سنتعرف في هذا المقال على: أسباب التعجيل بالمشروع، وخطة تخفيض الأنشطة حالة الميزانية المفتوحة للتخفيض، وحالة الميزانية المحددة للتخفيض، استخدام البرمجة الخطية في حل مشكلة تخفيض وقت إتمام المشروع.

October 11, 2024 الكاتب : د. محمد العامري عدد المشاهدات : 2713

سنتعرف في هذا المقال على:

أسباب التعجيل بالمشروع
خطة تخفيض الأنشطة
حالة الميزانية المفتوحة للتخفيض
حالة الميزانية المحددة للتخفيض
استخدام البرمجة الخطية في حل مشكلة تخفيض وقت إتمام المشروع

تخفيض وقت إتمام المشروع

Project Crashing

يتطلب تحديد أقل وقت يلزم لإتمام مشروع معين بناءًا على وجود تقديرات زمنية محددة لكل نشاط، وفي إطار العلاقات التتابعية الفنية التي تربط الأنشطة بعضها ببعض. ومن المؤكد أن هذه التقديرات قد لا تكون هي التقديرات النهائية التي سوف تسير عليها مراحل التنفيذ. فقد تكون التقديرات النهائية أكبر أو أقل من هذا التحديد. فبسبب الموارد المالية أو البشرية أو المستلزمات اللازمة للمشروع، قد يستلزم الأمر وقتاً أطول من ذلك الرقم المقدر (وذلك ما سوف نتعرض له فيما بعد)، كذلك فإن الجهة التي يتم القيام بالمشروع لحسابها قد ترغب في إنجاز المشروع في فترة أقل من تلك المدة الزمنية التي تم تحديدها بشكل مبدئي. وتعرف هذه الحالة الأخيرة بحالة تخفيض وقت إتمام المشروع Project crashing أو التعجيل بالمشروع.

أسباب التعجيل بالمشروع:

قد تنشأ الحاجة إلى تخفيض وقت إنجاز المشروع عن الوقت المقدر لذلك في مرحلة التخطيط والجدولة كما أنها قد تظهر أيضاً أثناء عملية التنفيذ. ففي مرحلة التخطيط تقوم الجهة التي ترغب في التنفيذ بتقديم تقديرات عن المراحل المختلفة والأنشطة المختلفة، والأوقات المتوقعة للإتمام لكل نشاط ومرحلة، والوقت المتوقع لإتمام المشروع. ويكون ذلك ضمن "العطاء" الذي يتم التقدم به بهدف الحصول على حق إنجاز المشروع. وتقوم الجهة التي يتم إتمام المشروع لحسابها بمناقشة هذه التقديرات مع الشركة المتقدمة بالعطاء. وفي غالبية الأحيان تطلب هذه الجهات من الشركات المنفذة إعادة النظر في تقديراتها وخطتها بهدف ضغط وقت إتمام المشروع. فإذا كان التعاقد مع جهة حكومية، فقد يكون هذا التقدير غير ملائما لأنه سوف يترتب عليه تأخر البدء في مشروعات أخرى مدرجة في الخطة على المستوى القومي. كذلك قد تكون هناك حاجة ملحة لوجود مثل هذا المشروع نظراً للحاجة الشديدة إلى سرعة استخدامه في الغرض الذي أنشأ من أجله. فقد تكون مشكلة المواصلات في احد المدن الكبرى قد وصلت إلى الحد الذي لا يتحمل إتمام المشروع في الوقت المقترح. ومن أمثلة ذلك أيضاً مشروعات الصرف الصحي التي تستلزم التنفيذ العاجل لتجنب الآثار الغير مرغوبة المترتبة على عدم توافر هذه الخدمة. ويكون تخفيض وقت التنفيذ ذو أهمية خاصة في هذه الحالات عندما يخلق التنفيذ ذاته نوعاً من المشاكل التي تؤثر على تعطل مرافق أخرى أثناء عملية التنفيذ. فقد يؤدي رصف أحد الطرق إلى تعطل المواصلات تماماً في مثل هذه المناطق مما يسبب متاعب للمقيمين في هذه الأحياء ويزيد الضغط على الأحياء الأخرى في المدينة. وقد كان ذلك واضحاً أثناء تنفيذ مشروع مترو الأنفاق في مدينة القاهرة. فقد كانت أعمال الحفر تتم دون وجود خرائط دقيقة لشبكات المرافق المختلفة مما ترتب عليه كثرة توقف خدمات أساسية مثل المياه والكهرباء في مناطق كثيرة أثناء عملية التنفيذ. ومن الأمثلة الواضحة أيضاً على أهمية ضغط وقت الإتمام في الجيش، أن يكون المشروع جزء من خطة استراتيجية كبرى يخطط الجيش لتنفيذها. فقد كانت مشروعات بناء قواعد الصواريخ المضادة للطائرات من المشروعات الحرجة التي يرغب الجيش المصري في تنفيذها في أقرب وقت ممكن نظراً لكونها جزءاً أساسياً من الخطة العسكرية للحرب التي تم تنفيذها في عام 1973.

أما من الناحية الاقتصادية، فقد ترغب الجهة التي يتم إنجاز المشروع لحسابها إنجاز المشروع في فترة أقصر حتى يمكن أن تحقق عائداً معينا في حالة الإنجاز المبكر. فإذا تم تعاقد هيئة السكك الحديدية على أنواع جديدة من العربات لتشغيلها في خطوط معينة فمن الأفضل أن يتم التسليم المبكر حتى يمكن تحقيق العائد الذي ينتج من تشغيل هذه العربات.

ويجب أن يتم تقدير هذه الخسائر المترتبة على التأخر في التوريد أثناء عملية التعاقد. فقد يكون ذلك مبرراً

في حدا ذاته لتحمل تكلفة أكبر بقصد تحقيق الإنجاز السريع (سوف نعود لهذه النقطة فيما بعد). ففي أحد مشروعات تجهيز أحد محلات الأكل الخفيف الأجنبية في مدينة الإسكندرية ، قامت الشركة ذاتها بتجهيز الموقع في زمن قياس، دون انتظار حتى يتم تشطيب العمارة جميعها، وذلك حتى يمكن أن يكون الفرع جاهزاً مع بدء موسم الصيف. حيث يمكن ذلك من تحقيق إيرادات خلال هذه الفترة تبرر كثيراً التكاليف الإضافية التي يتم تحملها لتحقيق الإنجاز المبكر.

كذلك فقد تقتضي ظروف المنافسة إنجاز المشروع في وقت أقل حتى تتمكن الشركة من التفوق في تقديم منتج معين أو خدمة معينة. وبالتالي تستطيع تحقيق مبيعات كبيرة قبل أن يتمكن المنافسين من النزول إلى السوق. وتعرف هذه الاستراتيجية بإستراتيجية القيادة والمبادأة Leading policy. فقد أنفقت شركة RCA في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 70 مليون دولار على برنامج بحوث التليفزيون الملون حتى تكون الشركة الأولى في تقديم هذا المنتج في السوق الأمريكية. بل أنها نفذت ذلك عن طريق تقديم نظام NTSC والذي يختلف تماماً عن كل من النظم الفرنسية والإنجليزية. وبذلك فإنها ضمنت ولفترات طويلة اعتماد المستهلك على منتجاتها وقطع غيارها بشكل يكاد يكون تام ولفترات طويلة.

ومن أهم الأسباب أيضاً التي تجعل كلاً من الجهات المنفذة أو الجهات التي يتم تنفيذ المشروع لحسابها ترغب في تخفيض وقت الإتمام ، هو تجنب الارتفاع في تكلفة تنفيذ المشروع. فمن الواضح أن أسعار مستلزمات البناء تتزايد بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة سواء المحلي منها أو المستورد. ففي حالة الاتفاق على تكاليف معينة للمشروع يكون من مصلحة جهة التنفيذ الإنجاز السريع حتى لا تتحمل هذه الزيادة في التكاليف. وفي حالة السماح بوجود زيادة في قيمة العقد تغطي الزيادة في التكاليف، فإنه يكون من مصلحة الجهة التي يتم التنفيذ لحسابها التأكد من التنفيذ السريع للمشروع.

وفي المجال العسكري الدولي، تلعب فترة الإنجاز دورا حيويا في تحقيق التقدم في عدة مجالات للتفوق منها السباق النووي وبرامج التسليح وغزو الفضاء. ولعل ذلك يبرز استخدام أساليب متقدمة في مجالي PERT/CPM في كافة البحوث العسكرية.

كذلك غالباً ما تظهر الحاجة إلى ضغط وقت إتمام المشروع أثناء عملية التنفيذ. ويرجع ذلك إلى تغير الظروف التي يكون قد تم في ظلها وضع الخطة الأصلية للتنفيذ. فقد يظهر نوع من التمويل الجديد الذي لم يكن متاحاً أثناء عملية التخطيط للمشروع. فكثيراً ما نسمع عن القروض الدولية التي تقدم خصيصاً للمساعدة في الانتهاء من مشروعات كبرى في بعض الدول مثل مشروعات الطرق والمواصلات وشبكات الصرف الصحي. وعند توافر هذا التمويل الجديد يكون على القائمين على المشروع وضع خطة معينة لتوزيع هذه الأموال بشكل يضمن تخفيض وقت إتمام المشروع بأقل تكلفة ممكنة.

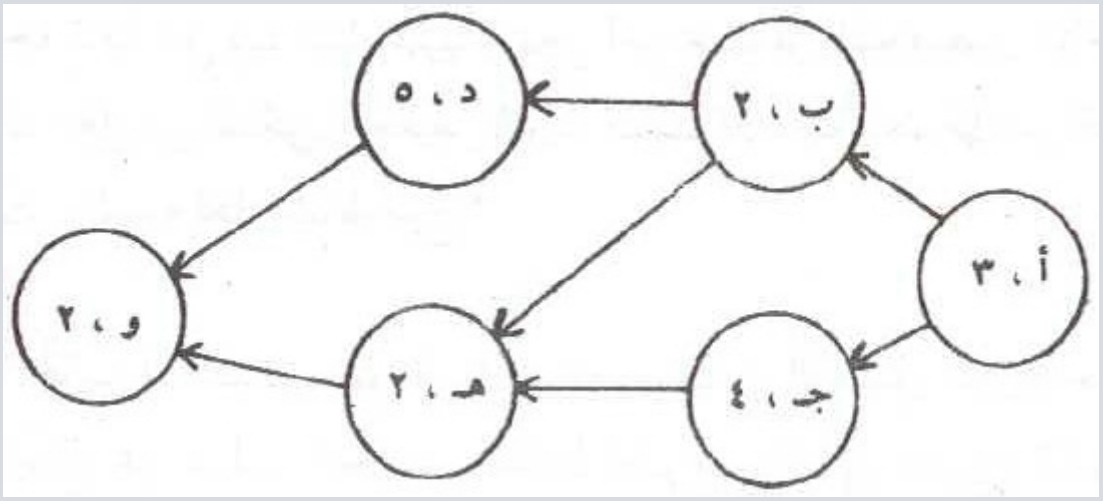
والحالة الأخرى الغالية التي يتعرض لها كثيراً منفذي المشروعات الصغيرة أثناء التنفيذ، هي استعداد المتعاقدين معهم أن يدفعوا مبالغ أعلى حتى يتم الإنجاز في فترة أقل. وفي هذه الحالة يرغب المنفذون في تقدير مقدار العبء الإضافي الناتج عن عملية الإنجاز السريع حتى يمكنهم تحديد المبالغ الإضافية التي يحاسبون عليها المتعاقدون.

خطة تخفيض الأنشطة:

يترتب على كل الحالات السابقة ظهور رغبة في تخفيض وقت إتمام المشروع. ومن الواضح أن هذا التخفيض سوف يستلزم موارد إضافية. فقد يلزم الأمر الحاجة إلى عدد آخر من الأفراد أو تشغيل العاملين الحاليين لفترات إضافية. كما يستلزم الأمر الحاجة إلى آلات ومعدات جديدة تحقق أداء تكنولوجي أفضل وبالتالي إنجاز أسرع. ومن شأن كل ذلك زيادة تكاليف المشروع. وحتى يجب أن تكون هذه الزيادة في التكاليف أقل ما يمكن

يجب أن يكون هناك ما يسمى بخطة التخفيض المثلى للأنشطة والتي سوف تؤدي بدورها إلى التخفيض الكلي لوقت إتمام المشروع.

وكقاعدة هامة يجب أن نوضح أنه في حالة الرغبة في تخفيض وقت إتمام المشروع يجب أن ينصب الاهتمام بشكل أساسي على الأنشطة الحرجة. ففي مثالنا الموجود في الفصل السابق والذي نعيد ذكره هنا في الشكل(3-1)، أوضحنا أن



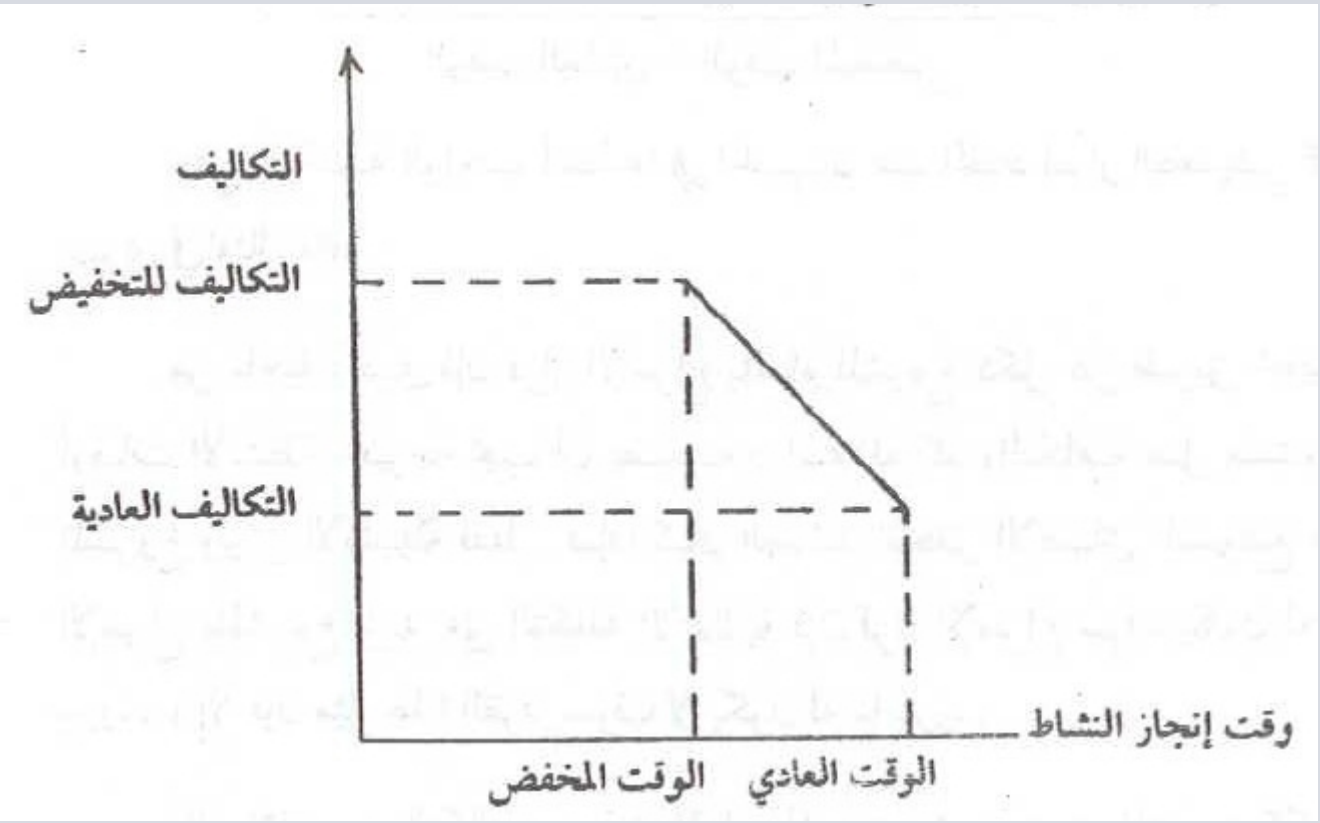
شكل (3-1)

الأنشطة الحرجة هي أ، ب، د، و وأن أقل وقت يلزم لإتمام المشروع هو14 يوماً، في هذا المثال إذا قمنا بإضافة موارد جديدة إلى القائمين بالنشاط جـ بشكل يمكنهم من إتمام النشاط في ثلاثة أيام بدلا من أربعة فإننا سوف نلاحظ أن أقل وقت يلزم لإتمام المشروع مازال هو 14 يوماً. فما زال وقت إتمام المشروع محكوماً بالمسار الحرج وهو أ-ب-د-و

وعلي ذلك فإن إضافة موارد جديدة إلى النشاط غير الحرج يعتبر مضيعة للجهد والموارد والتكاليف. أما إذا حاولنا على سبيل المثال تقليل الوقت اللازم للنشاط و ، الذي هو نشاطاً حرجاً، بما قدره يوماً فسوف يترتب عليه تخفيض وقت إتمام المشروع إلى 13 يوماً. ويعني ذلك أن هذا إجراءاً فعالا له تأثير مباشر على وقت إتمام المشروع.

ويجب أن ندرك أن عملية تخفيض Crashing وقت إتمام المشروع من خلال الأنشطة الحرجة هي عملية لها جانب هندسي وآخر اقتصادي. أما الجانب الهندسي فيتمثل في الإجابة على مدى إمكانية تخفيض الوقت اللازم لإنجاز نشاط معين من الناحية الفنية. فقد يكون الرقم الأصلي المقدر يمثل الحد الأدنى اللازم لهذا النشاط. فعلى سبيل المثال يجب الانتظار لفترة معينة حتى تصبح الأساسات صلبة بدرجة كافية قبل بدء البناء عليها. بمعنى آخر يجب على المتخصصين الإجابة على السؤال: هل من الممكن التخفيض؟ وإذا كانت الإجابة بنعم فما هو أقصى تخفيض ممكن بالنسبة لكل نشاط حرج؟

أما الجانب الاقتصادي فهو المتمثل في العبء المادي الإضافي الذي يتحمله المشروع الناتج عن عملية التخفيض للنشاط الحرج وبالتالي المشروع ككل. فتخفيض الوقت اللازم للنشاط يستلزم موارد إضافية في الغالب تكون تكلفة الحصول عليها أكثر من التكاليف الأصلية. فتشغيل الأفراد ورديات إضافية أو في أيام العطلات يترتب عليه دفع أجور أعلى من الأيام العادية. وتظهر هذه الخاصية الآن في قطاع المقاولات. فإذا رغب صاحب المشروع إتمامه في فترة وجيزة عليه أن يدفع أسعار مواد البناء في السوق الحرة والتي تزيد بالقطع عن أسعار الحصص التي تخصصها الدولة. ويمكن إيضاح العلاقة بين فترة إتمام النشاط والتكاليف على النحو التالي في الشكل التالي (3-2).



يوضح هذا الشكل على المحور الأفقي مقدار الوقت اللازم لإنجاز النشاط وعلى المحور الرأسي مقدار التكاليف اللازمة لإنجاز النشاط. وعلى المحور الأفقي يوجد الوقت الأصلي المقدر والذي يطلق عليه عادة الوقت العادي normal time وكذلك الوقت المخفض crashed time والذي يكون عادة أقل من الوقت العادي. ويمثل هذا الوقت المخفض أقل مدة زمنية لازمة فنياً لإنجاز النشاط. وبتأمل العلاقة بين مقدار الوقت اللازم للنشاط وتكلفة الأداء نجد أنها علاقة عكسية. فتخفيض وقت الأداء سوف يترتب عليه زيادة التكاليف العادية normal cost اللازمة للوقت العادي إلى التكاليف المرتفعة crash Cost المصاحبة للوقت المخفض. وقد افترضنا هنا للتبسيط فقط أن العلاقة خطية ، أما في الحياة العملية فمن الممكن ألا تكون كذلك. فشكل المنحني يختلف من نشاط إلى آخر.

ومن هذه العلاقة الخطية الموضحة في الرسم يمكن التوصل إلى تقدير لكل زيادة مترتبة على تخفيض وقت أداء النشاط بفترة زمنية واحدة على أنها تساوي:

تكلفة الوقت المخفض تكلفة الوقت العادي الوقت العادي

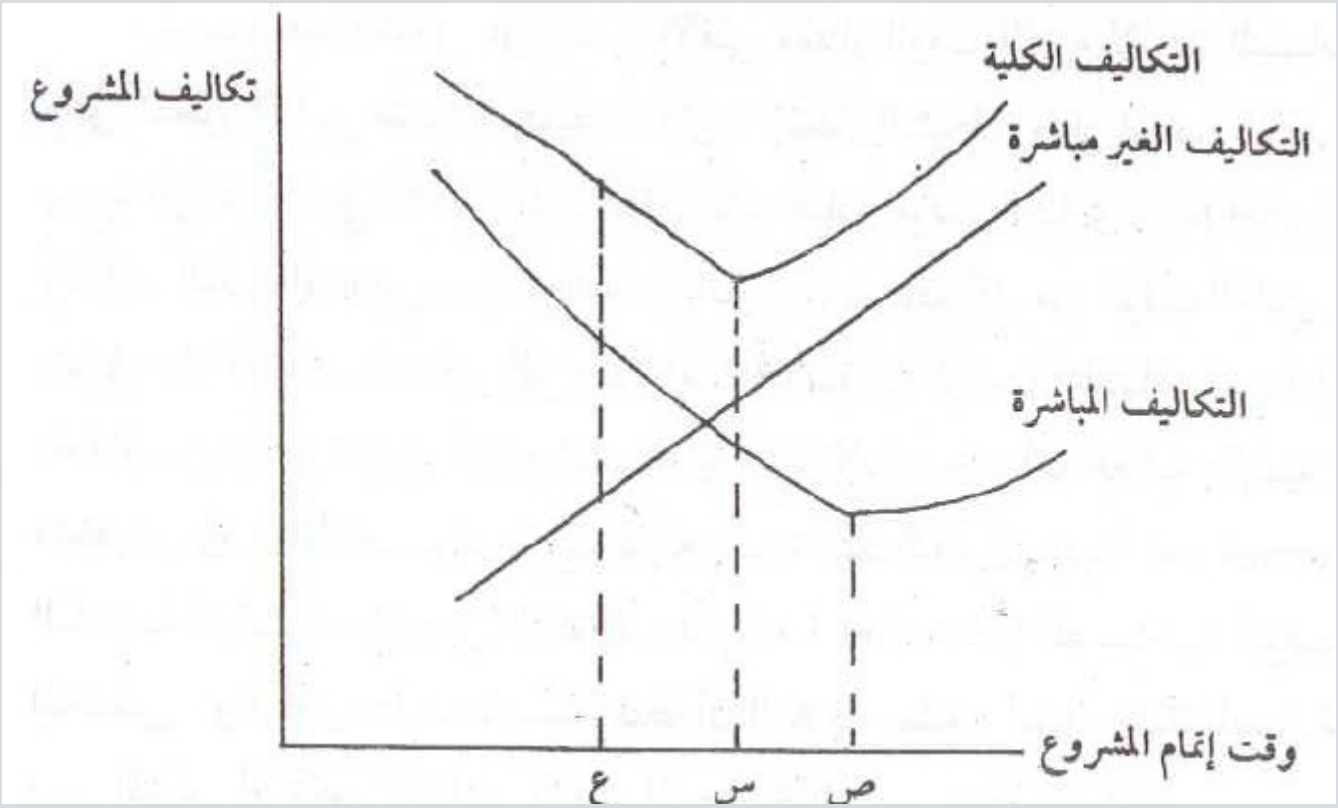
الوقت العادي - الوقت المنخفض

وهي التكلفة الواجب أخذها في الحسبان عند اتخاذ قرار التخفيض كما سنرى في مثال قادم.

من ناحية أخرى فإن قرار الإسراع بإتمام المشروع ككل عن طريق خفض أوقات الأنشطة الحرجة يجب أن يصحبه دراسة للعائد والتكلفة على مستوى المشروع وليس الأنشطة فقط. فإذا كان العائد المحقق الإضافي المتوقع من الإسراع بالمشروع يزيد على التكلفة الإضافية فإن قرار الإسراع سوف يكون له ما يبرره ، وإلا فإن مثل هذا القرار سوف لا يكون له ما يبرره.

والعلاقة بين التكاليف ووقت إتمام المشروع على مستوى المشروع ككل يمكن تصويرها على النحو التالي

في الشكل (3-3):



وفي هذا الشكل يظهر منحني التكاليف الغير مباشرة وهو تقريباً خطأ مستقيماً ويعبر عن بعض التكاليف الثابتة overhead يتحملها المشروع بشكل ثابت لكل فترة زمنية خلال مدة المشروع. مثال ذلك مرتبات المهندسين والإداريين واستهلاك العدد والمعدات. وهي تنخفض مع انخفاض مدة المشروع وتزيد بزيادته . أما المنحني الآخر فهو منحني التكاليف المباشرة والتي ترتفع مع عملية التخفيض، فهي تكلفة الموارد الإضافية التي نحتاجها أكثر لتخفيض وقت إتمام المشروع. ويلاحظ أن هذا المنحني بعد تاريخ معين وهو ص يبدأ في الارتفاع وقد يعبر ذلك عن غرامات التأخير التي تدفع عن أيام تأخير إتمام المشروع. كما أنها قد تعبر عن احتمال ارتفاع تكلفة المواد اللازمة في حالة التأخير لفترات طويلة. أما المنحنى الثالث فهو منحنى التكاليف الكلية والذي يمثل إجمالي التكاليف المباشرة وغير المباشرة لفترات إتمام المشروع المختلفة. يوضح هذا الشكل أيضاً أن الوقت الأمثل لإنجاز المشروع optimum project time الذي يؤدي إلى تخفيض التكاليف الكلية إلى أقل حد ممكن يكون أقل من مدة إنجاز المشروع التي تؤدي إلى تخفيض التكاليف المباشرة فقط إلى حدها الأدنى. فالنقطة س هي أقل من النقطة ص في الرسم.

وعلى الرغم من بساطة هذا التحليل، إلا أنه يمكن استخدامه في دراسة قرار تخفيض وقت إتمام المشروع. ففي مثالنا هذا إذا رأت الشركة أو الهيئة الإسراع بالمشروع حتى يمكن تحقيق عائداً إضافياً سوف يضيع على الشركة حالة إتمام المشروع في الوقت س، فإنه يمكن مقارنة هذا العائد الإضافي إذا تم إنجاز المشروع في الوقت ع مثلاً مع الزيادة الإجمالية المتوقعة في التكاليف الكلية. وبناءاً على هذه المقارنة يمكن اتخاذ القرار على أساس اقتصادي.

تعرضها حتى الآن للأساس النظري لعملية تخفيض وقت النشاط والمشروع والآن ما هي الخطوات التي تتم لتحقيق ذلك إجرائياً؟ الإجابة تكمن في:

1- قم بعمل تقديرات للوقت العادي والمخفض لكل نشاط.

2- قم بعمل تقديرات للتكاليف العادية وتكلفة الوقت المخفض لكل نشاط.

3- حدد المسار الحرج والأنشطة الحرجة.

4- ابدأ عملية التخفيض للأنشطة الحرجة مبتدءا بالنشاط الحرج والأقل تكلفة، على أن يكون هذا التخفيض بوحدة زمنية واحدة.

5- راجع أثر ذلك على المسار الحرج والميزانية المتاحة.

6- استمر في الخطوات إلى أن تصل إلى التاريخ المرغوب أو إلى أن تستخدم كل الأموال المتاحة.

وسوف نوضح هذه الخطوات في المثال التالي:

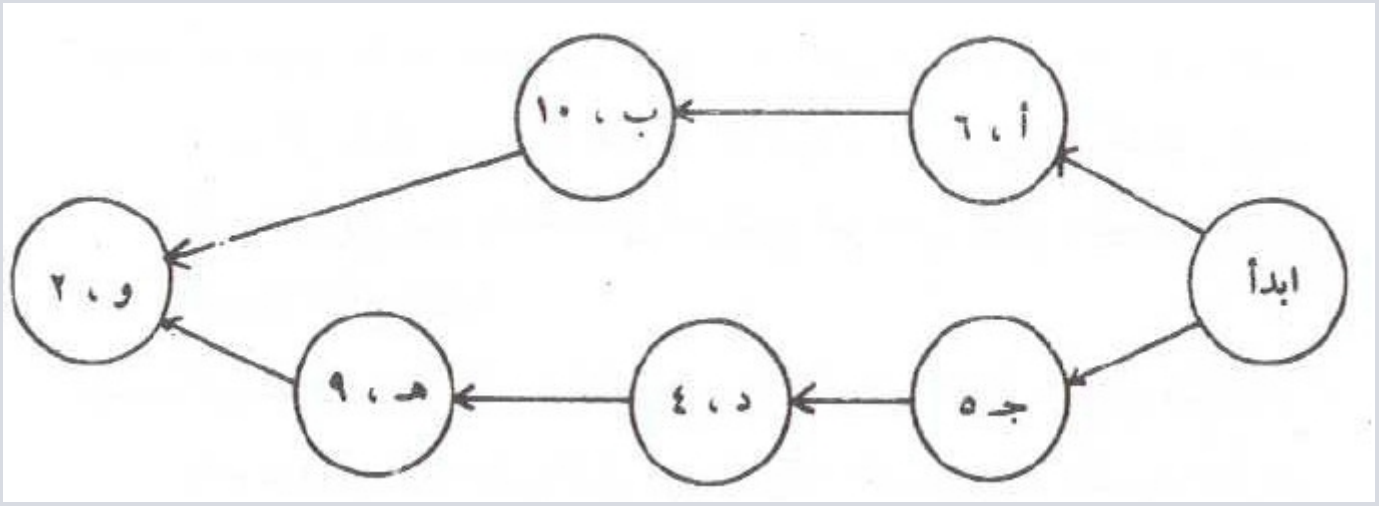
مثال (3-1): (حالة الميزانية المفتوحة للتخفيض)

باستخدام البيانات التالية في الجدول (3-1)، وبافتراض أن التكاليف الغير مباشرة لليوم الواحد بالنسبة للمشروع هي 1000 جنيه، ضع خطة مثلى لتخفيض وقت إتمام المشروع والأنشطة.

النشاط	النشاط السابق مباشرة	الوقت العادي	التكلفة العادية	الوقت المخفض	تكلفة الوقت المخفض
أ	-	6	2000	6	2000
ب	أ	10	3000	8	4000
ج	-	5	500	4	800
د	جـ	4	400	1	2500
هـ	د	9	300	7	1500
و	ب، هـ	2	800	1	1600

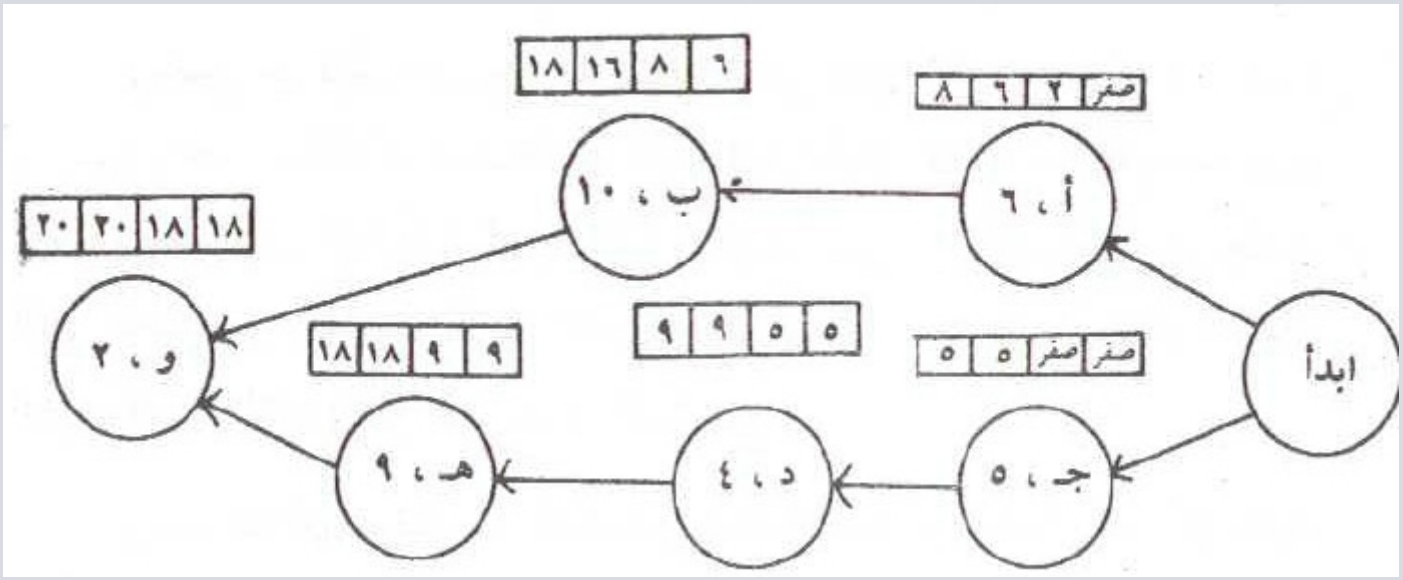
الحل:

1- نبدأ برسم الشبكة على النحو التالي في شكل (3-4)



شكل (3-4)

2- نحدد الأنشطة الحرجة والمسار الحرج بتحديد أوقات البدء والإتمام المبكرة والمتأخرة كما في الشكل (3-5).



شكل (3-5)

يتضح من هذا الرسم أن الأنشطة الحرجة هي حـ ، د ، هـ ، و وأن المسار الحرج هو حـ - د - هـ - و بطول قدره 20 يوماً.

3- لتحديد خطة تخفيض الوقت نبدأ بتحديد النشاط الواجب البدء بتخفيض وقت أداؤه. ويجب أن يكون.

أ- نشاطاً حرجاً.

ب أن تكون تكلفة التخفيض بيوم واحد أقل ما يمكن. نظراً لأن تقليل وقت كل نشاط من الأنشطة الحرجة بيوم واحد يؤدي إلى تخفيض وقت إتمام المشروع بيوم واحد. أي أن كلهم لهم نفس التأثير، فيجب اختيار النشاط الأقل تكلفة.

جـ - أن يكون من الممكن فنياً تخفيض وقت هذا النشاط. ويعني ذلك أن يكون وقت التخفيض أقل من الوقت العادي وألا يكون قد تم تخفيض هذا النشاط بأقصى كمية من الوقت يمكن تخفيضه بها.

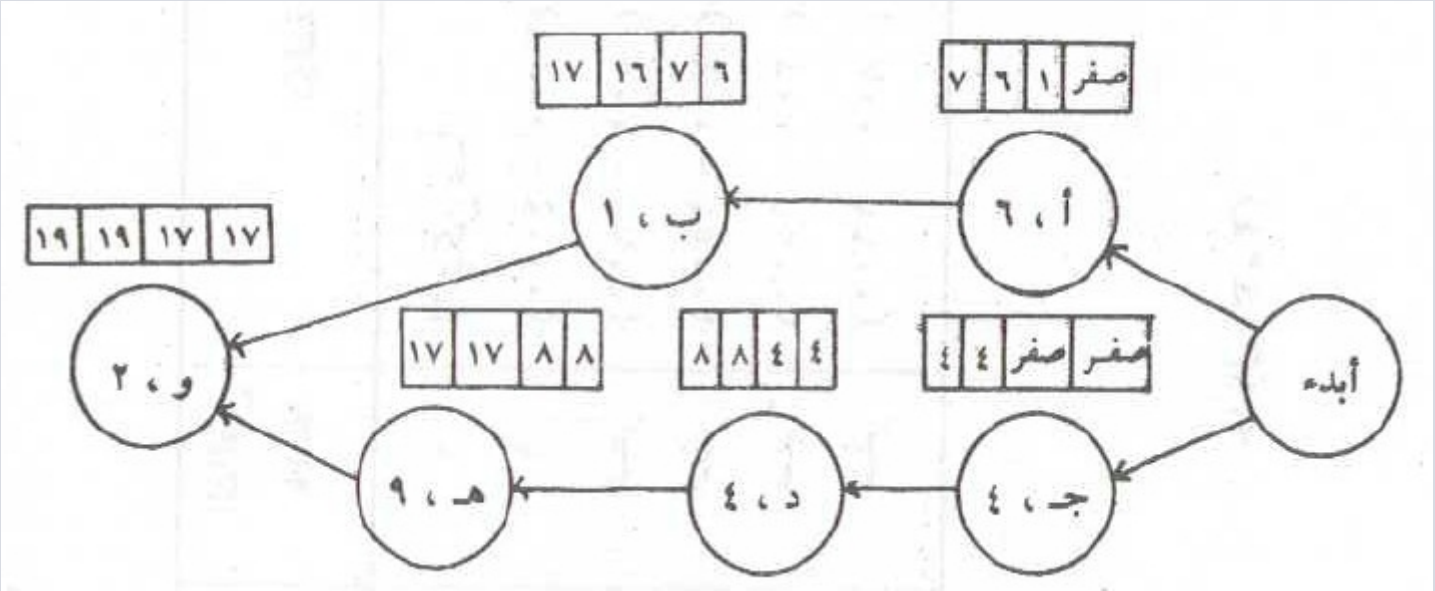
ولتطبيق هذه الشروط يتم تحديد الأنشطة الحرجة وبياناتها في هذه المرحلة كما في الجدول (3-2) في الصفحة التالية، حيث تعبر كل من جـ ، د ، هـ ، و عن أنشطة حرجة في هذه المرحلة.

ويتضح من ذلك الجدول أننا أمام بدائل تخفيض أي من جـ ، د ، هـ ، و بيوم واحد. وطالما أن النشاط جـ هو أقل الأنشطة تكلفة فيتم تخفيضه بيوم واحد ويرجع ذلك أساساً إلى أن التكلفة الإضافية وهي 300 جنيه أقل من مقدار الوفر المحقق من التخفيض لوقت المشروع ككل وهو 1000 جنيه، مقدار التكلفة الغير مباشرة (الثابتة) لكل يوم تشغيل للمشروع.

ويهمنا هنا أن نوضح أن التخفيض للنشاط الحرج المختار يجب أن يكون دائماً بيوم واحد في الخطوة الواحدة ثم يتم بعدها معرفة أثر هذا التخفيض على المسار الحرج الحالي. فقد يؤدي هذا تغيير الأنشطة الحرجة وبالتالي يجب أن يكون التخفيض التالي موجهاً إلى نشاط آخر.

النشاط	الوقت العادي	الوقت المخفض	الفائض Slack	تكلفة التخفيض بيوم واحد (بالريال)
أ	6	6	2	لا يمكن فنياً
ب	10	8	2	(3000 - 4000) ÷ (10 - 8) = 500
ج	5	4	صفر	(500 - 800) ÷ (5 - 4) = 300
د	4	1	صفر	(400 - 2500) ÷ (4 - 1) = 700
هـ	9	7	صفر	(300 - 1500) ÷ (9 - 7) = 600
و	2	1	صفر	(800 - 1600) ÷ (2 - 1) = 800

4- تحديد أثر التخفيض بيوم على المسار الحرج. تعلم أنه بالتأكيد سوف يترتب على تخفيض جـ من 5 إلى 4 يوم تخفيض وقت إتمام المشروع إلى 19 يوم. ويمكننا أيضاً في هذا المثال أن نقول بأن المسار الحرج سوف يتبقى كما هو. ويرجع ذلك إلى أن الوقت الزائد الموجود في الأنشطة غير الحرجة slack يزيد على الواحد. فهو 2 في كل من أ،ب. ويمكننا التأكد من ذلك بإعادة حل الشبكة على النحو التالي (شكل 3-6) والتي يظهر فيها أن المسار جـ ، د ، هـ ، و مازال هو أطول مسار على الشبكة.



شكل (3-6)

5- نقوم بتكرار نفس الخطوات السابقة إلى أن تكلفة التخفيض أعلى من التكلفة التي يتم توفيرها.

حينئذ نتوقف ويكون ذلك كما يلي:

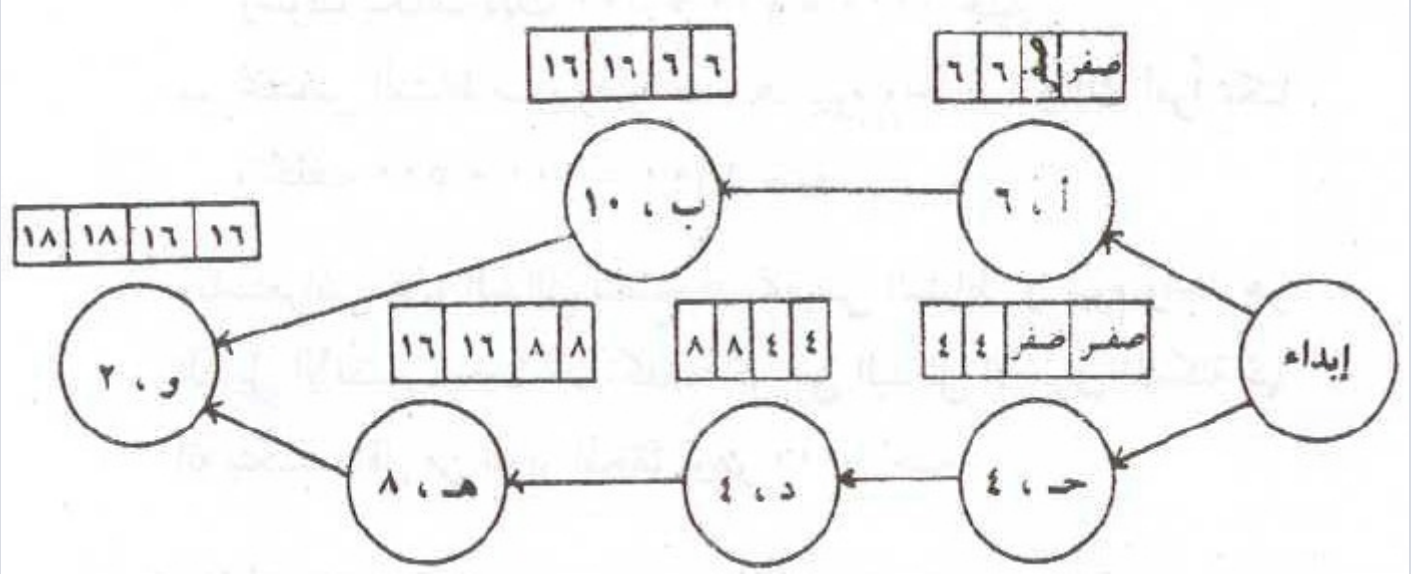
أ- في هذه المرحلة الأنشطة الحرجة الممكن تخفيضها هي د ، هـ ، و. (لاحظ أن جـ لا يمكن تخفيضها عن 4 أيام) وتكلفة تخفيض د، هـ، و بيوم واحد هي 700، 600، 800 على التوالي. وطالما أن هـ هي أقل التكاليف فيتم اختيارها نظرا لأن 600 مازال أقل من 1000 جنيه . وبالتالي فإن القرار هو تخفيض هـ بيوم واحد.

ب ـ معرفة أثر هذا التخفيض على السمار الحر، نظراً لأن الوقت الزائد slack لكل من أ، ب وهي الأنشطة غير الحرجة يساوي الواحد الصحيح فإن تخفيض هـ بيوم واحد سوف يؤدي إلى وجود مسارين حرجين هما.

أ-ب-و

جـ - د هـ - و

ويمكن التأكد من ذلك برسم الشبكة مرة أخرى كما في الشكل (3-7).



شكل (3-7)

جـ - وفي حالة وجود أكثر من مسار حرج يكون أمامنا بدائل في عملية التخفيض وهي:

تخفيض نشاط مشترك (يقع على المسارين) بيوم واحد.
تخفيض توليفة مكونة من نشاطين. الأول يقع على المسار الأول والثاني على المسار الثاني. وبتطبيق ذلك تكون البدائل التي أمامنا هي:
تخفيض النشاط وبيوم واحد.. سوف يتكلف ذلك 800 ريال.
تخفيض النشاط أ بيوم واحد ، حـ بيوم واحد.. وذلك أمراً غير ممكناً لأن أ لا يمكن تخفيضه كما أن النشاط حـ قد تم تخفيضه بالحد الأقصى الممكن له وهو يوم واحد.
تخفيض النشاط أ بيوم واحد ، د. بيوم واحد..وذلك أيضاً أمر غير ممكن.
تخفيض النشاط ب بيوم واحد، جـ بيوم واحد.. وذلك أيضاً غير ممكن.
تخفيض النشاط ب بيوم واحد، د. بيوم واحد.. وذلك أمراً ممكناً وسوف يتكلف ذلك 500 + 700 = 1200 ريال.
تخفيض النشاط ب بيوم واحد، هـ بيوم واحد.. وذلك أمراً ممكنا وتكلفته 500 + 600= 1100 ريال.

وباستعراض هذه البدائل يتضح أن تخفيض النشاط و بيوم واحد هو البديل الأفضل. حيث أن تكلفته أقل من البدائل الأخرى الممكنة كما أنه يتكلف أقل من الوفر المحقق وهو 1000 ريال.

د لمعرفة أثر ذلك على المسار الحجر، نرجع إلى الشبكة. فطالما أن النشاط الذي تم تخفيض وقته هو نشاطاً مشتركاً على المسارين الحرجين وهما كل الشبكة فإن المسارين لن يتغيرا. وتكون البدائل الموجودة أمامنا الآن للتخفيض هي:

تخفيض أ بيوم واحد ، جـ بيوم واحد.. وذلك أمراً غير ممكناً.
تخفيض أ بيوم واحد، د بيوم واحد.. وذلك أمراً غير ممكناً.
تخفيض أ بيوم واحد، هـ بيوم واحد.. وذلك أمراً غير ممكناً.
تخفيض أ بيوم ، جـ بيوم واحد.. وذلك أمراً غير ممكناً.
تخفيض ب بيوم واحد، د بيوم واحد.. وذلك يتكلف 1200 ريال.
تخفيض ب بيوم واحد، هـ بيوم واحد.. وذلك يتكلف 1100 ريال.

وطالما أن البدائل المتاحة للتخفيض كلها تتكلف أكثر من 1000 ريال وهو مقدار الوفر في التكاليف المحقق من تخفيض وقت النشاط بيوم واحد فإن هذه تكون النقطة التي نتوقف عندها.

ويمكن تلخيص خطة التخفيض المثلى على النحو التالي:

خفض النشاط حـ بيوم واحد، أي اجعل مدة التنفيذ 4 بدلا من 5 يوم.
خفض النشاط هـ بيوم واحد، أي اجعل مدة التنفيذ 8 بدلاً من 9 يوم.
خفض النشاط وبيوم واحد ، أي أجعل مدة التنفيذ 1 بدلا من 2 يوم.

وتكون تكلفة التخفيض الإجمالية = 300 + 600 + 800 = 1700 ريالاً

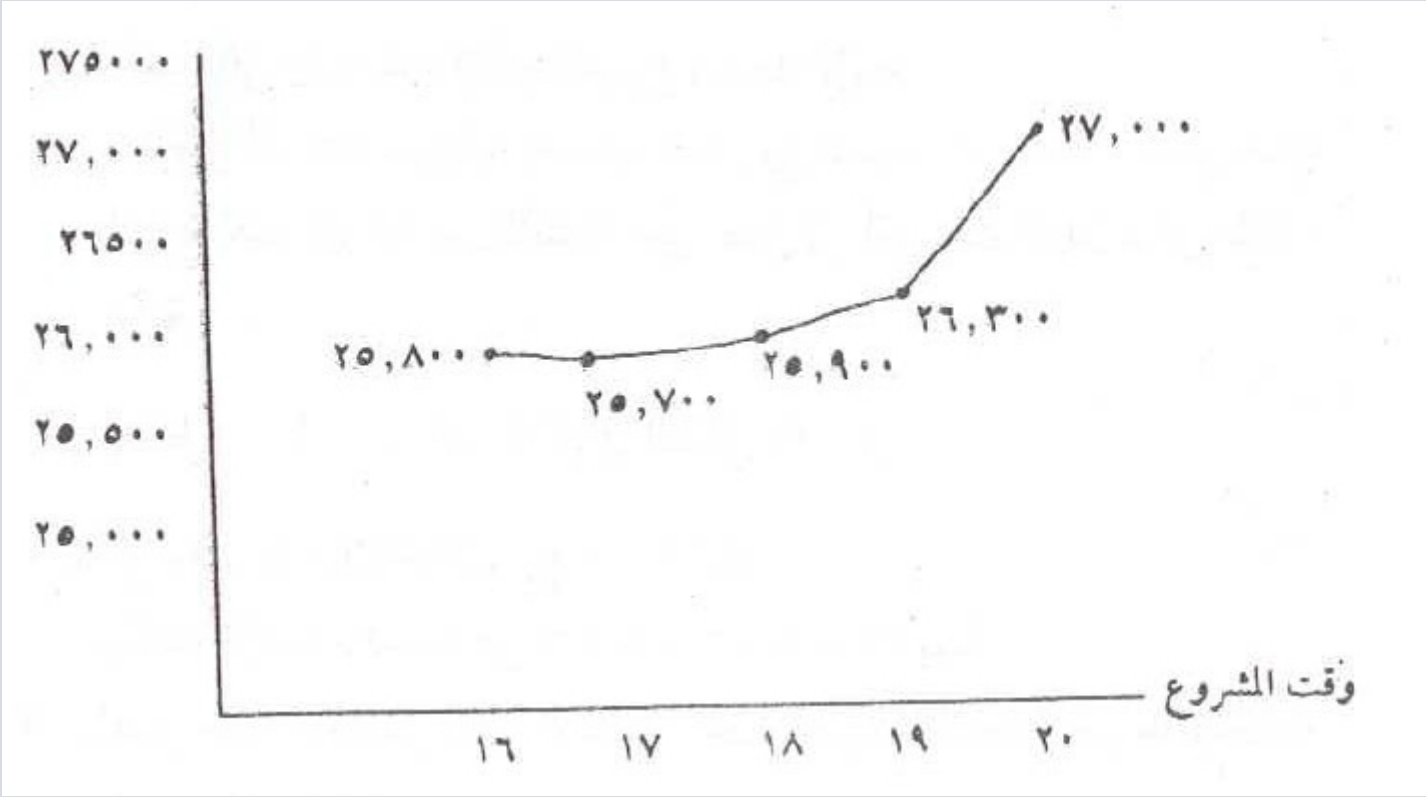
والعائد المحقق من التخفيض هو توفير ما قدره 3000 جنيه. أي أن العائد الصافي هو 1300 ريال.

ويمكننا الآن إيضاح أثر هذا التخفيض تدريجياً على التكاليف الكلية كما في الجدول التالي:

طول المشروع (بالأيام)	التكاليف المباشرة للأنشطة	التكاليف الغير مباشرة المرتبطة بطول المشروع	التكاليف الكلية
20 قبل التخفيض	7000	= 20 × 1000 20000	27000
19 بعد التخفيض الأول (للنشاط حـ بيوم واحد)	= 300 + 7000 7300	= 19 × 1000 19000	26300
18 بعد التخفيض الثاني (للنشاط هـ بيوم واحد)	= 600 + 7300 7900	= 18 × 1000 18000	25900
17بعد التخفيض الثالث (للنشاط و بيوم واحد)	= 800 + 7900 8700	= 17 × 1000 17000	25700
16 (مضافة للإيضاح فقط)	= 1100 + 8700 9800	= 16 × 1000 16000	25800

فإذا افترضنا على سبيل الإيضاح أن عملية التخفيض إلى 16 يوم عن طريق أفضل البدائل المتاحة الآن (مع تجاهل مقدار التكاليف الغير مباشرة لليوم الواحد) فإننا يجب أن نخفض الأنشطة ب ، هـ كل بيوم واحد وسوف يترتب على ذلك زيادة في التكاليف المباشرة قدرها 1100 جنيه ويكون البيان الخاص بهذه الحالة كما هو موضح في آخر الجدول السابق.

والذي يتضح منه أن هذا القرار سوف لا يحقق أقل التكاليف الممكنة. فبعد القرار الذي توقفنا عنده وهو التخفيض حتى 17 يوم تبدأ التكاليف في الزيادة. ولذلك فإن أقل تكاليف ممكنة هي عند 17 يوم كما يتضح من ذلك الشكل البياني التالي:



مثال (3-2): (حالة الميزانية المحددة للتخفيض)

فيما يلي البيانات الخاصة بوقت وتكلفة إنجاز الأنشطة اللازمة لأحد المشروعات:

النشاط	النشاط السابق مباشرة	الوقت العادي (يوم)	التكلفة العادية (ريال)	الوقت المخفض (يوم)	ت. الوقت المخفض (ريال)
أ	-	2	6	1	10
ب	أ	5	9	2	18
ج	أ	4	6	3	8
د	ب ، ج	3	5	1	9

والمطلوب:

1- تحديد أقل وقت يلزم لإتمام المشروع وتكلفة الإنجاز.

2- بفرض أن هناك ميزانية إضافية للمشروع قدرها 11 ريال. ضع خطة لتوزيع هذه الميزانية بين الأنشطة حتى تصل إلى أقل وقت انجاز بأقل تكلفة ممكنة.

الحل : نبدأ برسم الشبكة كما في الشكل (3-8)

1- أقل وقت يلزم لإتمام المشروع هو 10 أيام.

وتكلفة الإنجاز العادية هي 6 + 9 + 6 + 5 = 26 يوماً.

2- لعمل خطة لتخفيض وقت الأنشطة، يجب تحديد الأنشطة الحرجة وتكلفة تخفيض كل نشاط بيوم واحد.

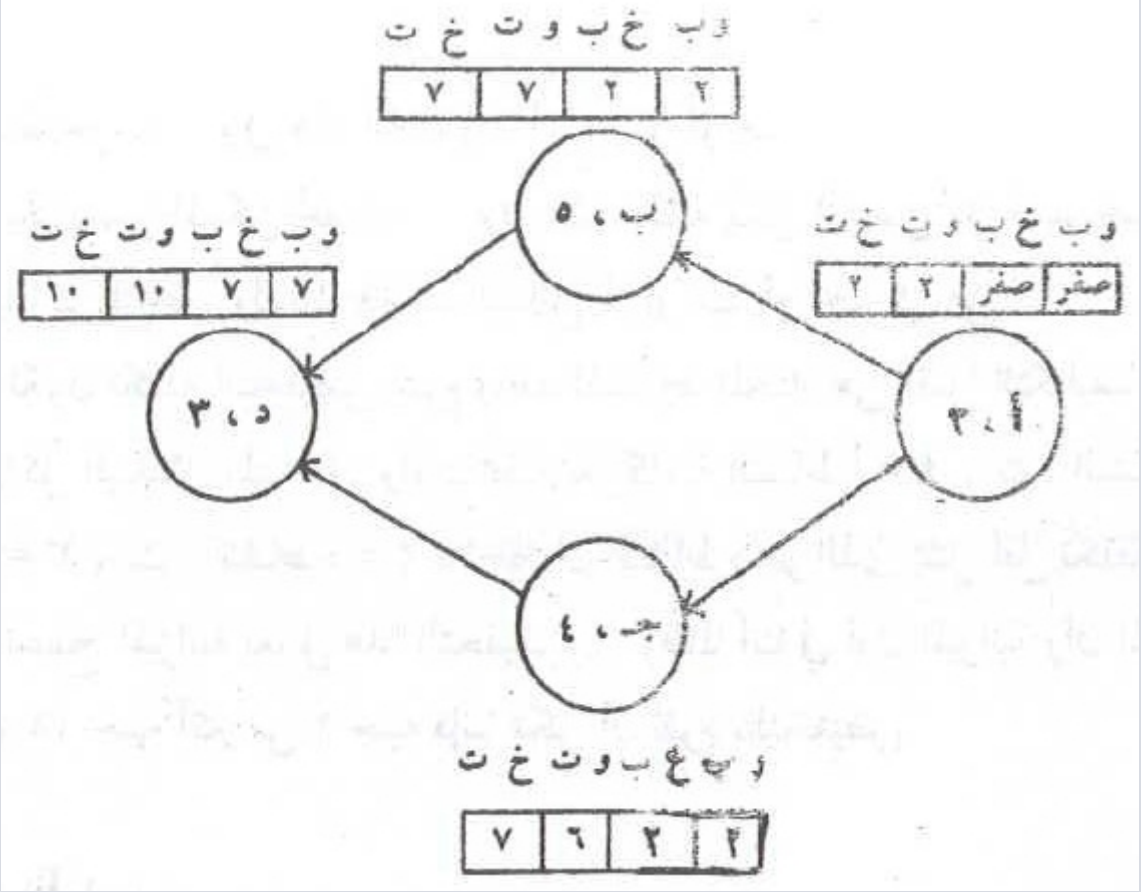
أ- الأنشطة الحرجة الآن هي أ ، ب ، د كما في الرسم.

ب- لتحديد تكلفة تخفيض كل نشاط بيوم واحد نقوم بتطبيق المعادلة

ت. الوقت المخفض- ت. الوقت العادي

تكلفة التخفيض بيوم =

الوقت العادي الوقت المخفض



شكل (3- 8)

النشاط	.....	تكلفة التخفيض بيوم واحد
أ	1	(18 - 6) (2 - 1) = 4 ريال
ب	3	(18 - 9) (5 - 2) = 3 ريال
جـ	1	(18 - 6) (4 - 3) = 2 ريال
د	2	(16 - 5) (3 - 1) = 2 ريال

التخفيض الأول:

يمكننا الآن أن نختار النشاط الذي نبدأ بتخفيضه. ويجب أن يكون النشاط المختار:

نشاطاً حرجاً .. وفي هذه الحالة إما أ أو ب أو جـ.

أن يكون من الممكن تخفيضه.. وفي هذه الحالة يمكن تخفيض كل منهم حسب البيانات المتاحة. ولذلك فأمامنا البدائل أ أو ب أو جـ كما هي.

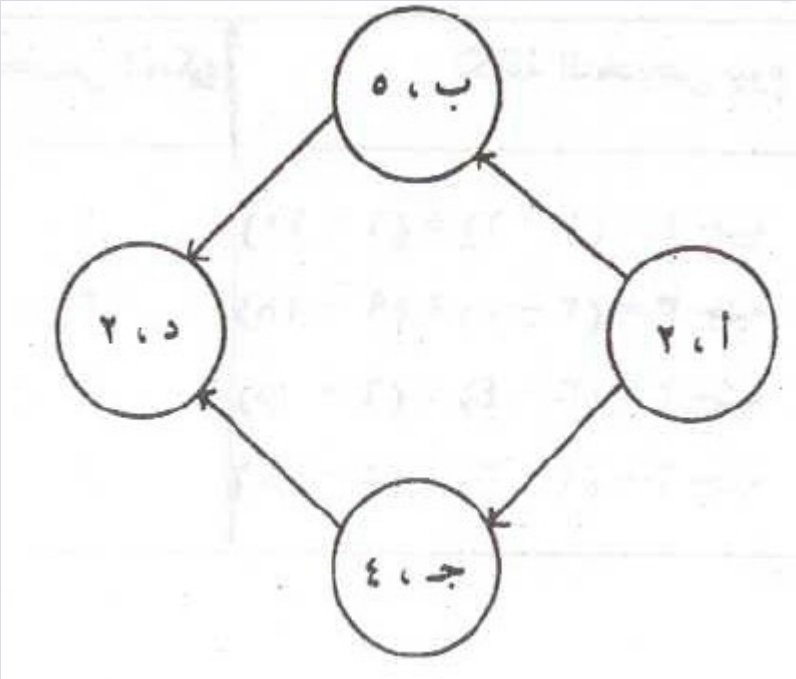
أن تكون تكلفة التخفيض بيوم واحد للنشاط المختار هي أقل التكاليف من بين كل البدائل المتاحة. والآن بمقارنة تكلفة النشاط أ = 4 ، ت. النشاط ب = 3 ، ت. النشاط د = 2 نلاحظ أن النشاط د هو الذي يمثل أقل تكلفة.

إن تسمح الميزانية بعمل هذا التخفيض.. وطالما أننا في أول الميزانية وأن المتاح وهو 11 جنيه أكبر من 2 جنيه فإننا يمكن أن

نقوم بالتخفيض.

والقرار الأول هو:

خفض وقت إنجاز النشاط د بوحدة زمنية واحدة. ولنرى الآن أثر ذلك على المسار الحرج الحالي كما في الشكل (3-9).



بمجرد النظر نجد أن المسار الحالي سوف يظل كما هو. ويرجع ذلك إلى أن النشاط المخفض هو نشاط مشترك يقع على كل المسارات المحتملة. ويعني ذلك أن طول المسار أ-ب-د سوف يساوي 9 بينما المسار أ جـ - د سوف يصبح 8. وبالتالي فإن المسار الحرج سوف لا يتغير. وطالما أنه مازالت هناك ميزانية متاحة (11 -2) = 9 فإننا سوف نفكر في التخفيض التالي:

التخفيض الثاني:

المسار الحرج الحالي هو أ ب د

وبالتالي فإن الأنشطة الحرجة التي يمكن تخفيضها هي.

أ بيوم واحد

ب بثلاثة أيام

د بيوم واحد آخر بعد تخفيضه بيوم واحد فيما سبق.

وبمقارنة التكلفة المترتبة على تخفيض كل منهم بيوم واحد نجد أن د مازال هو الأقل تكلفة ولذلك.

فالقرار الثاني هو:

تخفيض د بيوم واحد. ولنرى تأثير ذلك على المسار الحرج الحالي.

لنفس الأسباب التي تم ذكرها في التخفيض الأول نجد أن المسار الحرج سوف يظل كما هو والأنشطة الحرجة هي أ- ب د وطول المسار الحرج الآن هو 8 أيام.

وطالما أن هناك ميزانية متاحة (9-2) = 7 فإننا سوف نفكر في التخفيض التالي:

التخفيض الثالث:

المسار الحرج الحالي هو أ ب د

وبالتالي فإن الأنشطة الحرجة التي يمكن تخفيضها الآن هي

أ بيوم واحد

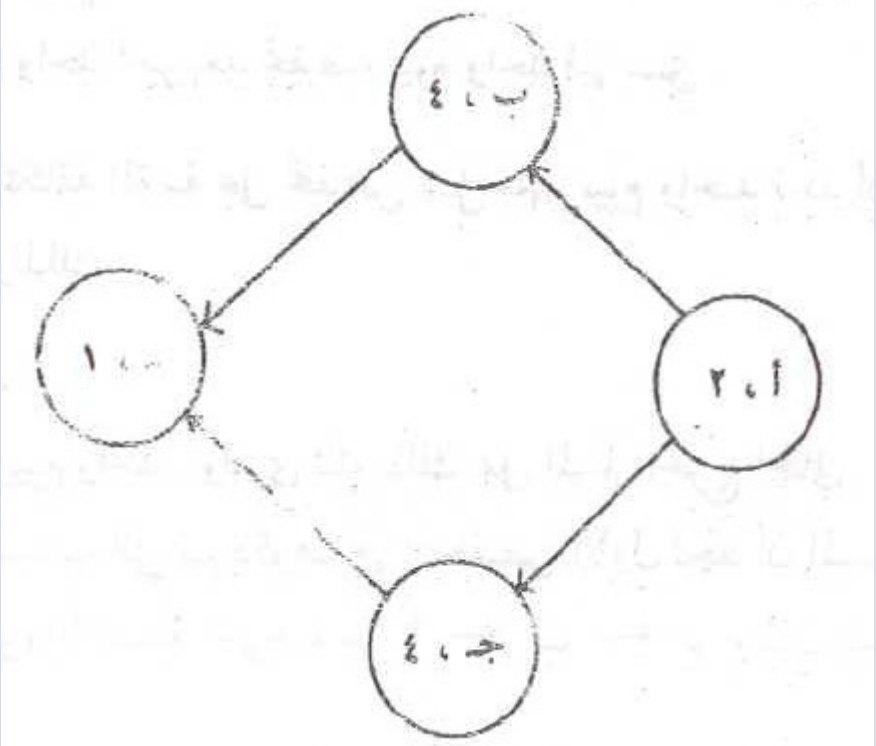
ب بثلاثة أيام

د لا يمكن تخفيضه أكثر مما سبق.

وبمقارنة التكلفة المترتبة على تخفيض كل من أ ، ب بيوم واحد نجد أن أقل تكلفة من أ حسب الجدول السابق. ولذلك..

فالقرار الثالث هو:

تخفيض ب بيوم واحد ولنرى تأثير ذلك على المسار الحرج الحالي كما في الشكل (3-10).



بتأمل هذه الشبكة نجد أن لدينا الآن مسارين متساويين في الطول هما أ ـ ب ـ د و أ ـ جـ ـ د وطول كل منهم 7 أيام. وهذه هي حالة وجود أكثر من مسار حرج.

ويتأمل الميزانية المتاحة الآن (7-3) = 4 جنيهات فإننا سوف نفكر في التخفيض التالي:

التخفيض الرابع:

المسار الأول الحرج هو أ ـ ب ـ د

المسار الثاني الحرج هو أ ـ جـ ـ د

وطالما أن الحالة الآن هي وجود أكثر من مسار فأمامنا أكثر من بديل:

1- تخفيض نشاط مشترك يقع على نفس المسارين. وبهذه الطريقة يمكن تقليل المسارين معاً عن طريق تخفيض نشاط واحد. وفي هذه الحالة لدينا بدائل.

- تخفيض النشاط أ بيوم واحد وتكلفة ذلك 4 جنيهات.
- تخفيض النشاط د بيوم واحد وذلك أمر غير ممكن لأننا قد خفضنا د. بيومين فيما سبق.

2- تخفيض نشاطين معاً بنفس القيمة بحيث يقع كل منهم على مساراً مختلفاً.

وفي هذه الحالة يكون أمامنا بديل آخر وهو تخفيض ب بيوم واحد و جـ بيوم واحد. وسوف يتكلف ذلك 3+2 = 5 جنيهات.

وبمقارنة هذه البدائل جميعها نجد أن البديل الممكن والأقل تكلفة هو تخفيض أ بيوم واحد وذلك يعني أننا سوف يكون لدينا مسارين حرجين هما:

أ ب د

أ جـ د

وطول كل منهم = 1 + 4 + 1 = 6 أيام

وحيث أن الميزانية المتبقية الآن = 4-4 = صفر فإن ذلك يعني أنه لا يمكن عمل أي تخفيض آخر. ويمكن تلخيص القرارات كما يلي:

1- خفض د بيومين، والتكلفة = 4 جنيهات

2- خفض ب بيوم واحد ، والتكلفة = 3 جنيهات

3 خفض أ بيوم واحد ، والتكلفة = 4 جنيهات.

وذلك بإجمالي تكلفة 11 جنيهاً ، ويكون وقت إتمام المشروع المخفض = 6 أيام. وفي حدود الميزانية المتاحة لا يمكن عمل تخفيض أكثر من ذلك.

استخدام البرمجة الخطية في حل مشكلة تخفيض وقت إتمام المشروع

على الرغم من أنه من الممكن استخدام الأسلوب التقليدي الذي أوضحناه في الأجزاء السابقة في عملية التخفيض، إلا أنه من الواضح أن ذلك يستلزم جهداً حسابياً كبيراً في حالة كبر حجم الشبكة وتعدد المسارات المختلفة عليها. ولذلك قد يكون من المفيد في حالات كثيرة الاعتماد على أسلوب رياضي يضمن الوصول مباشرة إلى خطة التخفيض المثلي. وأحد هذه الأساليب أسلوب البرمجة الخطية. وكما أوضحنا في الفصل الثاني من هذا الكتاب أنه لصياغة مشكلة المسار الحرج في شكل برمجة خطية يجب أن يتم تحديد أحداث معينة يبدأ منها أو ينتهي عندها كل نشاط. أي أن النشاط يتم تمثيله على السهم وليس داخل الدائرة. وفي حالة التخفيض يجب ان نحدد المتغيرات الواجب اتخاذ قرار بشأنها في نموذج البرمجة الخطية على النحو التالي:

ض د = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط ل ، حيث ل = أ ، ب ، جـ ، ...، آخر الأنشطة.

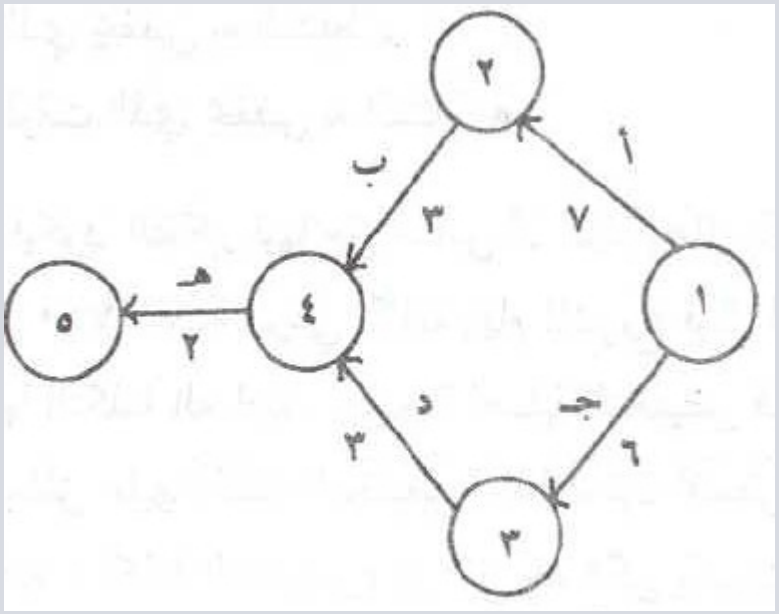
ض د = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط ل ، حيث ل = أ ، ب ، جـ - ...، آخر الأنشطة.

مثال (3-3)

إذا كانت لدينا البيانات التالية عن أحد المشروعات الواجب تنفيذها فإننا يمكننا ترجمة الأنشطة إلى أحداث بداية وإتمام وتصويرها على النحو التالي:

النشاط	النشاط السابق مباشرة	الوقت العادي (باليوم)	التكاليف العادية (بالريال)	الوقت المنخفض (باليوم)	تكاليف الوقت المخفض (بالريال)
أ	-	7	500	4	800
ب	أ	3	200	2	350
جـ	-	6	300	4	900
د	جـ	3	200	1	500
هـ	ب، جـ	2	300	1	550
			1700		3100

فإننا يمكننا ترجمة الأنشطة إلى الأحداث بداية وإتمام وتصويرها على النحو التالي:



شكل (3- 11)

وعلى ذلك فإن المتغيرات الواجب اتخاذ قرار بشأنها بالنسبة لهذه الحالة هي:

س ك = اللحظة التي يحدث فيها الحدث ك

حيث أن ك = ١ ، 2 ، 3 ، 4 ، 5

وعلى ذلك فإن: س ١ = لحظة البدء للمشروع ككل

س2 = لحظة إتمام النشاط أ وبدء النشاط ب

س3 = لحظة إتمام النشاط جـ وبدء النشاط د

س4 = لحظة إتمام الأنشطة ب ، د وبدء النشاط هـ

س5 = لحظة إتمام المشروع ككل

ض د = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط حيث أن ل = أ ، ب ، جـ ، د ، هـ

وعلى ذلك فإن:

ض أ = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط أ

ض ب = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط ب

ض جـ = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط حـ

ض د = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط د

ض ه = مقدار الوقت الذي يخفض به النشاط هـ

أما دالة الهدف فيكون التفكير فيها على أساس أن لدينا إجمالي تكلفة الوقت العادي للمشروع وهي 1700 جنيه ، وهي تكلفة إتمام المشروع قبل التخفيض، والتي سوف نطلق عليها التكلفة العادية، ونتيجة لعملية التخفيض فإننا سوف نتحمل تكلفة إضافية يطلق عليها تكلفة التخفيض. لذلك فإن تخفيض التكاليف الكلية للمشروع (العادية + تكلفة التخفيض) إلى أقل حد ممكن يكون عن طريق تخفيض التكاليف الإضافية إلى أقل حد ممكن. ولذلك فإن دالة الهدف يمكن صياغتها كما يلي: قلل ت = مجـ ع د ض د

على أساس أن ع د = التكلفة الإضافية الناتجة عن تخفيض النشاط ل بوحدة زمنية واحدة.

ولتحديد ع د لكل الأنشطة نقوم بتطبيق المعادلة التي ذكرناها سابقاً لكل الأنشطة، وهي:

ت الوقت المخفض ⁄ ت الوقت العادي

ع د =

الوقت العادي ⁄ الوقت المخفض

والتي سوف تؤدي إلى الجدول التالي والذي يظهر أيضاً أقصى وقت ممكن تخفيض النشاط به.

النشاط	أقصى تخفيض ممكن (باليوم)	تكلفة التخفيض بيوم واحد (بالريال)
أ	3	100
ب	1	150
جـ	2	200
د	2	150
هـ	1	250

ولذلك فإن دالة الهدف تكون:

قلل تكلفة التخفيض = ت = 100 ض + 150 ض + 200 ض جـ + 150 ض د + 250 ض ه

أما القيود في هذا النموذج فتستلزم مراعاة الشبكة في التتابع، كذلك وضع قيود تعبر عن أقل وقت يمكن أن يخفض كل نشاط إليه، ومراعاة موعد إتمام المشروع إن وجد. ومن بين هذه القيود نجد أن أصعبها هي تلك القيود التي تصف شكل التتابع في الشبكة. وهذا النوع من القيود يقوم على شروط ثلاث أساسية كما أوضحنا من قبل:

1- إن اللحظة التي يحدث فيها الحدث ك يجب أن تكون أكبر من أو مساوية للحظة إتمام كافة الأنشطة التي تؤدي إلى هذا الحدث.

2- إن وقت بدء النشاط يكون مساويا للحظة التي يحدث فيها الحدث السابق عليه مباشرة.

3- إن الوقت المستغرق لإنجاز النشاط يكون مساوياً للوقت العادي مطروحاً منه وقت التخفيض.

فباستخدام صفر كلحظة بدء للمشروع ككل ، وبالتالي للتعبير عن اللحظة التي يحدث فيها الحدث (أ) ، أي أن على أساس أن س1 = صفر يمكننا أن نخلق مجموعة من القيود على النحو التالي:

قيد الحدث 2

س 2 ⁄ (7- ض أ) + صفر

على أساس أن س2 = لحظة حدوث الحدث 2 ، (7- ض أ) هي عبارة عن الوقت الفعلي الذي يتم فيه إنجاز النشاط أ بعد تخفيضه بوقت قدره ض. ا،

صفر هي عبارة عن الوقت الذي يستغرقه الحدث س 1.

ويمكن إعادة صياغة هذا القيد كما يلي

س 2 + ض ⁄ 7 (1)

قيد الحدث 3

س3 ⁄ (6- ض) + صفر.

قيد الحدث 4

طالما أن هناك نشاطين يدخلون إلى الحدث (4) فإننا يكون لدينا قيدين هما

س4 ≤ (3- ض ب) + س3

س4 ≤ (3- ض ب) + س3

وبإعادة الصياغة نجد أن لدينا القيدين

- س3 + س4 + ض ب ≤ 3 (3)

- س3 + س4 + ض د ≤ 3 (4)

قيد الحدث 5

س5 ≤ (2- ض م) + س4

ومنها

س4 + س5 + ض م ≤ 2

ولذلك يكون لدينا القيود (1) ، (2) ، (3) ، (4) ، (5) لوصف قيود الشبكة.

أما النوع الثاني من القيود فهي القيود الخاصة بأقصى تخفيض ممكن في كل نشاط والتي يمكن صياغتها على النحو التالي:

ض أ ≤ 3 (6)

ض ب ≤ 1 (7)

ض حـ ≤ 2 (8)

ض د ≤ 2 (9)

ض هـ ≤ 1 (10)

أما النوع الثالث والأخير فهو قيد وقت إتمام المشروع المرغوب. فبتأمل الشبكة نجد أن أقل وقت يلزم لإتمام المشروع قبل القيام بعملية التخفيض (أي على أساس الوقت العادي) هو 12 يوم. ولذلك قد يكون من المطلوب تخفيض هذا الرقم إلى عشرة أيام. ويمكن التعبير عن ذلك في شكل القيد الأخير التالي:

س5 ≤ 10 (11)

أما قيود عدم السالبية فهي:

س1، س2، س3، س4، س5 ≥ صفر

ض أ، ض ب، ض حـ، ض د، ض هـ ≥ صفر

ويمكن استخدام أسلوب السمبلكس في حل هذه المشكلة. وسوف يؤدي هذا الأسلوب إلى الحل الأمثل التالي:

س2 = 5 ض أ = 2

س3 = 6 ض ب = صفر

س4 = 8 ض جـ = صفر

س5 = 10 ض د = 1

ض هـ = صفر

وذلك على أساس أن س1 = صفر

وسوف يؤدي هذا الحل الأمثل إلى تكلفة قدرها 350 جنيه تعبر عن التكلفة الإضافية. ويعني هذا الحل أن النشاط أ يجب أن يخفض بمقدار يومين وسوف يتكلف ذلك 200 جنيه ، كما أن النشاط د. يجب أن يخفض بيوم واحد وسوف يتكلف ذلك 150 جنيه حتى يمكننا أن ننهي المشروع في موعده المرغوب وهو عشرة أيام

وبسبب هذا التخفيض سوف ينخفض وقت إتمام النشاط أ من 7 إلى 5 أيام كما أن وقت النشاط د سوف ينخفض من 3 إلى 2 يوم. وسوف تكون تكلفة إتمام المشروع الكلية بعد التخفيض = 1700 + 350 = 2050 جنيه.

وحتى يمكن التوصل إلى الجدول الجديد لتنفيذ الأنشطة نقوم بعمل تقديرات لوقت البدء ووقت الإتمام لكل نشاط بناءاً الوقت المنخفض الجديد لكل من الأنشطة ا،د. وسوف يؤدي ذلك إلى النتائج التالية:

النشاط	الوقت بعد التخفيض (بالأيام)	وقت البدء المبكر	وقت البدء المتأخر	وقت الإتمام المبكر	وقت الإتمام المتأخر	وقت الفائض
أ	5	صفر	صفر	5	5	صفر
ب	3	5	5	8	8	صفر
جـ	6	صفر	صفر	6	6	صفر
د	2	6	6	8	8	صفر
هـ	2	8	8	10	10	صفر

ويلاحظ هنا أن كل الأنشطة حسب هذا الجدول الأخير أنشطة حرجة. كذلك فإنه يجب أن ننوه هنا إلى أن إعادة حل ذات المشكلة في ظل تواريخ إتمام وذلك على أساس أن س٦ = صفر

وسوف يؤدي هذا الحل الأمل إلى تكلفة قدرها 350 جنيه تعبر عن التكلفة الإضافية.

ويعني هذا الحل أن النشاط أ يجب أن يخفض بمقدار يومين وسوف يتكلف ذلك 200 جنيه ، كما أن النشاط د يجب أن يخفض بيوم واحد وسوف يتكلف ذلك 150 جنيه حتى يمكننا أن ننهي المشروع في موعده المرغوب وهو عشرة أيام. وبسبب هذا التخفيض سوف ينخفض وقت إتمام النشاط أ من 7 إلى 5 أيام كما أن وقت النشاط د سوف ينخفض من 3 إلى 2 يوم. وسوف تكون تكلفة إتمام المشروع الكلية بعد التخفيض = 1700 + 350 = 2050 ريال.

وحتى يمكن التوصل إلى الجدول الجديد لتنفيذ الأنشطة نقوم بعمل تقديرات لوقت البدء الإتمام لكل نشاط بناءاً على الوقت المخفض الجديد لكل من الأنشطة أ، ب . وسوف يؤدي ذلك إلى النتائج التالية:

النشاط	الوقت بعد التخفيض (بالأيام)	وقت البدء المبكر	وقت البدء المتأخر	وقت الإتمام المبكر	وقت الإتمام المتأخر	وقت الفائض
أ	5	صفر	صفر	5	5	صفر
ب	3	5	5	8	8	صفر
جـ	6	صفر	صفر	6	6	صفر
د	2	6	6	8	8	صفر
هـ	2	8	8	10	10	صفر

ويلاحظ هنا أن كل الأنشطة حسب هذا الجدول الأخير أنشطة حرجة. كذلك فإنه يجب أن ننوه هنا إلى أن إعادة

حل ذات المشكلة في ظل تواريخ إتمام مرغوبة مختلفة (حسب القيد 11) يمكن أن يوضح للمدير ما إذا كان هذا الضغط ممكن ام لا Feasible. كذلك فإنه يوضح التكاليف المترتبة على كل تاريخ مرغوب. ونظراً لصعوبة القيام بعمل هذه الخطوات يدوياً في المشاكل الكبيرة نسبياً، فإن هناك برامج كومبيوتر جاهزة لعمل هذه الخطوات.

وأخيراً يجب أن نوضح أن هناك مداخل أخرى في استخدام البرمجة الخطية في حل مشكلة التخفيض. فقد لا يكون الهدف هو تحقيق أفضل تخفيض عن طريق تخصيص موارد جديدة للأنشطة الحرجة بقصد تقليل وقتها. ولكن قد يكون عن طريق أخذ موارد من الأنشطة الغير حرجة وتخصيصها للأنشطة الحرجة، وذلك بشكل لا يجعل هذه الأنشطة الغير حرجة أنشطة حرجة. وعلى ذلك فإن أولويات الأخذ من الموارد يكون هو النشاط غير الحرج صاحب أكبر قيمة في خانة تكلفة ضغط النشاط بوحدة زمنية واحدة. فذلك يعني أن ذلك هو أفضل وفر ممكن، وبالطبع يترتب على هذا الإجراء تخفيض الوقت الذي يستغرقه أداء النشاط غير الحرج دون أن يؤخر ذلك المشروع ككل ولقد قام كل من (Kelley and Fulkerson 14) بتقديم نموذج للبرمجة الخطية يقضي بعملية التحويل هذه بين الموارد. ويهدف إلى تقليل تكاليف المشروع ككل إلى أقل حد ممكن. وكانت نتيجة هذا النموذج هو تحديد تاريخ بدء وإتمام بالنسبة لكل نشاط والوقت الأمثل (في حدود القيود) الذي يجب أن يستغرقه.

المرجع:

كتاب : إدارة وجدولة المشاريع، خطوات تخطيط وتنظيم وجدولة مراحل تنفيذ المشروع وكيفية الرقابة عليها، من تأليف د. محمد توفيق ماضي، من إصدار الدار الجامعية - الإسكندرية- الطبعة الثانية لعام 2014م.