) - t_e$

حيث i = حدث البداية ،
j = حدث النهاية .

شكل رقم (١٢)

ويلاحظ أن السماح الكلى يبين أقصى الحدود الزمنية المسموح بها لتنفيذ الأنشطة المختلفة والتى لا يجب تخطيها اذا ما أريد للمشروع أن يتم فى موعده المحدد .

ب - السماح الحر للنشاط : Activity Free Slack

وهو يساوى الوقت المتاح لاتمام تنفيذ أى نشاط بافتراض أن كل أنشطة المشروع سوف تبدأ وتنتهى مبكرا على قدر الامكان .

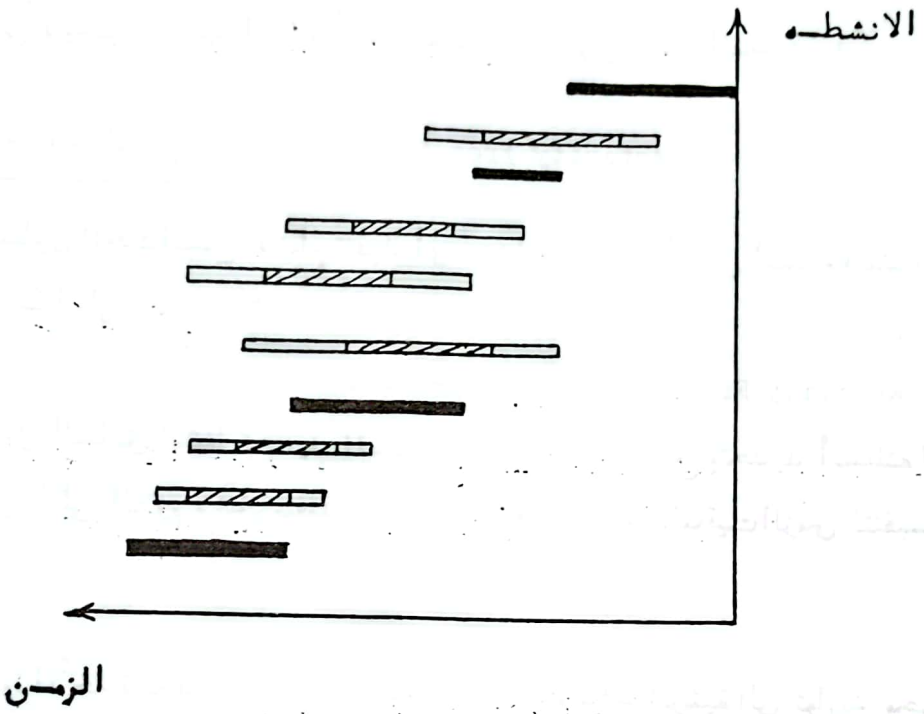
$$\text{Activity Free Slack} = (E_j - ES) - t_e$$

من المثال السابق أمكننا تحديد المسار الحرج لشبكة المشروع وتحديد أنشطته الحرجة وتحديد الزمن الكلى اللازم لاتمام تنفيذ المشروع ، كما أمكن وضع التوقيت الزمنى لتنفيذ المشروع .

والخطوة الأخيرة بعد ذلك هى ترجمة هذه التحديدات الزمنية الى تواريخ محدده حسب أيام العمل الرسمية مع أخذ الاجازات والأعياد الرسمية فى الحسبان ، أى وضع الجدول (البرنامج) الزمنى لتنفيذ المشروع حسب أيام السنة للارتباط به فى الاتفاقات والتعاقدات الخاصة بهذا المشروع ، كما يستخدم هذا الجدول فى متابعة تنفيذ المشروع .

٠٣٠٢ استخدام خريطة التحميل Bar Chart فى تمثيل الأنشطة :

كما يمكن تمثيل الأنشطة على خريطة التحميل (Bar Chart) حيث تمثل الأطوال المختلفة الأزمنه الفعلية اللازمة لتنفيذ الأنشطة المختلفة بمقياس رسم محدد (شكل رقم (١٣)) ، وذلك بهدف متابعة تنفيذ المشروع .



تمثل الأنشطة الحرجة

تمثل الأنشطة غير الحرجة

شكل رقم (١٣)

وتبين الأنشطة الحرجة فى الخريطة بحدودها الزمنية الثابتة وما عداها من أنشطة فتبين الحدود الزمنية المسموح بها والتى يمكن تنفيذ الأنشطة فى نطاقها وكذلك الأزمنة اللازمة لتنفيذ هذه الانشطة المختلفة .

مميزات أسلوب البرت PERT / Time وطريقة المسار الحرج CPM

ويتميز أسلوب برت / زمن PERT / Time وطريقة المسار الحرج CPM عن سائر أساليب التخطيط الأخرى مثل Gantt Chart بما يلى :

١ - الارتباط الكامل بين جميع أنشطة (الأعمال الجزئية) للمشروع مع توضيح علاقة كل نشاط بالأنشطة السابقة أو التالية أو الموازية معه ، أى أن طريقة المسار الحرج والبرت / زمن تعطى اجابة على التساؤلات التالية :

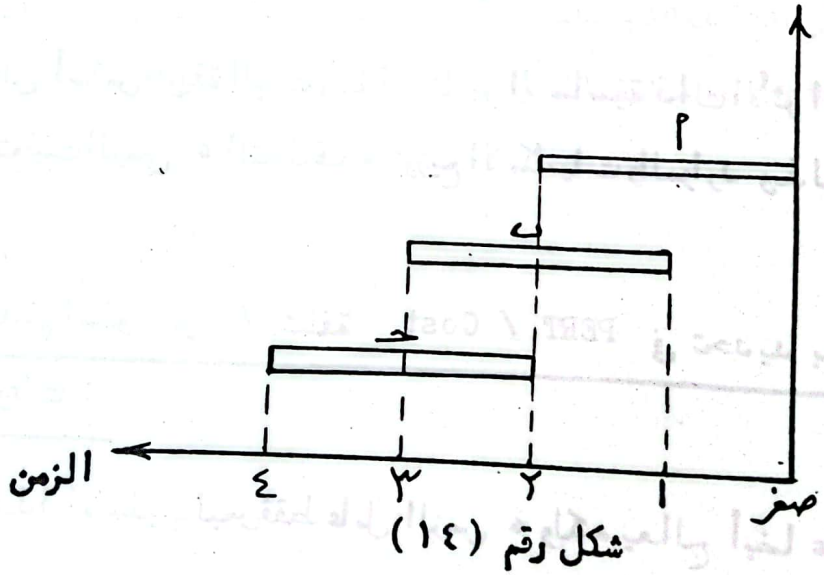
أ - ماهو النشاط (أو الأنشطة) الذى يجب أن يتم تنفيذه قبل بدء النشاط موضع السؤال ؟

ب - ما هو النشاط (أو الانشطة) الذى يمكن أن يتم تنفيذه فى نفس الوقت (أى على التوازى) ؟

جـ - ما هو النشاط (أو الانشطة) الذى لا يمكن البدء فى تنفيذه الا بعد الأنتهاء من تنفيذ النشاط موضع السؤال ؟

أى يمكن تحديد تبعية كل نشاط أو حدث بالنسبة للنشاطات الأخرى .

أما طبقا لخريطة Gantt كما موضح بالرسم رقم (١٤) ، نجد أن النشاط أ



شكل رقم (١٤)

يبدأ عند الوقت صفر وينتهى عند الوقت ٢ ويستغرق تنفيذه وحدتين زمنيتين. والنشاط ب يبدأ عند الوقت ١ وينتهى عند الوقت ٣ أى بعد مرور ٣ وحدات زمنية من بدء العمل ويستغرق تنفيذها وحدتين زمنيتين . العملية حـ تبدأ عند الوقت ٢ وتنتهى عند الوقت ٤ أى بعد مرور ٤ وحدات زمنية من بدء العمل ، ويستغرق تنفيذه وحدتين زمنيتين.

وهذه الطريقة Gantt Chart لا تعطى علاقة الأنشطة أ ، ب ، جـ ، مع بعضها البعض ، وعلى هذا لا يمكن تحديد أى الأنشطة ب أو حـ سيتأخر تنفيذها عن موعده المحدد اذا تأخر تنفيذ النشاط أ .

٢ - تحديد الأنشطة الحرجة التى يتسبب أى تأخير فى تنفيذها فى تأخير تنفيذ المشروع ككل ، وبذلك يمكن اعطاؤها اهتماما خاصا عند التنفيذ أكثر من الأنشطة الأخرى التى تحتمل التأخير فى الحدود المسموح بها (وقت السماح) .

٣ - تتيح طريقة البرت / زمن PERT / Time اعادة التخطيط وتيسر المراجعة الدورية لما تم من أعمال واعادة توزيع الامكانيات والموارد أثناء سير العمل طبقا لمقتضيات التنفيذ .

٤ - يمكن على أساس طريقة البرت ربط العناصر الأساسية ذات الأثر الفعال فى تنفيذ المشروعات كالتوقيت الزمنى ، التكاليف ، توزيع الامكانيات والموارد وبذلك يمكن ضبط تنفيذ المشروعات .

٢ - ٤ - ٥ استخدام أسلوب برت / تكلفة PERT / Cost فى تحديد بدائل تكلفة تنفيذ المشروعات :

يعالج هذا الاسلوب ليس فقط عامل الزمن ، ولكنه يعالج أيضا عامل التكلفة .

ولما كان عامل التكلفة هو أحد العوامل الرئيسية التى تؤثر على وضع الأولويات للمشروعات المختلفة عند اعداد برامج وخطط التنمية ، فان هذا الأسلوب يكتسب أهمية خاصة كأحد الأساليب التى تساعد المخططين فى التعرف على امكانية تنفيذ المشروعات المختلفة بتكاليف اجمالية مختلفة آخذين فى الاعتبار عامل الزمن .

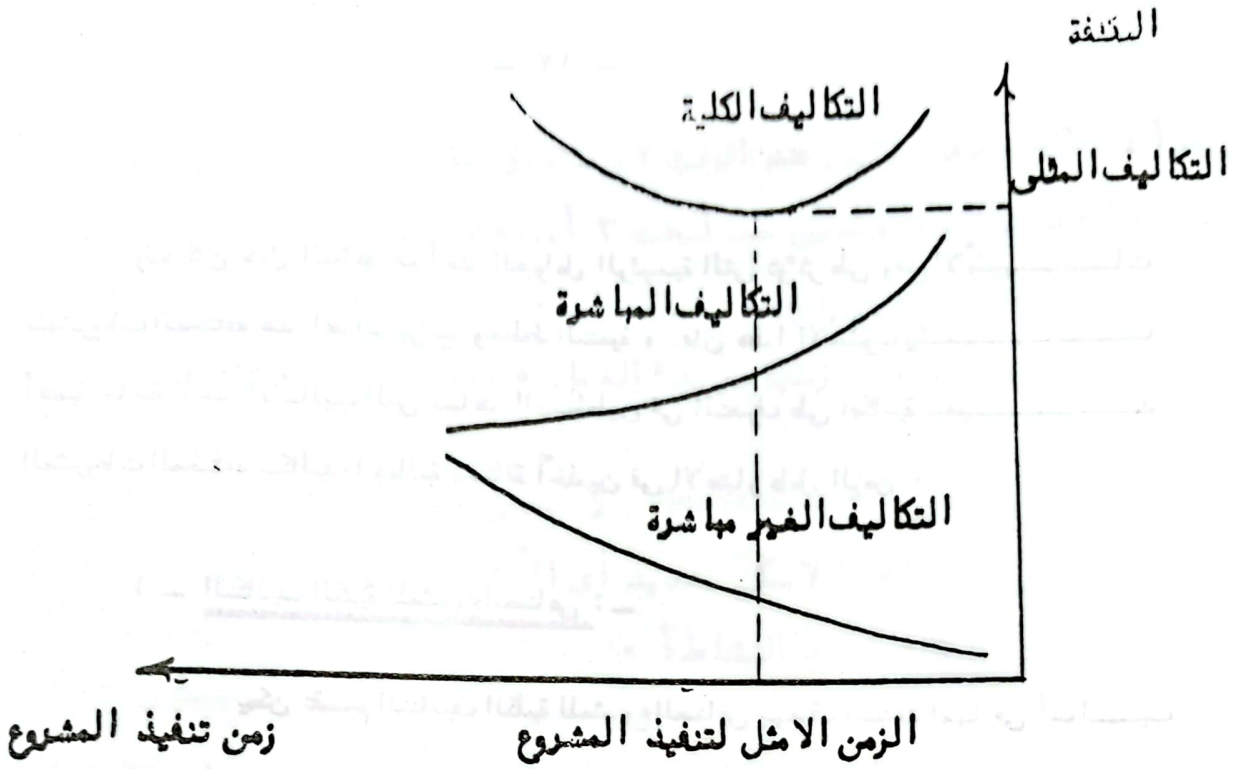
١ — التكاليف الكلية للمشروع الصناعى : —

يمكن تقسيم التكاليف الكلية للمشروع الصناعى بهدف استخدامها فى أساليب PERT/CPM الى : —

أ — التكاليف المباشرة وتشمل الخامات واستهلاك الالات وأجور سواء العمال أو الاداريين ، وهذه تتناسب عكسيا مع الزمن . وهذه التكاليف المباشرة هى التى تؤخذ فى الحسبان عند تطبيق طريقة المسار الحرج .

ب — التكاليف الغير مباشرة : تشمل خسائر وأرباح السوق وغرامات التأخير وفوائد رأس المال .

وواضح أن التكاليف الغير مباشرة ترتفع كلما طالت فترة تنفيذ المشروع ، أى أنها تتناسب عكسيا مع التكاليف المباشرة (أنظر شكل ١٥).



شكل رقم (١٥)

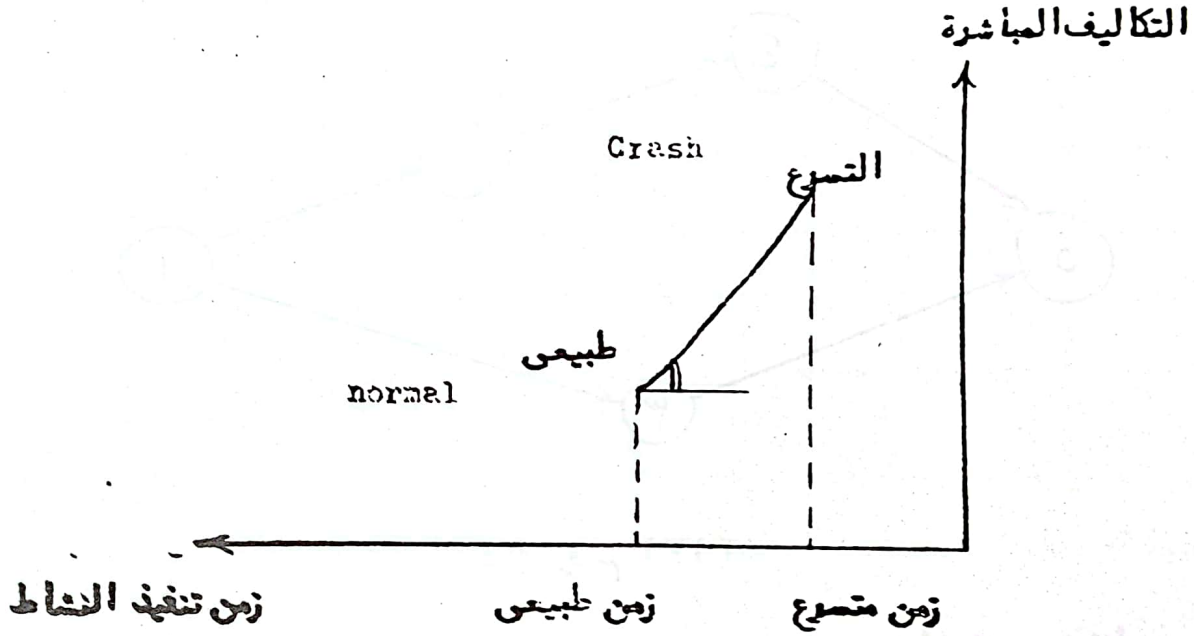
٢ ـ العلاقة بين الزمن والتكلفة :

بعد تقسيم المشروع الى أعمال جزئية أو أنشطة يتم تحديد العلاقة بين الزمن والتكلفة لكل نشاط فى المشروع • وهذه العلاقة تبين التغيير الذى يمكن أن يطرأ على تكلفة تنفيذ نشاط ما بتغيير الفترة الزمنية التى يمكن أن يتم خلالها تنفيذ هذا النشاط (بتغيير القوى العاملة المشتغلة فى تنفيذ المشروع كما ونوعا (حجم العمالة والخبرات الفنية) ـ زيادة المصروفات النقدية ممثلة فى أجور العمال والخدمات وتحسين ظروف العمل وخلافه ـ استخدام طرق فنية حديثة فى التنفيذ) •

ونتيجة لعدم وجود بيانات متاحة أو كافية عن الأنشطة فانه ليس من الضرورى معرفة منحنى العلاقة بين الزمن والتكلفة لكل نشاط فى المشروع ولكن لابد من حساب النقاط ،

الطبيعية والمتسرعة للأنشطة, والتكلفة الطبيعية Normal Cost هى أقل تكلفة ممكنة لتنفيذ النشاط والزمن المقابل لهذه التكلفة يعرف بالزمن الطبيعى (Normal Time) وهو يحسب باستخدام المعادلة السابق شرحها لحساب الزمن المتوسط للنشاط .

$$\text{Normal Time (Expected Time)} = \frac{a_{ij} + 4\,m_{ij} + b_{ij}}{6}$$



شكل رقم (١٦)

أما الزمن المتسرع (Crash Time) فهو أقل زمن يمكن خلاله تنفيذ نشاط ما والتكلفة المقابلة تعرف بالتكلفة المتسرعة (Crash Cost) .

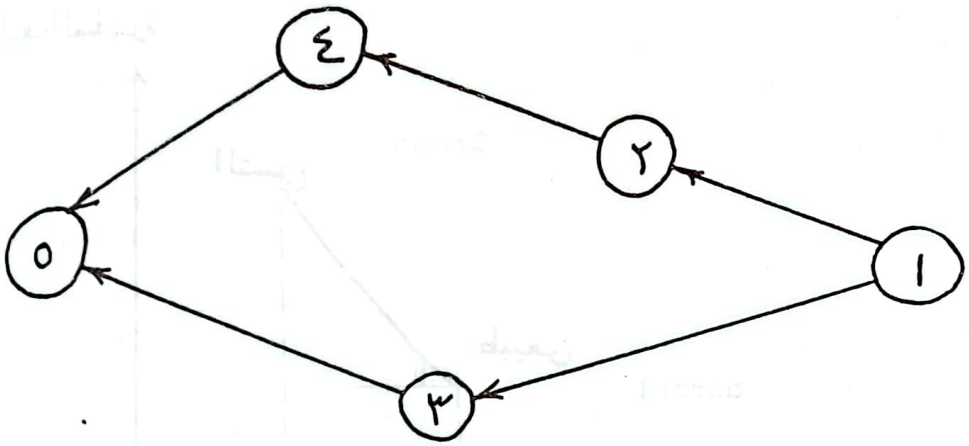
وتحديد العلاقة بين الزمن والتكلفة لكل نشاط فى المشروع يمكن استخدام طريقة المسار الحرج CPM لمعرفة البدائل الممكنة من حيث الزمن والتكلفة لتنفيذ المشروع متدرجين من الزمن الطبيعى الى الزمن المتسرع وما يقابل هذه الأزمنة من تكلفة .

٣ ـ حساب الزمن والتكاليف باستخدام طريقة PERT/COST

لتوضيح طريقة حساب التكاليف والزمن نذكر المثال التالى :

مثال ٣* :

الشكل رقم (١٧) يوضح شبكة أعمال أحد المشروعات ، والذى يتكون من خمسة أنشطة .



شكل رقم (١٧)

والجدول التالى يبين البيانات اللازمة عن كل نشاط ، كما أن العمود الأخير فى هذا الجدول يبين الزيادة فى تكلفة تنفيذ كل نشاط والناتجة عن اختصار فترة تنفيذه يوما واحدا ، وهو ما يعرف بميل التكلفة (Cost Slope) ويمكن حسابه كالتالى :

$$\text{ميل التكلفة} = \frac{\text{التكلفة المتسرعة} - \text{التكلفة الطبيعية}}{\text{الزمن الطبيعى} - \text{الزمن المتسرع}}$$

(جنيه لكل وحدة زمنية)

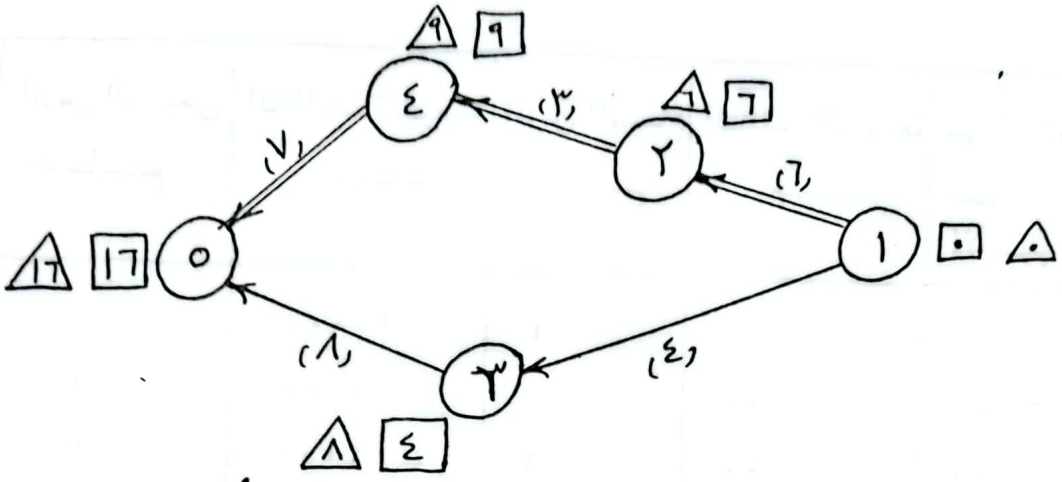
* Richard I.LEVIN, Charles A. Kirkpatrick, "Planning and Control with PERT/CPM", MCGraw - Hill, 1966, pp. 128-132.

النشاط	الزمن الطبيعى الأسابيع	التكاليف الطبيعية جنيه	الزمن المتسرع الأسابيع	التكاليف المتسرعة جنيه	ميل التكلفة جنيه/ الأسبوع
١ـ٢	٦	١٠٠٠٠	٤	١٤٠٠٠	٢٠٠٠
١ـ٣	٤	٥٠٠٠	٣	٨٠٠٠	٣٠٠٠
٢ـ٤	٣	٤٠٠٠	٢	٥٠٠٠	١٠٠٠
٣ـ٥	٨	٩٠٠٠	٦	١٢٠٠٠	١٥٠٠
٤ـ٥	٧	٧٠٠٠	٤	٨٠٠٠	٣٣٣
المجموع		٣٥٠٠٠		٤٧٠٠٠	

وأول ما يمكن استنتاجه من هذا الجدول هو أن التكاليف الكلية للمشروع هى ٣٥٠٠٠ جنيها اذا ما تم تنفيذ جميع الأنشطة خلال الزمن الطبيعى لها ، فى حين ترتفع هذه التكاليف الى ٤٧٠٠٠جنيها (التكاليف المتسرعة) اذا ما تم ضغط جميع الأنشطة بحيث يتم تنفيذ كل منها خلال الزمن المتسرع . أى أن هذين هما الحد الأدنى والحد الأقصى للتكلفة .

أ ـ تحديد الزمن الطبيعى لتنفيذ المشروع ككل :

تستخدم الأزمنة الطبيعية للانشطة والواردة بالجدول السابق ويحدد على أساسها المسار الحرج كما سبق شرحه سالفا .



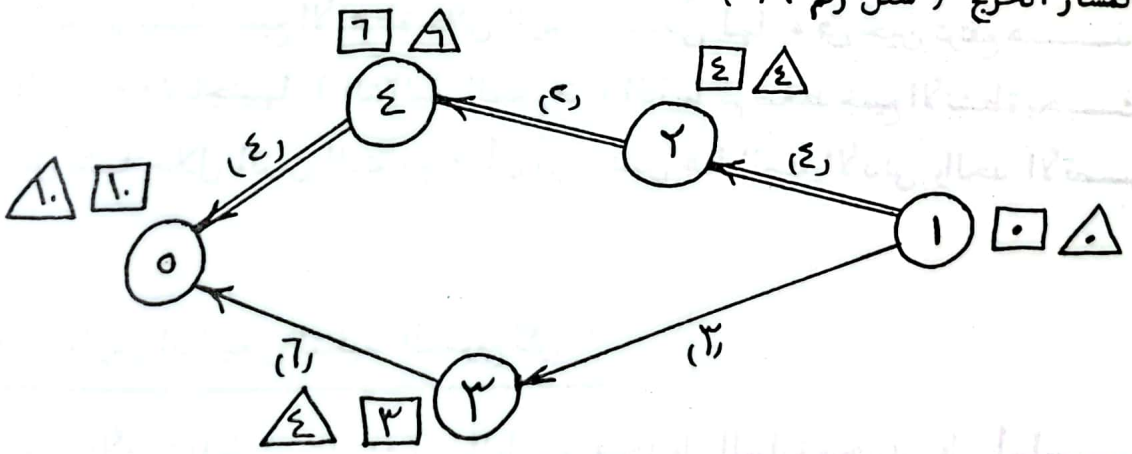
الزمن الطبيعى لتنفيذ المشروع = ١٦ أسبوع

تكلفة التنفيذ للمشروع = ٣٥٠٠٠ جنيـــه

شكل رقم (١٨)

ب ـ تحديد الزمن المتسرع لتنفيذ المشروع ككل :

تستخدم الأزمنة المتسرعة للانشطة والواردة بالجدول السابق ويحدد على أساسهـــا المسار الحرج (شكل رقم ١٩) .



الزمن المتسرع لتنفيذ المشروع = ١٠ أسابيع

تكلفة تنفيذ المشروع = ٤٧٠٠٠ جنيـــه

شكل رقـــم (١٩)

والشكل رقم (١٩) يوضح أن هذا الحل (البديل) سوف يمكن من انهاء تنفيذ المشروع فى ١٠ أسابيع فقط بزيادة فى التكاليف قدرها ١٢٠٠٠ جنيه .

وبعد تحديد أقصى وأدنى فترة زمنية يمكن تنفيذ المشروع خلالها ، يجد المخطط نفسه مواجها بالسؤالين التاليين :

١ - هل يمكن التوصل الى تنفيذ المشروع خلال أقصى مدة ممكنة (١٠ أسابيع فى المثال السابق) بدون الحاجة الى ضغط جميع الأنشطة ؟

وواضح أن الهدف من ذلك السؤال هو معرفة امكانية توفير أكبر جزء ممكن من التكاليف التى تنتج عن ضغط أنشطة لايوفر ضغطها فى فترة تنفيذ المشروع .

٢ - ماهى تكلفة تنفيذ المشروع المقابلة لفترات تنفيذ تتدرج بين الزمن المتسرع والزمن الطبيعى ؟

ويهدف المخطط بهذا السؤال الى التعرف على كل امكانيات تنفيذ المشروع من ناحية الزمن والتكلفة ليتمكن من اختيار المرادف (البديل) الذى يتناسب مع ظروف المشروع المختلفة.

كما أن تحديد فترة التنفيذ المثلى التى تحقق التكاليف الكلية المثلى يتطلب مثل هذا التحليل .

يتضح من شكل (١٨) أن المسار الحرج يتكون من الانشطة (١-٢) ، (٢-٤) ، (٤-٥) ، وبجمع زمن تنفيذ هذه الانشطة يتضح ان فترة تنفيذ المشروع الطبيعية هى ١٦ أسبوعا ، ولما كانت هذه الأنشطة حرجة فان أى توفير فى فترة تنفيذ المشروع يمكن أن يتم بضغط نشاط أو أكثر من هذه الأنشطة .

كما يتضح لنا من تعريف ميل التكلفة أن تكلفة ضغط أى نشاط تتناسب مع ميل التكلفة تناسب طرديا . وعلى ذلك يضغط (بقدر الامكان) زمن تنفيذ النشاط الحرج الذى يتميز بأقل ميل تكلفة ، ثم يتم تحديد المسار الحرج (أو المسارات الحرجة) الجديد والذى ينتج عن ضغط النشاط .

١- التسرع الأول

والجدول الآتى يبين ميل التكلفة للأنشطة الحرجة الموضحة بالشكل رقم (١٨) .

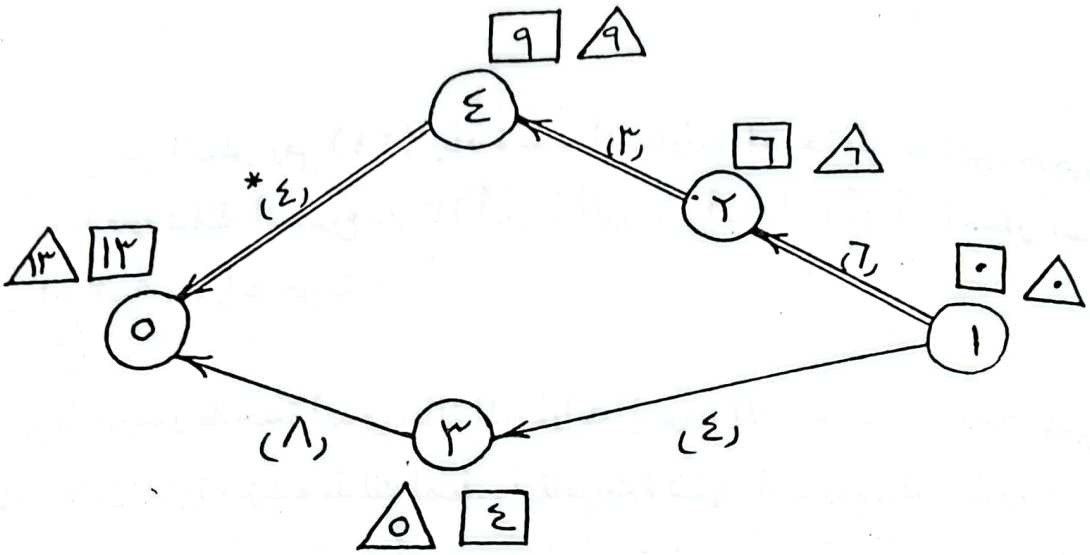
النشاط	ميل التكلفة
١ - ٢	٢٠٠٠
٢ - ٤	١٠٠٠
٤ - ٥	٣٣٣ ←

واضح من الجدول أن النشاط ٤ - ٥ يتميز بأقل ميل تكلفة ، ولذلك يجب البدء بضغط هذا النشاط على قدر الامكان . ويمكن ضغط فترة تنفيذ هذا النشاط ثلاثة أسابيع بزيادة فى التكاليف قدرها ١٠٠٠ جنيه وبذلك تصبح تكلفة تنفيذ المشروع ٣٦٠٠٠ جنيه بدون التأثير على أى نشاط آخر فى المشروع . والشكل رقم (٢٠) يبين شبكة أعمال المشروع والمسار الحرج الجديد بعد عملية التسرع Crashing الأولى ، مع ملاحظة وجوب وضع علامة مميزة (*) على الانشطة التى لا يمكن ضغطها بعد كل مرحلة .

٢- التسرع الثانى :

ويتضح من الشكل رقم (٢٠) عدم تغير المسار الحرج فى هذه الحالة . وبالرجوع الى الجدول السابق نلاحظ أن النشاط الحرج التالى الذى يمكن ضغطه هو النشاط ٢ - ٤ . ويمكن ضغط فترة تنفيذ هذا النشاط لمدة أسبوع بزيادة فى التكاليف قدرها ١٠٠٠ جنيه ، أى تصبح تكاليف التنفيذ ٣٧٠٠٠ جنيه .

والشكل رقم (٢١) يوضح شبكة أعمال المشروع والمسار الحرج بعد عملية التسرع الثانى

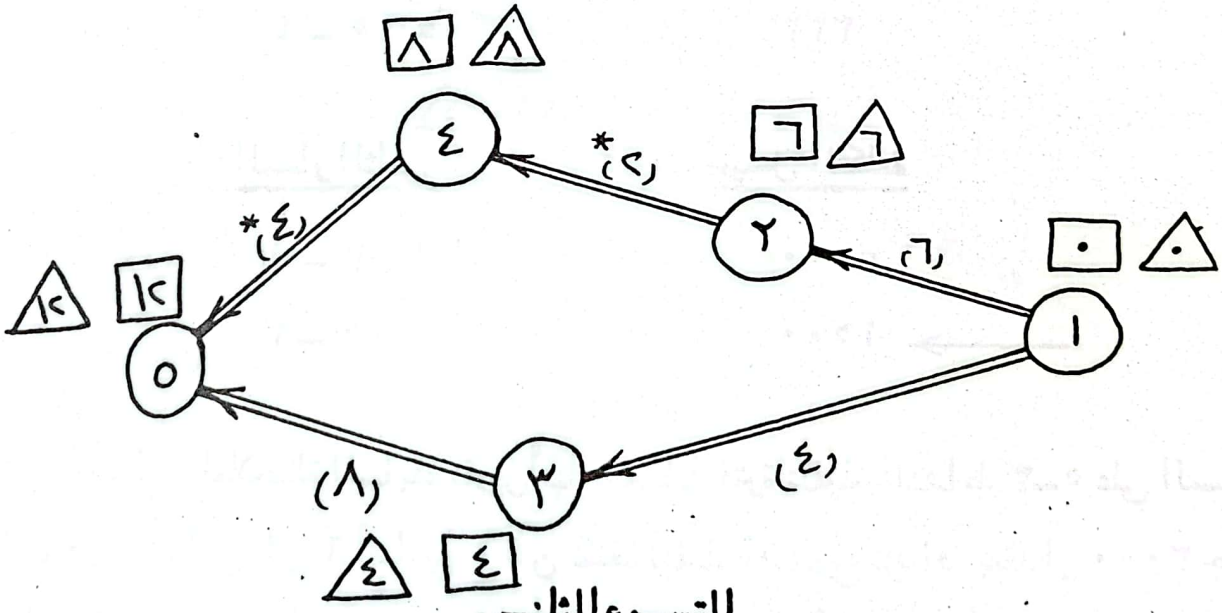


التسـرع الاول

زمن تنفيذ المشـروع = ١٣ أسبوعا

تكلفة التنفيذ = ٣٦٠٠٠ جنيـه

شكل رقم (٢٠)



التسـرع الثانـي

زمن تنفيذ المشـروع = ١٢ أسبوعا

تكلفة تنفيذ المشروع = ٣٧٠٠٠ جنيه

شكـل رقـم (٢١)

يتضح من الشكل رقم (٢١) زيادة عدد المسارات الحرجة الى مسارين حرجين وذلك نتيجة ضغط فترة تنفيذ المشروع من ١٣ أسبوعا الى ١٢ أسبوعا ، أى أن المسار ١-٢-٤-٥ ، المسار ١-٣-٥ مسارات حرجة .

وهنا يجدر ملاحظة أنه فى حالة المسارات الحرجة المتعددة يلزم ضغط جميع هذه المسارات بنفس الفترة الزمنية وذلك لضمان انقاص فترة تنفيذ المشروع بنفس الفترة .

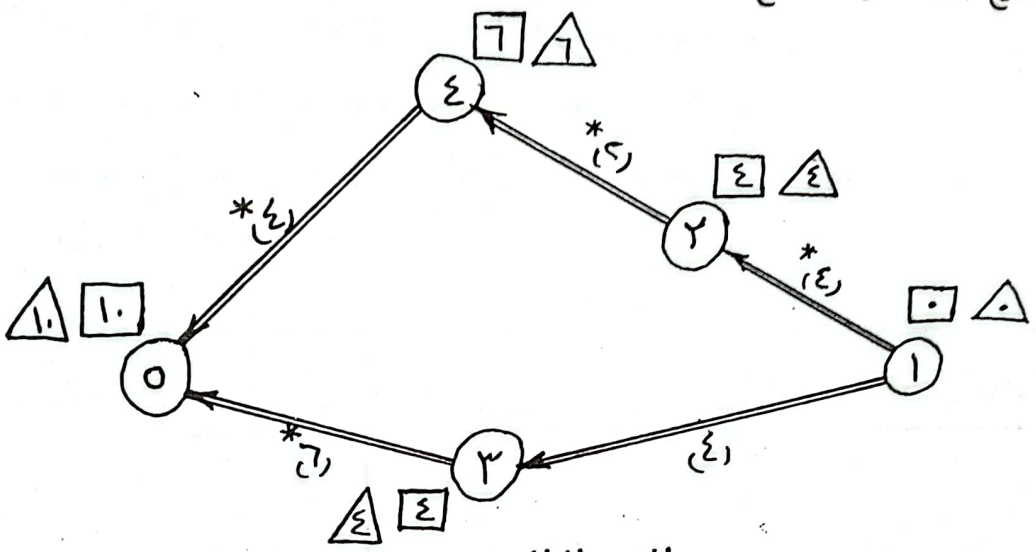
والجدول التالى يبين ميل التكلفة لهذه الأنشطة الحرجة :

المسار الأول	ميل التكلفة
١ - ٢	٢٠٠٠
٢ - ٤ *	١٠٠٠
٤ - ٥ *	٣٣٣

المسار الثانى	ميل التكلفة
١ - ٣	٣٠٠٠
٣ - ٥	١٥٠٠ ←

ولايضاح الملاحظة السابقة نفرض أننا ضغطنا فترة تنفيذ النشاط ٣-٥ على المسار الثانى من ٨ أسابيع الى ٦ أسابيع ، فان تكلفة تنفيذ المشروع تزداد بمقدار ٣٠٠٠ جنيها (٢×١٥٠٠) دون انقاص فى زمن تنفيذ المشروع ، وذلك لأن زمن تنفيذ المسار ١-٣-٥ يصبح ١٠ أسابيع بينما زمن تنفيذ المسار ١-٢-٤-٥ يصبح ١٢ أسبوعا . أى أن المسار ١-٣-٥ يصبح مسارا غير حرج .

أما اذا تم ضغط زمن تنفيذ النشاط ٣-٥ بمقدار أسبوعين وفى نفس الوقت تم ضغط المسار ١-٢ بمقدار أسبوعين أيضا ، فى هذه الحالة يختصر زمن تنفيذ المشروع بمقدار أسبوعين أيضا ، وتكون الزيادة فى تكلفة تنفيذ المشروع مساوية ٧٠٠٠ جنيه (٢×١٥٠٠+٢×٣٠٠٠) اى أن تكلفة تنفيذ المشروع تصبح ٤٤٠٠٠ جنيه . والشكل رقم (٢٢) يوضح شبكة أعمال المشروع والمسار الحرج بعد عملية التسرع الثالث .



التسرع الثالث

زمن تنفيذ المشروع = ١٠ أسابيع

تكلفة تنفيذ المشروع = ٤٤٠٠٠ جنيه

شكل رقم (٢٢)

ونلاحظ من الشكل رقم (٢٢) والشكل رقم (١٩) أن زمن تنفيذ المشروع يساوى ١٠ أسابيع وهو يماثل الزمن المتسرع لتنفيذ المشروع فى حالة ضغط جميع الأنشطة ، ولكن تكلفة تنفيذ المشروع مع عدم ضغط النشاط ١-٣ (أنظر شكل (٢٢)) أقل بمقدار ٣٠٠٠ جنيه عن التكلفة المتسرعة لتنفيذ المشروع (شكل رقم (١٩)) . مما سبق يتضح أن ضغط أى نشاط آخر (فى المثال السابق النشاط ١-٣) لم يصل الى زمنه المتسرع لن يؤدى الا الى زيادة فى التكلفة بدون أى وفر فى فترة التنفيذ ، لذا يطلق على هذا الحل " الحل الامثل "

وعلى التكاليف الكلية لتنفيذ المشروع فى هذه الحالة "التكاليف المثلى" .

تحليل بيانات الزمن والتكلفة

بعد تحديد امكانيات تنفيذ المشروع المختلفة زمنيا وماليا يمكن البدء فى عملية تحليل النتائج التى تم التوصل اليها فى الخطوات السابقة .

والجدول التالى يوضح بدائل تنفيذ المشروع من حيث الامكانيات الزمنيه المختلفة لتنفيذ المشروع وما يقابلها من تكاليف اجمالية مباشرة . وبهذا يتمكن المخطط من اختيار البديل الأنسب للمشروع ، واضعا فى اعتباره ان التكاليف المحسوبه هى أقل تكاليف مباشرة ممكنه ومناظره لفترات التنفيذ المختلفة .

النشاط	الحالة الطبيعية	التسرع الاول	التسرع الثانى	التسرع الثالث	الحالة المتسرعة
١-٢	٦	٦	٦	٤	٤
١-٣	٤	٤	٤	٤	٣
٢-٤	٣	٣	٢	٢	٢
٣-٥	٨	٨	٨	٦	٦
٤-٥	٧	٤	٤	٤	٤
زمن تنفيذ المشروع (اسابيع)	١٦	١٣	١٢	١٠	١٠
تكلفة التنفيذ جنيه	٣٥٠٠٠	٣٦٠٠٠	٣٧٠٠٠	٤٤٠٠٠	٤٧٠٠٠

CamScanner