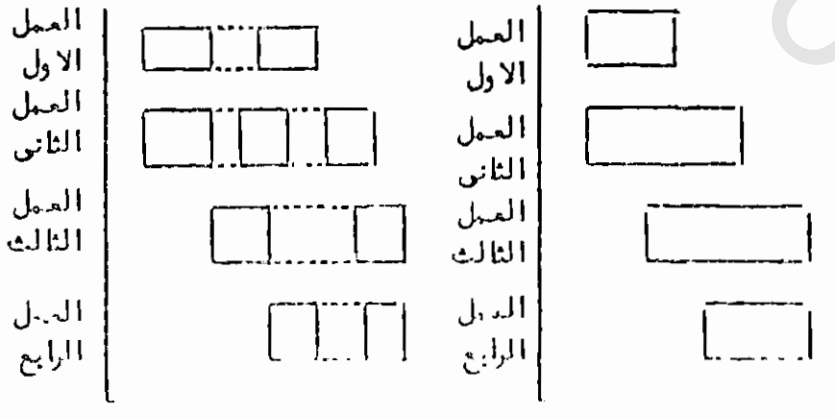
الفصل العاشر
أسلوب تقويم ومراجعة البرامج

مقدمة :

تتميز الانشاءات في العصر الحديث ببناء وحدات ضخمة من امثلتها انشاء مشروعات متكاملة كالموانى البحرية بما تشمله من ارصفة وحواجز امواج وتطهير وتعميق المساحات المائية وبناء المخازن والساحات المكشوفة وصوامع الغلال Silos والطرق الداخلية للميناء وقضبان السكك الحديدية ومحطات الركاب والمباني الادارية والورش . هذا بجانب بناء ترسانات للبناء والاصلاح تشتمل على احواض جافة وعائمة Dry or Floating Docks بجانب الورش الميكانيكية والكهربائية وورش القطع واللحام والحدادة والنجارة يضاف الى ذلك ان بناء سفينة في ترسانة يشتمل على العديد من الاعمال .

وبناء على ذلك اصبحت هذه المشروعات تحتوى على اعمال محددة يستلزم التنسيق بينها من حيث توقيت البدء في تنفيذها والتنسيق فيما بينها حتى لا تكون هناك اختناقات تؤدى الى تعطيل تنفيذ هذه المشروعات وعدم امكان اتمامها في الزمن المخطط لها .

وفي بادىء الامر استخدمت الرسوم التقويمية لجانت Gantt الموضحة على الرسمين الآتيين :



رسم رقم (١) رسم رقم (١) مكرر

وواضح ان هذه الرسوم تمثل الحالات المتعددة للانشطة Activities والزمن الذى يتم فيه كل نشاط ولكن هذه الرسوم لا توضح اى اهمية للحـــــوادث Events خلال العمل كما لا توضح اى علاقة بين الحوادث المختلفة كما ثبت ان هذه الرسوم لا توضح نتيجة الانشطة كل على حدة ولا تعكس العلاقة بين الانشـــطة المختلفة كما لا تختار احسن مجموعـة متكاملة للانشطة مما استلزم معه التفكير فـــى استخدام طرق اكثر فعالية لتخطيط المشروعات ٠

ونتيجة لذلك ظهر فى الولايات المتحدة الامريكية نظام معلومـــــات يقوم على اساس استخدام الرسوم الشبكية والحسابات الالكترونية وقد تم اول نـــوع من هذه النظم عام ١٩٧٥ بواسطة عالمين امريكيين هما كيلى وولكـــر Kelley & Walker وسمى هذا النوع طريقة المسار الحرج Critical Path Method (CPM) بهدف تحسين طريقة التخطيط الزمنى للبرامج ويهتم اسلوب المسار الحـرج اساسا بدراسة العلاقة بين الزمن والتكلفة والبرامج وجعل زمن التنفيذ اقل ما يمكـن وبمعنى اخر يهتم هذا الاسلوب بالتعرف على فرق التكلفة الذى يحدث باستخـدام مزيد من موارد الانتاج فى سبيل الانتهاء من تنفيذ مشروع معين فى زمن اقل ممـــا هو محدد لـه ٠

وفى نفس الوقت ظهر اسلوب تقييم ومراجعة البرامج Program Evaluation & Review Technique وهو ما يرمز اليه بالحروف بيرت P. E. R. T. وهو اسلوب يمكن الادارة من تقييم ومراجعة برامج المشروعات واكتشاف افضل الطـــرق لتحقيق اهداف البرامج باعلى كفاءة ممكنة ٠ ويقوم هذا الاسلوب على منطق تقســـيم المشروعات الى عدد من الانشطة المستقلة تتم فى تتابع معين الى ان يتم تنفيـــذ المشروع ككل ٠ ومن ثم يتم رسم شبكة اعمال Network توضح الانشطة فى علاقاتهـــا التتابعية وتحديد الوقائع Events التى ينتهى اليها كل من هذه الانشطة معلنا نهاية مرحلة من مراحل تنفيذ المشروع٠ وهناك نوعان لأسلوب بيرت الاول يمثل امثليـة المراحل بالزمن ويطلق عليه PERT/ TIME الذى يعتبر عامل الزمن اساســـيا لتحديد الجدول الزمنى لتنفيذ المشروع والثانى يمثل امثلية المراحل بالتكلفة ويطلـق عليـه PERT / COST ويأخذ فى الاعتبار عامل التكلفة بالاضافة الى عامل الزمـــن وقد استخدم اسلوب ضبط وتنفيذ المشروعات عند اجراء تجارب صنع نماذج لصواريـــخ

بولاريس بهدف تقليل الزمن الاولى لاتمام العمل بأكثر من ٣٠٪ (من ٥ سنوات الى ٣٫٥ سنة) وقد شجع هذا العمل دولا اخرى لاستخدام هذا الاسلوب مثل انجلترا وفرنسا والاتحاد السوفيتى والمانيا الغربية وايطاليا كما استخدم اسلوب المسار الحرج اول ما استخدم عند اعداد خطط اصلاح مصانع الكيماويات بالولايات المتحدة الامريكية ٠

ويعتبر اسلوب بيرت واسلوب المسار الحرج من الاساليب التى لها اهمية كبيرة لغرض تخطيط وتحليل وجدولة ورقابة تنفيذ المشروعات الكبيرة اذ تتحصر خطوات استخدام هذين الاسلوبين فيما يلى :

١ ــ تحليل تكلفة المشروع فى صورة انشطة ووقائع ٠
٢ ــ تحليل تتابع الانشطة على الرسم الشبكى ٠
٣ ــ تقدير الزمن والتكلفة للانشطة على الرسم الشبكى ٠

التعرف على اطول مسار او المسار الحرج Critical Path على الرسم الشبكى والرقابة على تنفيذ المشروع ٠

اسلوب ضبط وتنفيذ المشروعات والتكلفة PERT/ COST :

يسمى اسلوب ضبط وتنفيذ المشروعات PERT /COST عندما نفترض ان مقياس الفعالية الوحيد هو الزمن ويعتبر هذا الفرض انه عند مستوى تكلفة مقبول يمكن تنفيذ المشروع حسب الزمن المخطط له وان كان هذا الافتراض له عيبين : العيب الاول ، ان هذا الافتراض لا يركز اهمية خاصة على التكلفة التى تعتبر من الاعتبارات الهامة فى تقييم الاداء والعيب الثانى ان هذا الافتراض لا يربط بين التخطيط الشبكى ورقابة الانشطة من الناحية المالية ولتصحيح هذه العيوب نستخدم اسلوب Pert /Cost لكى نراعى اثر التكلفة على تنفيذ المشروع حيث يقسم المشروع الى انشطة تأخذ فى الاعتبار عوامل الزمن والتكلفة والقوى العاملة والمواد والمعدات ٠ ويمكن ان تكون تقديرات التكلفة واحدة او ثلاثة تقديرات او عدة تقديرات تعكس فى منحنى الزمن / التكلفة ويجب ملاحظة ان هناك فرقا بين اسلوب بيرت واسلوب المسار الحرج فى الطريقة التى يقدر بها زمن الانشطة وفى تقدير التكلفة اللازمة لتنفيذ الانشطة المختلفة ففى اسلوب بيرت يتم تقدير زمن الانشطة

تقديرا احتماليا Probabilistic حيث يكون هناك ثلاثة تقديرات مختلفة تقوم على مبدأ احتمال انتهاء زمن تنفيذ كل نشاط وهذه الانشطة هى الزمن المتفائل Optimistic Time والزمن المتشائم Pessimistic Time والزمن الاكثر احتمالا Most Likely Time اما فى اسلوب المسار الحرج فان تقدير الزمن يكون محددا Deterministic فى ظل ظروف محددة حيث يتم تقدير واحد لكل نشاط وبالاضافة الى ذلك ففى اسلوب بيرت لاتكون التكلفة واضحة اما فى المسار الحرج فتكون التكلفة واضحة وتكون هناك مجموعتى تقدير : المجموعة الاولى تعطينا الزمن العادى والتكلفة العادية Normal Time & Cost وتحتاج الى ان تنتهى كل نشاط فى ظل ظروف طبيعية والمجموعة الثانية تعطينا الزمن المتسرع والتكلفة المتسرعة Crash Time & Cost وتحتاج الى ان تنتهى كل نشاط فى ظل ظروف توفر فى زمن تنفيذ المشروع بزيادة اكبر من التكلفة العادية .

أسلوب تقويم ومراجعة البرامج وعلاقته بالزمن Pert/ Cost :

أولا : حساب الازمنة المختلفة للرسم الشبكى :

يتكون الرسم الشبكى من انشطة تصف وتحدد حجم العمل الذى سينجز ووقائع تعلم بداية ونهاية الانشطة ومسارات كاملة Complete Paths وبالنسبة للنشاط يقسم النشاط فى الرسم الشبكى الى ثلاثة انواع :

١ ـ النشاط الفعلى وهو عبارة عن النشاط الجارى فى مرحلة زمنية ويتطلب نفقات عمل وموارد .

٢ ـ النشاط المتوقع وهو الذى لا يتكلف نفقات عمل وموارد ولكنه يتطلب نفقات زمن .

٣ ـ النشاط الوهمى او التابع وهو عبارة عن العلاقة بين نشاطين او عدة انواع من الانشطة التى تشير الى بداية النشاط الواحد (او أحد الانشطة) تعتمد على نهاية نشاط آخر (او نهاية انشطة اخرى) ، والنشاط الوهمى لا يتكلف نفقات عمل او موارد او زمن .

ويمكن تمثيل النشاط الفعلى او المتوقع على الرسم الشبكى بأسهم اما النشاط الوهمى فيمكن تمثيله بخط منقط وعادة فان الارقام المكتوبة فوق الاسهم تدل على

الازمنة الخاصة بتلك الانشطة •

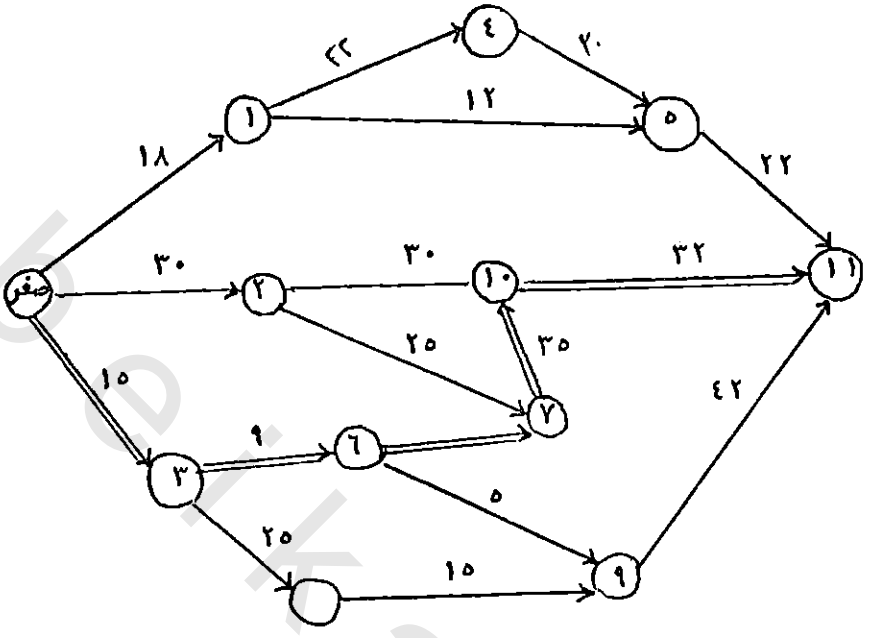
وبالنسبة للواقعة فهى عبارة عن النتيجة التى تحصل عليها بعد انجاز الانشطة والتى تتجمع فى دائرة معينة والواقعة لها اهميتين : فهى بالنسبة لكل الانشطة السابقة تعتبر واقعة تامة وبالنسبة للانشطة اللاحقة تعتبر نقطة البداية لانجازها • كما ان الواقعة قد تكون فردية وقد تكون مركبة فبالنسبة للواقعة الفردية فهى نتيجة لنشاط واحد اما المركبة فهى نتيجة لعدة انشطة وكل الوقائع يكون لها رقم محدد يكتب عادة داخل دائرة كما ان كل نشاط يوجد بين كل واقعتين واقعة بداية وواقعة نهاية فبالنسبة لواقعة البداية Start of Event فهى عبارة عن لحظة بداية انجاز مجموعة من الانشطة (او نشاط واحد) ولذا لا يدخل فيها اى سهم اما واقعة النهاية End of Event فهى تدل على اتمام جميع الانشطة ولهذا لايكون لها انشطة لاحقة (بمعنى انه لايخرج منها اى سهم) •

اما بالنسبة للمسارات الكاملة Complete Path فهى عبارة عن اى مسار يصل بين واقعة البداية وواقعة النهاية •

ويوضح الجدول الاتى الزمن الخاص باعداد دراسة جدوى لتحديد رسوم المرور فى قناة السويس (الارقام افتراضية) •

رقم مسلسل	رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن باليوم
١	صفر / ١	تحليل سياسات الرسوم فى الممرات العالمية	١٨
٢	صفر/ ٢	دراسة التغيرات التكنولوجية البحرية	٣٠
٣	صفر/ ٣	السياسة الاقتصادية للرسوم	١٥
٤	١ / ٤	دراسة الاسطول العالمى والطرق الملاحية الرئيسية	٢٢
٥	١ / ٥	دراسة التغيرات فى الموانى العالمية الحالية والجديدة	١٢
٦	٢ / ٧	دراسة سياسة التسعير بقناة السويس المعمول بها حاليا	٢٥
٧	٢ / ١٠	دراسة التغير فى حركة النقل العالمى قبل وبعد تحديد رسوم المرور	٣٠
٨	٣ / ٦	حساب التكلفة الجارية للقناة	٩
٩	٣ / ٨	حساب التكلفة الجارية لممرات الملاحة الاخرى	٢٥
١٠	٤ / ٥	مساهمة القناة فى النقل العالمى	٣٠
١١	٥ / ١١	المقارنة بين استخدام القناة والطرق الملاحية الاخرى	٢٢
١٢	٦ / ٧	تحديد الرسوم حسب انواع السفن والحمولات	٢٠
١٣	٦ / ٩	حساب تكلفة الاستثمار	٥
١٤	٧ / ١٠	استفسارات ملاك السفن بشأن الرسوم الجديدة	٣٥
١٥	٨ / ٩	دراسة العائد المتوقع من القناة	١٥
١٦	٩ / ١١	دراسة الاثار الاقتصادية على الاقتصاد القومى	٤٢
١٧	١٠ / ١١	تقديم تقرير بالسياسة المثلى للرسوم	٣٢

وتظهر الانشطة وزمن كل نشاط على الرسم الشبكى الاتى :



رسم رقم (٢)

وتسمى اتجاه الاسهم من واقعة البداية (صفر) حتى واقعة النهاية مسـار Path وفى هذا الشكل الشبكى توجد سبعة مسارات باليوم هى :

المسار الاول : صفر/١/٤/٥/١١= ١٨ + ٢٢ + ٣٠ + ٣٢ = ٩٢

المسار الثانى : صفر/١/٥/١١ = ١٨ + ١٢ + ٢٢ = ٥٢

المسار الثالث : صفر/٢/١٠/١١ = ٨٠ + ٣٠ + ٣٢ = ٩٢

المسار الرابع : صفر/٢/٧/١٠/١١ = ٣٠+٣٥+٢٥+٣٠ = ١٢٢

المسار الخامس : صفر/٣/٦/٧/١٠/١١ = ١٥+ ٩ +٢٠+٣٥ + ٢٣ = ١١١

المسار السادس: صفر/٣/٦/٩/١١ = ١٥ + ٩ + ٥ + ٤٢ = ٧١

المسار السابع : صفر/٣/٨/٩/١١ = ١٥ + ٢٥ + ١٥ + ٤٢ = ٩٧

وواضح انه بالنسبة للمسارات السابقة توجد واقعتين : واقعة البداية (صفـر) وواقعة النهاية (١١) ومعنى ذلك ان المسار الذى به واقعة بداية وواقعة نهاية يسـمى مسار كامل . ويتكون كل مسار كامل من انشطة والتى تكون المسار الكامل وهذه الانشطـة (المسارات الجزئية لها ثلاث حـالات) :

١ — المسار السابق للواقعة المذكورة عبارة عن أى نشاط متتابع من بداية الواقعة حتى الواقعة المذكورة .

٢ — المسار التالى للواقعة المذكورة عبارة عن اى نشاط متتابع من الواقعة المذكورة حتى نهاية الواقعة .

٣ — المسار بين الوقائع عبارة عن اى نشاط متتابع بين واقعتين .

فاذا رمزنا بالاتى :

ل — ترمز للمسار الكامل .

ل ا ى — الواقعة السابقة .

ل ى ص — الواقعة التالية (اللاحقة) .

ل ى م ، ف ن — بين الوقائع

ونتيجة لمقارنة المسارات السابقة ببعضها البعض نسمى المسار الكامل الذى له اكبر زمن المسار الحرج Critical Path وبالنظر للرسم الشبكى رقم (٢) يكون المسار صفر/٢/٧/١٠/١١ المسار صاحب اكبر زمن (١٢٢ يوم) ولذلك نركز على هذا المسار الحرج وذلك على اعتبار ان تنفيذ الانشطة الواقعة على هذا النشاط يعنى تنفيذ بقية الانشطة على الرسم الشبكى .

احتياطى الزمن للمسارات : نفرض ان :

ب (ل) — ترمز للاحتياطى الكلى لزمن المسار

ت (ص) — زمن المسار الحرج .

ت (ل) — زمن المسارات غير الحرجة .

فمعنى ذلك اننا يمكننا تحديد احتياطى الزمن للمسارات بالمعادلة الاتية :

ب (ل) = ت (ص) — ت (ل)

ومن المثال السابق يكون للمسارات السابق تحديدها حسب الترتيب احتياطى الزمن باليوم كالاتى :

(١) ١٢٢ — ٩٢ = ٣٠

(٢) ١٢٢ — ٥٢ = ٧٠

(٣) ١٢٢ — ٩٢ = ٣٠

(٤) ١٢٢ — ١٢٢ = صفر

(٥) ١٢٢ — ١١١ = ١١

(٦) ١٢٢ — ٧١ = ٥١

(٧) ١٢٢ — ٩٧ = ٢٥

ويعنى احتياطى الزمن لكل مسار كامل الى اى حد يمكن زيادة زمن المسار ويتحقق احتياطى الزمن فى كل الحالات عندما يكون بالرسم الشبكى اكثر من مسار واحد ابتداء من واقعة البداية حتى واقعة النهاية فاذا كان بالرسم الشبكى مسار واحد يصبح هذا المسار هو المسار الحرج ولا يكون للانشطة الواقعة على هذا المسار احتياطى زمن. ولان كل مسار على الرسم الشبكى (ماعدا المسارات الحرجة) يكون لها احتياطى زمن فلهذا فان كل واقعة لهذه المسارات (غير الحرجة) سيكون لها احتياطى الزمن الخاص بها .

زمن اتمام الواقعة :

لتحديد احتياطى الزمن لوقائع الشبكة نأخذ فى الحسبان الزمن المبكر (ت ١) والزمن المتأخر (ت ٢) لاتمام الواقعة ولهذا نحسب اولا الزمن المبكر والزمن المتأخر لاتمام الواقعة (٣) على سبيل المثال .

ففى الواقعة (٣) يدخل فقط نشاط واحد هو (صفر/٣) والزمن المبكر لنهاية هذا النشاط يتحدد بطول هذا النشاط ويكون ١٥ يوما ومعنى ذلك ان ت ١ = ٦ ولحساب الزمن المتأخر لاتمام الواقعة يلزم معرفة النشاط الحرج فى الشكل الشبكى والزمن التالى للمسارات بعد هذه الواقعة فمن الواقعة (٣) يخرج ثلاثة مسارات :

الاول : ٣/٦/٧/١٠ / ١١ والثانى : ٣/٦/٩/١١ والثالث : ٣/٨/٩/١١

ويكون زمن المسار الاول ٩٦ يوم اى (٩ + ٢٠ + ٣٥ + ٣٢) وبالنسبة لزمن المسار الثانى ٥٦ يوم (٩ + ٥ + ٤٢) وللمسار الثالث ٨٢ يوم (٢٥ + ١٥ + ٤٢) ، ومن المسارات التالية للواقعة (٣) نختار اكبرها من حيث الزمن ونعتبر اكبر هذه المسارات من

زمن المسار الحرج وواضح ان اكبر هذه المسارات الثلاثة هو المسار صاحب اكبر زمن ٩٦ يوم • ومعنى ذلك ان الزمن المتأخر لاتمام الواقعة (٣) يكون (١٢٢ — ٩٦ = ٢٦ اى ان ت٢ = ٢٦ ولكن ماذا يحدث لو كان الزمن المتأخر لاتمام الواقعة (٣) ليس ٢٦ يوما ولكن ٣٠ يوما ؟

فى هذه الحالة تنجز فى الثلاثين يوما الانشطة الداخلة فى الواقعة (٣) ويجب ان تنجز فى مدى ٩٦ يوما الانشطة الواقعة على اكبر مسار التاليين لهذه الواقعة وكذلك فلانجاز الانشطة تحتاج ١٢٦ يوم (٣٠ + ٩٦) اى ان الزمن العام لانجاز الانشطة يزداد (٤) ايام وهذا غير مسموح به •

ننظر الان الى الواقعة (٥) ويمكن ان تتم هذه الواقعة عندما يمكننا انجاز كل الانشطة الداخلة فيها اى النشاط (١/٥) والنشاط (٤/٥)•

والزمن المبكر لنهاية النشاط (١/٥) سيتحدد بزمن النشاط المذكور والنشاط السابق له وفى هذه الحالة فان النشاط السابق يكون فقط النشاط (صفر/١) والذى له زمن ١٨ يوما ولا يمكن الانتهاء منه قبل ١٨ يوما وبعد انتهاء النشاط (صفر/١) يبدأ النشاط (١/٥) وزمنه ١٢ يوما ويمكن الانتهاء منه خلال ٣٠ يوما (١٢ يوما للنشاط المذكور ١/٥ و ١٨ يوما للنشاط السابق صفر/١) •

وبالنسبة للنشاط (٤/٥) يكون له نشاطين سابقين : النشاط (صفر /١) والنشاط (٤/١) ومجموع زمنهما ٤٠ يوما (١٨ + ٢٢) • فاذا بدأنا خلال ٤٠ يوما انجاز النشاط (٤/٥) فان الزمن المبكر للانتهاء منه ٧٠ يوما وهذا المقدار نحصل عليه نتيجة جمع زمن الانشطة السابقة وزمن النشاط (٤/٥) اى ١٨+٢٧+٣٠ = ٧٠ يوما •

وهكذا فان الواقعة (٥) يدخل فيها مسارين : المسار الاول ١/٥ بزمن ٣٠ يوما والثانى ٥/٤/١ صفر بزمن ٧٠ يوما ونختار المسار صاحب اكبر زمن والذى سيحدد الزمن المبكر لاتمام الواقعة ت١ = ٧٠

ولتحديد الزمن المبكر لاتمام الواقعة (٥) اخذنا فى الاعتبار زمن النشاط السابق لهذه الواقعة ويتطلب الامر تحديد زمن النشاط التالى لهذه الواقعة فمن الواقعة (٥) يخرج نشاط واحد هو (١١/٥) بزمن قدره ٢٢ يوما فاذا طرحنا من زمن

المسار الحرج طول النشاط (١١/٥) وهو ما يعادل ٢٢ يوما يمكننا تحديد الزمن المتأخر لاتمام الواقعة (٥) الذى يعادل ١٢٢ — ٢٢ = ١٠٠ يوم ومعنى ذلك ان ت٢ = ١٠٠

وبصفة عامة فان حساب الزمن المبكر والمتأخر لاتمام الواقعة يمكن التعبير عنه بالمعادلة الاتية :

ت١ (ى) = ت (ل ى ، ١) اقصى ما يمكن

ت٢ (ى) = ت (ص) — ت (ل ى ، ص) اقصى ما يمكن

حيث : ت (ل ى ، ١) — زمن اطول مسار للواقعة السابقة المذكورة

ت (ل ى ، ص) — زمن اطول مسار التالى للواقعة المذكورة

ت (ص) — زمن المسار الحرج .

وباستخدام المعادلة السابقة يمكن تحديد الزمن المبكر والمتأخر لاتمام الواقعة (٦) حيث :

ت٢ = ١٢٢ — ٨٧ = ٣٥ ، ت١ = ٢٤

وبهذه الطريقة يمكن تحديد الزمن المبكر والمتأخر لاتمام كل الوقائع على الرسم الشبكى مع ملاحظة انه بالنسبة لوقائع المسار الحرج فان ت١ (ى) = ت٢ (ى) .

ويوضح الجدول الاتى الزمن المبكر والمتأخر لاتمام الوقائع على الرسم الشبكى رقم (٢) .

جدول رقم (٢)

رقم الواقعة	$ت_{1}(ى)$	$ت_{2}(ى)$	$ب_{ى} = ت_{2}(ى) - ت_{1}(ى)$
صفر	صفر	صفر	صفر
١	١٨	٤٨	٣٠
٢	٣٠	٣٠	صفر
٣	١٥	٢٦	١١
٤	٤٠	٧٠	٣٠
٥	٧٠	١٠٠	٣٠
٦	٢٤	٣٥	١١
٧	٥٥	٥٥	صفر
٨	٤٠	٦٥	٢٥
٩	٥٥	٨٠	٢٥
١٠	٩٠	٩٠	صفر
١١	١٢٢	١٢٢	صفر

احتياطى الزمن للواقعة :

يتحدد بأن نطرح من الزمن المتأخر لاتمام الواقعة ($ت_{2}$) الزمن المبكر لاتمام الواقعة ($ت_{1}$) اى $ب_{ى} = ت_{2}(ى) - ت_{1}(ى)$

ويشير احتياطى الزمن للواقعة الى ان اى زمن يمكن تأخير تنفيذ الواقعة المذكورة والذى لا يتعدى زيادة الزمن العام لانجاز مجموعة الانشطة . واحتياطى

الزمن لاى واقعة يعادل مقدار الاحتياطى الكلى لزمن اطول مسار المار خلال هـذه الواقعة وبمعرفة احتياطى الزمن لكل واقعة يمكن رؤية الاحتياطى الكلى (ب) لاكبر مسار مار خلال الواقعة المذكورة وهذه الخاصية للواقعة لها اهمية كبيرة خاصة عند دراسة الامثلية للرسوم الشبكية ٠

والواقعة التى من خلالها يمر المسار الحرج لايكون لها احتياطى زمن او بمعنى اخر يكون احتياطى الزمن لها مساويا صفرا وهذا يعنى ان الزمن المبكر والمتأخر لاتمام الواقعة يتطابقان حيث : $ت_1(ى) = ت_2(ى)$

ولهذا فان $ب(ى) = ت_2(ى) - ت_1(ى) =$ صفر

واحتياطى الزمن للواقعة سيكون

$ب_1 = ٤٨ - ١٨ = ٣٠$

$ب_2 = ٣٠ - ٣٠ =$ صفر

$ب_3 = ٢٦ - ١٥ = ١١$

وهكذا ٠

ثانيا : تقديرات الزمن للانشطة :

كل نشاط (سواء أكان فعليا او متوقعا) يتطلب نفقات زمن بمعنى ان كل نشاط يكون له زمن وهذا الزمن قد يكون محددا (معروفا) او غير محدد (غير معروف) وفى الحالة الاولى عندما يكون الزمن محددا فان تقييمه يسمى تقييما حتميا او تقييما محددا وفى الحالة الثانية عندما تكون البيانات المحددة عن الزمن غائبة نستخدم التقييم الاحتمالى والتقييم الاحتمالى او المتوقع للزمن يتحدد على اساس نظرية الاحتمالات والاحصاء الرياضى وعادة ما يتحدد زمن كل نشاط ولحساب الزمن الاحتمالى (او المتوقع) يلزم ان يكون لدينا ثلاثة تقييمات للزمن : الزمن المتفائل والزمن المتشائم والزمن الاكثر احتمالا ٠

والزمن المتفائل Optimistic Time والذى نرمز اليه بالرمز ($ت_{صفر}$) عبارة عن زمن انجاز النشاط فى احسن الظروف ملائمة ٠

اما الزمن المتشائم Pessimistic Time والذى نرمز اليه بالرمز ($\overline{ت}$) عبارة عن الزمن اللازم لانجاز النشاط فى الظروف الغير عادية ٠

وبالنسبة للزمن الاكثر احتمالا Most Likely Time والذى نرمز اليه بالرمز (ت$_{م}$) عبارة عن الزمن الممكن لانجاز النشاط فى الظروف العادية وعند تحديد الزمن المتوقع لانجاز النشاط والذى نرمز اليه بالرمز (ت$_{م}$) نستخدم المعادلة الاتية :

$$ت_{م} = \frac{ت_{صفر} + ٤ ت_{م} + ت_{ع}}{٦}$$

وكل نشاط فى الشكل الشبكى يكون له واقعة بداية وواقعة نهاية وهذا يسمح لكل نشاط على اساس البيانات الخاصة بالزمن المبكر والمتأخر لاتمام الواقعة ان نحدد الزمن المبكر لبداية النشاط . ت$_{٣}$ (ى$_{ء}$ ج) والزمن المتأخر لبداية النشاط ت$_{٤}$ (ى$_{ء}$ ج) والزمن المبكر لنهاية النشاط ت$_{٥}$ (ى$_{ء}$ ج) والزمن المتأخر لنهاية النشاط ت$_{٦}$ (ى$_{ء}$ ج) فالزمن المبكر لبداية النشاط Earliest start of the activity (E. s) يتطابق مع الزمن المبكر لاتمام البداية لنشاط هذه الواقعة اى ان ت$_{٣}$ (ى$_{ء}$ ج) = ت$_{١}$ (ى) وهو عبارة عن زمن اطول مسار من واقعة البداية حتى هذا النشاط .

والزمن المبكر لنهاية النشاط يعادل مجموع الزمن المبكر لاتمام البداية لنشاط الواقعة وزمن النشاط المذكور اى ان Earliest completion of the activity (E. c)

$$ت_{٣} (ى_{ء} ج) = ت_{١} (ى) + ت (ى_{ء} ج)$$

وهو عبارة عن الزمن المبكر لبداية النشاط مضافا اليه طول هذا النشاط .

والزمن المتأخر لبداية النشاط يعادل الفرق بين الزمن المتأخر لاتمام الواقعة الاخيرة للنشاط المذكور وطول هذا النشاط Latest start of the activity (L.s) اى ان

$$ت_{٤} (ى_{ء} ج) = ت_{٢} (ج) - ت (ى_{ء} ج)$$

وهو عبارة عن طول المسار الحرج مطروحا منه كلا من طول النشاط نفسه وأطول مسار ابتداء من نهاية النشاط حتى واقعة النهاية .

والزمن المتأخر لنهاية النشاط Latest completion of the activity (L.c) يتطابق مع الزمن المتأخر لاتمام الواقعة الاخيرة للنشاط المذكور اى ان :

$$ت_{أ} (ى_{ء} ج) = ت_{٢} (ج)$$

وهو عبارة عن مجموع الزمن المتأخر لبداية النشاط وطول النشاط نفسه ٠

وعلى سبيل المثال فبالنسبة للنشاط (٦/٣) سيكون له نفس الزمن المبكر للبداية مثل الزمن المبكر لاتمام بداية الواقعة لهذا النشاط ـ بمعنى ان :

$$ت_{ا}(٣) = ت_{٣}(٦،٣) = ١٥$$

والزمن المبكر لنهاية النشاط (٦/٣) يعادل فى المجموع الزمن المبكر لاتمام الواقعة (٣) وطول هذا النشاط اى ان

$$ت_{ا}(٣) + ت(٦،٣) = ١٥ + ٩ = ٢٤ = ت_{٥}(٦،٣)$$

وللحصول على الزمن المتأخر لبداية النشاط (٦/٣) نطرح من الزمن المتأخر لاتمام الواقعة الاخيرة لهذا النشاط زمنه ـ اى ان :

$$ت_{٢}(٦) - ت(٦،٣) = ٣٥ - ٩ = ٢٦ = ت_{٤}(٦،٣)$$

وبالنسبة للزمن المتأخر لنهاية النشاط (٦/٣) فيتطابق مع الزمن المتأخر لاتمام الواقعة الاخيرة للنشاط المذكور اى الواقعة (٦) ويكون :

$$ت_{٢}(٦) = ٣٥ = ت_{٦}(٦،٣)$$

وهكذا يظهر من الجدول الاتى الزمن المبكر لبداية النشاط والزمن المبكر لنهاية النشاط والزمن المتأخر لنهاية النشاط واحتياطى الزمن ٠

جدول رقم (٣)

رقم مسلسل	رقم النشاط	زمن النشاط	الزمن المبكر		الزمن المتاخر		احتياط الزمن (ت٤ - ت٣) او (ت٦ - ت٥)
			لبداية ت٣ (ى ج)	لنهاية ت٥ (ى ج)	لبداية ت٤ (ى ج)	لنهاية ت٦ (ى ج)	
١	صفر/ ١	١٨	صفر	١٨	٣٠	٤٨	٣٠
٢	صفر/ ٢	٣٠	صفر	٣٠	صفر	٣٠	صفر
٣	صفر/ ٣	١٥	صفر	١٥	١١	٢٦	١١
٤	٤/ ١	٢٢	١٨	٤٠	٤٨	٧٠	صفر
٥	٥/ ١	١٢	١٨	٣٠	٨٨	١٠٠	٤٠
٦	٧/ ٢	٢٥	٣٠	٥٥	٣٠	٥٥	صفر
٧	١٠/ ٢	٣٠	٣٠	٦٠	٦٠	٩٠	٣٠
٨	٦/ ٢	٩	١٥	٢٤	٢٦	٣٥	صفر
٩	٨/ ٣	٢٥	١٥	٤٠	٤٠	٦٥	١٤
١٠	٥/ ٤	٣٠	٤٠	٧٠	٧٠	١٠٠	صفر
١١	١١/ ٥	٢٢	٧٠	٩٢	١٠٠	١٢٢	صفر
١٢	٧/ ٦	٢٠	٢٤	٤٤	٣٥	٥٥	صفر
١٣	٩/ ٦	٥	٢٤	٢٩	٧٥	٨٠	٤
١٤	١٠/ ٧	٣٥	٥٥	٩٠	٥٥	٩٠	صفر
١٥	٩/ ٨	١٥	٤٠	٥٥	٨٥	٨٠	صفر
١٦	١١/ ٩	٤٢	٥٥	٩٧	٨٠	١٢٢	صفر
		[redacted]		١١١١	٥	١٢٢	صفر

وقد وجد ان تقديرات زمن النشاط يوزع طبقا لتوزيع بيتا Beta Distribution حيث يعطينا هذا التوزيع مرونة اذ انه بالاعتماد على قيم أ ، م ، ط يمكن ان ينحرف الى اليمين او اليسار حيث :

أ = ترمز الى الزمن المتفائل وبافتراض ان أ = ١٠ أسابيع فان احتمال انهاء النشاط خلال ١٥ أسبوع او اقل ستكون $\frac{١}{١٠٠}$

م = الزمن الاكثر احتمالا وبافتراض ان م = ١٦ فهذا يعنى ان اغلب زمن هذا النشاط سيحتاج الى ١٦ اسبوعا لانهائه ٠

ط = الزمن المتشائم حيث ط = ٤٠ اسبوع ومن ثم فان احتمال ان هذا النشاط سيحتاج الى اكثر من ٤٠ أسبوعا هو $\frac{١}{١٠٠}$ ٠

ومن ثم فان الزمن المتوقع لانهاء النشاط (ت) سيقيم بقيم أ ، م ، ط ويحسب بالمعادلة الاتية :

$$ت = \frac{أ + ٤م + ط}{٦} = \frac{١٠ + ٤(١٦) + ٤٠}{٦} = ١٩$$

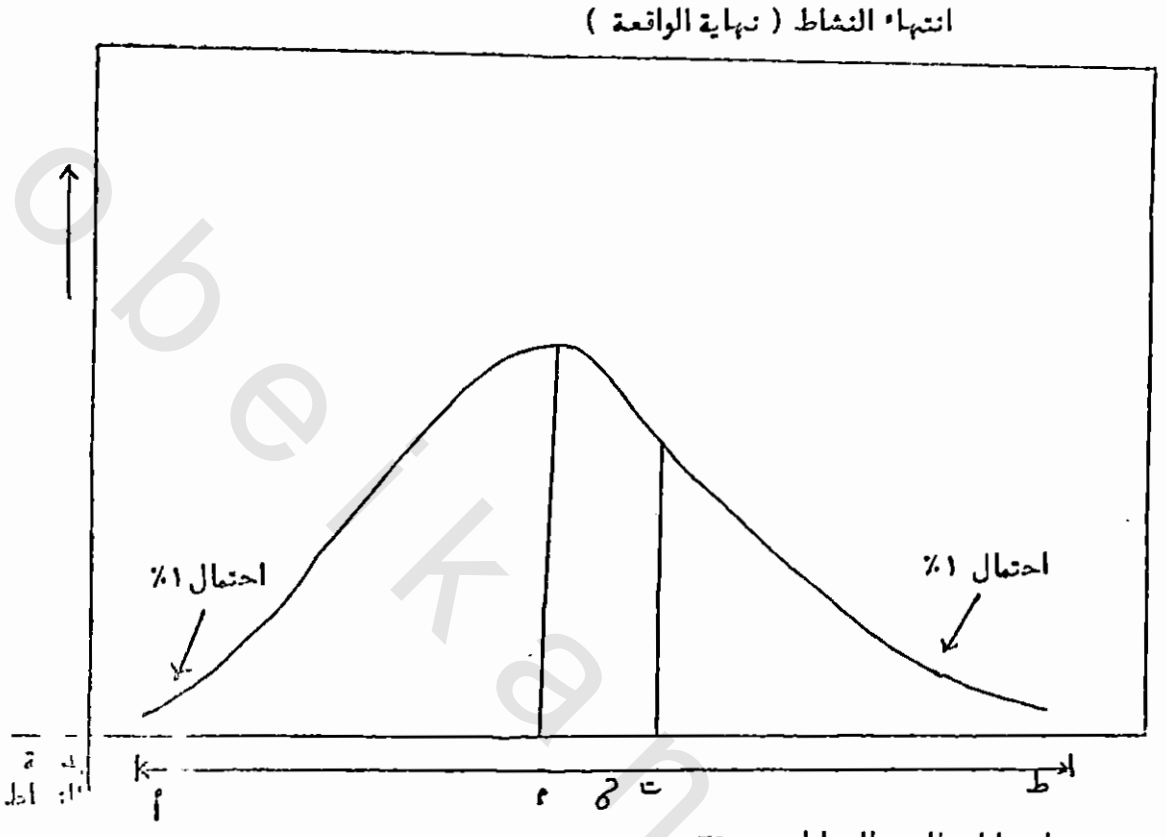
ومعنى أن ت = ١٩ انه توجد فرصة ٥٠ : ٥٠ بأن الانتهاء الفعلى من النشاط يمكن ان يكون مبكرا او متأخرا عن ١٩ أسبوع ٠

كما يصبح الانحراف المعيارى σ لتوزيع الزمن لانتهاء النشاط

$$\sigma = \frac{ب - أ}{٦} = \frac{٤٠ - ١٠}{٦} = ٥$$

ويقيس هذا الانحراف مدى تشتت التوزيع dispersion of Distribution

ويمكن تمثيل هذه الازمنة على الرسم البيانى الاتى :



احتياطى الزمن للنشاط Float

وهو عبارة عن اكبر زمن والذى يمكن به زيادة زمن انجاز النشاط المذكور بدون زيادة الزمن العام لاحتياطى الانشطة ككل .

فاحتياطى الزمن (ب) للنشاط (ى ٦ ج) عبارة عن الفرق بين الزمن المتأخر والمبكر لبداية النشاط او الفرق بين الزمن المتأخر والزمن المبكر لنهاية النشاط المذكور ، اى ان :

ب (ى ٦ ج) = ت٤ (ى٦ ج) — ت٣ (ى٦ ج)

او

ب (ى ٦ ج) = ت٦ (ى ٦ ج) — ت٥ (ى ٦ ج)

وعلى سبيل المثال فاحتياطى الزمن للنشاط يكون

ب (صفر ، ١) = ت ٤/٣ (صفر ، ١) — ت ٣ (صفر ، ١) = ٣٠ — صفر = ٣٠

ب (١ ، ٤) = ت ٦/٥ (١ ، ٤) — ت ٥ (١ ، ٤) = ٧٠ — ٤٠ = ٣٠

ب (٢ ، ٧) = ت ٤/٣ (٢ ، ٧) — ت ٣ (٢ ، ٧) = ٣٠ — ٣٠ = صفر

وهكذا ٠

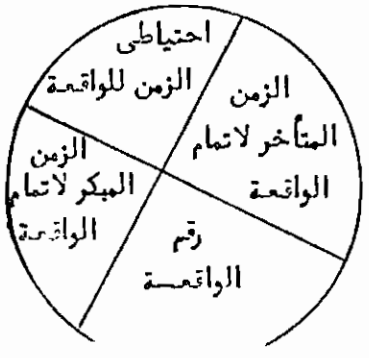
ثالثا : تثبيت المؤشرات الرئيسية على الرسم الشبكى :

واضح من جدول رقم (٢) اننا قمنا بكتابة الزمن المبكر والزمن المتأخر لاتمام الواقعة واحتياطى الزمن اما فى الجدول رقم (٣) فيوضح المؤشرات الخاصة بالانشطة والتصوير البيانى للانشطة والجدول الحسابى لها يشمل حجم المعلومات اللازمة لتنظيم التخطيط الكفء وادارة مجموعة الانشطة ٠

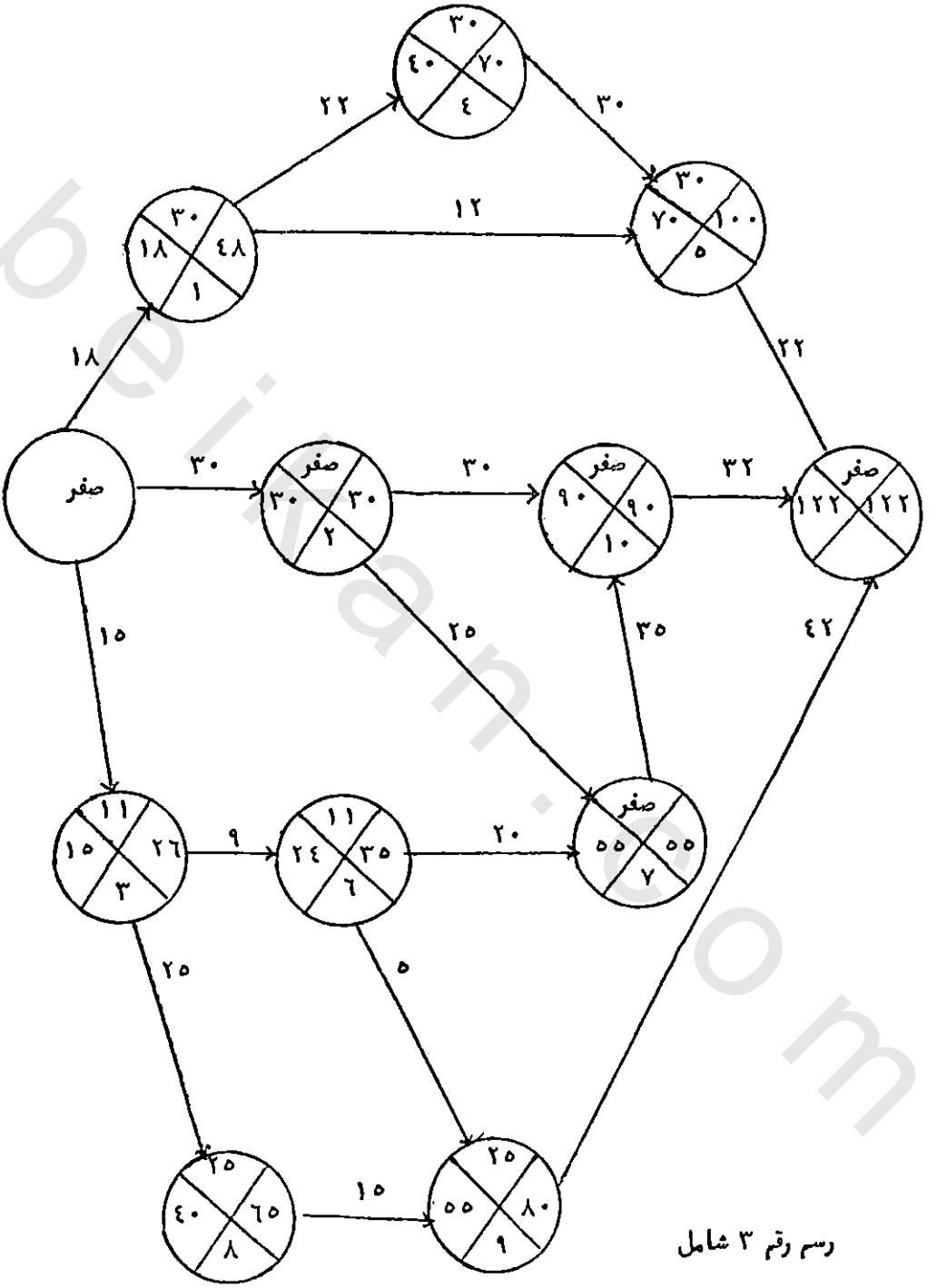
واتثبيت المؤشرات الرئيسية للرسم الشبكى نستخدم دوائر تعبر عن الوقائع وتوجد عدة اساليب لتثبيت المؤشرات مباشرة على الرسم الشبكى نذكر منها :

(١) اسلوب التثبيت بالقطاعات الاربعة بأن نقسم اى واقعة الى اربعة اركان ، وفى الركن الاسفل للواقعة نكتب عادة رقم الواقعة وفى الركن الايسر نكتب الزمن المبكر لاتمام الواقعة ٠ اما فى الركن الايمن فنكتب الزمن المتأخر لاتمام الواقعة وفى اعلى نكتب احتياطى زمن الواقعة ٠

وهذا يعنى ان القطاع الايسر لاى دائرة (واقعة) يعنى الزمن المبكر للبداية اما القطاع الايمن فالزمن المتأخر للبداية الخارج من نشاط الواقعة المذكورة و من الرسم الاتى (رسم رقم ٣) نوضح المؤشرات الخاصة بالوقائع مع العلم بأن احتياطى الزمن للواقعة عبارة عن الفرق بين الزمن المتأخر والمبكر لاتمام الواقعة ٠



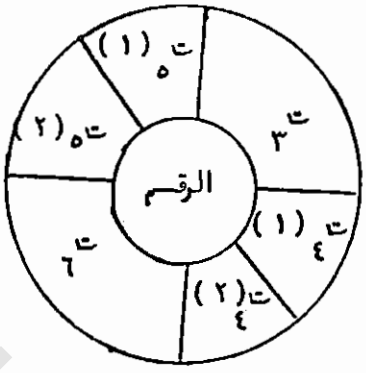
رسم رقم (٣)



رسم رقم ٣ شامل

obeikandl.com

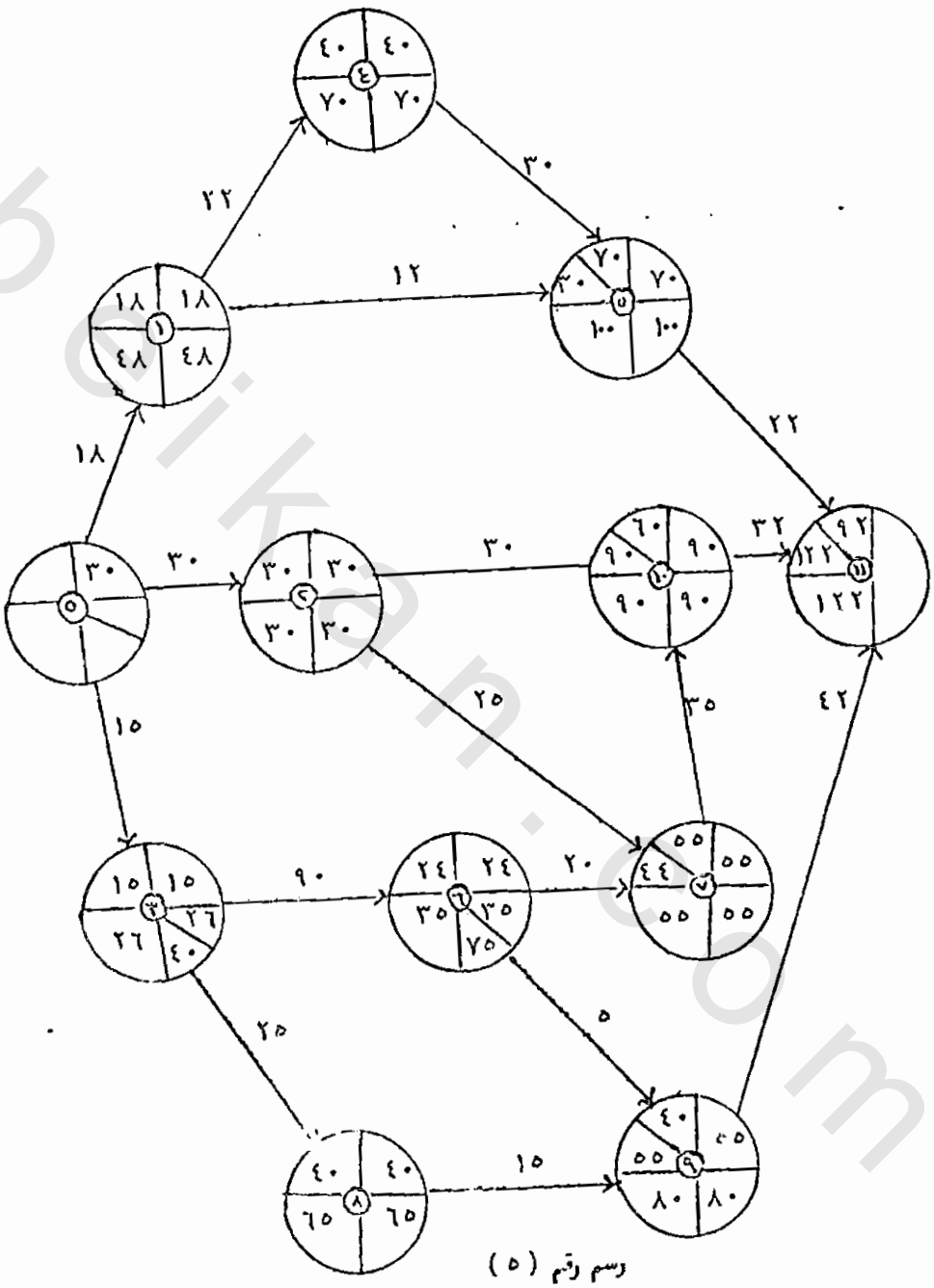
(٢) لتثبيت المؤشرات الرئيسية على الشكل الشبكى يمكن ان نقسم اى واقعة الى (٦) اجزاء كالاتى :



رسم رقم (٤)

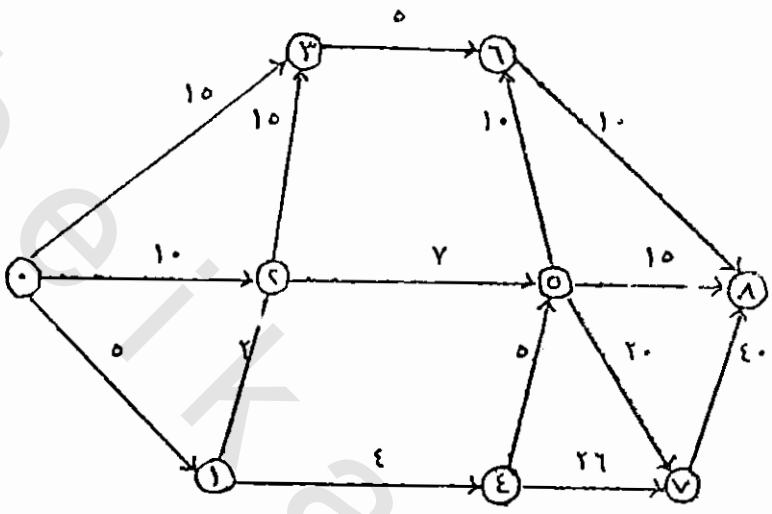
وبهذا الاسلوب يمكن تثبيت المؤشرات الرئيسية على الشكل الشبكى الاتى :

obeikan.com


٤٠ ٤٠ ٤ ٧٠ ٧٠
٢٢
٣٠
١٨ ١٨ ١ ٤٨ ٤٨
١٢
٧٠ ٧٠ ٣٠ ٥ ١٠٠ ١٠٠
٢٢
١٨
٣٠ ٥
٣٠
٣٠ ٣٠ ٦ ٣٠ ٣٠
٣٠
٦٠ ٩٠ ٩٠ ١٠ ٩٠ ٩٠
٣٢
٩٢ ١٢٢ ١١ ١٢٢
١٥
٢٥
٣٥
٤٢
١٥ ١٥ ٢٦ ٣ ٢٦ ٤٠
٩٠
٢٤ ٢٤ ٣٥ ٩ ٣٥ ٧٥
٢٠
٥٥ ٥٥ ٤٤ ٧ ٥٥ ٥٥
٢٥
٥
٤٠ ٤٠ ٦٥ ٨ ٦٥
١٥
٤٠ ٥٥ ٥٥ ٥ ٨٠ ٨٠

رسم رقم (٥)

اما الاسلوب الثالث لتثبيت المؤشرات الرئيسية للرسم الشبكى فهو استخدام الجدول الحسابى فباستراس الرسم الشبكى الاتى : (رسم رقم ٦)



رسم رقم (٦)

وتمر خطوات الجدول الحسابى بالمراحل الاتية :

المرحلة الاولى :

بناء جدول يرقم فيه المسلسل بالسطر ورقم الانشطة وزمن النشاط ت (ى ، ج) والزمن المبكر لبداية النشاط (ت) والزمن المبكر لنهاية النشاط (ت) والزمن المتأخر لبداية النشاط (ت) والزمن المتأخر لنهاية النشاط (ت) واحتياطى الزمن (ب) .

المرحلة الثانية :

فى العمود الاول رقم (١) تكتب كل الانشطة ولهذا نبدأ من واقعة البداية فى نظام تصاعدى للترقيم لكل الانشطة الخارجة من هذه الواقعة فمثلا من الواقعة (صفر) يخرج ثلاثة انشطة (صفر/١) و (صفر/٢) و (صفر/٣) ولهذا تكتب هذه الانشطة حسب تتابعها فى بداية الجدول ثم نجد الواقعة (١) بعد الواقعة (صفر) وبنهايا

يخرج نشاطان هما (٢/١) و (٤/١) فنكتب هذه الانشطة بالترتيب ثم نكتب الانشطة الخارجة من الواقعة رقم (٢) ثم الخارجة من الواقعة (٣) و (٤) حتى الواقعة (٧) .

المرحلة الثالثة :

نملأ العمود الثانى رقم (٢) وذلك بكتابة زمن كل نشاط للعمود (١) سواء الزمن الفعلى او الوهمى ، ويوضح العمود الثانى الانشطة الفعلية والوهمية للرسم الشبكى .

المرحلة الرابعة :

نملأ فيها عمودين العمود الثالث والرابع .. فالانشطة (صفر/١) و (صفر/ ٢) و (صفر/٣) لها بداية مذكورة ولهذا فان الزمن المبكر لبداية النشاط ($ت_{ب}$) لهذه الانشطة سيكون (صفر) . اما الزمن المبكر لنهاية النشاط ($ت_{ن}$) فيتحدد كمجموع للزمن المبكر لبداية النشاط وطول هذا النشاط بمعنى ان :

$$ت_{ن}(ى ، ج) = ت_{ب}(ى ، ج) + ت(ى ، ج)$$

فمثلا بالنسبة للنشاط صفر/١ = صفر + ٥ وبالنسبة للنشاط (صفر/٢) وللنشاط (صفر/٣)

$ت_{ن}$ = صفر + ١٠ = ١٠ وللنشاط (صفر/٣)

$ت_{ن}$ = صفر + ٥ = ٥

وعند النشاط (٢/١) فان الزمن المبكر لبداية النشاط سيكون (٥) لأن هذا النشاط يبدأ بعد نهاية النشاط (صفر/١) .

اما الزمن المبكر لنهاية النشاط ($ت_{ن}$) للنشاط (٢/١) فهو عبارة عن

$ت_{ن}$ = ٥ + ٢ = ٧

وواضح انه من الواقعة (٢) يدخل نشاطان بأزمنة مختلفة للزمن المبكر لنهاية النشاط $ت_{ن}$ (٢،١) = ٧ ، $ت_{ن}$ (صفر ،٢/) = ١٠ .

وهذين المقدارين يوضحان ان الزمن المبكر لبداية كل الانشطة الخارجة من الواقعة (٢) سيكون (١٠) .

وبالنسبة للنشاط (٣/٢) و (٥/٢) فان الزمن المبكر لنهاية النشاط :

$ت_{ن}$ (٣،٢) = ١٠ + ١٥ = ٢٥

وبالنسبة الى ت ٥ (٥،٢) = ١٠ + ٧ = ١٧ وعند النشاط (١/٤) فان ت م = ٥ بمعنى ان الزمن المبكر لنهاية النشاط السابق (صفر/١) اما الزمن المبكر لنهاية النشاط (١/٤) فيكون ت ٥ (٤،١) = ٥ + ٤ = ٩ .

وبالنسبة للواقعة (٣) يدخل فيها نشاطان واحد منهما له ت ٥ (صفر،٣) = ٥ والاخر ت ٥ (٣،٤) = ٢٥ وبالنسبة للخارج من هذه الواقعة فهو النشاط (٣/٦) ويكون الزمن لبداية هذا النشاط (٢٥) .

وبهذه الطريقة يمكن ملء العمود الثالث والرابع ومن الضرورى ملاحظة الزمن المبكر لنهاية الانشطة السابقة ونختار الاكبر منهما . اما النشاط (٧/٨) فيكون الزمن المبكر لبدايته ت ٣ = ٣٧ والنشاط (٨/٧) يكون الزمن المبكر لبدايته ت ٣ = ٣٧ والزمن المبكر لنهايته ت ٥ = ٧٧ وهذه الازمنة تحدد الزمن العام لانجاز مجموعة الانشطة .

وبملء اعمدة الزمن المبكر لبداية النشاط والزمن المبكر لنهايته يكون من السهل تحديد الزمن المبكر لاتمام الواقعة .

وهذا الزمن سيحدد الزمن المبكر لنهاية واحد من الانشطة الداخلة فى هذه الواقعة والتى لها اكبر زمن .

ففى الواقعة (٢) يدخل نشاطان الزمن المبكر لنهاية احدهما (١٠) والآخر (٧) والزمن المبكر لاتمام الواقعة (٢) سيكون (١٠) بمعنى ان الزمن المبكر لنهاية احد الانشطة الذى له اكبر زمن ، ومن المنطقى تحديد الزمن المبكر لاتمام باقى وقائع الشبكة كالاتى :

ت ١ (صفر) = صفر ، ت ١ (١) = ٥ ، ت ١ (٢) = ١٠ ، ت ١ (٣) = ٢٥ ، ت ١ (٤) = ٩ ،

ت ١ (٥) = ١٧ ، ت ١ (٦) = ٣٠ ، ت ١ (٧) = ٣٧ ، ت ١ (٨) = ٧٧

المرحلة الخامسة :

ملء العمود الخامس والسادس من اسفل لاعلى على العكس فى المرحلة الرابعة حيث تم الملء من اعلى لاسفل ، ولهذا نبدأ بملء العمود السادس حيث يجب تحديد الزمن

المتأخر لاتمام الواقعة الثامنة (٨) وعند الواقعة الثامنة فان الزمن المتأخر لاتمام الواقعة يتطابق مع الزمن المبكر للاتمام وهذا الزمن عند الواقعة (٨) يكون (٧٧) يوما والزمن المتأخر لبداية النشاط الداخل فى هذه الواقعة سيتحدد بأن نطرح من (٧٧) يوما زمن كل نشاط ومن ثم فان :

ت (٨،٦) = ٧٧ — ١٠ = ٦٧ ، ت (٧ ، ٨) = ٧٧ — ٤٠ = ٣٧ ، ت (٨،٥)
٤ ٤

= ٧٧ — ١٥ = ٦٢ .

وبالنسبة للنشاط الداخل فى الواقعة (٧) فان الزمن المتأخر للنهاية سيكون (٣٧) اى ان الزمن المتأخر لبداية النشاط الخارج من هذه الواقعة سيكون مساويا الزمن المتأخر لنهاية النشاط الداخل فيه . والزمن المتأخر للبداية يتحدد بالمعادلة الاتية :

ومن ثم ت (٧،٤) = ٣٧ — ٢٦ = ١١ ، ت (٧،٥) = ٣٧ — ٢٠ = ١٧
٤ ٤

وبنفس الطريقة يمكن تحديد الزمن المتأخر لبداية النشاط الداخل فى الواقعة حيث الزمن المتأخر للنهاية تعبر الزمن المتأخر لبداية النشاط (٦/٨) .

ومن الواقعة (٥) يخرج نشاطان لهما أزمنة مختلفة للزمن المتأخر لبداية النشاط ٨،٥ = ٦٢ ، ٧،٥ = ١٧ ولكى نحدد الزمن المتأخر لبداية النشاط الداخل فى هذه الواقعة يلزم ان نأخذ من المقادير لدينا الاقل ومنها نطرح زمن النشاط (٥/٤) و (٥/٢) فالزمن المتأخر لبداية النشاط سيكون (١٧ — ٧ = ١٠) ، (١٧ — ٥ = ١٢) .

وبالنسبة للانشطة الباقية فان الزمن المتأخر للبداية والزمن المتأخر للنهاية يتحددان بنفس الطريقة السابقة وبالنسبة للواقعة (١) مثلا يدخل النشاط (صفر / ١) الذى يكون له زمن متأخر للنهاية (٧) وهذا المقدار يعتبر الزمن المتأخر لاتمام الواقعة (١) وفى الواقعة (٢) يدخل نشاطان لهما زمن اتمام واحد للواقعة (٢) .

وبهذه القاعدة فان الزمن المتأخر لاتمام الواقعة سيكون كالاتى :

ت (صفر) = صفر ، ت (١) = ٧
٢ ٢

ت (٢) = ١٠ ، ت (٣) = ٦٢ ، ت (٤) = ١١ ، ت (٥) = ١٧
٢ ٢ ٢ ٢

ت٢ (٦) = ٦٧ ، ت٢ (٧) = ٣٧ ، ت٢ (٨) = ٧٧

وبالحصول على ارقام العمودين الخامس والسادس يمكن تحديد احتياطى زمن الانشطة .

المرحلة السادسة :

حساب احتياطى الزمن والذى يتحدد باستخدام احدى المعادلتين الاتيتين :

ب (ى،ج) = ت٤ (ى،ج) — ت٣ (ى،ج)

او

ب (ى،ج) = ت٦ (ى،ج) — ت٥ (ى،ج)

ولهذا يكون احتياطى الزمن للعمود السابع لبعض الانشطة كالاتى :

ب (صفر ، ١) = ٧ — ٢ = ٥

ب (صفر ، ٢) = ١٠ — ١٠ = صفر

ب (١ ، ٢) = ١٠ — ٧ = ٣

وهكذا بالنسبة لباقى الانشطة ويوضح الجدول الاتى رقم (٤) الارقام الخاصة بكل الانشطة للشكل الشبكى (رقم ٦) .

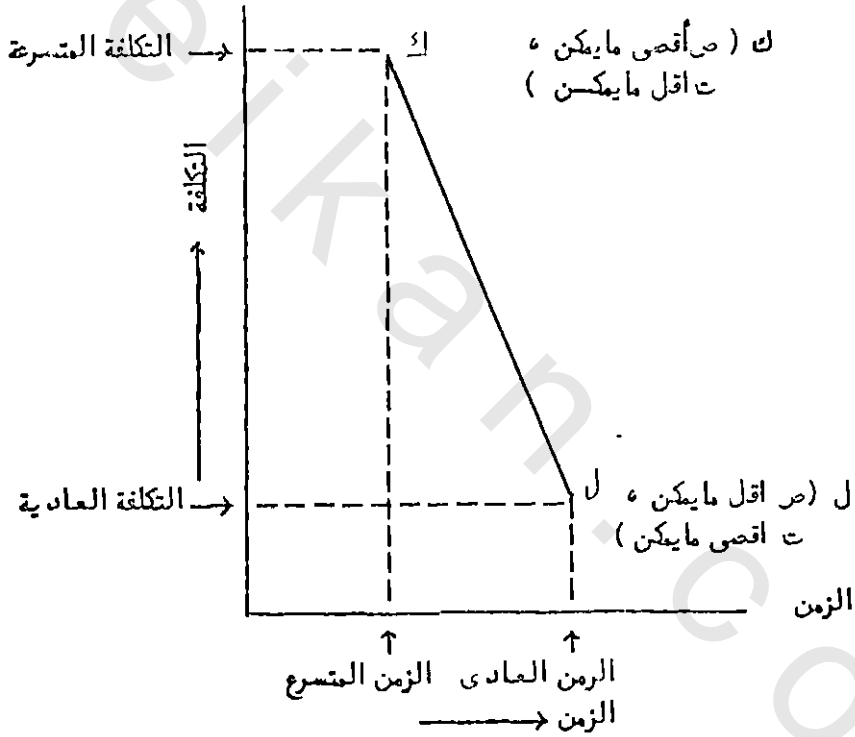
رقم مسلسل	رقم النشاط (١)	زمن النشاط (٢) ى ج	الزمن المبكر		الزمن المتأخر		احتياطى الزمن (ت٤ — ت٣) او (ت٦ — ت٥)
			لبداية النشاط (٣) ت٣	لنهاية النشاط (٤) ت٥	لبداية النشاط (٥) ت٤	لنهاية النشاط (٦) ت٦	
١	صفر/١	٥	صفر	٥	٢	٧	٢
٢	صفر/٢	١٠	صفر	١٠	صفر	١٠	صفر
٣	صفر/٣	٥	صفر	٥	٥٧	٦٢	٥٧
٤	١/٣	٢	٥	٧	٨	١٠	٣
٥	١/٤	٤	٥	٩	٧	١١	٢
٦	٢/٣	١٥	١٠	٢٥	٤٧	٦٢	٣٧
٧	٢/٥	٧	١٠	١٧	١٠	١٧	صفر
٨	٣/٦	٥	٢٥	٣٠	٦٢	٦٧	٣٧
٩	٤/٥	٥	٩	١٤	١٢	١٧	٣
١٠	٤/٧	٢٦	٩	٣٥	١١	٣٧	٢
١١	٥/٦	١٠	١٧	٢٧	٢٧	٦٧	٤٠
١٢	٥/٧	٢٠	١٧	٣٧	١٧	٣٧	صفر
١٣	٥/٨	١٥	١٧	٣٢	٦٢	٧٧	٤٥
١٤	٦/٨	١٠	٣٠	٤٠	٦٧	٧٧	٣٧
١٥	٧/٨	٤٠	٣٧	٧٧	٣٧	٧٧	صفر

obeikan.com

اسلوب تقويم ومراجعة البرامج وعلاقته بالتكلفة Pert /Cost :

أولا : حساب التكلفة المثلى والزمن الامثل للرسم الشبكى :

كما ذكرنا من قبل يمثل اسلوب Pert/Cost امثلية المراحل بالتكلفة حيث يأخذ هذا الاسلوب فى الاعتبار عامل التكلفة بالاضافة الى عامل الزمن ويكون لدينا زمن عادى وتكلفة عادية وزمن متسرع وتكلفة متسرعة ونفترض دائما ان العلاقة بين الزمن والتكلفة علاقة خطية Linear كما يتضح من الرسم الاتى :



وكما هو واضح من الرسم السابق فان (ك) تمثل التكلفة المتسرعة (Max.Cost) والزمن المتسرع (Min. Time) للنشاط كما تمثل النقطة (ل) التكلفة العادية (Min.Cost) والزمن العادى (Min.Time) ويمكننا حساب خط التكلفة / الزمن لكل نشاط لقياس التكلفة الاضافية نظير خفض زمن التنفيذ (اسبوع مثلا) .

$$\text{ويكون ميل خط التكلفة/الزمن} = \frac{\Delta \text{ التكلفة}}{\Delta \text{ الزمن}} = \frac{\text{التكلفة المتسرعة} - \text{التكلفة العادية}}{\text{الزمن العادى} - \text{الزمن المتسرع}}$$

وتقوم فكرة التسرع فى تنفيذ المشروع على انه فى ظروف محددة يكون من الضرورى تنفيذ المشروع بزيادة فى التكلفة ويصبح الهدف تنفيذ المشروع بأقل زيادة ممكنة فى التكلفة عن التكلفة الطبيعية كما يتضح من المثال الاتى :

بفرض ان الجدول الاتى يبين الزمن العادى والزمن المتسرع والتكلفة العادية والتكلفة المتسرعة وميل التكلفة بالنسبة للدراسة المقترحة لاستراتيجية النقل البحرى فى مصر حتى عام ٢٠٠٠ (الارقام افتراضية) .

obeikan.com

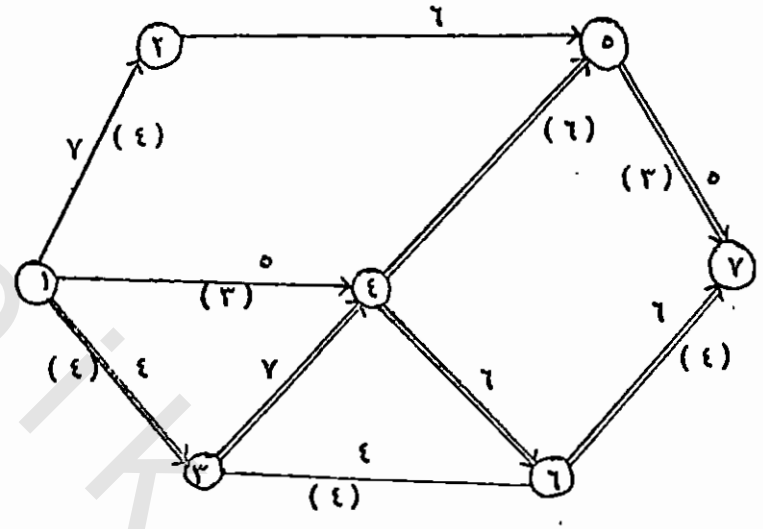
جـدول رقـم (٥)

رقم النشاط	اســـم النشـــاط	الزمـــن العادى يوم	الزمـــن المتسرع يوم	تكلفة الزمـــن العـادى جنيـه	تكلفة الزمـــن المتسرع جنيه	ميل التكلفة لليوم الواحد بالجنيه
٢/١	دراسة الاسطول التجارى والموانى حتى ١٩٨٠	٧	٤	٣٠	٤٥	٥
٣/١	دراسة امكانية الخدمات البحرية حتى ١٩٨٠	٤	٤	٢٠	٢٠	صفر
٤/١	تقييم اقتصادى للاستثمارات والربحية والتكاليف حتى ١٩٨٠	٥	٣	١٠	١٦	٣
٥/٢	دراسة اتجاهات التطور التكنولوجى للاساطيل والموانى حتى ٢٠٠٠	٦	٥	١٨	٢٥	٧
٤/٣	دراسة التجارة العالمية المنقولة بحرا وتوزيعها على المناطق المختلفة حتى ٢٠٠٠	٧	٥	٤٠	٥٠	٥٠
٥/٤	دراسة امكانية بناء السفن او الشراء او الاستئجار حتى عام ٢٠٠٠	٨	٦	٢٥	٣٥	٥
٦/٣	دراسة الموانى والخدمات حتى عام ٢٠٠٠	٤	٤	٣٠	٣٠	صفر
٦/٤	دراسة مصادر التمويل حتى عام ٢٠٠٠	٦	٦	١٥	١٥	صفر
٧/٥	دراسة الخطط حتى عام ٢٠٠٠	٥	٣	١٨	٢٠	١
٧/٦	التوصيـــات	٦	٤	٢٤	٣٠	٣
		التكلفة		٢٣٠	٢٨٦	

ملاحظة :

ل التنفة = (التكلفة من المتسرع − التكلفة من العادى) / (الزمن العادى − الزمن المتسرع)

ويمكن تمثيل الجدول السابق بالرسم الشبكى التالى :



رسم رقم (٧)

حيث الارقام بين الاقواس تمثل الزمن المتسرع والارقام الاخرى تمثل الزمن العادى .

وفيما يلى المسارات المختلفة والزمن العادى والمتسرع لكل منها :

المسار ١ / ٢ / ٥ / ٧ والزمن العادى (١٨) والزمن المتسرع (١٢) يوما

المسار ١ / ٤ / ٥ / ٧ والزمن العادى (١٨) والزمن المتسرع (١٢) يوما

المسار ١ / ٤ / ٦ / ٧ والزمن العادى (١٧) والزمن المتسرع (١٣) يوما

المسار ١ / ٣ / ٦ / ٧ والزمن العادى (١٤) والزمن المتسرع (١٢) يوما

المسار ١ / ٣ / ٤ / ٥ / ٧ والزمن العادى (٢٤) والزمن المتسرع (١٨) يوما

المسار ١ / ٣ / ٤ / ٦ / ٧ والزمن العادى (٢٣) والزمن المتسرع (١٩) يوما

وبتطبيق الطريقة الاولى على المثال يمكن تلخيصها فى الخطوات التالية : (الطريقة العادية) :

أ — المسار الحرج هو ١ / ٣ / ٤ / ٥ / ٧ وتوجد عليه الاربع انشطة

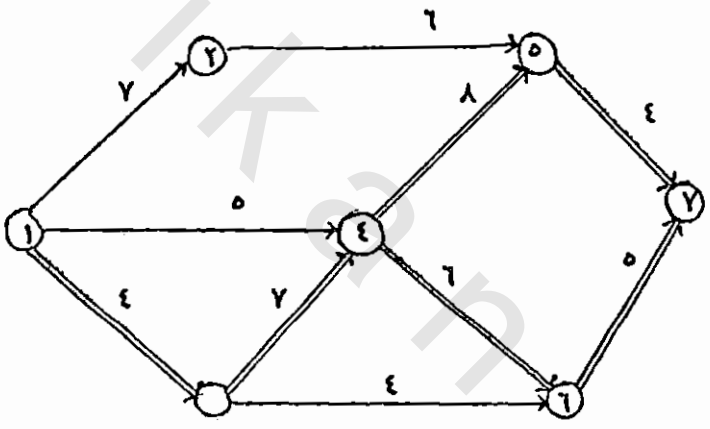
١ / ٣ وميل التكلفة (صفر) لا يؤخذ فى الاعتبار

٤/٣ وميل التكلفة (٥)

٥/٤ وميل التكلفة (٥)

٧/٥ وميل التكلفة (١)

ويتبين ان النشاط ٧/٥ له اقل ميل تكلفة ولذلك نخفضه يوما واحدا وتزيد التكلفة جنيها واحدا وكذلك نجد ان لدينا مسارين حرجين طول كل منهما ٢٣ يوما وهما ١/٣/٤/٥/٧ ، ١/٣/٤/٦/٧ وتصبح التكلفة الكلية ٢٣١ جنيها (شكل رقم ٨) .



شكل رقم (٨)

ب — نحسب ميل التكلفة للانشطة الواقعة على هذين المسارين :

بالنسبة للمسار الحرج ١/٣/٤/٥/٧ توجد الانشطة الاتية :

١/٣ وميل التكلفة (صفر) لا يؤخذ فى الاعتبار

٤/٣ وميل التكلفة (٥)

٥/٤ وميل التكلفة (٥)

٧/٥ وميل التكلفة (١) والزمن العادى اصبح (٤) أيام

ويتبين ان النشاط (٧/٥) له اقل ميل تكلفة ولذلك نخفضه يوما واحدا وبالنسبة للمسار الحرج ١/٣/٤/٦/٧ توجد الانشطة الاتية :

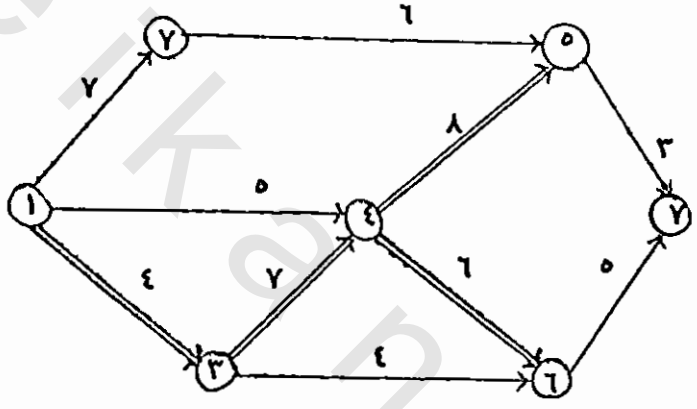
٣/١ وميل التكلفة (صفر) لا يؤخذ فى الاعتبار

٤/٣ وميل التكلفة (٥)

٦/٤ وميل التكلفة (صفر) لا يؤخذ فى الاعتبار

٧/٦ وميل التكلفة (٣)

ويتبين ان النشاط (٧/٦) له اقل ميل تكلفة ولذلك نخفضه يوما واحدا وبذلك يصبح طول كل من المسارين (٢٢) يوما ونجد ان هذين المسارين هما المساران الحرجان وأن التكلفة الكلية تصبح ٢٣١ + ٤ = ٢٣٥ جنيها (شكل رقم ٩) .



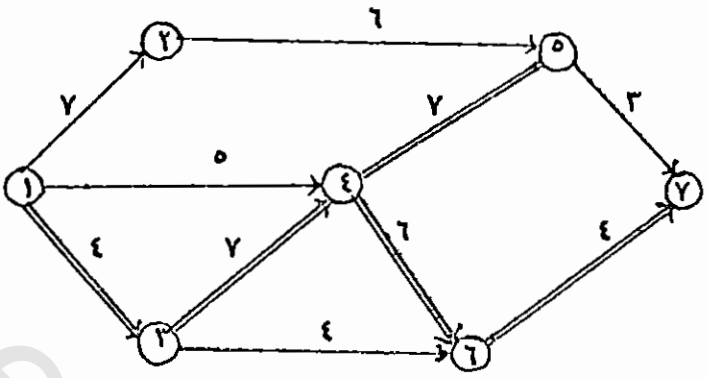
شكل رقم (٩)

جـ — نفس الخطوة (ب) :

بالنسبة للمسار الحرج ١/٣/٤/٥/٧ نجد ان زمن النشاط (٧/٥) اصبح ٣ أيام وهو يساوى الزمن المتبقى ولذلك لا يؤخذ هذا النشاط فى الاعتبار ويتبقى لدينا النشاطان (٤/٣ ، ٥/٤) وميل التكلفة لكل منهما هو (٨) ولذلك يمكن اختيار احدهما .

وبالنسبة للمسار الحرج ١/٣/٤/٦/٧ نجد ان النشاط (٧/٦) له اقل ميل تكلفة .

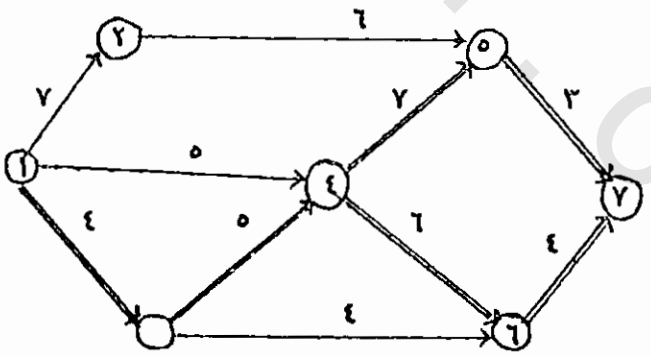
وبناء على هذا نختار النشاط (٥/٤) بالنسبة للمسار الاول وبذلك يصبح طول كل من المسارين (٢١) يوما ونجد ان هذين المسارين هما المساران الحرجان وأن التكلفة الكلية تصبح ٢٣٥ + ٨ = ٢٤٣ جنيها (شكل رقم ١٠) .



شكل رقم (١٠)

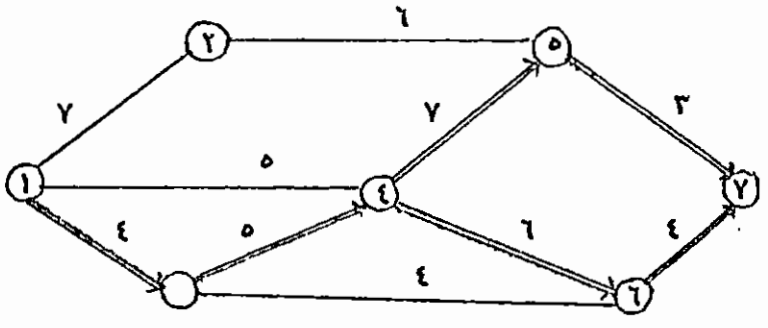
د - نتيجة للخطوة السابقة نجد ان زمن النشاط (٧/٦) الواقع على المسار الحرج ١/٣/٤/٦/٧ اصبح (٤) ايام وهو نفس الزمن المتسرع له ولذا لا يؤخذ فى الاعتبار ولذلك يتبقى لدينا على هذا المسار النشاط (٤/٣) وهو واقع ايضا على المسار الحرج ١/٣/٤/٥/٧ .

لذلك نخفض النشاط (٤/٣) يوما واحدا ويصبح طول كل من المسارين ٢٠ يوما وتصبح التكلفة الكلية ٢٤٣ + ٥ = ٢٤٨ جنيها (شكل رقم ١١) .



شكل رقم (١١)

هـ - نخفض مرة اخرى النشاط (٤/٣) يوما واحدا ويصبح طول كل من المسارين الحرجين (١٩) يوما وتصبح التكلفة الكلية ٢٤٨ + ٥ = ٢٥٣ جنيها (شكل رقم ١٢) .



شكل رقم (١٢)

ونتيجة للخطوة السابقة نجد ان زمن النشاط (٤/٣) اصبح (٥) ايام وهـــــو مسار للزمن المتسرع له ولذلك لا يمكن تخفيضه بالنسبة لكل من المسارين الحرجـــــــين ١/٣/٤/٥/٧ و ١/٣/٤/٦/٧ ٠

وبذلك يكون هذا هو الحل الامثل اى ان الزمن الامثل هو ١٩ يوما والتكلفة المثلى ٢٥٣ جنيه ٠

ومعنى ذلك انه امكن خفض الزمن من ٢٤ يوما الى ١٩ يوما وزادت التكلفة مـــــن ٢٣٠ الى ٢٥٣ جنيها ٠

ويمكن تلخيص النتائج السابقة فى الجدول التالى :

جدول رقم (٦)

رقم النشاط	الحالة العادية	الحل					الحالة المتسرعة
		الاول	الثانى	الثالث	الرابع	الخامس	
٢/١	٧	٧	٧	٧	٧	٧	٤
٣/١	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤
٤/١	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٣
٥/٢	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٥
٤/٣	٧	٧	٧	٧	٦	٥	٥
٥/٤	٨	٨	٨	٧	٧	٧	٦
٦/٣	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤
٦/٤	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦
٧/٥	٥	٤	٣	٣	٣	٣	٣
٧/٦	٦	٦	٥	٤	٤	٤	٤
مدة تنفيذ المشروع يوما	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٩
اقل تكلفة تنفيذ جنيه	٢٣٠	٢٣١	٢٣٥	٢٤٣	٢٤٨	٢٥٣	٢٨٦

ومن هذا الجدول يتبين ان الحل الخامس يعطى الزمن ١٩ يوما الامثل الذى يتحقق بضغط جميع انشطة المشروع الى حالتها المتسرعة وفى نفس الوقت يوفر مبلغ ٢٨٦ ـ ٢٥٣ = ٣٣ جنيها من التكلفة الاجمالية اللازمة لتنفيذ المشروع وجميع الانشطة فى حالتها المتسرعة .

وبتطبيق الطريقة الثانية على المثال يمكن تلخيصها فى الخطوات التالية (الطريقة المتسرعة) .

أ ـ المسار الحرج للزمن المتسرع هو ١/٣/٤/٦/٧ وطوله (١٩) يوما ونجد ان الانشطة الخارجة عن هذا المسار هى :

٢/١ وميل التكافة (٥)

٤/١ وميل التكلفة (٣) لا يؤخذ فى الاعتبار نظرا لعدم وجود احتياطى زمن .

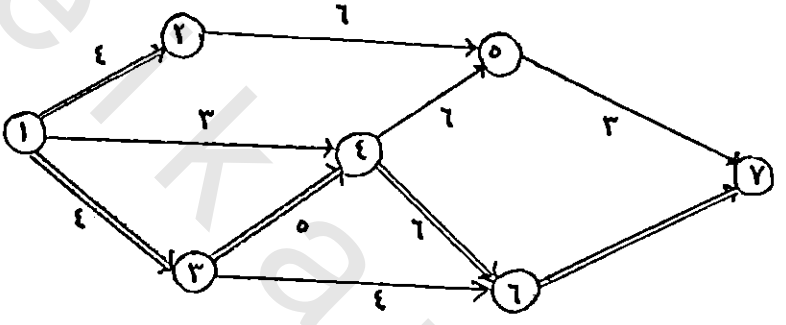
٥/٢ وميل التكلفة (٧) .

٥/٤ وميل التكلفة (٥) .

٦/٣ وميل التكلفة (صفر) لايؤخذ فى الاعتبار .

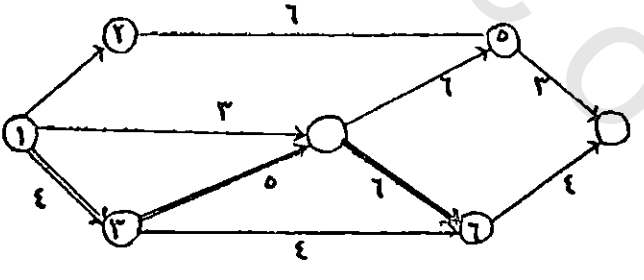
٧/٥ وميل التكلفة (١)

ويتبين ان النشاط (٥/٢) له اكبر ميل تكلفة ولذلك تزيد مدته يوما واحـــدا وبذلك تقل التكلفة فتصبح ٢٨٦ ـ ٧ = ٢٧٩ جنيها (شكل رقم ١٣) .



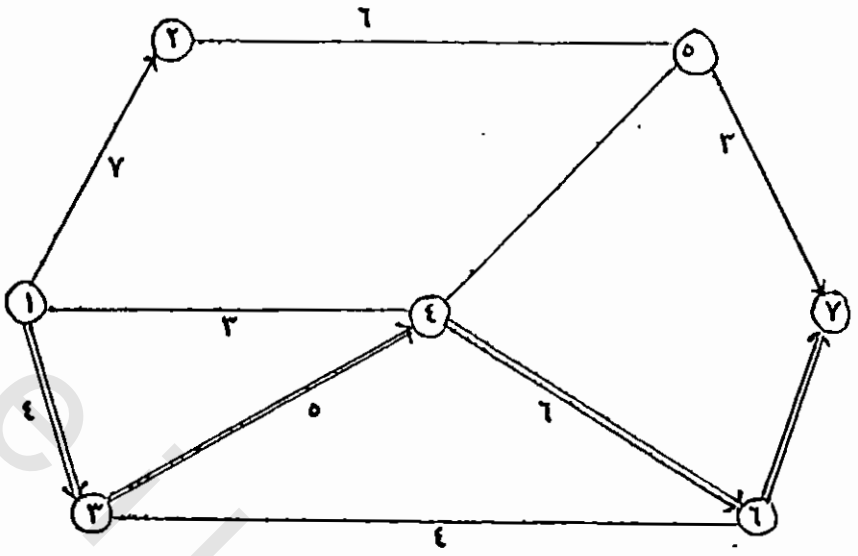
شكل رقم (١٣)

ب ـ تزيد النشاط (٢/١) من (٤) ايام الى (٧) ايام فتقل التكلفة وتصبـــــح ٢٧٩ ـ ١٥ = ٢٦٤ جنيها (شكل رقم ١٤) .



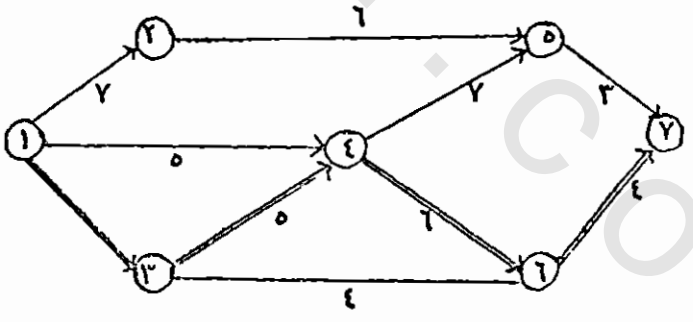
شكل رقم (١٤)

جـ ـ تزيد النشاط (٥/٤) من (٦) ايام الى (٧) ايام فتقل التكلفة وتصبـــــح ٢٦٤ ـ ٥ = ٢٥٩ جنيها (شكل رقم ١٥) .



شكل رقم (١٥)

د — نزيد النشاط (٤/١) من (٣) ايام الى خمسة ايام فتقل التكلفة وتصبح ٢٥٩ — ٦ = ٢٥٣ جنيها (شكل رقم ١٦).



شكل رقم (١٦)

ومعنى هذا ان المسار الحرج ظل ١٩ يوما بينما انخفضت التكلفة من ٢٨٦ الى ٢٥٣ جنيها .

ويمكن تلخيص النتائج السابقة فى الجدول التالى :

جدول رقم (٧)

رقم النشاط	الحالة المتسرعة	الحـــــــــــــــل			
		الاول	الثانى	الثالث	الرابـع
٢/١	٤	٤	٧	٧	٧
٣/١	٤	٤	٤	٤	٤
٤/١	٣	٣	٣	٣	٥
٥/٢	٥	٦	٦	٦	٦
٤/٣	٥	٥	٥	٥	٥
٥/٤	٦	٦	٦	٧	٧
٦/٣	٤	٤	٤	٤	٤
٦/٤	٦	٦	٦	٦	٦
٧/٥	٣	٣	٣	٣	٣
٧/٦	٤	٤	٤	٤	٤
مدة تنفيذ المشروع (يوما)	١٩	١٩	١٩	١٩	١٩
اقل تكلفة تنفيذ	٢٨٦	٦٧٩	٢٦٤	٢٥٩	٢٥٣

ثانيا : مشاكل تحل باستخدام اسلوب Pert / Cost :

نوضح فيما يلى بعض الامثلة التى يمكن حلها باستخدام الطريقة المتبعة فى حـــل المشكلة الخاصة باستراتيجية النقل البحرى حتى عام ٢٠٠٠ .

المثال الاول : بناء بدن السفينة فقط على القزق حتى التدشين :

بفرض ان الجدول الاتى يبين الانشطة المختلفة لبناء بدن السفينة فقط على القزق حتى التدشين من حيث الزمن المتسرع والزمن العادى والتكلفة المتسرعة والتكلفة العاديـة وميل التكلفة (ارقام افتراضية) .

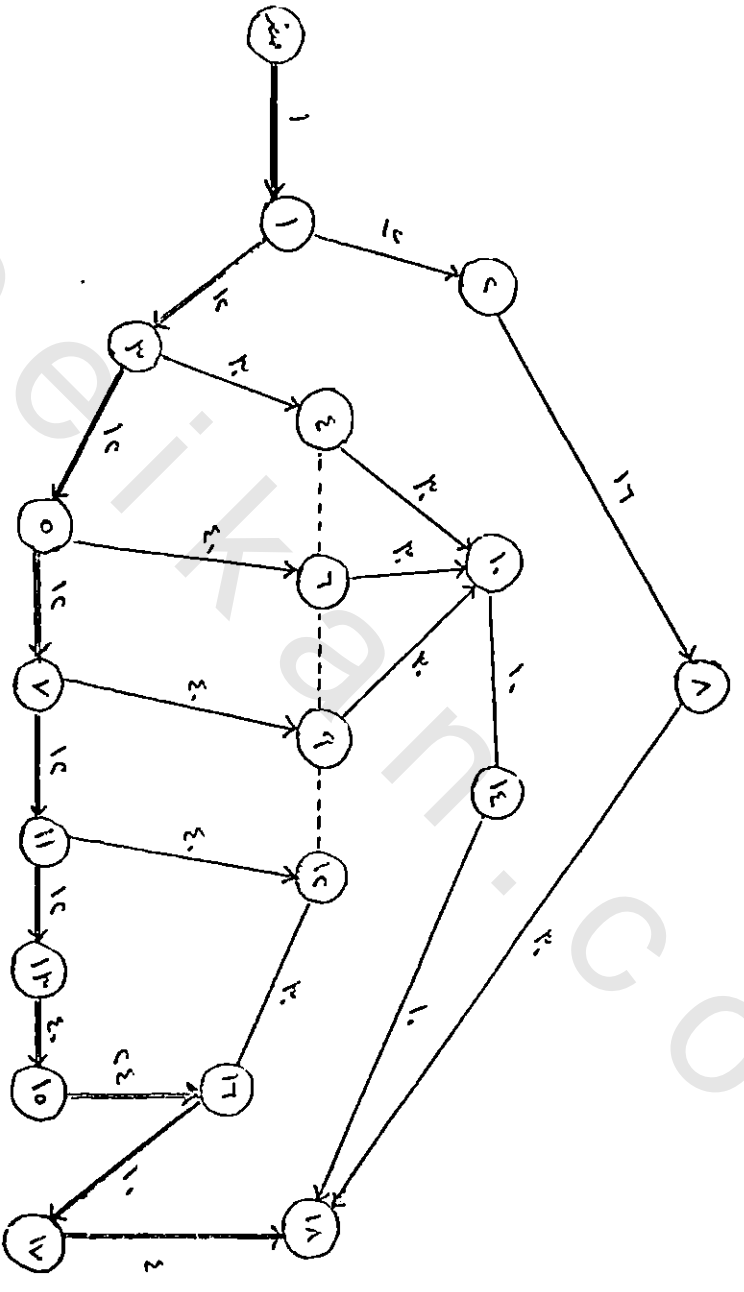
رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن والتكلفة العادية الايام	التكلفة	المتسرعة الايام	التكلفة	ميل التكلفة لليوم الواحد بالجنيه
صفر /١	تجهيز القزق لبدء بناء السفينة	١	٣٠	١	٣٠	—
١ / ٢	لحام القرينة وقائم القرينة الرأسى ووصل الالواح المجاورة للقرينة للمنطقة ٧٩ / ١٣٤ عوارض ارضية .	١٢	١٢٠٠	٩	١٥٠٠	١٠٠
١ / ٣	تجميع ولحام القاع فى المنطقة ٧٥ / ٧٩ بالعوارض الارضية .	١٢	١٢٠٠	٩	١٣٥٠	٥٠
٣ / ٤	تجميع ولحام العيدان والكرمات والالواح الجانبية المحصورة بين العمود ٧٥ والعمود ٧٩	٣٠	٣٠٠٠	٢٤	٣٤٥٠	٧٥
٣ / ٥	تجميع ولحام العوارض الارضية فى المنطقة المحصورة بين ٧١ / ٧٥ .	١٢	١٢٠٠	٩	١٣٨٠	٦٠
٢ / ٨	اختبار التنكات الموجودة فى منطقة البناء	١٢	١٦٠٠	١٢	١٧٦٠	٤٠
٤ / ١٠	تجهيز القواطيع فى المنطقة ٧٥ / ٧٩ لاستقبال المواسير المختلفة التى تمر بهذه المنطقة .	٣٠	٣٠٠٠	٢٢	٣٣٢٠	٤٠
٤ / ٦	تابع	صفر	—	صفر	—	—
٦ / ٥	تركيب ولحام وتجميع القواطيع والعوارض الارضية والعيدان والكمرات والواح البدن فى المنطقة ٧١ / ٧٥ .	٤٠	٤٠٠٠	٣٠	٤٢٠٠	٢٠

obeikan.com

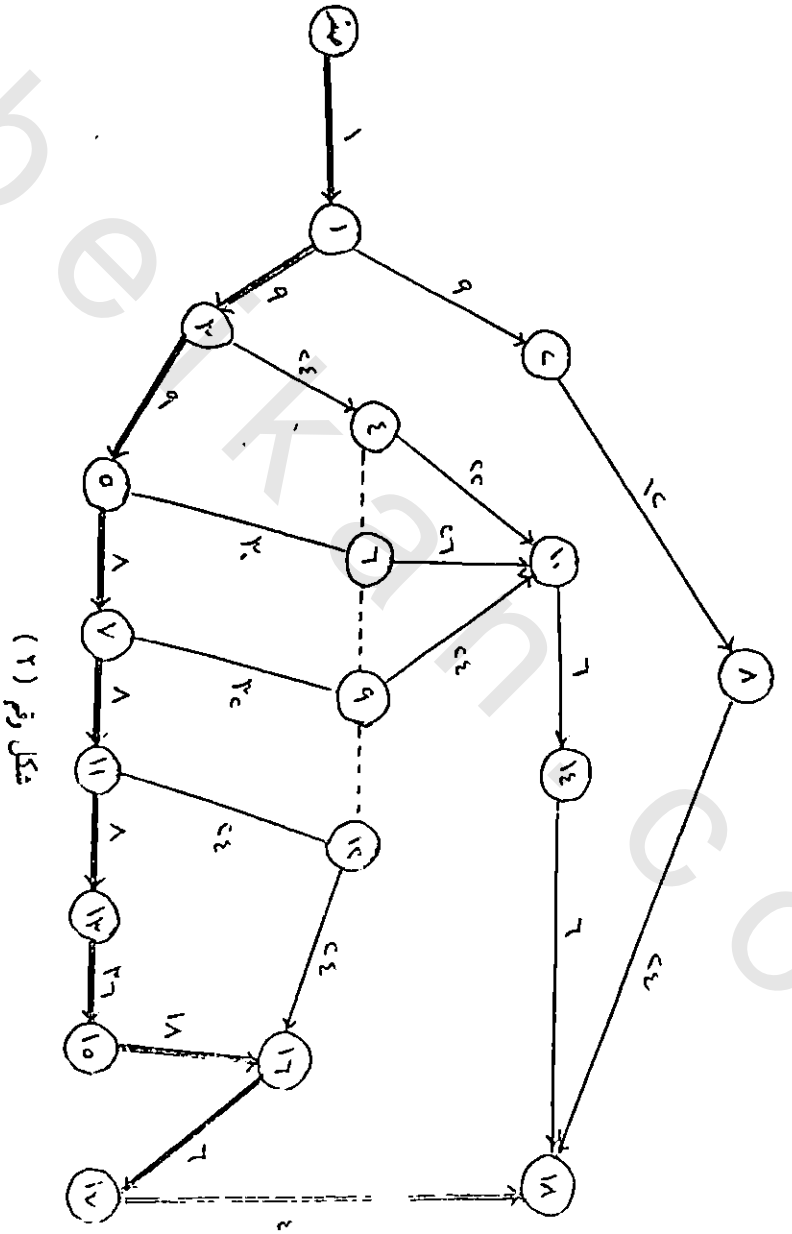
رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن والتكلفة العادية		الزمن والتكلفة المتسرعة		ميل التكلفة لليوم الواحد بالجنيه
		الزمن	التكلفة	الزمن	التكلفة	
٦ / ٩	تابع	صفر	ـــ	صفر	ـــ	ـــ
٧ / ٩	تركيب وتجميع لحام العيدان والكمرات والواح البدن فى المنطقة ٦٧/٧١	٤٠	٤٠٠٠	٣٢	٤٥٦٠	٧٠
٧ / ١١	تركيب وتجميع ولحام العوارض الارضية والمدادات الطولية فى المنطقة ٦٣/٦٧	١٢	١٢٠٠	٨	١٤٨٠	٧٠
٩ / ١٠	تجهيز القواطيع فى المنطقة ٦٧/٧١ لاستقبال مجموعة المواسير المختلفة التى تمر بالمنطقة ٦٧/٧١	٣٠	٣٠٠٠	٢٤	٣٦٠٠	١٠٠
٩ / ١٢	تابع	صفر	ـــ	صفر	ـــ	ـــ
١٠/١٤	اختيار التنكات الموجودة فى منطقة البناء ٦٧/٧١	١٠	١٠٠٠	٦	١٣٦٠	٨٠
١١/١٣	تجميع وتركيب ولحام العوارض الارضية والمدادات الطولية فى المنطقة ٦٣/٦٩ .	١٢	١٢٠٠	٨	١٣٠٠	٢٥
١١/١٢	تركيب ولحام العيدان والكمرات والالواح الجانبية والواح البدن والقواطيع فى المنطقة ٦٣/٦٧	٤٠	٤٠٠٠	٣٤	٤٤٢٠	٧٠
١٢/١٦	تجهيز القواطيع لاستقبال مجموعة المواسير المختلفة فى المنطقة ٦٣/٦٧	٣٠	٣٠٠٠	٢٤	٣٣٦٠	٦٠
١٢/١٥	تابع	صفر	ـــ	صفر	ـــ	ـــ

obeikan.com

رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن والتكلفة العادية		الزمن والتكلفة المتسرعة		ميل التكلفة لليوم الواحد بالجنيه
		الايام	التكلفة	الايام	التكلفة	
١٥/١٣	تركيب وتجميع ولحام العوارض والارضية والعيدان والكمرات والولج البدن والقواطيع فى المنطقة ٠٦٣/٥٩	٤٠	٤٠٠٠	٣٦	٤٦٦٠	١٦٥
١٦/١٥	تجهيز القواطيع لاستقبال مجموعة المواسير المختلفة فى المنطقة ٠٦٣/٥٩	٢٤	٢٤٠٠	١٨	٢٥٨٠	٣٠
١٧/١٦	اختبار التنكات الموجودة فى المنطقة ٦٣/٥٩	١٠	١٠٠٠	٦	١٢٤٠	٦٠
١٨/٨	تجميع وتجهيز العوارض الارضية والمدادات الطولية فى المنطقة ١٢٤/٧٩ والمنطقة صفر/ ٠٥٩	٣٠	٣٠٠٠	٢١	٣٣٦٠	٤٠
١٨/١٤	تجميع ولحام العيدان والكمرات والولج البدن فى المنطقة ١٣٤/٧٩ والمنطقة صفر/ ٠٥٩	١٠	١٠٠٠	٦	١٢٤٠	٦٠
١٨/١٧	دهان الاجزاء تحت سطح الماء بطلاء واقى من الصدأ ثم التدشين ٠	٤	١٢٠	٤	١٢٠	—
			٤٨٣٥٠		٥٤٨١٠	



شکل (۱) نمونه



شكل رقم (٢)

تحديد المسارات فى الحالة العادية :

المسار الاول	صفر/١/٢/٨/١٨	= ٥٩ يوما
المسار الثانى	صفر/١/٣/٤/١٠/١٤/١٨	= ٩٣ يوما
المسار الثالث	صفر/١/٣/٥/٦/١٠/١٤/١٨	=١١٥يوما
المسار الرابع	صفر/١/٣/٥/٧/٩/١٠/١٤/١٨	=١٢٧ يوما
المسار الخامس	صفر/١/٣/٥/٧/١١/١٢/١٦/١٧/١٨	=١٢٣ يوما
المسار السادس	صفر/١/٣/٥/٧/١١/١٣/١٥/١٦/١٧/١٨	=١٣٩ يوما

ما عدا المسارات التى بها انشطة وهمية .

والمسار الحرج كما يظهر فى الشكل رقم (١) .

تحديد المسارات فى الحالة المتسرعة :

المسار الاول	صفر /١/٢/٨/١٨	= ٤٣ يوما
المسار الثانى	صفر/١/٣/٤/١٠/١٤/١٨	=٦٨ يوما
المسار الثالث	صفر/١/٣/٥/٦/١٠/١٤/١٨	=٨٧ يوما
المسار الرابع	صفر/١/٣/٥/٧/٩/١٠/١٤/١٨	=٩٥ يوما
المسار الخامس	صفر/١/٣/٥/٧/١١/١٢/١٦/١٧/١٨	=١٠٣ يوما
المسار السادس	صفر/١/٣/٥/٧/١١/١٣/١٥/١٦/١٧/١٨	=١٠٧ يوما

ماعدا المسارات التى بها انشطة وهمية .

والمسار الحرج يظهر فى الشكل رقم (٢) .

امثلية الزمن العادى بتكلفة عادية :

يكون الهدف خفض الزمن العادى مع اقل زيادة فى التكلفة ويستلزم الامر رسم شكل شبكى محدد عليه المسارات الستة الموضحة اعلاه ويكون المطلوب خفض زمن المسار الحرج من ١٣٩ يوما الى ١٠٧ يوما (المسار الحرج للشكل المتسرع) .

الخطوة الاولى :

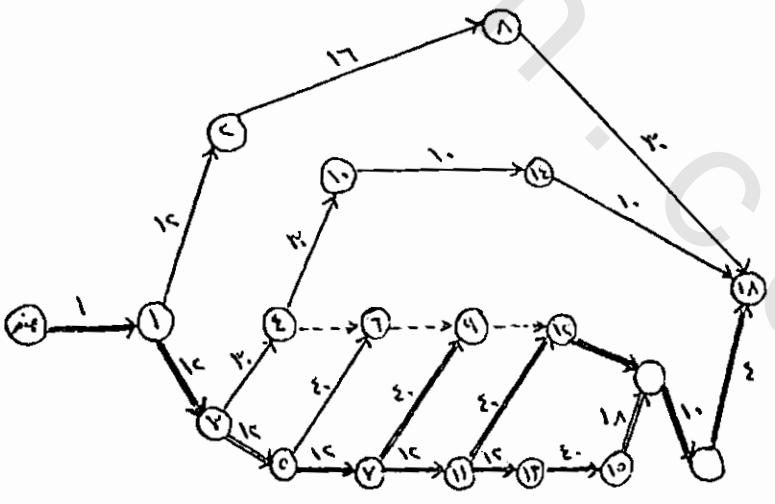
يوجد لدينا ثلاث نشاطات هى ١١/١٢ ، ١٢/١٣ ، ١٥/١٦ وميل التكلفة لليوم الواحد على التوالى ٧٠ ، ١٦٥ ، ٣٠٠ جنيه .

لذا نقوم بخفض زمن النشاط ١٥/١٦ (ذى اقل ميل تكلفة) ٦ أيام فتزيد التكلفة الكلية من ٤٨٣٥٠ جنيه الى ٤٨٥٣٠ = (٤٨٣٥٠ + ١٨٠) ويقل الزمن من ١٣٩ يوما الى ١٣٣ يوما وبذلك يظهر مساران حرجان طول كل منهما ١٣٣ يوما كما هو واضح فى الريم الشبكى رقم (٣) .

المسار الاول صفر/١/٣/٥/٧/١١/١٢/١٦/١٧/١٨ وطوله ١٣٣ يوما

المسار الثانى صفر/ ١/٣/٥/٧/١١/١٣/١٥/١٦/١٧/١٨ وطوله ١٣٣ يوما .

شكل رقم (٣)



الخطوة الثانية :

تكون خفض المسارين الحرجين بالرسم (٣) من ١٣٣ يوم الى ١٢٧ يوم لذلك تحدد الانشطة على المسارين بالرسم (٢) التى يمكن تخفيضها ٠

المسار الاول به النشاط ١٢/١١ وميل التكلفة لليوم الواحد ٧٠ جنيه ٠

والنشاط ١٦/١٢ وميل التكلفة لليوم الواحد ٦٠ جنيه

تخفيض ٦ ايام = ٣٦٠ جنيه ٠

المسار الثانى به النشاط ١٣/١١ وميل التكلفة لليوم الواحد ٢٥ جنيه ٠

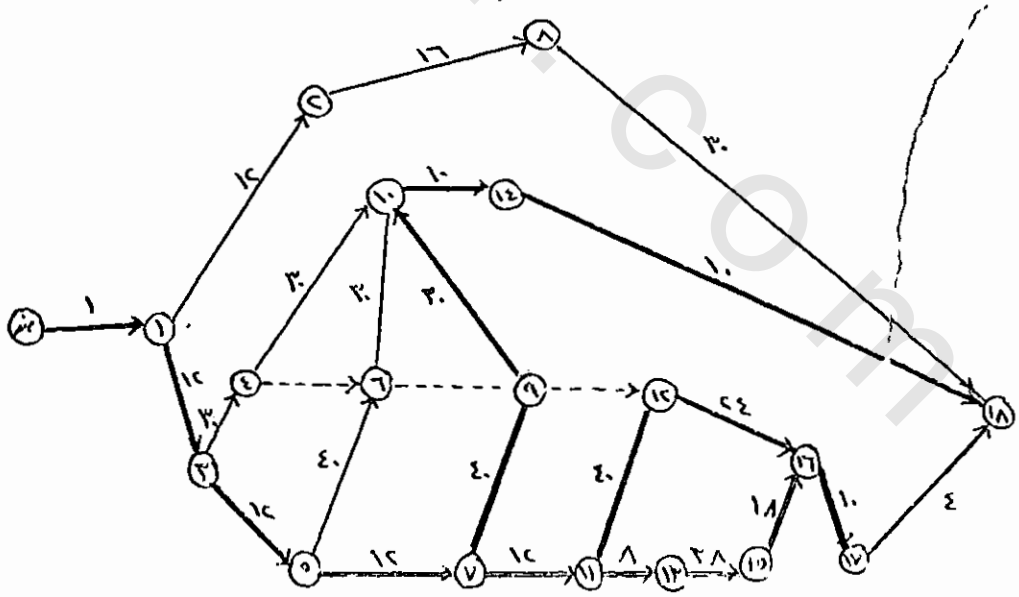
تخفيض ٤ ايام = ١٠٠ جنيه ٠

والنشاط ١٥/١٣ ميل التكلفة لليوم الواحد ١٦٥ جنيه وتكلفة

تخفيض ٢ يوم = ٣٣٠ جنيه ٠

وبذلك تكون التكلفة التى تزاد مجموعها ٧٩٠ جنيه وتصبح ٤٨٥٣٠ + ٧٩٠ = ٤٩٣٢٠ جنيه كما يصبح زمن المسارات الحرجة (المسارين) ١٢٧ يوما ٠ كما يظهر مسار حرج ثالث هو صفر/١/٣/٥/٧/٩/١٠/١٤/١٨ وطوله ١٢٧ يوما كما فى الرسم رقم (٤) ٠

شكل رقم (٤)



الخطوة الثالثة :

تخفيض النشاطات على المسارات الحرجة الثلاثة الموضحة بالرسم رقم (٤) تحديد النشاطات على المسار الاول صفر/١ /٣/٥/٧/٩/١٠/١٤/١٨ التى من بينها سيتم ا لخفض فى الزمن ٠

النشاط ٧/٩ وميل التكلفة لليوم الواحد ٧٠ جنيه ٠

النشاط ٩/١٠ وميل التكلفة لليوم الواحد ١٠٠ جنيه ٠

النشاط ١٠/١٤ وميل التكلفة لليوم الواحد ٦٠ جنيه ٠

النشاط ١٤/١٨ وميل التكلفة لليوم الواحد ٦٠ جنيه بخفض ٤ ايام بزيادة فى التكلفة ٢٤٠ جنيه ٠

- تحديد النشاطات على المسار الثانى صفر/١ /٣/٥/٧/١١/١٢/١٦/١٧/ ١٨ التى من بينها سيتم الخفض فى الزمن ٠

النشاط ١١/١٧ وميل التكلفة لليوم الواحد ٧٠ جنيه ٠

النشاط ١٢/١١ وميل التكلفة لليوم الواحد ٧٠ جنيه ٠

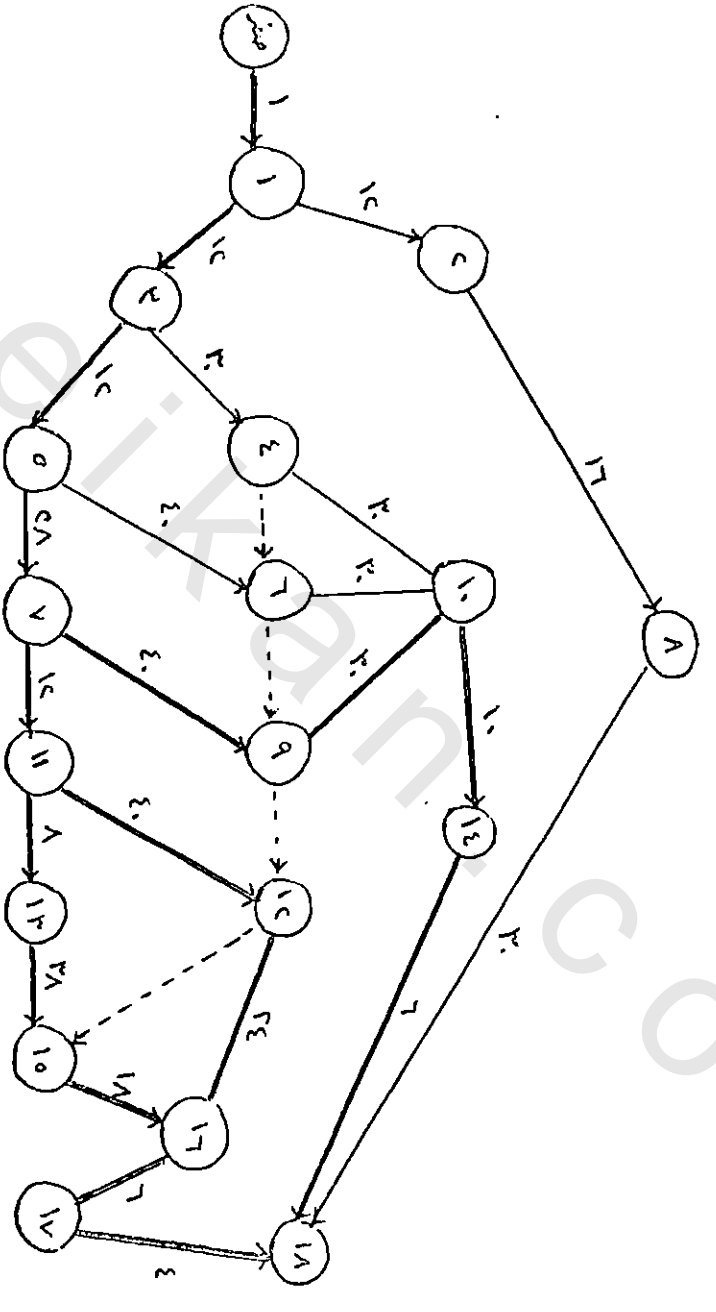
النشاط ١٧/١٦ وميل التكلفة لليوم الواحد ٦٠ جنيه ٤ ايام بزيادة فى التكلفة ٢٤٠ جنيه ٠

- تحديد النشاطات على المسار الثالث صفر/١ /٣/٥/٧/١١/١٣/١٥/١٦/١٧/ ١٨ التى بينها سيتم الخفض فى الزمن ٠

النشاط ١٧/١٦ وميل التكلفة لليوم الواحد ٦٠ جنيه بخفض ٤ ايام بزيادة فى التكلفة ٢٤٠ جنيه " لا يؤ خذ فى الاعتبار " ٠

النشاط ١٥/١٣ وميل التكلفة لليوم الواحد ١٦٥ جنيه ٠

ومعنى ذلك خفض المسارات الحرجة من ١٢٧ يوما الى ١٢٣ يوما وزيادة التكلفة الكلية من ٤٩٣٢٠ جنيه الى ٤٩٨٠٠ جنيه (٤٩٣٢٠ + ٢٤٠ + ٢٤٠) ويظهر الشكل الشبكى رقم (٥) بعد التخفيض فى الزمن ٠



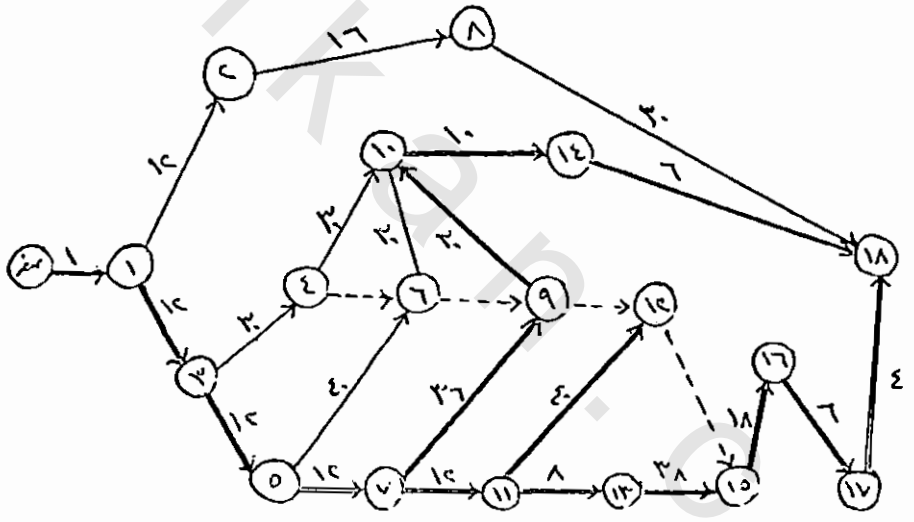
شكل رقم (٥)

obeikan.com

الخطوة الرابعة :

خفض النشاط ٧ / ١١ ٤ ايام بتكلفة ٧٠ جنيه لليوم الواحد والنشاط ٧ / ٩ ٤ ايام بتكلفة ٧٠ جنيه لليوم الواحد فتصبح التكلفة الكلية ٤٩٨٠٠ + ٥٦٠ = ٥٠٣٦٠ جنيه وتخفض المسارات الحرجة من ١٢٣ يوما الى ١١٩ يوما كما فى الشكل الشبكى رقم (٦) .

شكل رقم (٦)

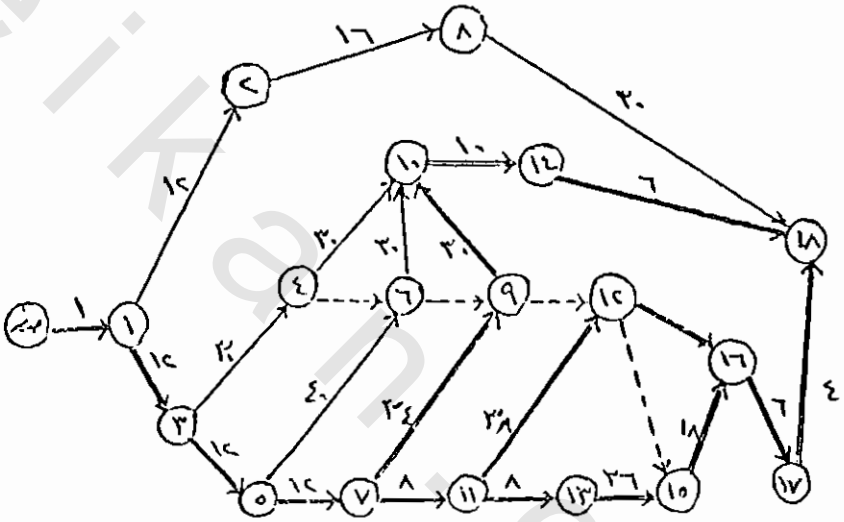


الخطوة الخامسة :

خفض المسار ٧ / ٩ ٢ يوم بتكلفة شاملة ١٤٠ جنيه (٢ × ٧٠) والنشاط ١١ / ١٢ ٢ يوم بتكلفة ١٤٠ جنيه (٢ × ٧٠) والنشاط ١٣ / ١٥ ٢ يوم بتكلفة ٣٣٠ جنيه .

ومعنى ذلك زيادة التكلفة الكلية من ٥٠٣٦٠ جنيه الى ٥٠٩٧٠ جنيه (٥٠٣٦٠ + ١٤٠ + ١٤٠ + ٣٣٠) ويقل الزمن الكلى من ١١٩ يوما الى ١١٧ يوما كما هو موضح فى الرسم الشبكى رقم (٧) .

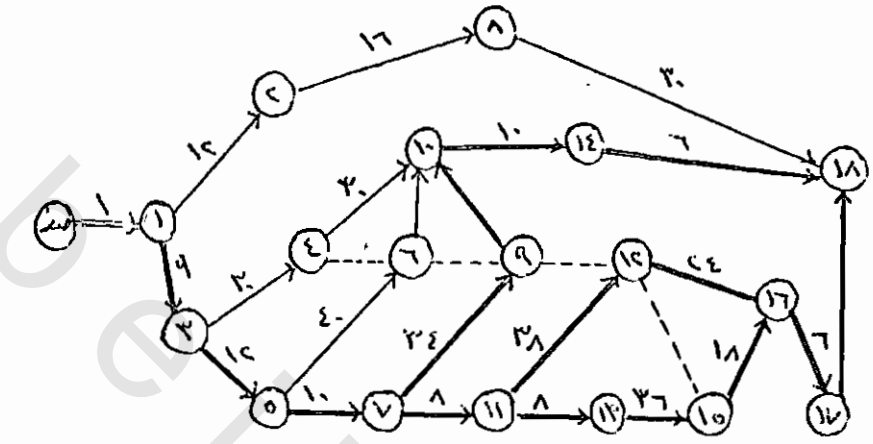
شكل رقم (٧)



الخطوة السادسة :

نخفض النشاط ٧/٥ يومين ونزيد التكلفة الكلية من ٥٠٩٧٠ الى ٥١٠٧٠ جنيه (٥٠٩٧٠ + ١٠٠) ويخفض الزمن الكلى من ١١٧ يوما الى ١١٥ يوما كما هو واضح فى الرسم الشبكى رقم (٨) .

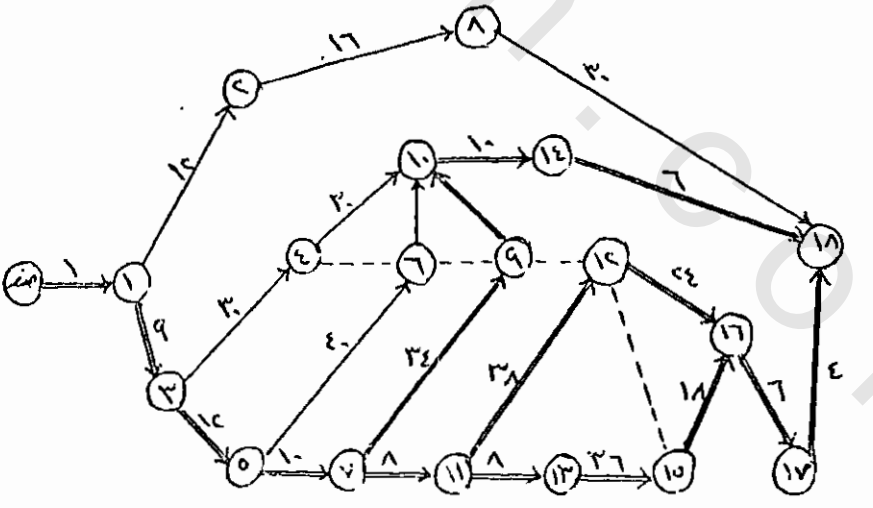
شكل رقم (٨)



الخطـوة السابعة :

خفض النشاط ١ / ٣ ٣ أيام فتصبح التكلفة ٥١٠٧٠ + ١٥٠ = ٥١٢٢٠ جنيه

ويخفض الزمن من ١١٥ يوما الى ١١٢ يوما كما فى الشكل الشبكى رقم ٩ ٠



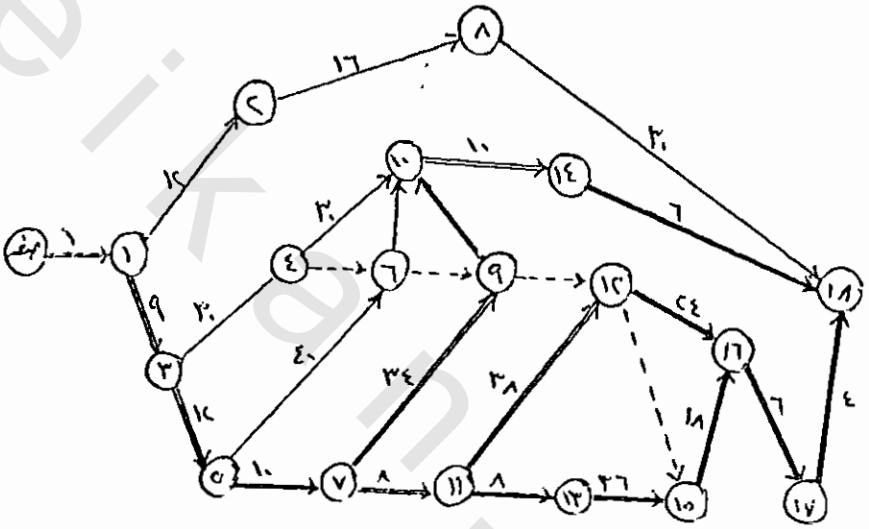
شكل رقم (٩)

obeikan.com

الخطوة الثامنة :

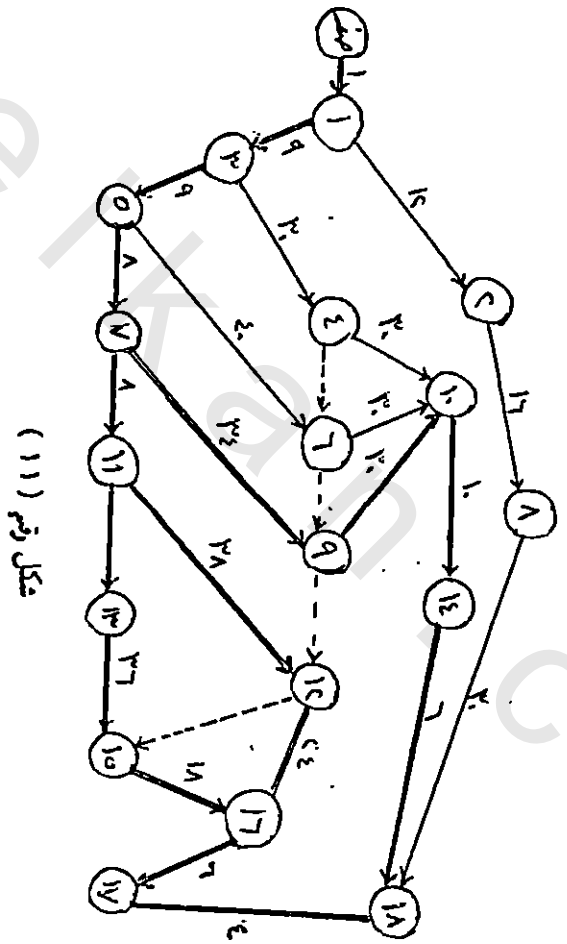
خفض النشاط ٧/٥ ٢ يوم فتزيد التكلفة الى ٥١٢٢٠ + ١٠٠ = ٥١٣٢٠ جنيه ويقل الزمن الكلى من ١١٢ يوم الى ١١٠ يوم كما فى الشكل الشبكى رقم (١٠)

شكل رقم (١٠)



الخطوة التاسعة :

خفض النشاط ٥/٣ من ١٢ يوم الى ٩ ايام فتزيد التكلفة من ٥٣١٢٠ + ١٨٠ = ٥١٥٠٠ جنيه ويصبح الزمن الكلى ١٠٧ يوم بدلا من ١١٠ يوم كما فى الرسم الشبكى رقم (١١) .



شكل رقم (١)

ويمكن تلخيص خطوات الخفض فى زمن الانشطة والزيادة فى التكلفة والكلية والمسارات الحرجة بالنسبة لامثلية الرسم العادى كما يظهر من الجدول الاتى :

الجدول رقم (٩)

رقم الخطوة	زمن المسار الحرج	رقم الانشطة												
		صفر/١	٢/١	٣/١	٤/٣	٥/٣	٨/٢	١٠/٣	٤/٦	٥/٦	٧/٥	١٠/٦	٦/٩	٧/٩	١١/٧
١	١٣٩	١	١٢	١٢	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٢	٣٠	—	٤٠	١٢
٢	١٣٣	١	١٢	١٢	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٢	٣٠	—	٤٠	١٢
٣	١٢٧	١	١٢	١٢	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٢	٣٠	—	٤٠	١٢
٤	١٢٣	١	١٢	١٢	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٢	٣٠	—	٤٠	١٢
٥	١١٩	١	١٢	١٢	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٢	٣٠	—	٣٦	٨
٦	١١٧	١	١٢	١٢	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٢	٣٠	—	٣٤	٨
٧	١١٥	١	١٢	١٢	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٠	٣٠	—	٣٤	٨
٨	١١٢	١	١٢	٩	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	١٠	٣٠	—	٣٤	٨
٩	١١٠	١	١٢	٩	٣٠	١٢	١٦	٣٠	—	٤٠	٨	٣٠	—	٣٤	٨
١٠	١٠٧	١	١٢	٩	٣٠	٩	١٦	٣٠	—	٤٠	٨	٣٠	—	٣٤	٨

تابع جدول رقم (٩)

رقم الانشوطة										التكلفة الكلية بالجنيه
١٠/٩	١٢/٩	١٤/١٠	١٣/١١	١٢/١١	١٦/١٢	١٥/١٢	١٥/١٣	١٦/١٥	١٧/١٦	١٨/٨	١٨/١٤	١٨/١٧	
٣٠	—	١٠	١٢	٤٠	٣٠	—	٤٠	٢٤	١٠	٣٠	١٠	٤٠	٨٣٥٠
٣٠	—	١٠	١٢	٤٠	٣٠	—	٤٠	١٨	١٠	٣٠	١٠	٤٠	٨٣٥٠
٣٠	—	١٠	٨	٤٠	٢٤	—	٣٨	١٨	١٠	٣٠	١٠	٤٠	٩٣٢٠
٣٠	—	١٠	٨	٤٠	٢٤	—	٣٨	١٨	٦	٣٠	٦	٤٠	٩٨٠٠
٣٠	—	١٠	٨	٤٠	٢٤	—	٣٨	١٨	٦	٣٠	٦	٤٠	٠٣٦٠
٣٠	—	١٠	٨	٣٨	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٣٠	٦	٤٠	٠٩٧٠
٣٠	—	١٠	٨	٣٨	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٣٠	٦	٤٠	١٠٧٠
٣٠	—	١٠	٨	٣٨	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٣٠	٦	٤٠	١٢٢٠
٣٠	—	١٠	٨	٣٨	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٣٠	٦	٤٠	١٣٢٠
٣٠	—	١٠	٨	٣٨	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٣٠	٦	٤٠	١٥٠٠

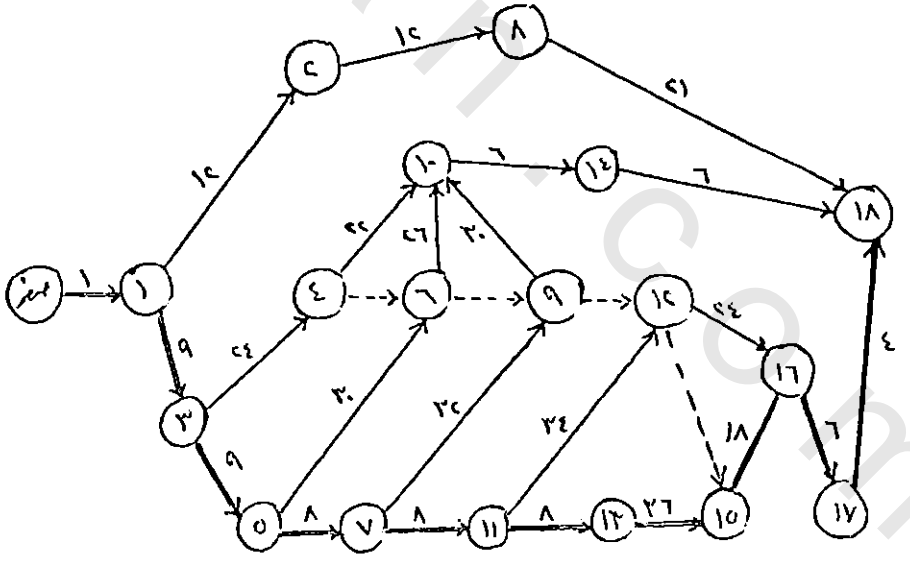
امثلية الزمن المتسرع :

يكون ذلك بزيادة الزمن للانشطة الغير حرجة مع اكبر خفض فى التكلفة ويستلزم ذلك الرجوع الى الشكل المتسرع فى رسم رقم (٢) ثم نقوم باجراء تعديلات عليه .

الخطوة الاولى :

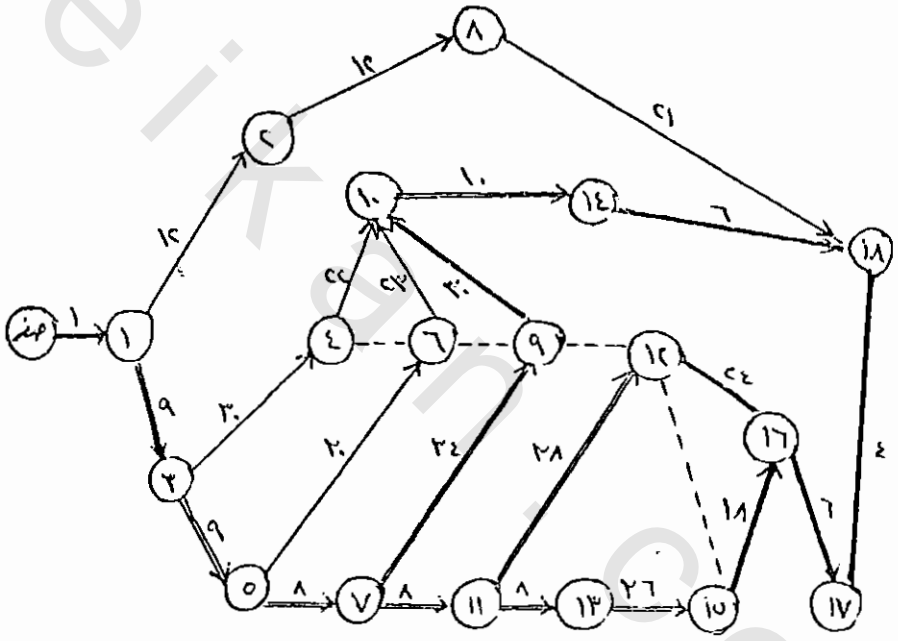
نقوم بزيادة مدة النشاط ١/٢ صاحب اكبر ميل للتكلفة لمدة ٣ ايام بخفض فى التكلفة ٣٠٠ جنيه وكذلك النشاط ٩/١٠ بزيادة فى الزمن ٦ ايام وبتكلفة ٦٠٠ جنيه (٦ × ١٠٠) ومعنى ذلك خفض التكلفة الكلية من ٥٤٨١٠ الى (٥٤٨١٠ ـ ٣٠٠ ـ ٦٠٠) فتصبح التكلفة ٥٣٩١٠ ويصبح الشكل الشبكى فى الرسم رقم (٢) معدل كما هو واضح فى الرسم رقم (١٢) .

شكل رقم (١٢)



الخطوة الثانية :

يزاد النشاط ٣/٤ ٦ ايام بتكلفة ٤٥٠ جنيه والنشاط ٧/٩ ٢ يوم بتكلفة ١٤٠ جنيه والنشاط ١١/١٢ ٤ يوم بتكلفة ٢٨٠ جنيه ويزاد زمن النشاط ١٠/١٤ ٤ ايام بتكلفة ٣٢٠ جنيه . وتقل التكلفة الكلية من ٥٣٩١٠ ـ (٤٥٠+ ١٤٠ + ٢٨٠ + ٣٢٠ = ٥٢٧٢٠ جنيه) ويصبح الرسم الشبكى رقم (١٣) كالاتى :



شكل رقم (١٣)

اصبح فى الرسم الشبكى ثلاثة مسارات حرجة هى :

المسار الاول (الاصلى) صفر/١/٣/٥/٧/١١/١٣/١٥/١٦/١٧/١٨ وطوله ١٠٧ يوما .

المسار الثانى صفر/١/٣/٥/٧/١١/١٢/١٦/١٧/١٨ وطوله ١٠٧ يوما .

والمسار الثالث صفر/١/٣/٥/٧/٩/١٠/١٤/١٨ وطوله ١٠٧ يوما .

الخطوة الاخيرة :

نقوم بزيادة النشاطات التالية كالاتى :

النشاط ١٠/٦ تزاد مدته ٤ ايام × ٤٥ جنيه لليوم الواحد = ١٨٠ جنيه

النشاط ٨/٢ تزاد مدته ٤ ايام × ٤٠ جنيه لليوم الواحد = ١٦٠ جنيه

النشاط ١٨/٨ تزاد مدته ٩ ايام × ٤٠ جنيه لليوم الواحد = ٣٦٠ جنيه

النشاط ١٠/٤ تزاد مدته ٨ ايام × ٤٠ جنيه لليوم الواحد = ٣٢٠ جنيه

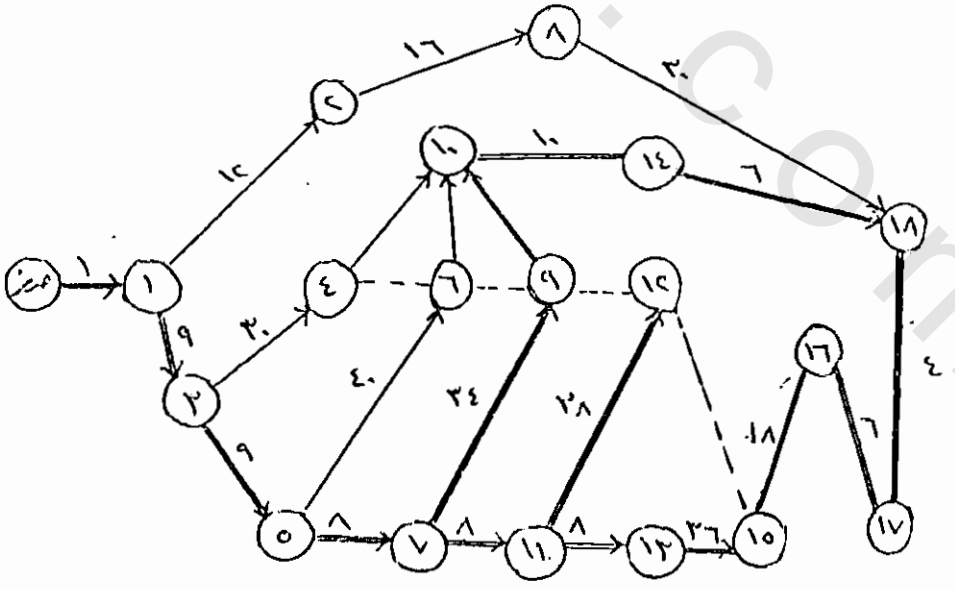
النشاط ٦/٥ تزاد مدته ١٠ايام× ٢٠ جنيه لليوم الواحد = ٢٠٠ جنيه

١٢٢٠ جنيه

ومعنى ذلك ان التكلفة الكلية تقل من ٥٢٧٢٠ الى (٥٢٧٢٠ — ١٢٢٠)

= ٥١٥٠٠ جنيه ويصبح الشكل الشبكى النهائى رقم ١٤ كما يلى :

شكل رقم (١٤)



وبالنظر الى الرسم الشبكى رقم (١٤) ومقارنته مع الرسم رقم (١١) نجـــــد انهما متطابقان تماما وهذا يعنى اننا توصلنا الى التكلفة المثلى والزمن الامثـــــل للمشروع ككـــل ٠

وبالنسبة لامثلية الزمن المتسرع يمكن تلخيص خطوات الزيادة فى زمن الانشـــطة والخفض فى التكلفة الكلية فى الجدول الاتى :

obeikan.com

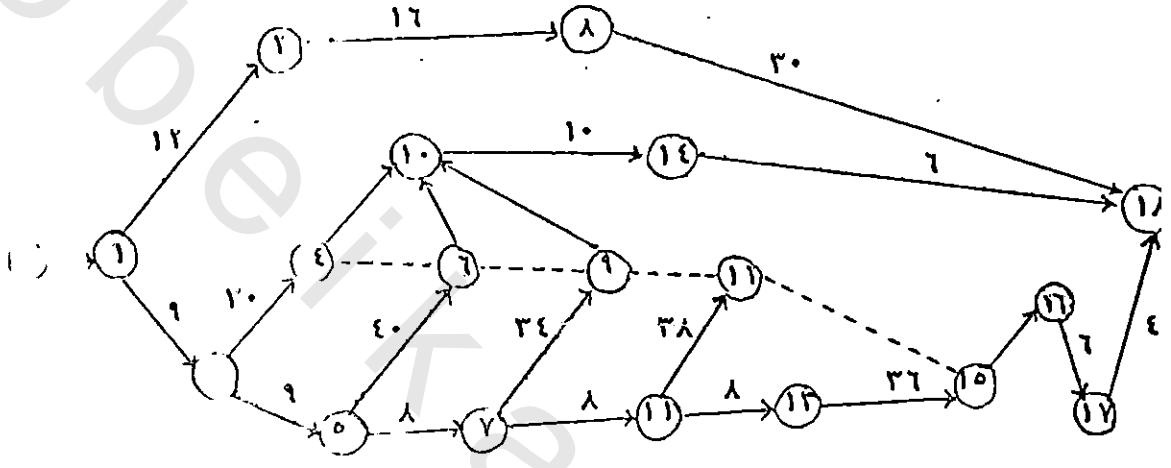
جـدول رقم (١٠)

رقم الخطوة	زمن المسار الحج	رقم الانشطة												
		صفر/١	١/٢	٢/٣	٣/٤	٤/٣	٥/٣	٨/٢	١٠/٤	٦/٤	٦/٥	٧/٥	١٠/٦	٩/٦	٩/٧	١١/٧	١٠/٩	١٢/٩
١	١٠٧	١	٩	٩	٢٤	٩	١٢	٢٢	—	٣٠	٨	٢٦	—	٣٢	٨	٢٤	—	
٢	١٠٧	١	١٢	٩	٢٤	٩	١٢	٢٢	—	٣٠	٨	٢٦	—	٣٢	٨	٣٠	—	
٣	١٠٧	١	١٢	٩	٣٠	٩	١٢	٢٢	—	٣٠	٨	٢٦	—	٣٤	٨	٣٠	—	
٤	١٠٧	١	١٢	٩	٣٠	٩	١٢	٣٠	—	٤٠	٨	٣٠	—	٣٤	٨	٣٠	—	

تابع جدول رقم (١٠)

رقم الانشطة											التكلفة الكلية بالجنيه
١٤/١٠	١٣/١١	١٢/١١	١٨/١٢	١٥/١٢	١٥/١٣	١٦/١٥	١٧/١٦	١٨/٨	١٨/١٤	١٨/١٧	
٦	٨	٣٤	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٢١	٦	٤	٥٤٨١٠
٦	٨	٣٤	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٢١	٦	٤	٥٣٩١٠
١٠	٨	٣٨	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٢١	٦	٤	٥٢٧٢٠
١٠	٨	٣٨	٢٤	—	٣٦	١٨	٦	٣٠	٦	٤	٥١٥٠٠

كما يظهر الشكل النهائى للنوع العادى والنوع المتسرع بالرسم الاتى :



المثال الثانى : اجراء عمرة شاملة لبدن السفينة نقط على القزق :

بفرض ان الجدول التالى يبين الانشطة المختلفة من حيث الزمن العادى والزمن المتسرع والتكلفة العادية والتكلفة المتسرعة والتكلفة الكلية للنوعين وميل التكلفة (جميع الارقام افتراضية والتكلفة بالمائة جنيه) .

جدول رقم (١١)

رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن والتكلفة				ميل التكلفة لليوم الواحد بالجنيه
		الزمن باليوم	التكلفة بالجنيه	الزمن باليوم	التكلفة بالجنيه	
صفر/١	تجهيز السفينة لرفعها على القزق .	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
١/٢	رفع السفينة على القزق	٧	٣ر٥	٧	٣ر٥	—
٢/٣	رفع الدفة	٧	٣ر٥	٧	٣ر٥	—
٢/٤	تنظيف قاع السفينة والجوانب	١٧	٨ر٥	١٢	١٢ر٠	٧ر٠
٢/٥	رفع الرفاص	١٠	٥ر٠	٨	٦ر٠	٥ر٠
٣/٦	رفع عامود الدفة	١٢	٦ر٠	١٠	٧ر٢	٦ر٠
٣/٧	تسليم الدفة الى الورش	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
٤/٨	حل اجهزة مواسير المياه التى بجانب السفينة .	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
٤/٩	نزع اجزاء البدن المتآكل للسفينة تحت الماء .	٧	٣ر٥	٤	٤ر١	٢ر٠
٥/١٠	تسليم الرفاص الى الورش	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
٧/١٣	اصلاح الرفاص	٢٤	١٢ر٠	١٨	١٥ر٠	٥ر٠
٨/١٤	اصلاح اجهزة مواسير المياه التى بجانب السفينة .	١٢	٦ر٠	٩	٦ر٩	٣ر٠
٩/١٥	اصلاح جزء البدن التالف تحت الماء .	٤٨	٢٤ر٠	٤٢	٢٧ر٠	٥ر٠

تابع جدول رقم (١١)

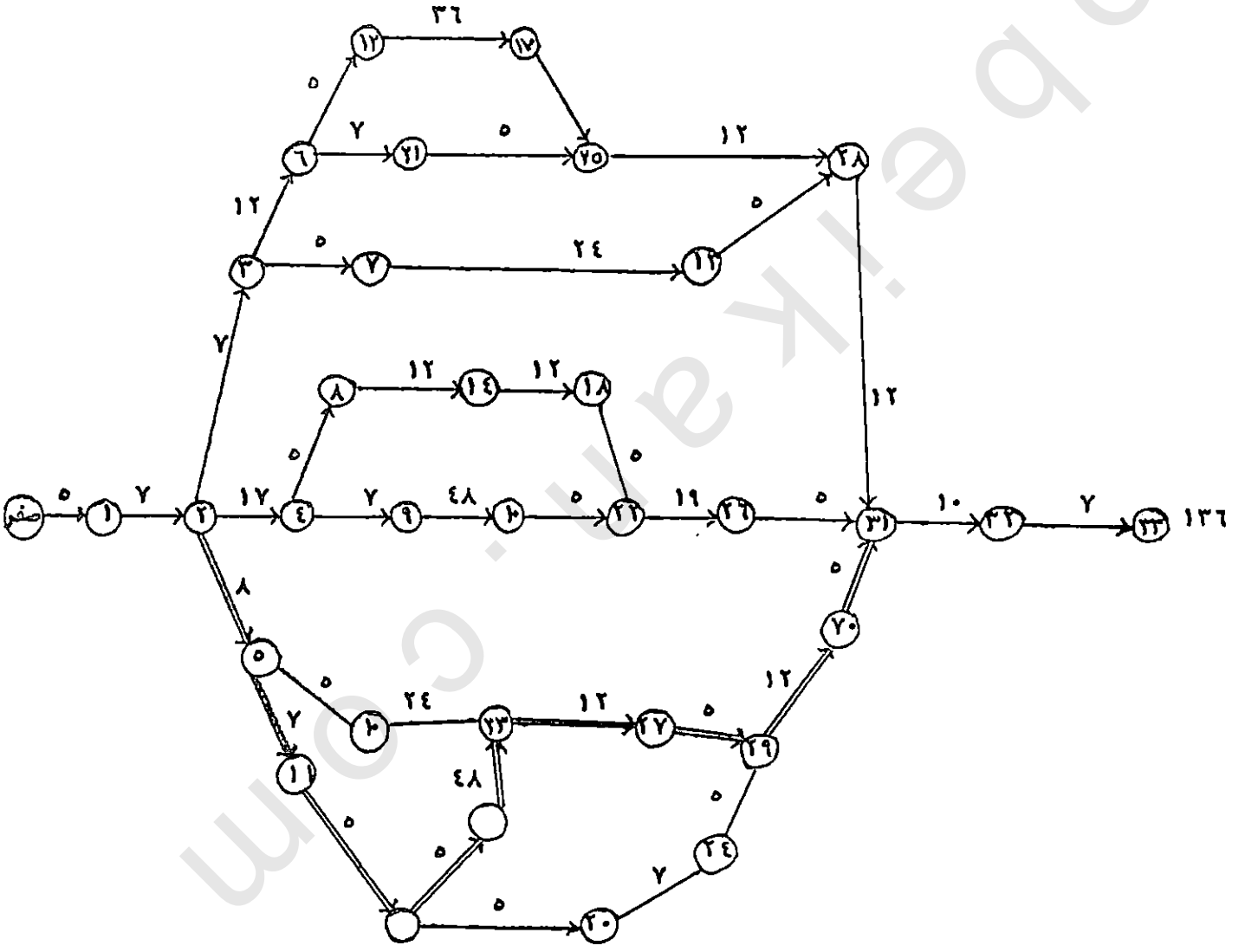
رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن والتكلفة العادية: الزمن يوم	العادية: التكلفة جنيه	المتسرعة: الزمن يوم	المتسرعة: التكلفة جنيه	ميل التكلفة لليوم الواحد بالجنيه
١٠/٢٣	اصلاح ريش الرفاص	٢٤	١٢ر٠	٢٠	١٤ر٠	٥ر٠
١١/١٦	اصلاح عامود الرفاص	٧	٣ر٥	٥	٤ر٠	٢٥ر٠
١٢/١٧	اصلاح موجه الدفة	٣٦	١٨ر٠	٢٨	٢٠ر٠	٢٥ر٠
١٣/٢٨	توريد الدفة للسفينة	٥	٢ر٥	٥	٥ر٠	—
١٤/١٨	تركيب اجهزة مواسير المياه التى بجانب السفينة .	١٢	٦ر٠	٩	٦ر٦	٢٠ر٠
١٥/٢٢	تجربة البدن فى مكان الاصلاح	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
١٦/١٩	تسليم شمعات الرباط الى الورشة .	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
١٦/٢٠	فك جلبة وماسورة المؤخرة	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
١٧/٢١	تغيير الجلب فى مجموع المواسير المتصلة بعجلة القيادة والكشف على سلامتها .	٧	٣ر٥	٥	٤ر٠	٢٥ر٠
١٧/٢٥	تسليم موجه الدفة للسفينة	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
١٨/٢٢	تجربة اجهزة مواسير المياه الموجودة بجانب السفينة .	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
١٩/٢٣	اصلاح شمعات الرباط	٦٠	٣٠ر٠	٤٨	٣٦ر٠	٥ر٠
٢٠/٢٤	تركيب شمعات الرباط بعد	٧	٣ر٥	٥	٣ر٨	١٥ر٠
٢١/٢٥	تركيب الكراسى والجلب فى جهاز التوجيه .	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
٢٢/٢٦	دهان جزء بدن السفينة الذى تحت الماء .	١٩	٩ر٥	١٥	١٠ر٣	٢ر٠
٢٣/٢٧	اصلاح عامود الرفاص والرفاص	١٢	٦ر٠	١٢	٦ر٠	—
٢٤/٢٩	تركيب واختبار ماسورة المؤخرة من حيث تغويت الماء .	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—

تابع جدول رقم (١١)

رقم النشاط	اسم النشاط	الزمن والتكلفة العادية		الزمن والتكلفة المتسرعة		ميل التكلفة لليوم الواحد بالجنيه
		الزمن يوم	التكلفة جنيه	الزمن يوم	التكلفة جنيه	
٢٨/٢٥	تركيب موجه الدفة	١٢	٦ر٠	١٢	٦ر٠	—
٣١/٢٦	تجفيف بدن السفينة بعد دهانه ٠	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
٣١/٢٨	تسليم الرفاص للسفينة	١٢	٦ر٠	١٢	٦ر٠	—
٣٠/٢٩	تركيب الدفة	١٢	٦ر٠	١٢	٦ر٠	—
٣١/٣٠	تركيب المتاريس والرفاص	٥	٢ر٥	٥	٢ر٥	—
٣٢/٣١	تركيب ماسورة المؤخرة وعمل اختبار التغويت ٠	١٠	٥ر٠	١٠	٥ر٠	—
٣٢/٣١	فحص السفينة قبل انزالها الى الماء ٠	١٠	٥ر٠	١٠	٥ر٠	—
٣٣/٢٢	انزال السفينة من القزق الى الماء	٧	٣ر٠	٧	٣ر٥	—
	التكلفة الكلية (بالمائة جنيه)	—	٢٣٩	—	٢٦٦ر٢	—

ويظهر الشكل النهائى للنوع العادى والنوع المتسرع كما فى الرسم الاتى ٠

ويصبح الزمن الكلى ١٣٦ يوما والتكلفة الكلية المثلى ٢٤٧٧٠ جنيه ٠


صفر
١
٢
٣
٤
٥
٦
٧
٨
٩
١٠
١١
١٢
١٣
١٤
١٥
١٦
١٧
١٨
١٩
٢٠
٢١
٢٢
٢٣
٢٤
٢٥
٢٦
٢٧
٢٨
٢٩
٣٠
٣١
٣٢
٣٣
٣٤
٣٦
٤٨
١٣٦

obeikan.com

ويلاحظ ان حل مثل هذه المشاكل بطريقة يدوية تستلزم القيام بعمليات حسابية عديدة وخطوات حل متكررة خاصة اذا كان عدد الانشطة كبيرا ولذلك يكون من المستحسن حل هذه المشاكل باستخدام البرمجة الخطية حيث يمكن صياغة هدف المشكلة رياضيا ، وكذا القيود الموضوعة على تحقيق هذا الهدف .

وسنقوم بحل هذه المشكلة على اساس الوصول الى التكلفة المثلى للشكل المتسرع.

t^1_{ij} تمثل الزمن العادى للنشاط ij بالايام

t^o_{ij} الزمن المتسرع للنشاط ij بالايام .

c^1_{ij} التكلفة العادية للنشاط ij بالجنيه .

c^o_{ij} التكلفة المتسرعة للنشاط ij بالجنيه .

c_{ij} ميل التكلفة للنشاط ij وهو عبارة عن :

$$c_{ij} = \frac{c^o_{ij} - c^1_{ij}}{t^1_{ij} - t^o_{ij}}$$

$\bar{c}_{ij}$ التكلفة المطلوب الوصول اليها للانشطة ij

ويكون المطلوب هو تحديد التكلفة المثلى للشكل المتسرع وحيث ان المعلوم ميل التكلفة لكل نشاط عن اليوم الواحد فبتحديد عدد الايام لكل نشاط للنوع المتسرع (فى الشكل الاميل) وسنرمز لها بالرمز ij يمكن الوصول الى اقل تكلفة بناء ممكنة .

ومعنى ذلك ان

$$t^o_{ij} \leqslant x'_{ij} \leqslant t^1_{ij}$$

الصياغة الرياضية للمشكلة :

دالة الهدف عبارة عن اقل تكلفة كلية لجميع الانشطة ويمكن الحصول عليها من التكلفة الكلية للنوع المتسرع مطروحا منها ميل التكلفة بعد ضربه فى (الزمن المطلوب الوصول اليه للانشطة ناقصا الزمن المتسرع للانشطة) ويعبر عنه رياضيا

$$\sum \bar{c}_{ij} = \sum \left[c^o_{ij} - c_{ij} \left(x_{ij} - t^o_{ij} \right) \right]$$

وباستخدام بيانات الجدول السابق نحصل على القيم الاتية :

$$\bar{c}_{01} = \bar{c}_{01} - c_{01}\,(x_{01} - t^{o}_{01}) = 30 - 0\,(x_{01} - 1) = 30$$

$$\bar{c}_{12} = c^{o}_{12} - c_{12}\,(x_{12} - t^{o}_{12}) = 1500 - 100(x_{12}-9) = 2400 - 100\,x_{12}$$

$$\bar{c}_{13} = c^{o}_{13} - c_{13}(\,x_{13} - t^{o}_{13}) = 1350 - 50(x_{13} - 9) = 1800 - 50\,x_{13}$$

$$\bar{c}_{34} = c^{o}_{34} - c_{34}\,(\,x_{34} - 24) = 3450 - 75\,(x_{34} - 24) = 5250 - 75\,x_{34}$$

$$\bar{c}_{35} = c^{o}_{35} - c_{35}\,(\,x_{35} - t^{o}_{35}\,) = 1380 - 60(x_{35}-9) = 1970 - 60\,x_{35}$$

$$\bar{c}_{28} = c^{o}_{28} - c_{28}\,(x_{28} - t^{o}_{28}) = 1760 - 40\,(x_{28} - 12) = 2240 - 40\,x_{28}$$

$$\bar{c}_{410} = c_{410} - c_{410}\,(\,x_{410} - t^{o}_{410}) = 3320 - 40\,(\,x_{410} - 22) = 4200 - 40x_{410}$$

$$\bar{c}_{56} = c^{o}_{56} - c_{56}\,(\,x_{56} - t^{o}_{56}\,) = 4200 - 20(x_{56} - 30) = 4800 - 20\,x_{56}$$

$$\bar{c}_{57} = c^{o}_{57} - c_{57}\,(\,x_{57} - t^{o}_{57}) \; 1400 - 50\,(x_{57} - 8) = 1800 - 50\,x_{57}$$

$$\bar{c}_{610} = c^{o}_{610} - c_{610}\,(\,x_{610} - t^{o}_{610}) - 3180 - 45\,(x_{610} - 26) = 4350 - 45\,x_{610}$$

$$\bar{c}_{79} = c^{o}_{79} - c_{79}\,(\,x_{79} - t^{o}_{79}) = 4560 - 70\,(x_{79} - 32) = 6800 - 70\,x_{79}$$

opeikan.com

$$\bar{c}_{711} = c^{o}_{711} - c_{711}\,(x_{711} - t^{o}_{711}) = 1480 - 70(x_{711}-8) = 2040 - 70\,x_{711}$$

$$\bar{c}_{910} = c^{o}_{910} - c_{910}(x_{910} - t^{o}_{910}) = 3600 - 100\,(x_{910} - 24) = 6000 - 100\,x_{910}$$

$$\bar{c}_{1014} = c^{o}_{1014} - c_{1014}\,(x_{1014} - t^{o}_{1014}) = 1320 - 80(x_{1014}-6) = 1800 - 80\,x_{1014}$$

$$\bar{c}_{1113} = c^{o}_{1113} - c_{1113}\,(x_{1113} - t^{o}_{1113}) = 1300 - 25(x_{1113}-8) = 1500 - 25\,x_{1113}$$

$$\bar{c}_{1213} = c^{o}_{1213} - c_{1213}\,(x_{1213} - t^{o}_{1213}) = 4420 - 70\,(x_{1213} - 34) = 6800 - 70\,x_{1213}$$

$$\bar{c}_{1216} = c^{o}_{1216} - c_{1216}\,(x_{1216} - t^{o}_{1216}) = 3360 - 60\,(x_{1216} - 24) = 4800 - 60\,x_{1216}$$

$$\bar{c}_{1315} = \bar{c}_{1315} - c_{1315}\,(x_{1315} - t^{o}_{1315}) = 4660 - 165(x_{1315} - 36) = 10600 - 165\,x_{1315}$$

$$\bar{c}_{1516} = c^{o}_{1516} - c_{1516}(x_{1516} - t^{o}_{1516}) = 2580 - 30(x_{1516}-18) = 3120 - 30\,x_{1516}$$

$$\bar{c}_{1617} = c^{o}_{1617} - c_{1617}(x_{1617} - t^{o}_{1617}) = 1240 - 60(x_{1617}-6) = 1600 - 60\,x_{1617}$$

$$\bar{c}_{818} = c^{o}_{818} - c_{818}(x_{818} - t^{o}_{818}) = 3360 - 40(x_{818}-21) = 4200 - 40x_{818}$$

$$\bar{c}_{1418} = c^{o}_{1418} - c_{1418}(x_{1418} - c^{o}_{1418}) = 1240 - 60(x_{1418}-6) = 1600 - 60x_{1418}$$

$$\bar{c}_{1718} = c^{o}_{1718} - c_{1718}(x_{1718} - t^{o}_{1718}) = 120$$

obeikan.com

وتكون النتيجة النهائية لهذه الحسابات لدالة الهدف كالاتى :

$$100x_{12} - 50x_{13} - 75x_{34} - 60x_{35} - 40x_{28} - 40x_{410} - 20x_{56}$$

$$-50x_{57} - 45x_{610} - 70x_{79} - 70x_{711} - 100x_{910} - 80x_{1014} -$$

$$-25x_{1113} - 70x_{1213} - 60x_{1216} - 165x_{1315} - 30x_{1516} - 60x_{1617} -$$

$$-40x_{818} - 60x_{1418} + 79770$$ اقل ما يمكن

قيـود النموذج :

بالنسبة للانشطة غير الحرجة يكون الزمن المتسرع للنشاط اقل من او يساوى الزمن المطلوب الوصول اليه للنشاط اقل من او يساوى الزمن العادى للنشاط اى ان :

$$t^{o}_{ij} \leqslant x_{ij} \leqslant t'_{ij}$$

ومعنى ذلك ان القيد الاول يكون :

$9 \leqslant$	x_{12}	$\leqslant 12$	اى أن	$t^{o}_{12} \leqslant x_{12} \leqslant t'_{12}$	
$9 \leqslant$	x_{13}	$\leqslant 12$	" "	$t^{o}_{13} \leqslant x_{13} \leqslant t'_{13}$	
$24 \leqslant$	x_{34}	$\leqslant 30$	" "	$t^{o}_{34} \leqslant x_{34} \leqslant t'_{34}$	
$9 \leqslant$	x_{35}	$\leqslant 12$	" "	$t^{o}_{35} \leqslant x_{35} \leqslant t'_{35}$	
$12 \leqslant$	x_{28}	$\leqslant 16$	" "	$t^{o}_{28} \leqslant x_{28} \leqslant t'_{28}$	
$22 \leqslant$	x_{410}	$\leqslant 30$	" "	$t^{o}_{410} \leqslant x_{410} \leqslant t'_{410}$	
$30 \leqslant$	x_{56}	$\leqslant 40$	" "	$t^{o}_{56} \leqslant x_{56} \leqslant t'_{56}$	
$8 \leqslant$	x_{57}	$\leqslant 12$	" "	$t^{o}_{57} \leqslant x_{57} \leqslant t'_{57}$	
$26 \leqslant$	x_{610}	$\leqslant 30$	" "	$t^{o}_{610} \leqslant x_{610} \leqslant t'_{610}$	

obeikan.com

$t^{o}_{79} \leqslant x_{79} \leqslant t'_{79}$ أى أن $40 \geqslant x_{79} \geqslant 32$

$t^{o}_{711} \leqslant x_{711} \leqslant t'_{711}$ " " $12 \geqslant x_{711} \geqslant 8$

$t^{o}_{910} \leqslant x_{910} \leqslant t'_{910}$ " " $30 \geqslant x_{910} \geqslant 24$

$t^{o}_{1014} \leqslant x_{1014} \leqslant t'_{1014}$ " " $10 \geqslant x_{1014} \geqslant 6$

$t^{o}_{1113} \leqslant x_{1113} \leqslant t'_{1113}$ " " $12 \geqslant x_{1113} \geqslant 8$

$t^{o}_{1112} \leqslant x_{1112} \leqslant t'_{1112}$ " " $40 \geqslant x_{1112} \geqslant 34$

$t^{o}_{1216} \leqslant x_{1216} \leqslant t'_{1216}$ " " $30 \geqslant x_{1216} \geqslant 24$

$t^{o}_{1315} \leqslant x_{1315} \leqslant t'_{1315}$ " " $40 \geqslant x_{1315} \geqslant 36$

$t^{o}_{1516} \leqslant x_{1516} \leqslant t'_{1516}$ " " $24 \geqslant x_{1516} \geqslant 18$

$t^{o}_{1617} \leqslant x_{1617} \leqslant t'_{1617}$ " " $10 \geqslant x_{1617} \geqslant 6$

$t^{o}_{818} \leqslant x_{818} \leqslant t'_{818}$ " " $30 \geqslant x_{818} \geqslant 21$

$t^{o}_{1418} \leqslant x_{1418} \leqslant t'_{1418}$ " " $10 \geqslant x_{1418} \geqslant 6$

وبالنسبة لمجموع الانشطة غير الحرجة الواقعة على المسارات غير الحرجة فان زمنها يكون اقل من او يساوى طول المسار الحرج اى ان :

$$\sum_{ij} x_{ij} \leqslant a$$

حيث a زمن المسار الحرج وهو يساوى ١٠٧ يوما .

ومعنى ذلك ان :

$$x_{01} + x_{12} + x_{28} + x_{818} \leqslant 107$$

$$x_{01} + x_{13} + x_{34} + x_{410} + x_{1014} + x_{1418} \leqslant 107$$

$$x_{01} + x_{13} + x_{35} + x_{56} + x_{610} + x_{1011} + x_{1418} \leqslant 107$$

obeikan.com

$$x_{01}+x_{13}+x_{35}+x_{57}+x_{79}+x_{910}+x_{1014}+x_{1418} \leqslant 107$$

$$x_{01}+x_{13}+x_{35}+x_{57}+x_{711}+x_{1112}+x_{1216}+x_{1617}+x_{1718} \leqslant 107$$

اما بالنسبة للقيد الثالث فهو عبارة عن تثبيت جميع ازمنة الانشطة الواقعة على المسار الحرج ويمكن التعبير عنها رياضيا كالآتى : $x_{ij} = t^{o}_{ij}$

اى ان :

$$x_{01} = 1$$
$$x_{13} = 9$$
$$x_{35} = 9$$
$$x_{57} = 8$$
$$x_{711} = 8$$
$$x_{1113} = 8$$
$$x_{1315} = 36$$
$$x_{1516} = 18$$
$$x_{1617} = 6$$
$$x_{1718} = 4$$

وبذلك يمكن التعويض فى دالة الهدف والقيود على النحو التالى :

التعويض فى دالة الهدف :

$$100x_{12} - 450 - 75x_{34} - 40x_{28} - 40x_{410} - 20x_{56} - 400 -$$
$$-45x_{610} - 70x_{79} - 560 - 100x_{910} - 80x_{1014} - 200 - 70x_{1213}$$
$$-60x_{1216} - 5940 - 540 - 960 - 40x_{818} - 60x_{1418} - 79700$$

وتصبح دالة الهدف فى صورتها النهائية كالاتى :

$$100x_{12} - 75x_{34} - 40x_{28} - 40x_{410} - 20x_{56} - 45x_{610}$$
$$-70x_{79} - 100x_{910} - 80x_{1014} - 70x_{1213} - 60x_{1216} - 40x_{818} - 60x_{1418}$$
$$+ 70180$$

كما يصبح القيد الاول بالصورة الاتية :

$$
\begin{aligned}
9 &\leqslant x_{12} \leqslant 12 \\
9 &\leqslant x_{13} \leqslant 12 \\
24 &\leqslant x_{34} \leqslant 30 \\
9 &\leqslant x_{35} \leqslant 12 \\
12 &\leqslant x_{28} \leqslant 16 \\
22 &\leqslant x_{410} \leqslant 30 \\
30 &\leqslant x_{56} \leqslant 40 \\
8 &\leqslant x_{57} \leqslant 12 \\
26 &\leqslant x_{610} \leqslant 30 \\
32 &\leqslant x_{79} \leqslant 40 \\
8 &\leqslant x_{711} \leqslant 12 \\
24 &\leqslant x_{910} \leqslant 30 \\
6 &\leqslant x_{1014} \leqslant 10 \\
8 &\leqslant x_{1113} \leqslant 12 \\
34 &\leqslant x_{1112} \leqslant 40 \\
24 &\leqslant x_{1216} \leqslant 30 \\
36 &\leqslant x_{1315} \leqslant 40 \\
18 &\leqslant x_{1516} \leqslant 24 \\
6 &\leqslant x_{1617} \leqslant 10 \\
21 &\leqslant x_{818} \leqslant 30 \\
6 &\leqslant x_{1418} \leqslant 10
\end{aligned}
$$

obeikan.com

وبالنسبة للقيد الثانى يصبح بالصورة الاتية :

$$x_{12} + x_{28} + x_{818} \leqslant 106$$

$$x_{34} + x_{410} + x_{1014} + x_{1418} \leqslant 79$$

$$x_{56} + x_{610} + x_{1014} + x_{1418} \leqslant 88$$

$$x_{79} + x_{910} + x_{1014} + x_{1418} \leqslant 80$$

$$x_{1112} + x_{1216} \leqslant 62$$

وبذلك تأخذ المشكلة الصورة الرياضية الاتية :

ايجاد قيم x_{ij} التى تجعل الدالة

$$\sum_{ij} \bar{c}_{ij} = \sum_{ij} \left[c^{o}_{ij} - c_{ij} \left(x_{ij} - t^{o}_{ij} \right) \right]$$

اقل ما يمكن مع العلم بأن :

$$t^{o}_{ij} \leqslant x_{ij} \leqslant t^{1}_{ij}$$

وللمسارات الحرجة

$$\sum_{ij} x_{ij} \leqslant a$$

وللانشطة الحرجة $x_{ij} = t^{o}_{ij}$

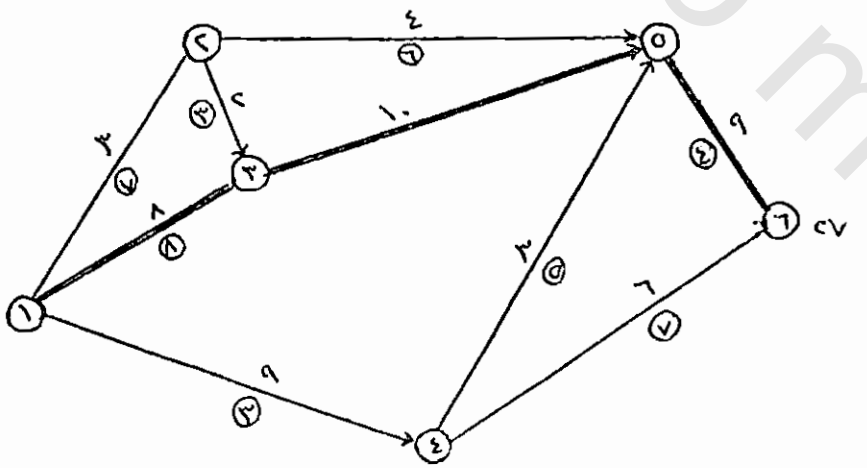
وتحل هذه المشكلة بطريقة السمبلكس .

توزيع الموارد المحدودة على الرسم الشبكى :

موضح فى المثال التالى توزيع الموارد المحدودة على الرسم الشبكى ويكون الهدف هو الوصول الى التوزيع الذى يضمن تنفيذ كل الانشطة على الرسم الشبكى فى الزمن المحدد لتنفيذ المشروع ككل وعلى ان يكون التوزيع فى حدود الموارد الموجودة .

رقم النشاط	زمن النشاط باليوم	الزمن المبكر		الزمن المتأخر		احتياطى زمن النشاط
		لبداية النشاط	لنهاية النشاط	لبداية النشاط	لنهاية النشاط	
١/٢	٣	صفر	٣	٣	٦	٣
١/٣	٨	صفر	٨	صفر	٨	صفر
١/٤	٩	صفر	٩	٦	١٥	٦
٢/٣	٢	٣	٥	٦	٨	٣
٢/٥	٤	٣	٧	١٤	١٨	١١
٣/٥	١٠	٨	١٨	٨	١٨	صفر
٤/٥	٣	٩	١٢	١٥	١٨	٦
٤/٦	٦	٩	١٥	٢١	٢٧	١٢
٥/٦	٩	١٨	٢٧	١٨	٢٧	صفر

ويمكن ترجمة الجدول السابق فى الرسم الشبكى الاتى :

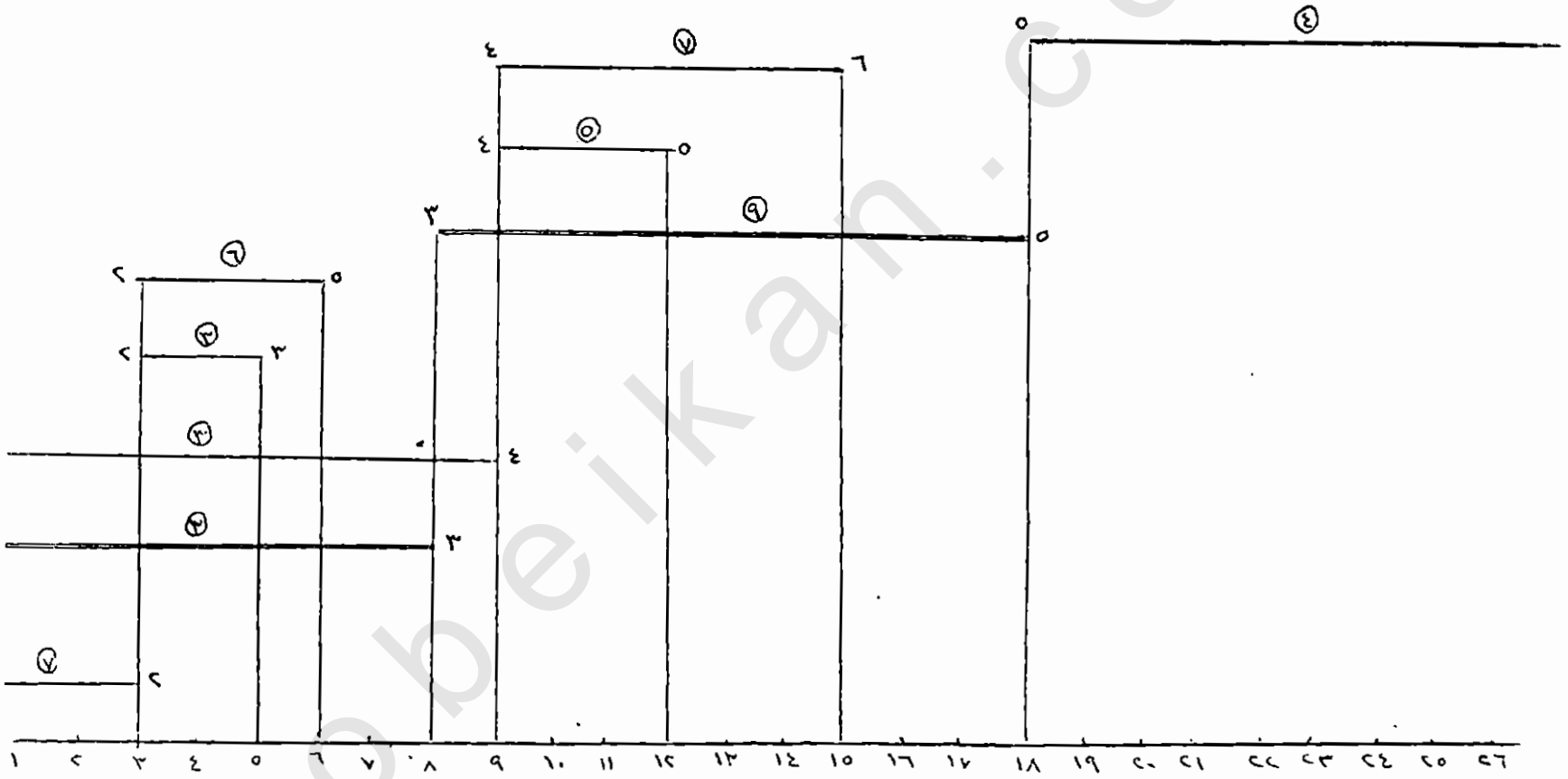


ويوضح الشكل الشبكى ان الارقام فوق الاسهم تمثل زمن النشاط وا ن الارقام تحت الاسهم بين الدوائر تمثل الموارد ولتكن سيارات نقل مثلا • وان موارد المشروع من السيارات ١٥ سيارة نقل •

وواضح من الرسم الشبكى ان اى نشاط لايحتاج اكثر من ١٥ سيارة نقل • الا ان بعض الانشطة تبدأ فى وقت واحد وتسير متوازية ولهذا يكون من الضرورى مقارنة السيارات المتوافرة للمشروع بالاحتياجات المطلوبة •

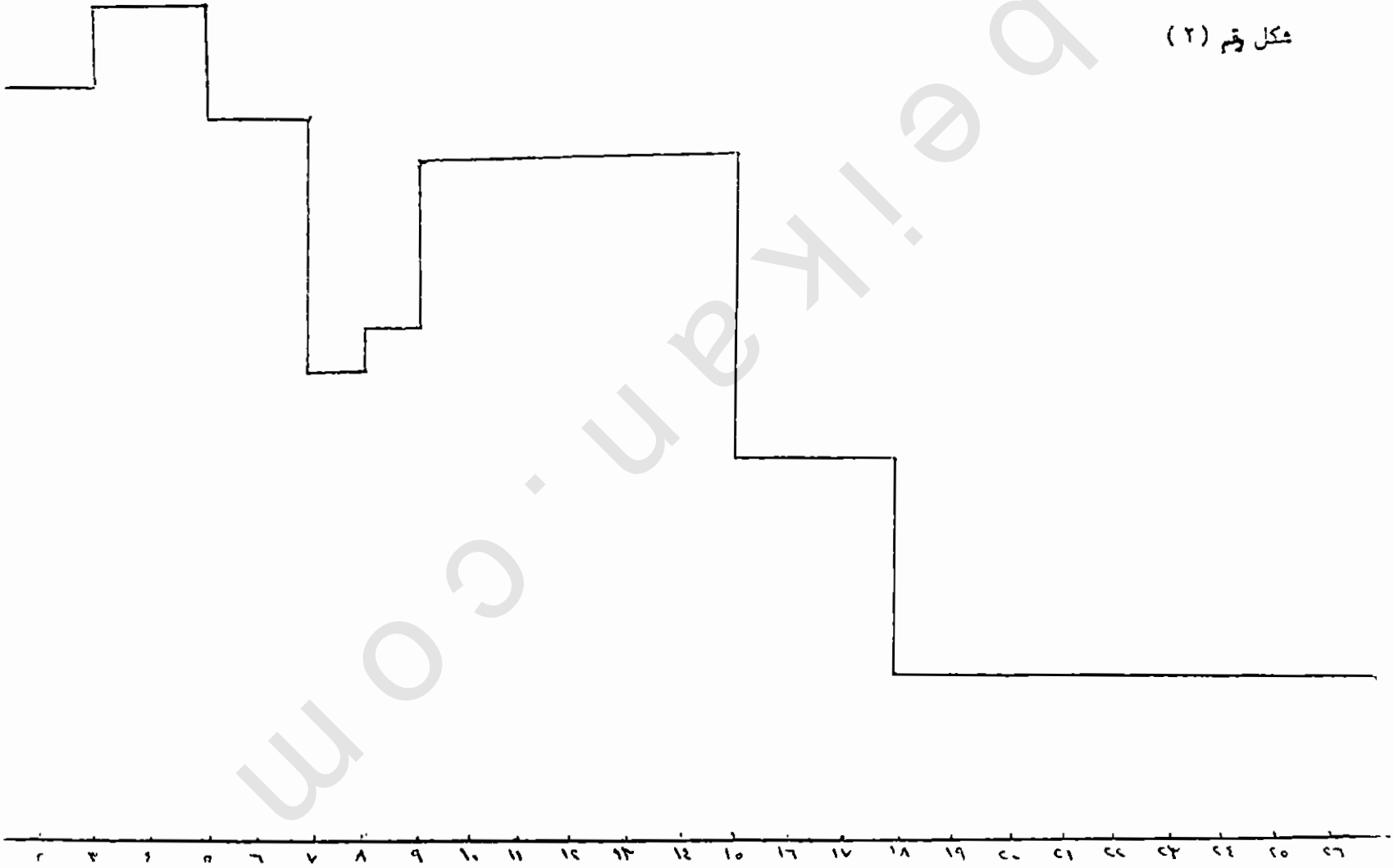
وهكذا فان الانشطة (١/٢) و (١/٣) و (١/٤) لايمكن ان تتم فى وقت واحد حيث يكون المطلوب لهذه الانشطة الثلاثة (٣ + ٨ + ٧ = ١٨ سيارة نقل) مما يتجاوز المتوافر لدينا وهو ١٥ سيارة نقل • لذلك نبنى رسم خطى لتوزيع السيارات حسب التوقيت الزمنى لانجاز الانشطة ونراعى ان المسار الحرج هو ٢٧ يوما بحيث نمثل هذا الزمن محور الزمن (المحور الافقى) وتمثل على المحور الرأسى الانشطة • وتكتب فوق كل نشاط نرسمه عدد سيارات النقل داخل دائرة لكل نشاط لانجازه ويظهر ذلك على الرسم البيانى الاتى :

شكل رقم (١)



obeikan.com

شكل رقم (٢)



obeikan.com

ولبداية انجاز النشاط نأخذ الزمن المبكر لنهاية واقعته السابقة (الانشطة الحرجة موضحة بخط سميك) ويكون توزيع سيارات النقل حسب التوقيت الزمنى موضحا فى الرسم البيانى الاتى :

ويتضح من الرسم البيانى السابق (رقم ٢) الاتى :

١ — ان الانشطة (٢/١) و (٣/١) و (٤/١) تحتاج فى الثلاثة ايام الاولى الى (٧+٨+٣ = ١٨ سيارة) .

٢ — وفى اليوم الرابع والخامس تحتاج الانشطة (٣/١) و (٤/١) و (٥/٢) الى (٨+٣+٣+٦ = ٢٠ سيارة) .

٣ — وفى اليوم السادس تحتاج الانشطة (٣/١) و (٤/١) و (٥/٢) الى (٨+٣+٦ = ١٧ سيارة) .

٤ — وفى اليوم السابع والثامن تحتاج الانشطة (٣/١) و (٤/١) الى ٨+٣ = ١١ سيارة) .

٥ — وفى اليوم التاسع تحتاج الانشطة (٤/١) و (٥/٣) الى ٣+ ٩ = ١٢ سيارة)

٦ — وفى اليوم العاشر والحادى عشر تحتاج الانشطة (٥/٣) و (٥/٤) و (٦/٤) الى (٩+ صفر + ٧ = ١٦ سيارة) .

٧ — وفى اليوم الثالث عشر والرابع عشر والخامس عشر تحتاج الانشطة (٥/٣) و (٦/٤) الى (٩ + ٧ = ١٦ سيارة) .

٨ — وفى اليوم السادس عشر والسابع عشر والثامن عشر يحتاج النشاط (٥/٣) الى ٩ سيارات .

٩ — وابتداء من اليوم التاسع عشر حتى نهاية اليوم السابع والعشرين تحتاج الانشطة (٦/٥) الى ٤ سيارات فقط .

وواضح من التوزيع السابق ان توزيع السيارات على الانشطة المختلفة خلال الزمن المقرر لانجازها يتم احيانا فى حدود المتاح لدى المشروع من سيارات النقل . وفى بعض الاحيان فان التوزيع يتم بعدد من سيارات النقل اكبر مما هو متاح لدى المشروع . ويسمى

ا لتوزيع الموضح فى الرسم البيانى (رقم ١) و (رقم ٢) بالتوزيع الاولى مما يستلزم معه ضرورة توزيع سيارات النقل فى حدود الموارد المتاحة للمشروع وذلك للوصول الى التوزيع النهائى • ويتم التوزيع النهائى لسيارات النقل حسب التوقيت الزمنى بشرط ان يبدأ كل نشاط فى الزمن المبكر لامكانية تنفيذه • ولكن اذا راعينا ان بعض الانشطة يمكن ان تبدأ متأخرة بعض الوقت (طبقا لاحتياطى الزمن لها) فان النشاط الحرج هو الذى يجب ان يتم تنفيذه فى التوقيت الزمنى المحدد له ولا يمكن تأخير تنفيذه حيث ان احتياطى الزمن له دائما يساوى صفر • كما ان تأجيل تنفيذ بعض الانشطة (الغير حرجة) يتم بالتتابع الاتى :

الانشطة التى لها اكبر احتياطى زمن تنقل فى المقام الاول وبعد ذلك تنقل الانشطة التى لها احتياطى زمن اقل وهكذا • وللوصول الى التوزيع النهائى لعربات النقل تتم الخطوات الاتية :

الخطوة الاولى :

نبدأ من واقعة البداية (١) الانشطة الاتية (١/٢) و (١/٣) و (١/٤) ويحتاج تنفيذ هذه الانشطة الى (٧ + ٨ + ٣ = ١٨) سيارة نقل • فاذا لاحظنا أن النشاط (١/٣) نشاط حرج يجب البدأ فورا فى تنفيذه • فمعنى ذلك ان تنفيذ الانشطة الثلاثة فى زمن واحد يحتاج الى ١٨ سيارة نقل وهذا العدد اكبر من المتاح لدى المشروع من هذه الانشطة • النشاط (١/٣) يحتاج ٨ سيارة • ومعنى ذلك ان الباقى من سيارات النقل ٧ سيارات • لذلك ننظر الى احتياطى الزمن للنشاط (١/٢) و (١/٤) واحتياطى الزمن لهما على الترتيب ٣ و ٦ ايام • لذلك يمكن تنفيذ النشاط (١/٢) فى الحال ونؤجل تنفيذ النشاط (١/٤) لمدة ثلاثة ايام (وهو يعادل احتياطى الزمن للنشاط (١/٢) وذلك حتى ينتهى النشاط (١/٢) بعد ثلاثة ايام من احتياجه للعربات •

ومعنى ذلك ان النشاط (١/٣) يحتاج الى ٨ سيارات نقل ويستمر لمدة ثمانية ايام كما ان النشاط (١/٢) يحتاج الى سبعة سيارات ويستمر لمدة ثلاثة ايام •

الخطوة الثانية :

يبدأ بعد ثلاثة ايام النشاط (٣/٢) لمدة يومين ويحتاج الى ثلاثة سيارات واحتياطى الزمن له ثلاثة ايام والنشاط (٥/٢) لمدة اربعة ايام ويحتاج الى ستة سيارات

واحتياطى الزمن له احد عشر يوما زائدا النشاط (٤/١) لمدة تسعة ايام ويحتاج الى ثلاثة سيارات واحتياطى الزمن له ثلاثة ايام ويستمر النشاط (٣/١) الذى يقضى من زمن تنفيذه خمسة ايام ويحتاج ثمانية سيارات • ويخرج النشاط (٢/١) الذى انتهى فى نهاية اليوم الثالث وكان يعمل به سبعة سيارات •

ويتصف توجيه هذه الانشطة الثلاثة (٣/٢) و (٥/٢) و (٤/١) زائدا النشاط (٣/١) عدد (٣ + ٦ + ٣ + ٨ = ٢٠ سيارة) مما يتطلب تأجيل تنفيذ بعض الانشطة • وبالنظر الى احتياطى الزمن لهذه الانشطة نجدها كالاتى :

النشاط (٣/٢) احتياطى الزمن له ٣
النشاط (٥/٢) احتياطى الزمن له ١٢
النشاط (٤/١) احتياطى الزمن له ٣
النشاط (٣/١) احتياطى الزمن له صفر (نشاط حرج) وتم تنفيذه فى موعده المحدد له •

وواضح ان النشاط الذى له اكبر احتياطى زمن هو النشاط (٥/٢) ثم النشاط (٤/١) و (٣/٢) وانطلاقا من الحاجة الى عربات النقل فانه يلزم لانجاز الانشطة التى ستبدأ بعد اليوم الثالث وهى (٤/١) و (٣/٢) و (٥/٢) مع الاخذ فى الاعتبار ان يستمر النشاط الحرج (٣/١) نرى انه يلزم تأجيل تنفيذ النشاط (٥/٢) حتى تنتهى عربات النقل المشغولة فى الانشطة (٣/١) و (٤/١) اى حتى نهاية اليوم الثانى عشر بمعنى انه يبدأ تنفيذ النشاط (٥/٢) ابتداء من اليوم الثالث عشر حيث ان احتياطى الزمن لهذا النشاط يسمح بهذا النقل •

وهكذا فان النشاط (٤/١) سيبدأ من العدد الثالث (نهاية اليوم الثالث) وينتهى عند اليوم الثانى عشر كما يبدأ النشاط (٣/٢) فى ميعاده اى فى نهاية اليوم الثالث اما النشاط (٥/٢) فسيبدأ العدد ١٢ اى فى نهاية اليوم الثالث عشر وينتهى عند العدد ١٦ اى فى نهاية اليوم السادس عشر •

الخطوة الثالثة :

وننظر الان الى توزيع سيارات النقل فى التوقيت الزمنى الاتى : العدد ٨ يبدأ نشاط حرج (٣/٥) ويحتاج الى ٩ سيارات نقل ويلزم تنفيذه فورا • وفى نفس الوقت يستمر النشاط (١/٤) باستخدام ٣ سيارات نقل مما يعنى ان السيارات الموجودة (١٥ سيارة) كافية لانجاز هذه الانشطة • الا ان العدد ٩ يجب ان يبدأ فيه ايضا

نشاطين : النشاط (٥/٤) والنشاط (٦/٤) . واحد هذه الانشطة (٥/٤) لايحتاج الى سيارات نقل وهذا يعنى اننا لانحتاج الى نقل له . اما النشاط (٦/٤) فيلـــزم نقله حيث ان احتياطى الزمن لـه ١٢ يوما ويكفى لنا ان ننقله حتى العدد ١٨ (أى ٩ ايام فقط) وذلك حتى ينتهى النشاط (٥/٣) من احتياجاته لسيارات النقل .

وبهذه الطريقة فان الرسم البيانى النهائى لانجاز الانشطة حسب التوزيع الزمـنى لسيارات النقل يكون موضحا على الرسم البيانى (رقم٣) و (رقم ٤) الاتيين :

ويتضح من الرسم البيانى رقم (٣) الاتى :

١ ــ ان الانشطة (٢/١) و (٣/١) تحتاج فى الايام الثلاثة الاولى الى (٧ + ٨ = ١٥ سيارة نقل) .

٢ ــ ان الانشطة (٣/١) و (٤/١) و (٣/٢) تحتاج فى اليوم الرابع والخامس الى (٨+٣+٣ = ١٤ سيارة نقل) .

٣ ــ ان الانشطة (٣/١) و (٤/١) تحتاج فى اليوم السادس والسابع والثامن الـى (٨ + ٣ = ١١ سيارة نقل) .

٤ ــ ان الانشطة (٤/١) و (٥/٣) تحتاج فى اليوم التاسع الى (٣ + ٩ =١٢ سيارة نقل) .

٥ ــ ان الانشطة (٤/١) و (٥/٣) و (٥/٤) تحتاج فى اليوم العاشر والحادى عشر والثانى عشر الى (٣ + ٩ + صفر = ١٢ سيارة نقل) .

٦ ــ ان الانشطة (٥/٢) و (٥/٣) تحتاج فى اليوم الثالث عشر الى اليوم السـادس عشر الى (٦ + ٩ = ١٥ سيارة نقل) .

٧ ــ ان النشاط (٥/٣) يحتاج فى اليوم السابع عشر الى ٩ سيارات نقل .

٨ ــ وان الانشطة (٦/٤) و ٦/٥) يحتاجان فى اليوم التاسع عشر الى اليوم الرابـع والعشرين الى (٧ + ٤ = ١١ سيارة نقل) .

٩ ــ وان النشاط (٦/٥) يحتاج فى اليوم الخامس والعشرين الى اليوم الاخيـر والعشرين الى (٤ سيارات نقل) .

ويتضح من التحليل السابق الاتى :

١ ــ بالنسبة للنشاط (٢/١) يحتاج الى ٧ سيارات نقل فى اليوم الاول والثانى والثالث .

٢ ــ بالنسبة للنشاط (٣/١) يحتاج الى ٨ سيارات نقل ابتداء من اليوم الاول حـتى

نهاية اليوم الثامن ٠

٣ — ان النشاط (٤/١) يحتاج الى ٣ سيارات نقل ابتداء من اليوم الرابع وحتى نهاية اليوم الثانى عشر ٠

٤ — بالنسبة للنشاط (٣/٢) يحتاج الى ٣ سيارات نقل فى اليوم الرابع والخامس ٠

٥ — اما النشاط (٥/٢) فيحتاج الى ٦ سيارات نقل ابتداء من اليوم الثالث عشر وحتى نهاية اليوم السادس عشر ٠

٦ — وبالنسبة للنشاط (٥/٣) فيحتاج الى ٩ سيارات نقل ابتداء من اليوم التاسع حتى نهاية اليوم الثامن عشر ٠

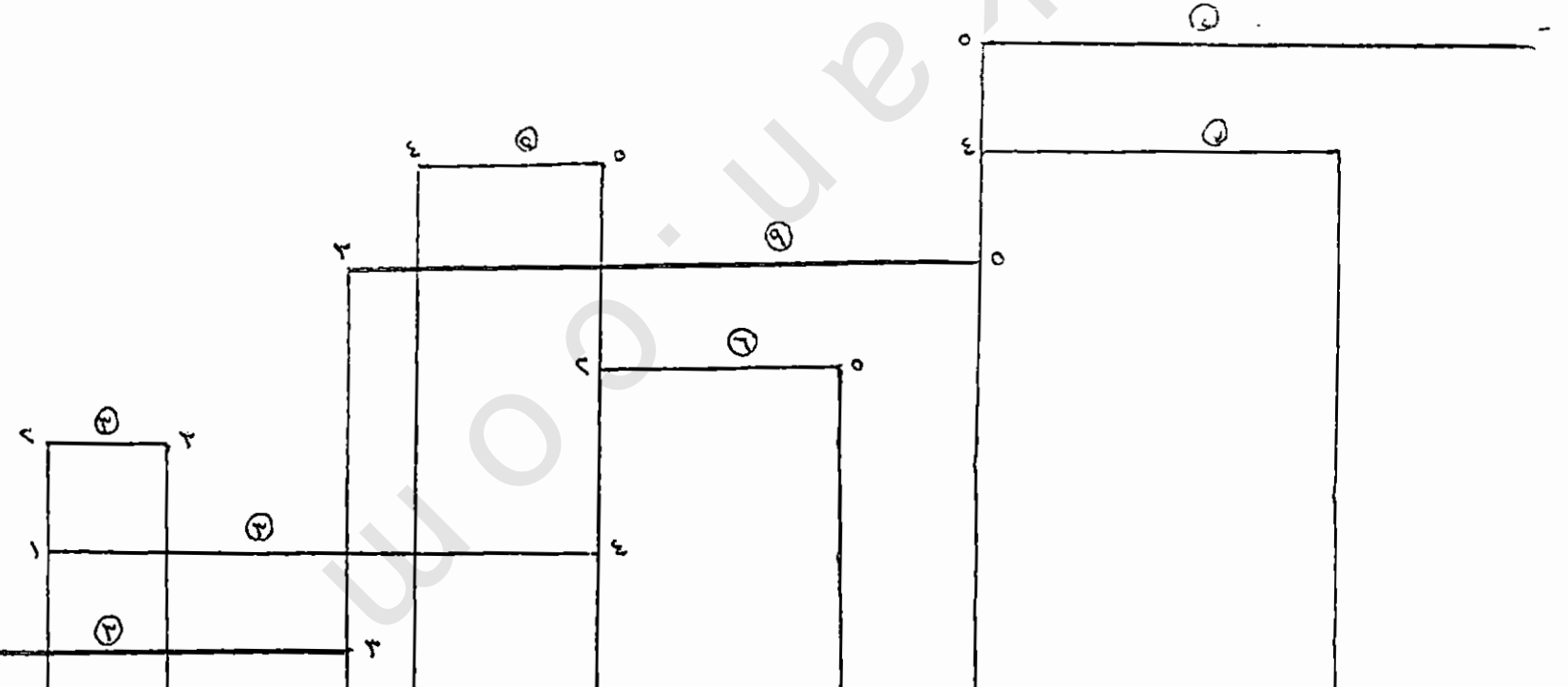
٧ — والنشاط (٥/٤) لايحتاج الى اى سيارات نقل ايام ١٠، ١١، ١٢ ٠

٨ — كما ان النشاط (٦/٤) يحتاج الى ٧ سيارات نقل ابتداء من اليوم التاسع عشر حتى نهاية اليوم الرابع والعشرين ٠

٩ — والنشاط (٦/٥) يحتاج الى ٤ سيارات نقل ابتداء من اليوم التاسع عشر حتى نهاية اليوم السابع والعشرين ٠

openkan.com

شكل رقم (٣)



شكل رقم (٤)