الفصل الثاني عشر

ضغط زمن المشروع

(Project Duration Compression)

obeikandl.com

محتويات الفصل:

١٢- ضغط زمن المشروع (Project Duration Compression).

١٢-١ العلاقة بين مدة النشاط وتكلفته.

١٢-١-١ التكاليف المباشرة (Direct Costs).

١٢-١-٢ التكاليف غير المباشرة (Indirect Costs).

١٢-٢ الحاجة إلي اختصار المدة علي ضوء العلاقة بين المدة والتكاليف.

١٢-٣ الطرق المختلفة لاختصار مدة المشروع.

١٢-٣-١ إعادة النظر في خطة العمل.

١٢-٣-٢ مراجعة تقدير مدد الأنشطة.

١٢-٣-٣ تعديل أحجام وتسلسل الأنشطة.

١٢-٣-٤ إحالة جزء من العمل إلى مقاول باطن.

١٢-٣-٥ اختصار المدة مقابل زيادة في التكاليف.

١٢-٤ منهج مبادلة الوقت والتكلفة (Time-Cost Trade-offs).

١٢-٥ تمرين محلول.

١٢-٦ الحاسب الآلي منهج مبادلة الوقت والتكلفة.

١٢- ضغط زمن المشروع ((Project Duration Compression:

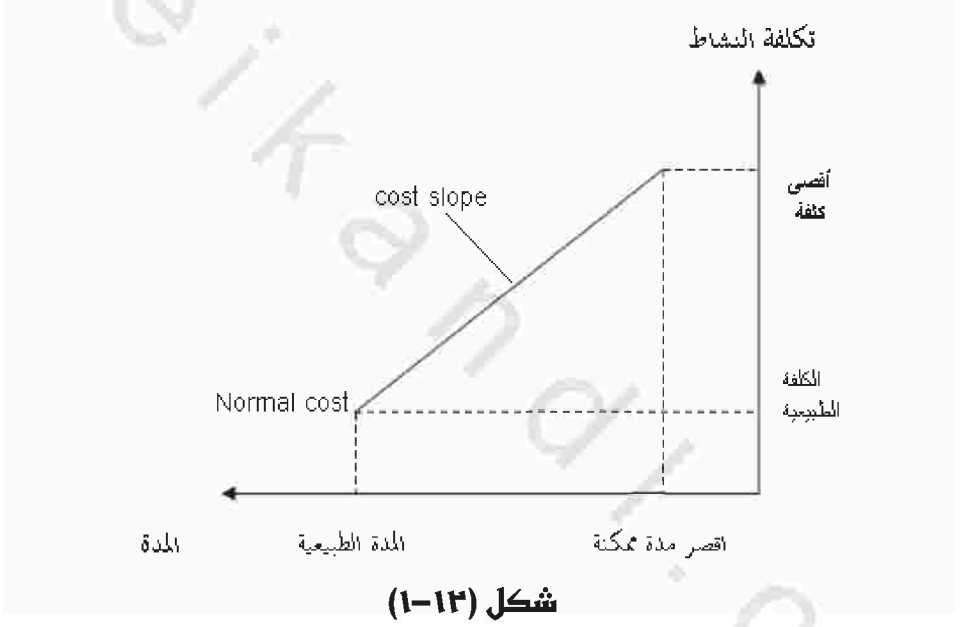
١٢-١ العلاقة بين مدة النشاط وتكلفته:

المدة الزمنية المحددة لإنجاز المشروع ليست بالضرورة أقل مدة ممكنة لتنفيذ المشروع وليست صاحبة أقل تكلفة للمشروع، وبالرغم من أن كل نشاط في المشروع قد يخطط من البداية ليتم تنفيذه بالطريقة المثلى (والأقل تكلفة) فعندما يقوم المقاول بتقدير التكاليف ووضع خطة العمل المبدئية يحاول أولا تحديد طرق التنفيذ بحيث تكون التكلفة المباشرة لكل نشاط اقل ما يمكن. والتكلفة المباشرة (Direct Cost) للنشاط تتكون من أجور العمال والمعدات وثمن المواد وما يدفع لمقاول الباطن وأي تكلفة داخلة بشكل مباشر أو غير مباشر في إنجاز النشاط.

تسمي أقل تكلفة مباشرة للنشاط بالتكلفة الطبيعية (Normal Cost)، وهنالك مدة معينة تسمى بالمدة الطبيعية (Normal Duration) وهي المدة المقابلة لأقل تكلفة، ويكون بالإمكان في العادة اختصار مدة معظم الأنشطة باستخدام عدد من الوسائل، إلا أن اختصار مدة النشاط يؤدى عادة إلى زيادة التكلفة المباشرة للنشاط،فالعمل ساعات إضافية أو العمل أكثر من نوبة في اليوم وزيادة الموارد يؤدى إلى زيادة في أجور العمال، كما أن زيادة عدد العمال أو المعدات فوق حد معين في مكان محصور تخفض كفاءة العمل وتزيد التكاليف، كذلك فإن تعجيل توريد المواد يتطلب في كثير من الأحيان تحمل نفقات إضافية.

وبديهي أن ضغط مدة النشاط له حد لا يمكن تجاوزه عمليا، وهذا الحد يسمى بنقطة التعجل الأقصى (Crash Duration) ونقطة التعجل الأقصى تمثل أقصر مدة ممكنة وأعلى تكلفة مباشرة للنشاط (Crash Cost)، ولا جدوى طبعا من إنفاق أكثر من ذلك على النشاط.

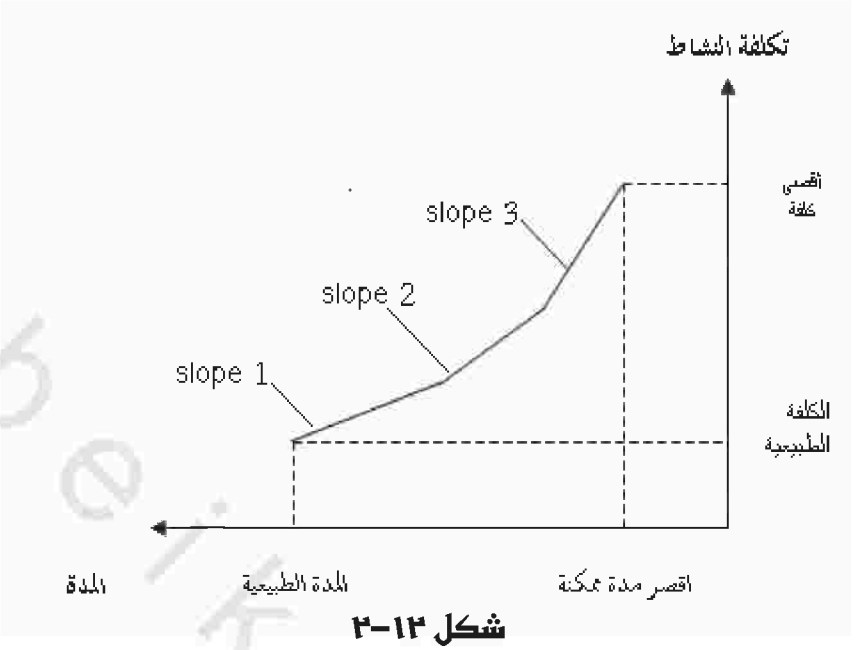
ومع أنه يعتبر أن التكلفة المباشرة للنشاط دائما تزداد كلما قصرت المدة فإن العلاقة بينهما لها أشكال مختلفة بحسب طبيعة النشاط والإجراءات التي تتخذ لتقصير مدته فالشكل (١٢-١) يبين علاقة خط مستقيم متواصل (ثابت الميل) ويحصل ذلك في الواقع عندما تكون وسيلة تقصير المدة هي العمل لساعات عمل إضافية أو العمل أكثر من نوبة في اليوم وفي هذه الحالة إذا أردنا تقصير مدة النشاط فإن كل يوم ينقص من المدة يكلف (زيادة) مبلغا ثابتا هو ميل التكلفة (Cost Slope).



شكل (١٢-١)

العلاقة بين مدة النشاط وتكلفته - خط مستقيم

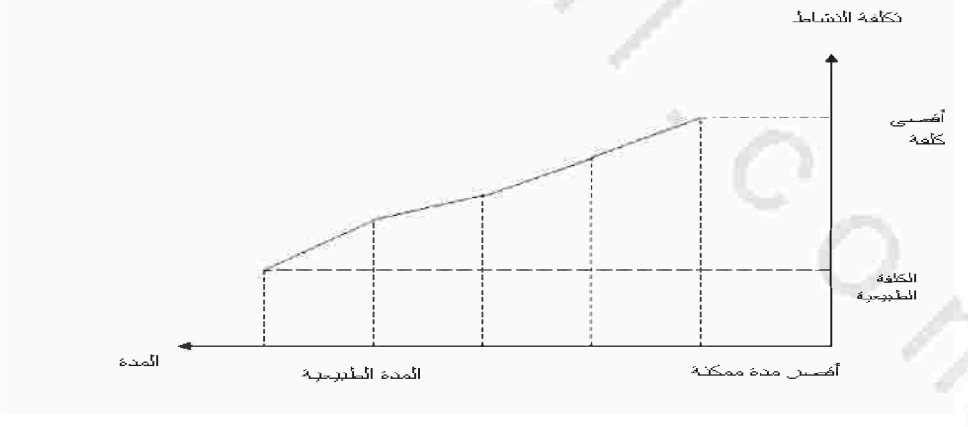
الشكل(١٢-٢) يبين علاقة منحنى مؤلف من عدة خطوط مستقيمة يزداد ميلها كلما قصرت المدة،ويحصل ذلك في الواقع مثلا عندما تقصر المدة بواسطة العمل ساعات إضافية مع زيادة عدد الموارد تزداد الإنتاجية وتزداد الكلفة ويتم ذلك على مراحل كلما تقدم العمل. وفي هذه الحالة طبعا تحسب ميل التكلفة لكل جزء من المنحنى على حده.



شكل ١٢-٢

العلاقة بين مدة النشاط وتكلفته- خط منحني

الشكل(١٢- ٣) يتضمن عدة نقاط لابد من اختيار أحدهما ولا مجال لحل وسط.ويحصل ذلك مثلا عندما يكون وسيلة تقصير مدة عن طريق اختيار وسائل إنجاز بديلة ومختلفة وكل وسيلة لها كلفتها ولها المدة المصاحبة لهذه الكلفة.



شكل ١٢-٣

العلاقة بين مدة النشاط وتكلفته بدائل محددة

يمكن أن تأخذ العلاقة بين مدة النشاط وتكلفته المباشرة أشكالاً أخرى طبعا،إلا أن الأشكال الثلاثة المذكورة (وخاصة الأول منها) تغطي معظم الحالات التي تواجه في الواقع، وعندما تكون العلاقة بشكل منحنى محدب فإنه يمكن عند اللزوم اللجوء إلى التقريب وتحويل المنحنى إلى أحد الشكلين(١٢-١) أو (١٢-٢) أيهما ينطبق بالدرجة الكافية من الدقة.

لفهم ما سبق ولدراسة مبدأ مبادلة الوقت بالتكلفة لابد من التطرق إلى عناصر تكلفة المشاريع الإنشائية كما يلي:

١٢-١-١ التكاليف المباشرة ((Direct Costs:

هي تمثل تكاليف الموارد المستخدمة مباشرة لإنجاز النشاط مثل المواد المركبة، العمالة والمعدات المستخدمة ومقاولي الباطن، وتتجه تكاليف المواد وتكاليف الأعمال من الباطن للثبات نسبيا وعدم التغير بتغير الفترة الزمنية، والتغير الأكبر يختص بالتكاليف المرتبطة بالعمالة والمعدات، ويعتبر أن التكلفة المباشرة للنشاط دائماً تزداد كلما قصرت المدة كما تم بيانه سابقاً.

١٢-١-٢ التكاليف غير المباشرة(Indirect Costs) :

التكاليف غير المباشرة هي تلك التكاليف كما تم شرحه سابقا التي تعرف بأنها لا ترتبط ارتباطاً مباشراً ببند عمل معين، وتتواجد هذه التكاليف سواء تم إنجاز من العمل أم لا، وتتطلب كل المشاريع تكاليف معينة طالما أن المشروع مازال في طور التنفيذ، وهذه التكاليف مثل الرواتب والنفقات الإدارية والعامة وصيانة المكاتب والورش والكهرباء والهاتف والحراسة والتأمين والنفقات النثرية ونفقات المكتب الرئيسي والتي تضاف على المشروع، وجميعها مهام لا ترتبط عامة بأي نشاط معين في الموقع، وتشمل التكاليف غير المباشرة أيضا:

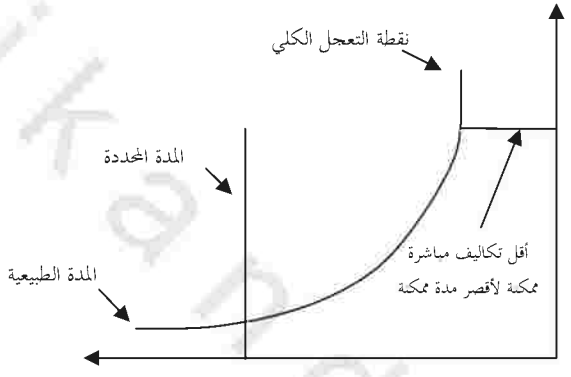
- كلفة رأس المال المستثمر في تنفيذ المشروع، أي الخسارة الناتجة عن عدم الحصول على عوائد من رأس المال المستخدم في إنجاز المشروع.

من الواضح أن التكاليف غير المباشرة تزداد كلما ازدادت مدة المشروع.

وبما أن المدة الطبيعية للمشروع (التي يتم الحصول عليها نتيجة حسابات المخطط الشبكي) تحسب على أساس المدة الطبيعية للأنشطة (التي تقترن بأدنى تكاليف مباشرة) فإن المدة الطبيعية للمشروع تقترن بأدنى تكاليف مباشرة

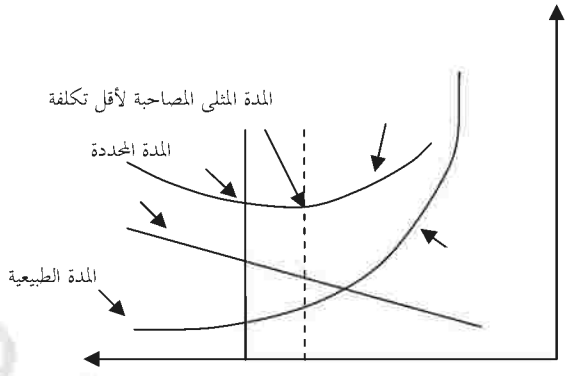
للمشروع (وليس بأدنى تكاليف إجمالية). وهنالك " مدة مثلى " للمشروع تقترن بأدنى تكاليف إجمالية، ويتوقف ذلك على مقدار الكلفة غير المباشرة.

تبين الأشكال (١٢- ٤)، (١٢-٥)، (١٢-٦) العلاقات بين مدة المشروع وتكاليفه بشكل عام وتقريبي وقد تختلف من مشروع إلى آخر وتأثير العوامل المختلفة علي التكاليف الإجمالية للمشروع (بالنسبة للمقاول)، وهى التكاليف المباشرة والتكاليف غير المباشرة وغرامة التأخير أو مكافأة الإسراع.



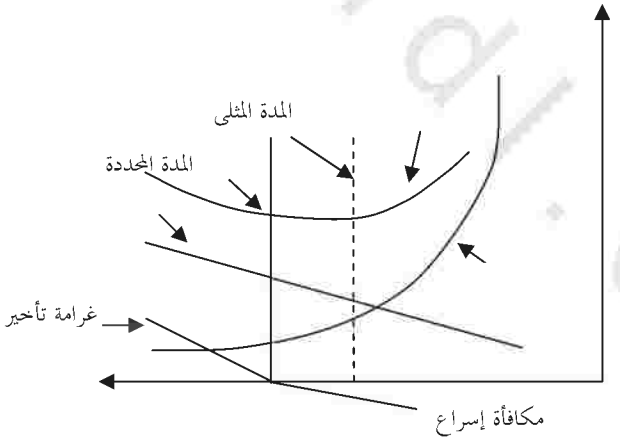
شكل(١٢-٤)

التكاليف المباشرة



شكل (١٣-٥)

التكاليف المباشرة وغير المباشرة



شكل (١٣-٦)

التكاليف المباشرة وغير المباشرة مع غرامة التأخير أو مكافأة الإسراع

١٢-٢ الحاجة إلى اختصار المدة على ضوء العلاقة بين المدة والتكاليف:

حيث إن الحد الأدنى لتكاليف المشروع الإجمالية يقترن " بالمدة المثلى " فإنه من الطبيعي أن يحاول صانع القرار التوصل إلى هذه المدة،ولتحقيق ذلك لابد طبعا من تحليل العلاقة بين مدة المشروع وتكاليفه.

كثيرا ما يواجه المقاول حالات تتطلب اختصار مدة المشروع لأسباب أخرى مختلفة، فقد تكون المدة الطبيعية أطول من المدة المحددة في العقد،وقد يجد المقاول مثلا أن من صالحه اختصار هذه المدة كي ينتهي من المشروع قبل حلول موسم الأمطار والسيول أو كي يتمكن من المباشرة في تنفيذ مشروع آخر، وقد يتطلب المالك من المقاول التعجيل في إنهاء المشروع مقابل سعر إضافي، وقد يكون من شروط العقد أن يحصل المقاول علي مكافأة معينة إذا أنجز المشروع في تاريخ معين.

كثيرا ما يجد المقاول أثناء تنفيذ المشروع أنه قد حصل تأخير وعليه أن يتخذ ما يمكن من إجراءات ويعدل برنامج الجزء المتبقي من المشروع بحيث يتمكن من تعويض الوقت المفقود وإنهاء المشروع في الموعد المحدد.

في بعض الحالات يكون هنالك تاريخ محدد لإنهاء جزء من المشروع، ويجد المقاول بعد إجراء حسابات المخطط الشبكي أنه يلزم تعجيل بعض أعمال المشروع كي يمكن إنهاء ذلك الجزء في التاريخ المحدد له.

ففي جميع هذه الحالات السابقة ينبغي دراسة خطة العمل والبرنامج ومحاولة اختصار المدة بأقل زيادة ممكنة في التكاليف، وذلك يتطلب معرفة طبيعة العلاقة بين مدة المشروع وتكاليفه كما سبق بيانه لكي يمكن التوصل إلي الحل الأمثل.

١٢-٣ الطرق المختلفة لاختصار مدة المشروع:

١٢-٣-١ إعادة النظر في خطة العمل:

لنفترض أنه تم إعداد برنامج مبدئي للمشروع على ضوء حسابات المخطط الشبكي ووجد أن "المدة الطبيعية" هي أطول من المدة المحددة في العقد أو لأي سبب آخر من الأسباب السابق ذكرها،فما الذي يمكن عمله لاختصار المدة

وبعبارة أخرى: كيف يمكن اختصار مدة المسار الحرج (الذي هو طبعا أطول مسار) للمشروع ؟

أول ما يتبادر إلي الذهن في هذه الحالة هو إعادة النظر في خطة العمل علي أمل التمكن من إيجاد طريقة لاختصار المدة بدون تحمل أي زيادة في التكاليف. وفي كثير من الأحيان يمكن التوصل إلى خطة أفضل ومدة أقصر إذا تمت مراجعة الخطة الأصلية بنظرة فاحصة ناقدة.

في بعض الأحيان يكون بالإمكان إجراء تعديلات على التصميم أو تغير المواد المطلوبة بموافقة المالك إذا اقتضى الأمر.

١٢-٣-٢ مراجعة تقدير مدد الأنشطة:

من أوائل الأمور التي يجب مراجعتها (بهدف اختصار مدة المسار الحرج للمشروع) تقدير مدد الأنشطة الحرجة،أخذاً في الاعتبار أنه عندما تم تقدير مدد الأنشطة في البداية لم تكن الأنشطة الحرجة معروفة. وربما قدرت بعض المدد على أساس أن عدد المعدات والعمال سيكون محدودا. إلا أنه بعد أن يتم تمييز الأنشطة الحرجة يصبح بالإمكان زيادة المخصص لها من المعدات والعمال علي حساب بعض الأنشطة غير الحرجة، هذا إضافة إلي أن تقديرات المدد الأصلية قد يكون فيها خطأ أو مبالغة.

١٢-٣-٣ تعديل أحجام وتسلسل الأنشطة:

من الوسائل التي قد تكون ممكنة أحياناً عندما ينظر في تعديل خطة العمل إعادة ترتيب بعض الأنشطة الحرجة بحيث تنفذ بالتوازي بدلاً من التوالي، كذلك ينبغي تفحص كل نشاط حرج للتأكد هل من الضروري إنهاءه تماماً قبل بدء النشاط الذي يليه أم أن بالإمكان تقسيمه إلى نشاطين بحيث ينفذ الثاني منهما في آن واحد مع النشاط الذي يليه.

١٢-٣-٤ إحالة جزء من العمل إلى مقاول باطن:

قد يتطلب البرنامج تنفيذ بعض الأنشطة الحرجة على التوالي ليس لأن منطق خطة العمل يتطلب تسلسلها، ولكن لأنها تحتاج إلى نفس المعدات والعمال.

في هذه الحالة قد يكون أحد الحلول التي يمكن أن يلجأ إليها المقاول الرئيسي أن يستعين بمقاول باطن (Subcontractor) ليقوم بجزء من العمل معه جنباً إلى جنب، وهذا الحل سوف يزيد التكاليف على المقاول الرئيسي،ويجب أن تؤخذ الزيادة الناجمة بعين الاعتبار مع الزيادات الأخرى التي يتطلبها اختصار مدة المشروع.

١٢-٣-٥ اختصار المدة مقابل زيادة في التكاليف:

إذا استنفذت كل الطرق الممكنة لاختصار المدة بدون زيادة في التكاليف ومازال يلزم اختصار المدة فإنه لابد عندئذ من اللجوء إلى مبدأ مبادلة الوقت بالمال،وأن اختصار الوقت دائماً ممكن (إلى حد معين) إذا كان هناك استعداد لتحمل الزيادة الناتجة في التكاليف.

يتم تقصير مدة الأنشطة الحرجة وذلك باستخدام عدد من الوسائل الملائمة حسب طبيعة كل نشاط ومتطلباته وأهمها:

- العمل ساعات إضافية.
- العمل نوبتين أو أكثر في اليوم.
- زيادة عدد العمال والمعدات (علماً بأن ذلك في كثير من الأحيان يقلل من الكفاءة الإنتاجية).
- استخدام معدات وطرق عمل أكثر تكلفة ولكن أكثر نجاحاً،واستخدام مواد تساعد على الإسراع في التنفيذ.
- تعجيل توريد المواد إلى الموقع.

بالرغم من جميع ما سبق فإن بعض الأنشطة قد تكون غير قابلة لتقصير المدة.

١٢-٤ منهج مبادلة الوقت والتكلفة ((Time-Cost Trade-offs:

عن طريق الفحص الدقيق للعلاقة بين الوقت (فترة تنفيذ المشروع ككل والفترة الزمنية للنشاط) والتكاليف يمكن مبادلة الوقت بالتكاليف باستخدام شبكة المسار الحرج CPM.

من الموضوعات الرئيسية التي ترتبط بالتعامل مع منهج مبادلة الوقت بالتكلفة هو تحديد مقدار الأموال الإضافية الضرورية لتقليل الفترة الزمنية للنشاط بدقة، والمشكلة الأساسية هي تحديد التكلفة المطلوبة لتقليل الفترة الزمنية للنشاط يوماً واحداً، وهذا المعدل للتكلفة اليومية سيمثل بعد ذلك ميل المنحنى الذي يظهر تكلفة النشاط مقابل فترته الزمنية.

يختلف شكل منحنى العلاقة بين الوقت والتكلفة معتمدا على طبيعة الوسائل المطلوبة لتقليل الفترة الزمنية، فسيفترض أن العلاقة بين الفترة الزمنية للنشاط وتكلفته هي علاقة خطية عندما يتواجد ضغط المشروع، ومن الممكن تطبيق الكثير من الأشكال والتطبيق بناءاً عليها.

في أبسط صورة يكون منحنى الوقت – التكلفة خطا مستقيما. ويشير ذلك إلى أن كل يوم إضافي يقل فيه النشاط يكلف نفس المبلغ الإضافي لليوم السابق. ولكن قد يبدو ذلك غير واقعيا عند إدراك أهمية أن يكون هناك حدود لأقل فترة زمنية للنشاط يمكن بلوغها بغض النظر عن كمية الموارد المستخدمة ومن ثم التكلفة، ومع وضع ذلك في الاعتبار سيكون من البديهي أن نتوقع أنه ببلوغ هذا الحد،ستكون التكلفة الزائدة لاختزال النشاط وحدة زمنية واحدة سيكون أكبر من الحالة السابقة. وتباعا، منحنيات (الوقت – التكلفة) للنشاط تتجه لأن تكون منحنيات ذات (Hyperbolic Shapes) قطع زائد أكثر من الخطوط المستقيمة ما بين نقطة الفترة الزمنية (Normal Duration) و التكلفة الطبيعية (Normal Cost) ونقطة الفترة الزمنية الأقل(Crash Duration) والتكلفة الأعلى (Crash Cost).

تقليل الفترة الزمنية للمشروع سينتج عنه تقليل في التكاليف غير المباشرة وهي تلك التكاليف التي تنتج عنها بسبب التعهد بالمشروع، و بعض التكاليف غير المباشرة ثابتة ولكن معظمها متغير، وطالما أن المشروع لا يزال في طور التنفيذ فسيستمر تواجد هذه التكاليف غير المباشرة المتغيرة ولحين الانتهاء من المشروع، ونستطيع أن نفترض أن المكونات المتغيرة للتكاليف غير المباشرة للمشروع ثابتة لكل يوم من أيام المشروع، وإذا رسمت الفترة الزمنية في مقابلة التكاليف غير المباشرة المتغيرة، فسيكون المنحنى خطا مستقيما ذو ميل موجب كما في شكل(١٢-٥) وتبعا، فإذا تم الانتهاء من المشروع بفترة زمنية أقل يوما واحدا، ستقل التكاليف غير المباشرة بمقدار وحدة واحدة من ميل الخط المستقيم.

من الممكن تقليل الفترة الزمنية للمشروع عن طريق تقليل الفترة الزمنية لنشاط أو أكثر على المسار أو (المسارات) الحرجة، وهذه الملحوظة تم استنتاجها مباشرة من أساليب نظرية المسار الحرج وتنشأ العلاقة المباشرة بين تقليل الفترة الزمنية لنشاط حرج أو أكثر كوسيلة لتقليل طول مدة المشروع.

تقليل الفترة الزمنية للمشروع قد يزيد أو يقلل التكلفة الكلية للمشروع معتمدا على ما إذا كانت التكاليف المباشرة الإضافية المطلوبة لتقليل الفترة الزمنية للنشاط أكثر أو أقل من الوفرة في التكلفة غير المباشرة لتقليل الفترة الزمنية للمشروع. والتكلفة الكلية للمشروع تجمع بين كل من التكاليف المباشرة وغير المباشرة.

+ =

Total Cost = Direct Cost + Indirect Cost

إذاً الرسم البياني للتكلفة الكلية في مقابلة الفترة الزمنية تشمل إضافة كميات التكلفة المتكونة من منحنيات التكلفة المباشرة وغير المباشرة كما في شكلي (١٢-٥)، (١٢-٦)، ويجب ملاحظة أن منحنيات التكلفة المباشرة لها ميل سالب (تزيد التكاليف كلما قلت الفترة الزمنية) وبالتالي يكون ميل منحنى التكلفة الكلية في أي نقطة يعتمد على ما إذا كان ميل (التكلفة الزائدة) منحنى التكلفة المباشرة أقل من منحنى التكلفة غير المباشرة.

من الضروري تحديد تكلفة تقليل المسار الحرج بيوم واحد. وبالطبع، فالتكلفة ستختلف معتمدة على أي نشاط تم تقليل فترته الزمنية، ومن الطبيعي أن النشاط الحرج ذو أقل ميل تكلفة مباشرة (أقل تكلفة إضافية لتقليل المدة يوم) هو الذي سيتم اختياره أولا لتقليل تكلفة تقصير الفترة الزمنية للمشروع.

عند تقليل أيام المسار الحرج في الشبكة، يجب أن نتوقع أن كل المسارات غير الحرجة في الشبكة سوف تفقد كمية مشابهة من السماح الكلي

(Total Float)، إذاً فالحد الذي يمكن تقصير النشاط فيه ويستمر الحصول به على تقصير المشروع يكون محدودا بأقل كمية من السماح تتواجد في أي سلسلة نشاطات متوازية، وبتقصير الفترة الزمنية للمشروع تزيد أعداد المسارات الحرجة المتواجدة في الشبكة ولتقليل الفترة الزمنية بعد ذلك يكون من الضروري اختزال الفترة الزمنية لجميع المسارات الحرجة وقد يصبح من

المكلف جدا تقصير الفترة الزمنية للمشروع نظرا لأن عدد أكبر من النشاطات يجب تقصيره بشكل متزامن.

من وجهة نظر المدة اللازمة لإنجاز المشروع فإنه يوجد ثلاثة حلول مختلفة لكل شبكة:

الحل طبيعي: وينتج عن الشبكة الأصلية والفترات الزمنية للنشاطات ويعتمد هذا الحل على أداء كل نشاط بطريقة طبيعية وأقل تكلفة. وكما لوحظ فإن المدة الطبيعية المقابلة للحل الطبيعي ليست بالضرورة الأقل تكلفة والأقل فترة زمنية لجدولة المشروع.

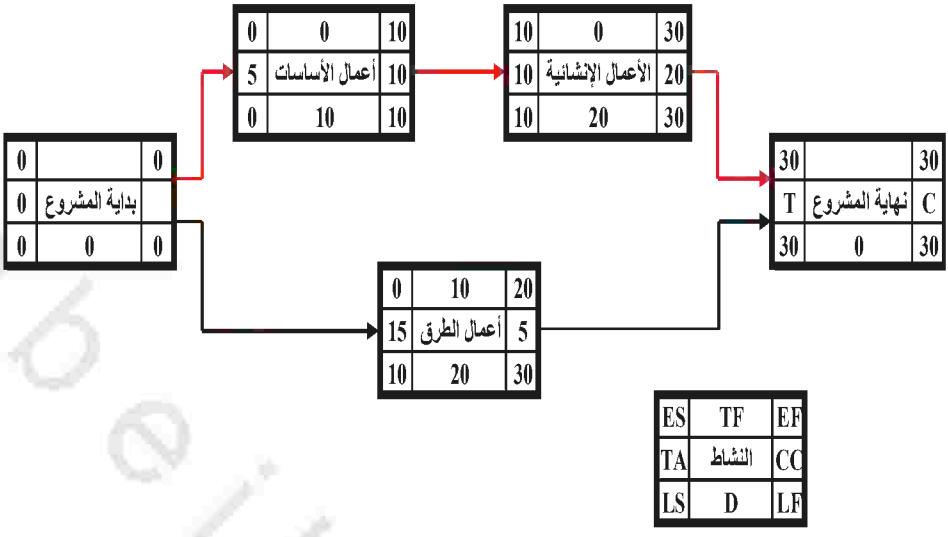
الحل الأقل تكلفة: بأخذ كل من التكلفة المباشرة والتكلفة غير المباشرة في الاعتبار، قد يكون ممكنا إيجاد فترة زمنية للمشروع تعطي أقل تكلفة كلية عن طريق دفع أكثر لتقليل نشاط حرج أو أكثر وبذلك ينتج وفراً أكثر من التكاليف غير المباشرة. والحل الأقل تكلفة سيكون أقصر من الحل الطبيعي والمدة المقابلة لهذا الحل تسمى المدة المثلى.

حل ذو أقل فترة زمنية: من الطبيعي أنه يمكن ضغط الفترة الزمنية للمشروع أكثر من المدة المقابلة لأقل تكلفة، والتقصير الإضافي بالطبع يزيد من التكلفة الكلية للمشروع، وأخيرا يتم الوصول إلى حل أقل فترة زمنية وهو أقل فترة زمنية نستطيع من خلالها إنجاز المشروع، ويتم التوصل إلى هذه النقطة عندما لا يكون هناك نشاطات في المسار الحرج يمكن تقصيرها طبيعياً ولا يمكن إضافة أي موارد.

مثال عملي:

يوضح المثال التالي طريقة قواعد ضغط المشروع بالنسبة لمشروع بناء جسر مكون من ثلاثة أنشطة هي الأساسات (القواعد)، الأعمال الإنشائية، وأعمال الطرق.

يوضح (شكل١٢-٧) البدايات والنهايات والمدة الزمنية لكل نشاط والتسلسل الزمني للأنشطة والتحليل الشبكي بطريقة CPM، ونجد أن المدة الزمنية المحددة لنهاية المشروع = ٣٠ شهراً.



شكل ١٣-٧

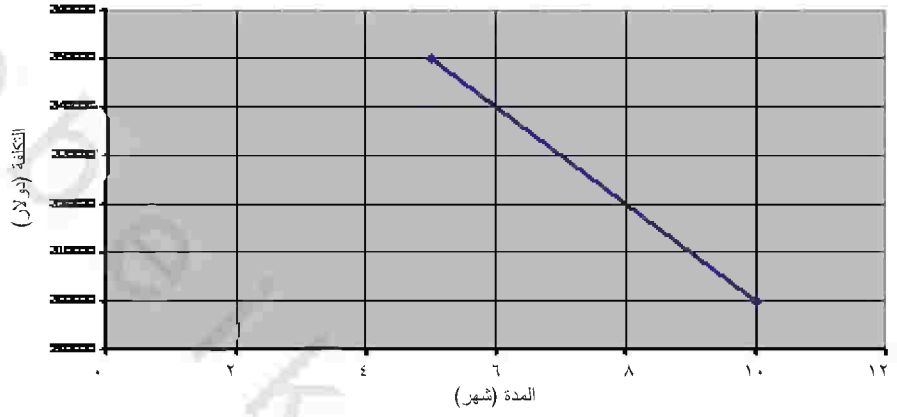
التحليل الشبكي بطريقة CPM قبل ضغط المشروع

- البداية المتقدمة = ES.
- النهاية المتقدمة= EF.
- البداية المتأخرة= LS.
- النهاية المتأخرة= LF.
- مدة النشاط= D.
- كلفة ضغط الوحدة الزمنية للنشاط = CC.
- الوقت المتبقي قبل الوصول إلى أقل مدة زمنية= TA.

على فرض أن التكلفة الكلية للمشروع كانت ١,٠٠٠,٠٠٠ دولار. من الخبرة وجد أنه يمكن ضغط نشاط الأساسات من ١٠ إلى ٥ شهور بحيث تكلف ١٠,٠٠٠ دولار / شهر، وبالمثل ضغط الأعمال الإنشائية من ٢٠ إلى ١٠ شهور بتكلفة ٢٠,٠٠٠ دولار / شهر، وكذلك الحال لأعمال الطرق من ٢٠ إلى

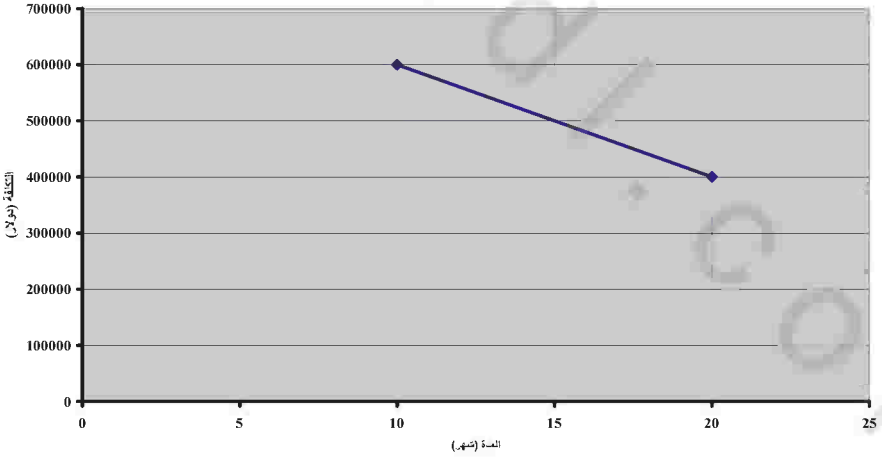
٥ شهور بتكلفة ٥,٠٠٠ دولار / شهر. وهذا ما تبينه الأشكال البيانية لميل تكلفة كل نشاط (أشكال ١٢-٨، ١٢-٩ و١٢-١٠).

ويمكن تلخيص هذه المعلومات في الشكل الموضح رقم(١٢-٧).



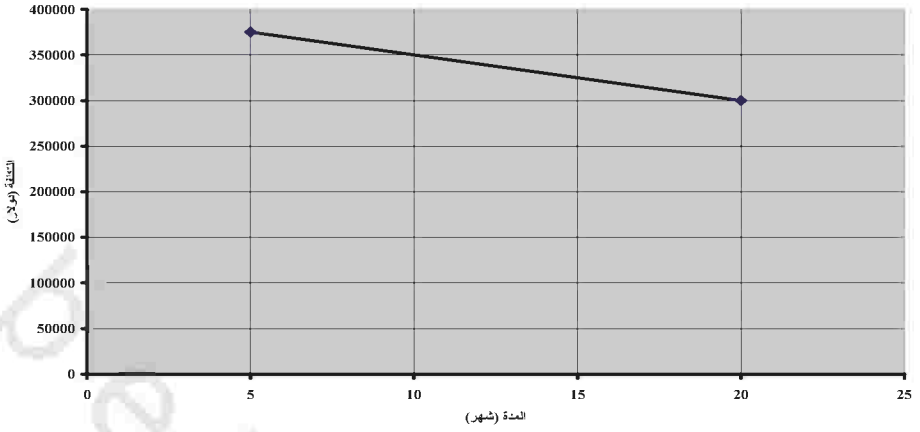
شكل(١٢-٨)

ميل التكلفة لنشاط الأساسات



شكل(١٢-٩)

ميل التكلفة لنشاط الأعمال الإنشائية

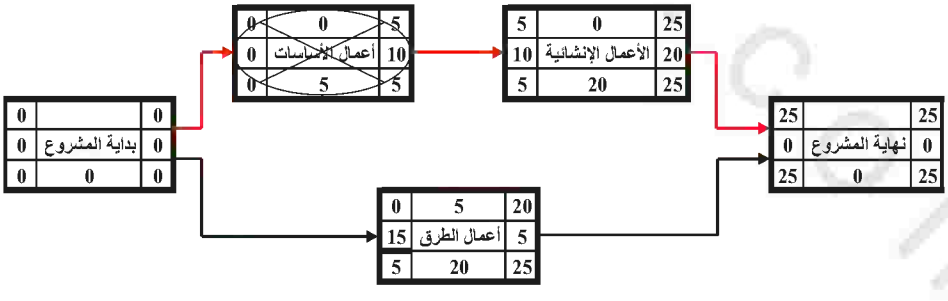


شكل (١٢-١٠)

ميل التكلفة لنشاط أعمال الطرق

لنفترض أنه توفر ٥٠,٠٠٠ دولار بغرض ضغط المشروع وتقليل مدة تنفيذه، فيكون السؤال هو أي من الأنشطة يجب ضغطه ليتم استخدام هذه الأموال الاستخدام الأمثل؟.

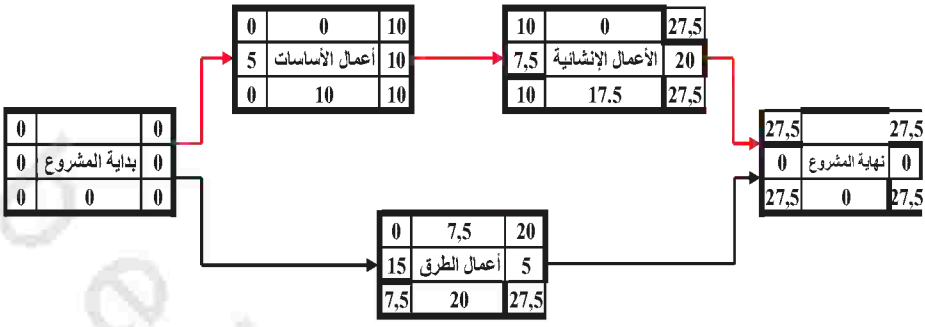
لنفترض أنه سيتم صرف هذه الأموال لضغط نشاط الأساسات، و حيث أن تكلفة ضغط هذا النشاط = ١٠,٠٠٠ دولار / شهر، فهذا يعني أن النشاط يمكن بهذا ضغط ٥ شهور. نعيد حسابات التحليل الشبكي CPM فنحصل على الشبكة الجديدة.



شكل ١٢-١١

التحليل الشبكي بطريقة CPM بعد ضغط أعمال الأساسات ٥شهور

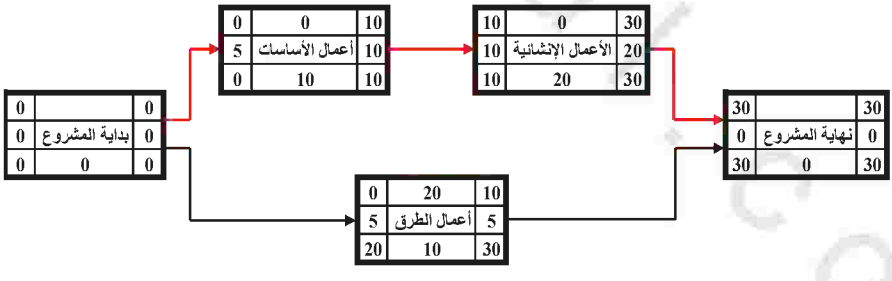
لنفترض الآن أن الأموال ستصرف لضغط نشاط الأعمال الإنشائية، تكلفة ضغط هذا النشاط = ٢٠,٠٠٠ دولار / شهر، مما يعني أنه سيتم ضغط هذا النشاط شهرين ونصف ونحصل على الشبكة في الشكل (١٢-١٢).



شكل ١٢-١٢

التحليل الشبكي بطريقة CPM بعد ضغط الأعمال الإنشائية شهرين ونصف

إذا استخدمنا الأموال لضغط نشاط أعمال الطرق، وحيث إن تكلفة ضغط النشاط = ٥,٠٠٠ دولار / شهر فسيتم ضغط النشاط ١٠ شهور ونحصل على الشبكة شكل(١٢-١٣). ولم يحدث تغير في مدة المشروع لكن زاد (TF) في أعمال الطرق إلى عشرين شهراً بدلاً من عشرة شهور.



شكل ١٢-١٣

التحليل الشبكي بطريقة CPM بعد ضغط أعمال طرق ١٠شهور

بعد استعراض كل الاحتمالات، ندرس تأثير كل احتمال على مدة تنفيذ المشروع. في الحالة الأولى صرفت الأموال لضغط نشاط الأساسات ٥ شهور

وإذا لاحظنا الشبكة نجد أن المشروع تم ضغطه ٥ شهور أيضا. وفي الحالة الثانية ضغط نشاط الأعمال الإنشائية شهرين ونصف ونجد أن النتيجة ضغط المشروع شهرين ونصف أيضا. وفي الحالة الثالثة ضغط نشاط أعمال الطرق ١٠ شهور، لكن الملاحظ أن مدة تنفيذ المشروع لم تتغير!

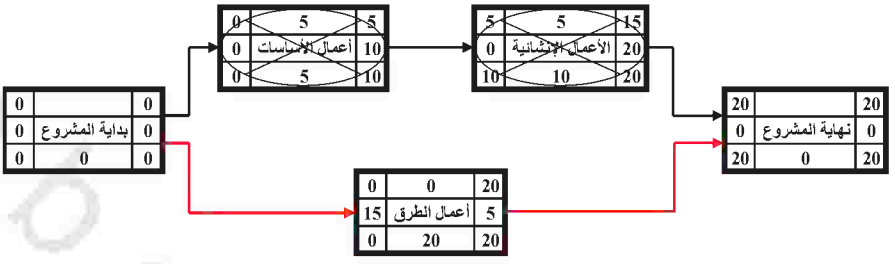
هذا يقودنا إلى استخلاص نتائج مهمة وهي أنه من غير المجدي صرف الأموال على الأنشطة غير الحرجة (أعمال الطرق)، والمفروض صرفها على ضغط أحد أنشطة المسار الحرج (الأساسات، الأعمال الإنشائية)، وهنا نأتي لنتيجة أخرى وهي أنه من الأجدى صرف الأموال على الأنشطة الحرجة ذات أقل ميل تكلفة. وهذا يلاحظ من أن صرف نفس المبلغ لكل من نشاطي الأساسات والأعمال الإنشائية قلل زمن المشروع ٥ شهور بالنسبة للنشاط الأول، وشهرين ونصف بالنسبة للنشاط الثاني. لذلك يكون الاختيار الأنسب هو ضغط نشاط الأساسات ٥ شهور كمرحلة أولى من مراحل ضغط المشروع. ومن الملاحظ أنه لا يمكن ضغط نشاط الأساسات أكثر من ذلك لأنه وصل لأقل مدة ممكنة.

كذلك نجد أنه بقي فقط نشاط الأعمال الإنشائية كنشاط محتمل في المسار الحرج، فإذا توفر ٢٠٠,٠٠٠ دولار لضغطه وإيصاله لأقل مدة ممكنة، نجد أن المبلغ يقلل من مدة تنفيذ النشاط ١٠ شهور، وعند إنشاء الشبكة نجد أنه قلت مدة المشروع ٥ شهور فقط! وهنا نجد أن الأموال قد صرفت بشكل خاطئ! عند ملاحظة الشبكة نجد أن المسار (الأساسات – الأعمال الإنشائية) أصبح غير حرج ويكون مدة ٥ أشهر T.F، في حين أصبح المسار (أعمال الطرق) حرجا! لذلك فمن المفروض أن يتم ضغط أنشطة المسار الحرج مع مراعاة فترة السماح الكلي في المسارات الأخرى. فنجد أن السماح الحر للمسار (أعمال الطرق) كان ٥ شهور فقط، فلا يسمح ضغط المسار الحرج (الأساسات – الأعمال الإنشائية) أكثر من ٥ شهور لأن ذلك سيكون هدرا غير مبرر للأموال في ضغط نشاط لكن ليس ضغطاً للمشروع ككل.

هنا يتم العمل على ضغط نشاط الأعمال الإنشائية ٥ شهور كمرحلة أولى (السماح الحر للمسار غير الحرج)، ثم يضغط هذا النشاط ٥ شهور أخرى بالتوازي مع ضغط ٥ شهور من المسار الآخر الذي أصبح حرجا (أعمال الطرق) . تتكون كلفة الضغط:

– حيث الأعمال الإنشائية على أساس ٢٠ ألف في الشهر.

- بالإضافة إلى الطرق على أساس ٥ آلاف في الشهر.
- الإجمالي لكل شهر ٢٥ ألف.
- بيان كلفة هذه المرحلة= ٥x٢٥=١٢٥ ألف.

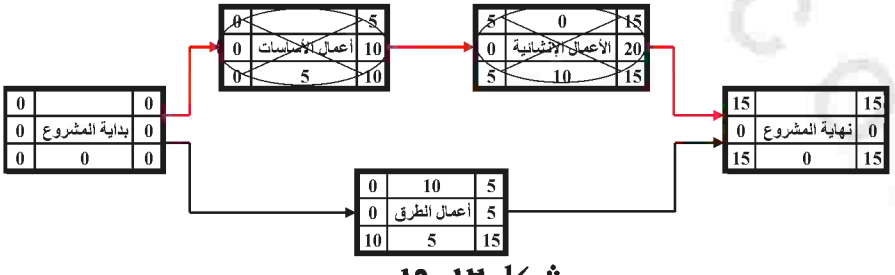


شكل ١٢-١٤

التحليل الشبكي بطريقة CPM بعد ضغط كلا من الأعمال الإنشائية والأساسات

وبذلك نكون قد وصلنا إلى أقل مدة ممكنة لتنفيذ المشروع وهي ١٥ شهرا.

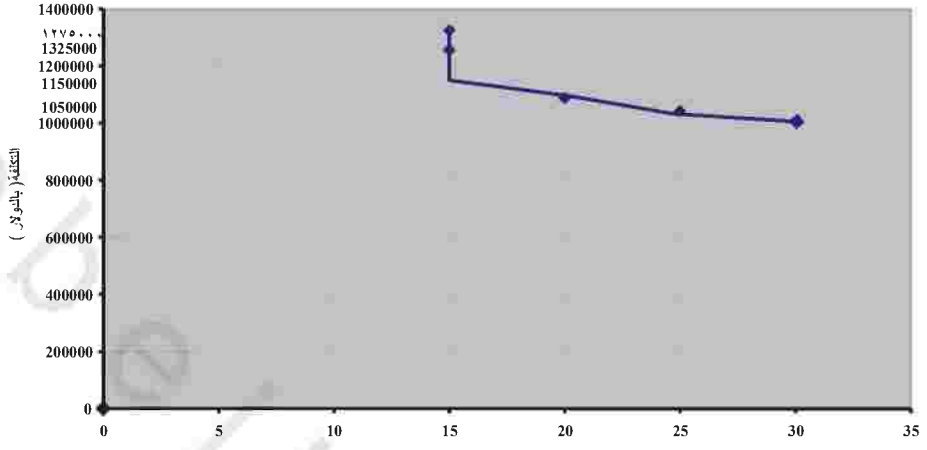
للحصول على أقل مدة ممكنة للمشروع فإنه يمكن ضغط كافة الأنشطة إلى أقل مدة ممكنة وهذا ما يوضحه (شكل ١٢-١٥). نلاحظ هنا أننا وصلنا إلى نفس المدة التي وصلنا إليها سابقا، لكن بتكلفة أكبر لأنه تم ضغط نشاط أعمال الطرق ١٠ شهور أخرى ليصل إلى أقل مدة ممكنة له، لكن ذلك لم يؤثر على المدة الكلية لتنفيذ المشروع لأن المسار الحرج الآخر (الأساسات - أعمال الطرق) سينفذ في ١٥ شهرا كأقل مدة ممكنة، وهذا يعني أنه قد تم صرف أموال إضافية على ضغط نشاط أعمال الطرق لكن دون الحصول على عائد أو تقليل المدة الكلية لتنفيذ المشروع.



شكل ١٢-١٥

التحليل الشبكي بطريقة CPM بعد ضغط كل الانشطة إلى أقل فترة زمنية ممكنة

ويوضح (شكل ١٢-١٦) العلاقة بين مدة تنفيذ المشروع والتكلفة



شكل (١٢-١٦)
العلاقة بين مدة تنفيذ المشروع والتكلفة

تلخيص الخطوات:

يتم ضغط المشروع بضغط الأنشطة المكونة للمسارات الحرجة مبتدئين بأقلها تكلفة حيث إن الأنشطة الحرجة هي التي تحدد المدة الزمنية للمشروع وبضغطها يتم ضغط المشروع. من التحليل الشبكي وجد أن المسار (الأساسات – الأعمال الإنشائية) هو المسار الحرج الوحيد، وكما هو مبين سابقا فإن تكلفة ضغط نشاط الأساسات أقل من تكلفة ضغط نشاط الأعمال الإنشائية.

نضغط نشاط الأساسات ٥ شهور ويجب التأكد من أنه لم يتكون مسار حرج آخر خلال فترة الضغط. وهنا نجد أن السماح الكلي للمسار الآخر (أعمال الطرق) = ١٠ شهور مما يسمح بضغط المشروع دون تكوين مسار حرج آخر. ويبين الشكل ١٢-١١ هذه الخطوة.

بعد ضغط نشاط الأساسات نجد أنه وصل إلى أقل مدة ممكنة ولا يمكن ضغطه أكثر من ذلك، وحيث إنه لم يتكون مسار حرج آخر، فإننا نضغط نشاط الأعمال الإنشائية ٥ شهور. نلاحظ أن هذا النشاط يمكن ضغطه ١٠ شهور، لكن لا يمكن ضغط المشروع أكثر من ٥ شهور في هذه المرحلة لأن هذا ما تسمح به فترة السماح الكلي للمسار الآخر = ٥ شهور. شكل ١٢-١٤.

في هذه المرحلة تكون مساران حرجان (الأساسات – الأعمال الإنشائية) و(أعمال الطرق) فيجب في هذه الحالة ضغط المسارين سويا وحيث إنه لم يبق للأعمال الإنشائية سوى ٥ شهور يسمح ضغطها وأعمال الطرق لها القابلية للضغط ١٥ شهرا، فإننا نضغط المشروع ٥ شهور كما هو مبين في الشكل(١٢-١٥).

في النهاية نجد أنه تم ضغط المشروع مدة ٥ شهور في الخطوة الأولى، ٥ شهور في الخطوة الثانية، و ٥ شهور في الخطوة الأخيرة، فيكون المجموع ١٥ شهرا مما يقلل المدة الإجمالية للمشروع لتكون ١٥ شهرا. أما بالنسبة للتكلفة، ففي الخطوة الأولى زادت التكلفة بسبب ضغط نشاط الأساسات ٥ شهور بتكلفة ١٠,٠٠٠ دولار شهريا فتكون النتيجة ٥٠,٠٠٠ دولار، و بالمثل في الخطوة الثانية بسبب الأعمال الإنشائية زادت التكلفة بإجمالي ١٠٠,٠٠٠ دولار، و أخيرا بسبب كل من الأعمال الإنشائية وأعمال الطرق = ١٠٠,٠٠٠ + ٢٥,٠٠٠ = ١٢٥,٠٠٠ دولاراً.

فيكون إجمالي تكلفة المشروع = ١,٠٠٠,٠٠٠ + ٥٠,٠٠٠ + ١٠٠,٠٠٠ + ١٢٥,٠٠٠ = ١,٢٧٥,٠٠٠دولاراً.

أما تكلفة ضغط كافة الأنشطة لا يقل عن ١٣٢٥٠٠٠ .

١٢-٥ تمرين محلول:

وجد في أحد المشروعات حاجة ملحة لتقليل زمنه عن الزمن المخطط،مع مراعاة التكلفة عند تقليل الزمن وإيجاد الزمن الأمثل للتنفيذ والذي يقابل أقل تكلفة كلية للمشروع.

جدول الأنشطة التالي يبين أنشطة المشروع والعلاقات بينها والمدة الطبيعية (Normal Duration) لكل نشاط ويقابلها التكلفة الطبيعية (Normal Cost) وأيضاً أقصر مدة ممكنة (Crash Duration) والتكلفة المقابلة لها (Crash Cost)، وتقدير ميل التكلفة المباشرة من المعلومات السابقة، وتقدر المصروفات غير المباشرة للمشروع بمقدار ٥٠ ديناراً لكل يوم عمل.

النشاط	مدة النشاط (يوم)		النشاط السابق	التكلفة المباشرة للنشاط بالدينار		ميل التكلفة دينار/يوم
	المدة الطبيعية Normal	أقصر مدة ممكنة Crash		التكلفة الطبيعية Normal	تكلفة أقصر مدة ممكنة Crash	
أ	٢٠	١٧	–	٦٠٠	٧٢٠	٤٠
ب	٢٥	٢٥	–	٢٠٠	٢٠٠	–
جـ	١٢	٦	أ	٤٠٠	٧٠٠	٥٠
د	١٠	٨	أ	٣٠٠	٤٤٠	٧٠
هـ	٥	٢	د ، ب	٣٠٠	٤٢٠	٤٠
و	١٠	٥	هـ ، ج	٣٠٠	٦٠٠	٦٠

شكل (١٣-١٧)

جدول الأنشطة مع معلومات المدد الطبيعية وأقل مدد والتكلفة المقابلة لهما

والمطلوب:

١- إيجاد التكلفة المباشرة الطبيعية (Normal Direct Cost) والمدة الطبيعية المقابلة لها (Normal Duration) لهذا المشروع.

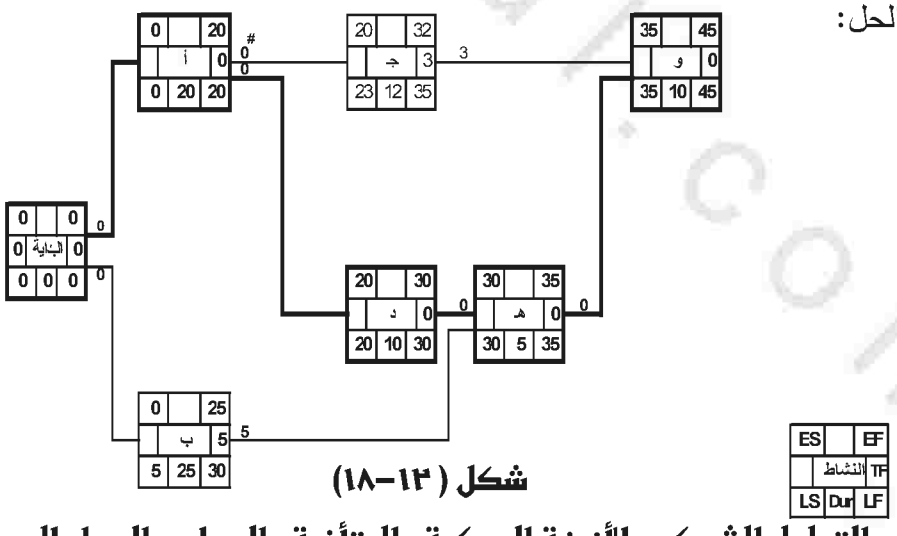
٢- حتى تبلغ أقل زمن لتنفيذ المشروع(Crash Point).

٣- وقع منحنى التكلفة مع الوقت مبيناً النقطة الطبيعية للوقت مع التكلفة (Normal Point) وأقل مدة والتكلفة المقابلة لها (Crash point).

٤- وضح منحنى التكلفة الكلية للمشروع مع الوقت.

٥-ما هي أقل تكلفة لتنفيذ المشروع مع إيجاد زمن التنفيذ الذي يحققها.

الحل:



شكل (١٣-١٨)

التحليل الشبكي والأزمنة المبكرة والمتأخرة والسماح والمسار الحرج

من التحليل الشبكي والمعلومات السابقة ينتج أن:

مدة المشروع الطبيعية Normal Duration= ٤٥ يوما.

التكلفة المباشرة الطبيعية Normal Direct Cost = ٢١٠٠ دينار.

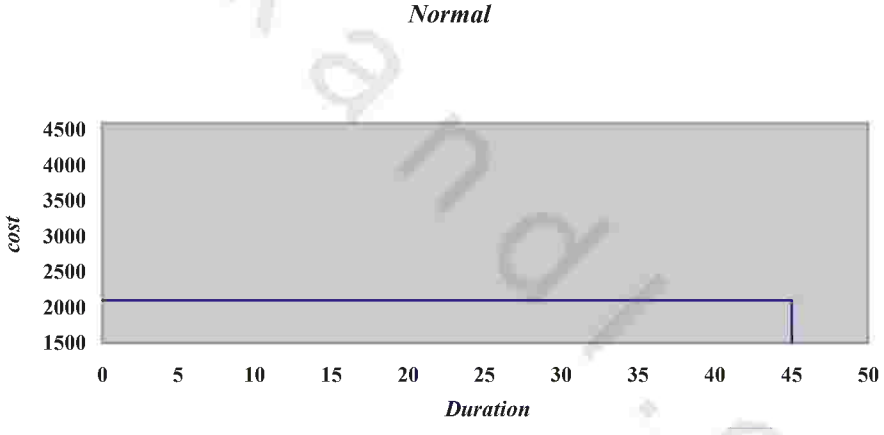
التكلفة غير المباشرة = ٤٥ x ٥٠ = ٢٢٥٠ دينار.

التكلفة الكلية = ٢١٠٠ + ٢٢٥٠ = ٤٣٥٠ دينار.

المسارات الحرجة Critical Path(s) = أ – د – هـ . – و.

يبين الشكل (١٢-١٩أ) العلاقة بين التكلفة الطبيعية والمدة الطبيعية.

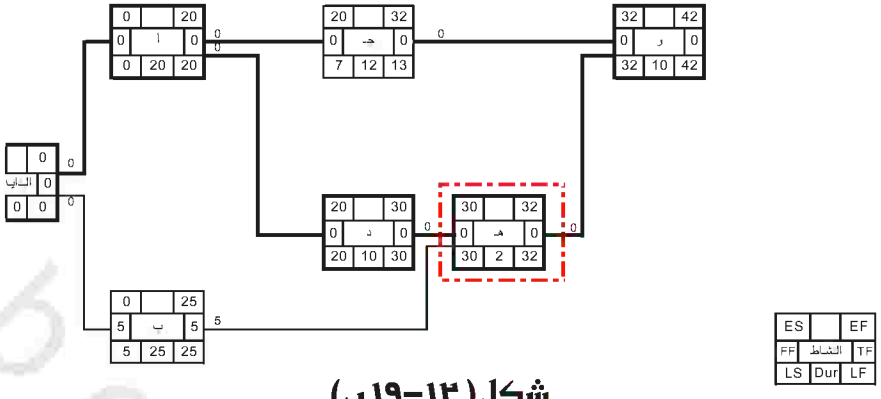
لتقليل زمن المشروع بالتدريج وملاحظة تأثير ذلك على التكلفة المباشرة والتكلفة الكلية والمسارات الحرجة وذلك كما يلي:



شكل (١٣- ١٩أ)

تأثير زمن المشروع على التكلفة المباشرة

١- يتبين أن النشاطين أ، هـ . يتميزان بأقل ميل تكلفة، وباختيار النشاط هـ . وتخفيض مدته ٣ أيام مقابل ١٢٠ دينار (٣x٤٠=١٢٠) وتنتج الشبكة الآتية:



شكل (١٢-١٩ ب)

التحليل الشبكي بعد ضغط النشاط هـ ٣ أيام.

مدة المشروع بعد الخطوة (١) = ٤٢ يوما.

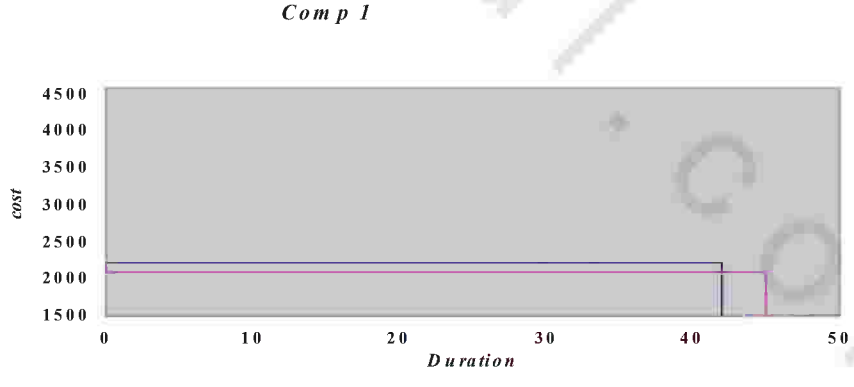
التكلفة المباشرة = ٢١٠٠ دينار + ١٢٠ دينار = ٢٢٢٠ دينارا.

التكلفة غير المباشرة = ٤٢ x ٥٠ = ٢١٠٠ دينار.

التكلفة الكلية = ٢٢٢٠ + ٢١٠٠ = ٤٣٢٠ دينارا.

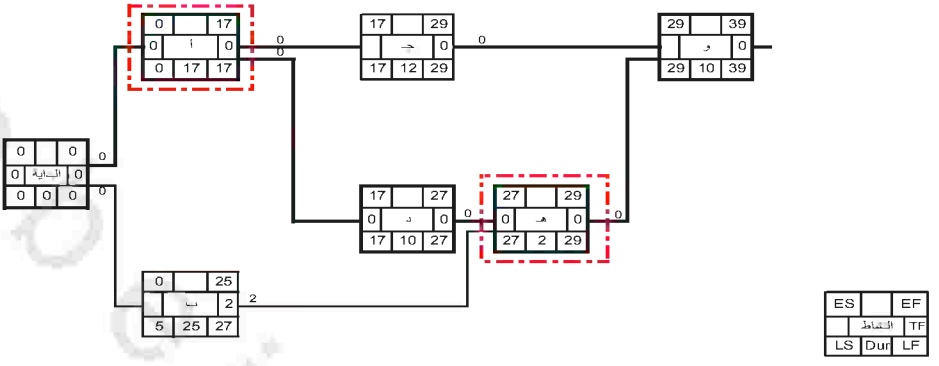
المسارات الحرجة (Critical Path)(s) = أ – د – هـ . – و & أ – جـ . – و.

يبين الشكل (١٢-٢٠أ) العلاقة بين المدة والتكلفة بعد ضغط النشاط هـ ..



شكل (١٢-٢٠ أ) تأثير ضغط النشاط هـ على التكلفة

٢- باختيار النشاط أ وتخفيض مدته ٣ أيام مقابل ١٢٠ دينار (٣x٤٠=١٢٠) وتنتج الشبكة الآتية:



شكل (١٢-٢٠ بـ)

التحليل الشبكي بعد ضغط النشاط أ ٣ أيام

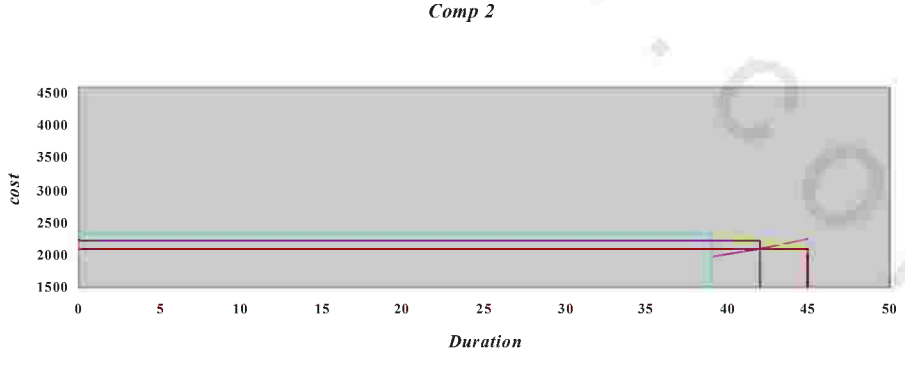
مدة المشروع بعد الخطوة (٢) = ٣٩ يوما.

التكلفة المباشرة = ٢٢٢٠ دينار + ١٢٠ دينار = ٢٣٤٠ دينارا.

التكلفة غير المباشرة = ٣٩ x ٥٠ = ١٩٥٠ دينارا.

التكلفة الكلية = ٢٣٤٠ + ١٩٥٠ = ٤٢٩٠ دينارا.

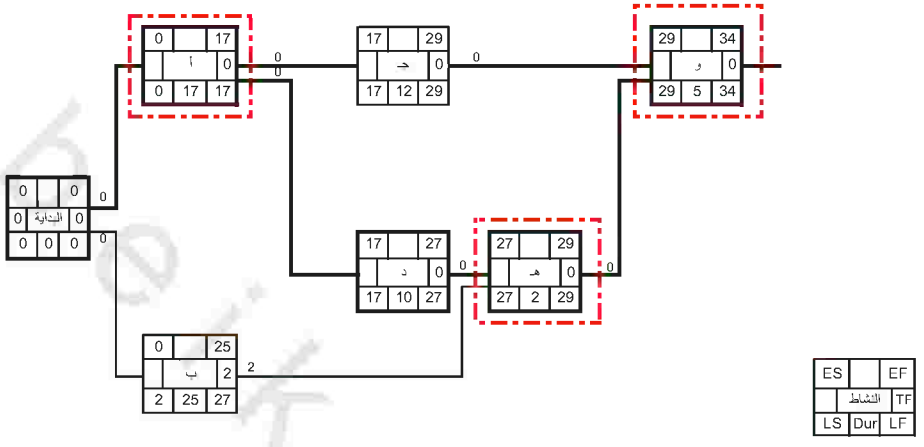
المسارات الحرجة Critical Path(s) = أ – د – هـ . – و & أ – جـ . – و.يبين الشكل (١٢- ٢١ أ) العلاقة بين المدة والتكلفة بعد ضغط النشاطين هـ ،. أ.



شكل (١٢-٢١ أ)

تأثير ضغط النشاطين هـ أ علي التكلفة

٣- باختيار النشاط و ، وتخفيض مدته ٥ أيام مقابل ٣٠٠ دينار (٥x٦٠=٣٠٠) وتنتج الشبكة الآتية:



شكل (١٢-٢١ ب)

التحليل الشبكي بعد ضغط النشاط و ٥ أيام.

مدة المشروع بعد الخطوة (٣) = ٣٤ يوما.

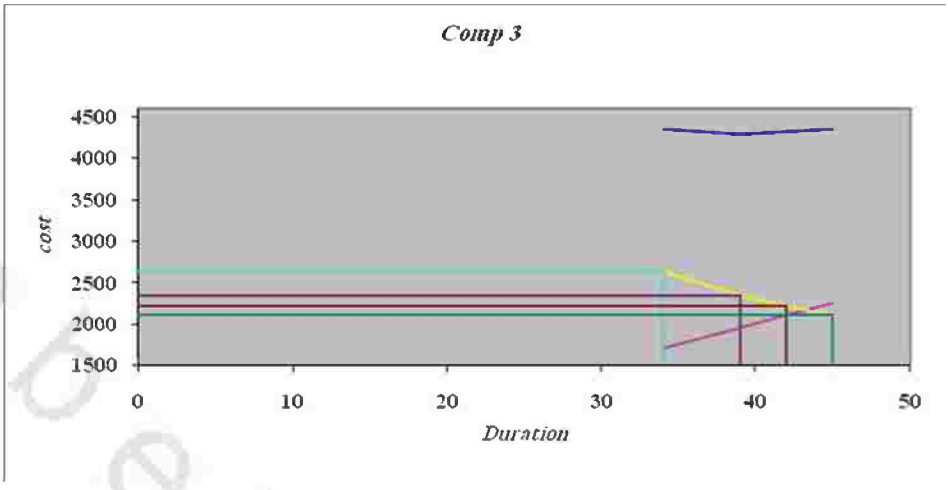
التكلفة المباشرة = ٢٣٤٠ دينار + ٣٠٠ دينار = ٢٦٤٠ دينارا.

التكلفة غير المباشرة = ٣٤ x ٥٠ = ١٧٠٠ دينارا.

التكلفة الكلية = ٢٦٤٠ + ١٧٠٠ = ٤٣٤٠ دينارا.

المسارات الحرجة Critical Path(s) = أ – د – هـ . – و & أ – جـ . – و.

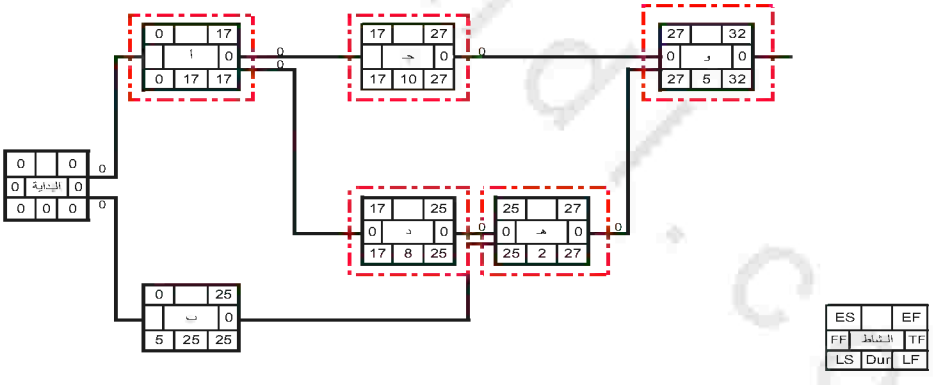
يبين الشكل (١٢-٢٢أ) العلاقة بين المدة والتكلفة بعد ضغط الأنشطة هـ ، أ، و.



شكل (١٢-٣٣أ)

تأثير ضغط الأنشطة هـ، أ، و علي التكلفة

٤- باختيار النشاطين جـ ،. د وتخفيض مدة النشاط د يومين على المسار الحرج أ د هـ . و ، وبالأمثل لا بد من تخفيض النشاط جـ . يومين على المسار الحرج الثاني أجـ . و بتكلفة إضافية = ٢x٧٠+٢x٥٠ = ٢٤٠ دينارا.



شكل (١٢-٣٣ بـ)

التحليل الشبكي بعد ضغط النشاطين جـ، د يومين لكل منهما

مدة المشروع بعد الخطوة (٤) = ٣٢ يوما.

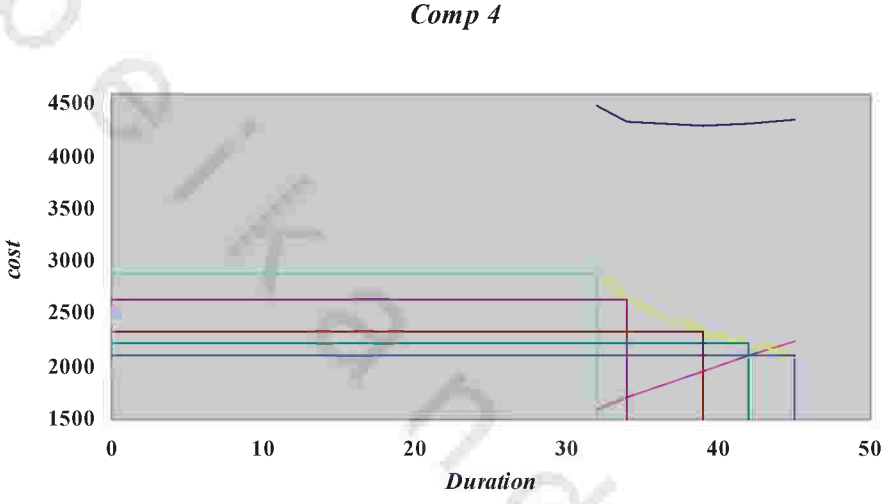
التكلفة المباشرة = ٢٦٤٠ دينار + ٢٤٠ دينار = ٢٨٨٠ دينارا.

التكلفة غير المباشرة = ٣٢ x ٥٠ = ١٦٠٠ دينار.

التكلفة الكلية = ٢٨٨٠ + ١٦٠٠ = ٤٤٨٠ دينارا.

المسارات الحرجة (Critical Path)(s) = أ – د – هـ . – و & أ – جـ . – و & ب – هـ . – و.

يبين الشكل (١٢-٢٢ج) العلاقة بين المدة والتكلفة بعد ضغط الأنشطة هـ ،أ،و،جـ ،د.



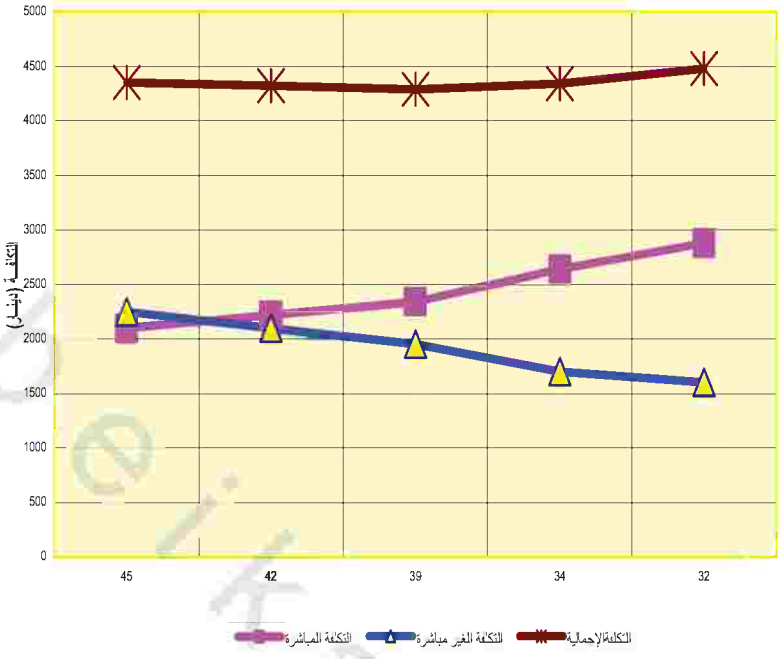
شكل (١٢-٢٣ جـ)

تأثير ضغط الأنشطة هـ، أ، و، جـ، د علي التكلفة

المدة	التكلفة المباشرة	التكلفة غير المباشرة	التكلفة الإجمالية
٤٥	٢١٠٠	٢٢٥٠	٤٣٥٠
٤٢	٢٢٢٠	٢١٠٠	٤٣٢٠
٣٩	٢٣٤٠	١٩٥٠	٤٢٩٠
٣٤	٢٦٤٠	١٧٠٠	٤٣٤٠
٣٢	٢٨٨٠	١٦٠٠	٤٤٨٠

شكل ١٢-٢٣

جدول المدد الزمنية والتكلفة المقابلة للمشروع



شكل (١٢-٣٤)

منحنى التكلفة والوقت للمشروع

١٢-٦ الحاسب الآلي منهج مبادلة الوقت والتكلفة:

استعمال الكمبيوتر لغرض مبادلة الوقت بالتكلفة في المشاريع الإنشائية لم يثبت نجاحاً ولم ينتشر نظراً لوجود مواطن ضعف لم يتم التغلب عليها بعد، وأهمها أن الطريقة الآلية التي يتقيد بها الكمبيوتر تنطوي على تبسيط مفرط وافتراضات يكون بعضها في كثير من الأحيان غير واقعي، والحل الجيد يتطلب في الحقيقة تغذية الكمبيوتر بمعطيات كثيرة جداً ولا يكون ذلك ممكناً عملياً.

ويلاحظ أن منهج مبادلة الوقت بالتكلفة الذي يطبق عادة في برامج الكمبيوتر يفترض أن العلاقة بين مدة النشاط وتكلفته هي دائماً علاقة خطية، كما يفترض أن جميع الموارد اللازمة متوفرة وأن ضغط مدة أي نشاط لا يؤثر على توفر وتكلفة الموارد اللازمة لضغط نشاط آخر، وهذه الافتراضات لا تنطبق على الواقع في كثير من الأنواع.

ولذا فإن الأساليب اليدوية التي تجمع بين إمكانيات تعديل خطة العمل وضغط مدة الأنشطة لا تزال هي أفضل الحلول العملية، ويمكن الاستعانة بالكمبيوتر في عمليات إعادة حسابات الشبكة واستنتاج التواريخ في كل محاولة ضغط لزمن المشروع كما يمكن توقيع المنحنيات المختلفة أيضا بالاستعانة ببرامج الكمبيوتر.

obeikandi.com