الفصل الأول

التخطيط (Planning)

محتويات الفصل:

١-١ مقدمة.

١-٢ أساليب وضع برامج العمل.

١-٢-١ طريقة الخطوط الشريطية (Bar Charts).

١-٢-٢ الجداول الزمنية الشبكية (Network Schedules).

١-٢-٢-١ طريقة المسار الحرج "ط.م.ح"

(Critical Path Method) (CPM).

١-٢-٢-١-١ مميزات وفوائد طريقة المسار الحرج.

١-٢-٢-٢ طريقة تقييم ومتابعة برامج المشاريع (PERT) .

* * *

١-١ مقدمة:

يعتبر التخطيط في مشاريع التشييد الإطار العام الذي يتم من خلاله التحكم في المشروع من أجل تحقيق أهدافه وذلك بتحديد العمليات والأنشطة التي يؤدي إنجازها إلى تحقيق هذه الأهداف، لذا يجب تحديد استراتيجية التخطيط لإتمام المشروع، وكذلك تحديد الشخص المسئول عن إنجاز هذه الأنشطة، وتوقيت عمل أو تنفيذ هذه العمليات والأنشطة، وهنا تكمن الحاجة إلى عملية الجدولة الزمنية (Scheduling) حيث يتم تحديد العلاقة الزمنية بين الأنشطة المختلفة وتحديد المدد اللازمة لإجراء هذه الأنشطة، وحساب المدة الإجمالية لتنفيذ المشروع، ويجب أيضاً دراسة تكلفة الأنشطة عن طريق تحديد الموارد اللازمة لإنجازها، وتقدير تكلفة هذه الموارد المرتبطة بها، وتوزيعها على الأنشطة المختلفة وتحديد توقيتها. وإلى جانب الموارد المالية يتم دراسة الموارد الأخرى المطلوبة (Res4-1ources) لإتمام هذه الأنشطة، كالموارد البشرية أو المعدات أو الخامات وزمن توفير هذه الموارد.

ولإعداد الجدولة الزمنية للأنشطة يجب تحديد العلاقات بين الأنشطة وبعضها (Logic Sequence) وتحديد مدد الأنشطة المختلفة وتحديد التواريخ المخططة لبدئها وانتهائها وكذلك تحديد تواريخ النقاط المرجعية الأساسية (Milestones) للمشروع، وبعد الانتهاء من إعداد البرنامج الزمني سنتمكن من معرفة متى سيتم تنفيذ أي نشاط بالنسبة لباقي الأنشطة، ومن سيقوم بأداء هذه الأعمال والأنشطة وكذلك كافة الموارد المطلوبة لإنجازها.

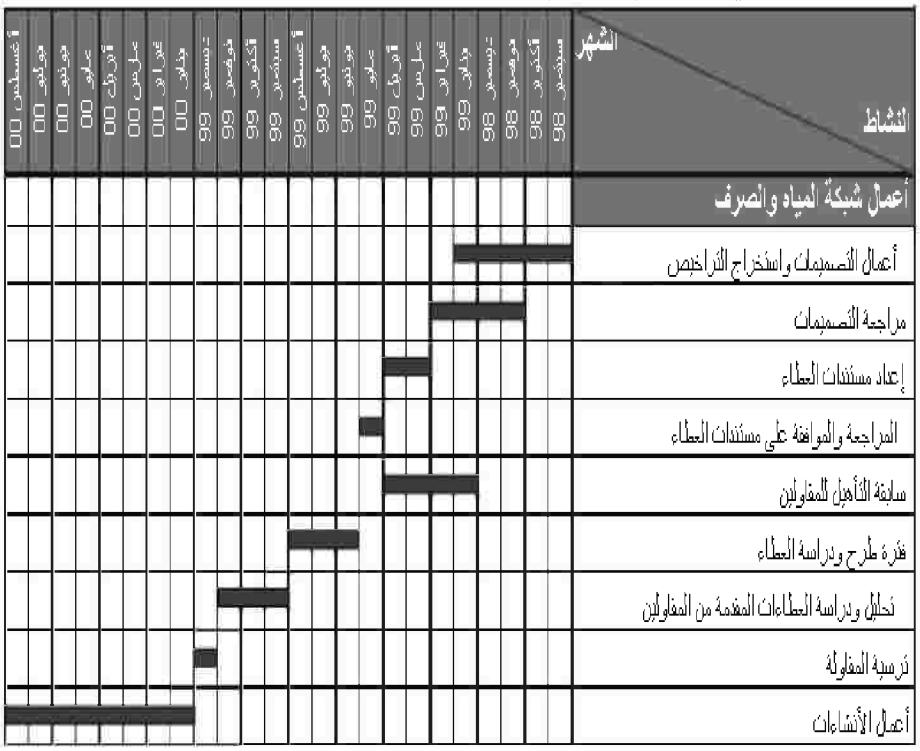
وسنتعرض فيما يلي نبذة تاريخية وفكرة عامة عن الطرق المختلفة لوضع برامج العمل وجدولة المشاريع.

١-٢ أساليب وضع برامج العمل:

١-٢-١ طريقة الخطوط الشريطية (Bar Charts):

في عام ١٩١٧ م قدم هنرى جانت (Henry Gantt) طريقة الخطوط الشريطية لبيان الجدولة الزمنية للأنشطة بطريقة بيانية تربط بين قائمة الأنشطة والمدة الزمنية عن طريق رسم خطوط شريطية تمثل الأنشطة ويتناسب طول الخط مع المدة الزمنية المتوقعة أو الفعلية للنشاط وأمام الخط الأفقي يوضع

تاريخ بداية هذا النشاط وتاريخ انتهائه والفترة الزمنية المقرر أن يستغرقها وذلك كما هو مبين في الشكل(١-١).



شكل(١-١)

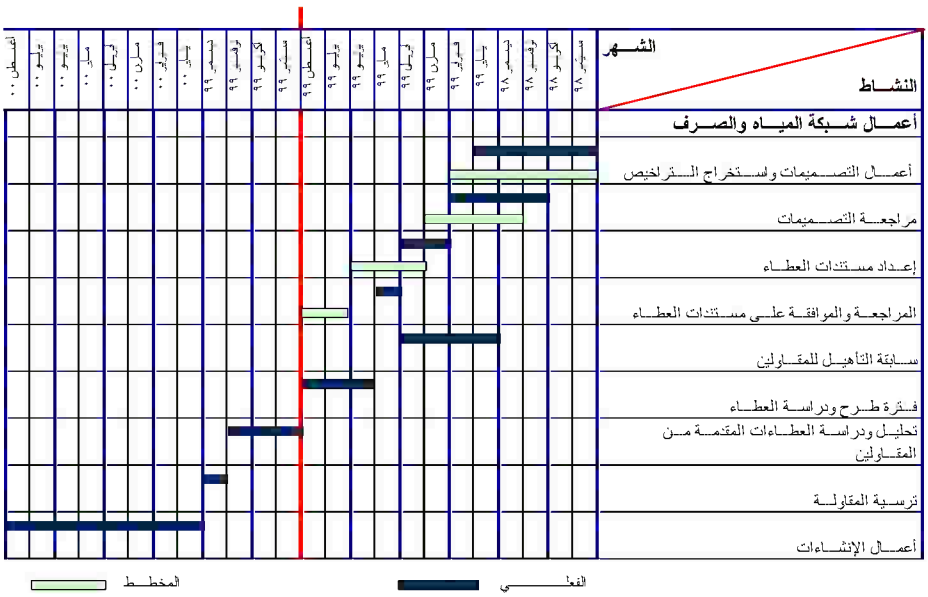
برنامج زمني بطريقة جدول الخطوط الشريطية

(مميزات الطريقة):

١- هذه الطريقة تبين تسلسل الأنشطة في المشروع، وهي تعتبر من أسهل وسائل عرض الجدولة الزمنية فهماً ووضوحاً وكانت الوسيلة التقليدية الرئيسية المستخدمة لبيان خطة تنفيذ برنامج المشروع ومتابعة تقدم العمل منذ أوائل القرن العشرين. وهي تستعمل على نطاق واسع لعرض البرامج الزمنية للمشاريع الإنشائية نظراً لسهولة التمثيل البياني الذي يسمح باستخراج معلومات الجدولة الزمنية بسهولة وسرعة، لذلك تعتبر الوسيلة الرئيسية المستعملة في إعداد ومتابعة البرامج الزمنية للمشروعات الصغيرة.

وبالإضافة لكون طريقة الخطوط الشريطية من أبسط الأساليب في التخطيط فإنها أيضاً.

٢- تستخدم في مراقبة ومتابعة سير العمل عن طريق رسم خط أمام كل نشاط لبيان المدة المخططة لإنجاز هذا النشاط ورسم خط آخر أسفل منه لبيان ما تم إنجازه فعلياً من هذا النشاط كما هو مبين في الشكل (١-٢).



شكل(١-٢)

استخدام طريقة الخطوط الشريطية في الرقابة على البرنامج الزمني

٣- إن طريقة الخطوط الشريطية تناسب المشروعات البسيطة وتعطي فكرة عامة مبسطة عن الجدول الزمني للمشروع.

عيوب طريقة الخطوط الشريطية:

في المشاريع الكبرى و المعقدة لا تفي طريقة الخطوط الشريطية في توفير المعلومات الضرورية اللازمة لعملية الجدولة، ولا تشكل إطاراً مناسباً لوضع خطة عمل مفصلة ومحكمة تمكن من متابعة العمل والسيطرة على مدته وتكاليفه، وذلك للأسباب التالية:

١- جداول الخطوط الشريطية لا تقدم تحليلا مفصلاً للأعمال التي يتكون منها المشروع، حيث إنه يتم تقسيم المشروع إلى بنود عمل كبيرة تمثلها خطوط زمنية لا تعطي إلا قدراً محدوداً من المعلومات التي تساعد في التحكم بسير العمل.

٢- جداول الخطوط الشريطية لا تبين خطة تنفيذ المشروع ككل بوضوح، حيث إنها لا تبين التسلسل المنطقي لأنشطة المشروع ومدى اعتماد بعضها على بعض.

٣- لا يمكن معرفة الحالة الفعلية للمشروع بدقة من جداول الخرائط الشريطية بالرغم من إمكانية معرفة حالته النسبية، وكذلك لا يمكن معرفة الآثار المترتبة في حال حصول تأخير في العمل. ولا يمكن تحديد الحالة الفعلية للمشروع نظراً لأن الجدول لا يحتوي على كافة الأنشطة وإنما يوضح الأنشطة الرئيسية فقط.

٤- جداول الخطوط الشريطية لا تشكل نموذجا للمشروع يمكن تحديثه عند اللزوم (Updating). فمن المعلوم أنه إذا سار تنفيذ المشروع بطريقة مخالفة للبرنامج المخطط فإنه من اللازم تحديث برنامج الأعمال التي لم تنفذ بعد من أجل التحكم الجيد في سير العمل، وجداول الخطوط الشريطية لا تشكل وسيلة مناسبة لمثل هذا التحديث.

يمكن تلافي بعض هذه العيوب عن طريق رسم شبكة توضح علاقة كل نشاط بالآخر :باستخدام طريقة الجداول الزمنية الشبكية (أو باستخدام طرق أخرى سيتم شرحها لاحقاً).

١-٢-٢ الجداول الزمنية الشبكية (Network Schedules):

لقد بدأ تطبيق أساليب شبكات الأعمال (Network Techniques) عام ١٩٥٨ م في الولايات المتحدة الأمريكية وتم تطويرها عبر السنين، وأصبحت الجداول الشبكية أداة أساسية للجدولة الزمنية وبالأخص في المشاريع الكبرى، حيث يتم إنشاء شبكة نشاطات تشمل المشروع وتمثل نموذجاً أو خطة لإنجاز المشروع كما هو متوقع أن يتم تنفيذه، ويتم تقدير الوقت اللازم لإتمام كل نشاط في الشبكة وعمل التسلسل المنطقي لهذه النشاطات وإجراء الحسابات التي تؤدي

إلى تحديد المدة الزمنية اللازمة لإتمام المشروع ومتى يتوقع لكل نشاط أن يبدأ وينتهي كما سيتم بيانه لاحقاً.

وهناك طريقتان متشابهتان من نماذج تقنيات الجداول الزمنية الشبكية وقد ظهر كل منها مستقلاً بذاته ولكن في نفس التوقيت وهما:

١- "طريقة المسار الحرج" (Critical Path Method) وتعرف باختصار باسم ط.م.ح (CPM).

٢- الطريقة الثانية هي "طريقة تقييم ومتابعة برامج المشاريع (Program Evaluation and Review Technique) وتعرف باختصار باسم بيرت (PERT).

مع أن كلاً من الطريقتين ظهرتا بصورة منفصلة عن الأخرى، إلا أنهما كانتا متشابهتين إلى حد كبير، حيث أنهما يهدفان أساساً لتحسين التحكم بمجرى العمل من حيث عنصر الوقت. ويتطلب تحليل المشروع المراد إلى تحديد الأعمال الجزئية التي يتكون منها والتي تسمى أنشطة Activities ومن ثم بيان هذه الأنشطة على هيئه شبكة أنشطة.

١-٢-٢-١ طريقة المسار الحرج "ط.م.ح":

(Critical Path Method (CPM))

تعرف طريقة المسار الحرج بأنها أسلوب لإعداد خطط وبرامج تنفيذ المشاريع ومتابعة سير العمل فيها خاصة من حيث عنصر الوقت، مع تحديد وتنظيم احتياجات العمل من العمال والمعدات وكافة الموارد وتهيئة الوسائل اللازمة لاختصار مدة التنفيذ عند اللزوم بأقل تكلفة، وإعداد أساس لنظام ضبط التكاليف.

وتشمل طريقة المسار الحرج ثلاث مراحل رئيسية هي:

١- مرحلة إعداد خطة العمل (Planning).

٢- مرحلة إعداد البرنامج الزمني (Scheduling).

٣- مرحلة متابعة العمل والتحكم به (Follow up - Update).

تقدر فيها الفترة الزمنية اللازمة لتنفيذ كل نشاط على حده، ويتم عمل الحسابات من خلال شبكة الأنشطة واستنتاج مدة المشروع ككل والحصول على

بيانات زمنية عن كل نشاط طبقا لتوقيت بداية المشروع، مثل تعيين التواريخ المبكرة المتوقعة لبداية ونهاية (Early Start-Early Finish) (ES-EF) كل نشاط، وكذلك التواريخ المتأخرة للبداية (Late Start-Late Finish) (L.S-LF) والنهاية لكل نشاط بحيث يتم إنجاز المشروع في الوقت المناسب.

بواسطة حسابات ط.م.ح (Critical Path Method) (CPM) يمكن تحديد الأنشطة التي يجب أن تنفذ في أوقات محددة ولا يوجد مجال لتأخيرها إذا أريد للمشروع أن يتم إنجازه في المدة التي تم تحديدها سابقاً وتسمى أنشطة المسار الحرج (Critical Path) أو الأنشطة الحرجة والتي تتحكم في مدة تنفيذ المشروع. ويجب تمييز الأنشطة الحرجة عن الأنشطة الأخرى التي تحظى بمتسع من الوقت زيادة عن المدة المقدرة اللازمة لتنفيذها أي أن لديها فترة السماح وتسمى الفوائض الزمنية (Float).

هناك طريقتان لتمثيل وعرض ط.م.ح (CPM) وهما كما يلي :

١- الطريقة القديمة و التي تسمى بـ. "مخطط الأسهم"

(Activity on Arrow) (A on A) أو (Arrow Diagram) لأن النشاطات تمثل بأسهم أو خطوط في شبكة الأعمال ويكون بين الأسهم خانات صغيرة تمثل الأحداث (Events) أي النقاط الزمنية أو الوقائع التي يتم فيها إنجاز الأنشطة المؤدية إليها ويصبح بالإمكان البدء بالأنشطة التي تليها.

٢- الطريقة الأخرى والتي تسمى بـ. "مخطط التتابع"

(Activity on Node) (A on N) أو (Precedence Technique) وفيها يتم تمثيل الأنشطة بخانات أو مربعات بدلاً من الأسهم وتتصل ببعضها بخطوط تمثل العلاقات بين النشاطات.

وسوف يتم عرض كل من هاتين الطريقتين فيما بعد.

١-٢-٢-١-١ مميزات وفوائد طريقة المسار الحرج:

تستخدم طريقة المسار الحرج CPM بكثرة في جدولة المشروعات بدءاً من مراحلها الأولية. ولتحضير هذه الطريقة يتطلب من المالك أو المقاول أو من يقوم بإعدادها تكوين فكرة واضحة عن العمليات والأنشطة المطلوبة و تسلسلها وتوقيتها. وبمجرد بناء النموذج الشبكي فإنه يتضح تنظيم وتخطيط المشكلات

المتوقعة مثل الإعداد والتجهيز الحاجة للموارد اللازمة لإتمام الأنشطة في بعض الفترات، وكيفية تعديل البرنامج للتغلب على هذه المشكلات، وعند الانتهاء من هذه التعديلات يتم حساب مدة المشروع والتوقيتات الزمنية للأنشطة، ومن ثم فإنه يمكن التنسيق بين النشاطات المختلفة و الموارد.

ويمكن تلخيص أهم مميزات طريقة المسار الحرج وفوائدها بما يلي:

١- طريقة المسار الحرج CPM تفرض ضرورة إجراء تحليل تفصيلي للمشروع، مما يؤدي إلى بناء خطة عمل أفضل وبرنامج أفضل ويهيئ معلومات تفيد في متابعة سير العمل.

٢- طريقة المسار الحرج CPM تهيئ صورة واضحة لتسلسل الأنشطة التي يتكون منها المشروع.

٣- طريقة المسار الحرج CPM تحدد الأنشطة التي يجب أن تنفذ في أوقات محددة وإذا تأخرت فإن تأخيرها يؤدي إلى تأخير إنهاء المشروع، والتي تسمى الأنشطة الحرجة وتميز تلك الأنشطة عن الأنشطة التي لها فترة سماح أو فوائض زمنية في تنفيذها، ويمكن تأخيرها ضمن حدود معينة بدون التأثير على موعد إنهاء المشروع ككل.

٤- استعمال طريقة المسار الحرج CPM يسهل إجراء التعديلات على خطة العمل والبرنامج مع الاحتفاظ بالسيطرة عليه.

٥- طريقة المسار الحرج تشكل أساساً لتقييم مدى تأثير أي تأخير أو تعديل يطرأ أثناء تنفيذ المشروع على موعد إنهائه.

٦- طريقة المسار الحرج CPM تسمح للمخطط بدراسة العلاقة بين الوقت والتكلفة المطلوبة لإقامة مشروع والتوصل إلى أفضل الحلول وأقلها تكلفة لتقصير مدة المشروع إذا كان ذلك ضرورياً.

٧- معرفة المسار الحرج CPM من خلال الشبكة يمكن من تحديد التكلفة المطلوبة لإنجاز المشروع في حالة الرغبة في إنجازه أسرع مما هو مخطط له .

٨- باستخدام طريقة المسار الحرج CPM أصبح رصد ومتابعة المشروعات يتم بصورة أكثر فاعلية عما كانت في الماضي .

٩- إن تطبيق المتابعة المستمرة لشبكة الأعمال يؤدى أيضا إلى إمكانية توظيف طريقة المسار الحرج CPM كأداة إيجابية في حل الدعاوى والمنازعات

لتحديد المسئولية عن التأخير في الأعمال وتأثير ذلك على باقي الأعمال والتبعات المالية وحقوق الأطراف.

١٠- قد ساعد تطور الكمبيوتر وتوفر البرامج الخاصة بإدارة المشروعات والتخطيط وانخفاض التكلفة النسبية لها في تطوير أساليب شبكات الأعمال وتوسيع مجالها وشيوع استعمالها، وتستفيد كل الأطراف المشاركة في المشاريع الإنشائية سواء كان مالكاً أو مقاولاً أو مديراً للمشروع أو استشارياً من طريقة المسار الحرج كطريقة لإدارة المشروع كل من وجهة نظره وأثبتت هذه الطريقة جدواها وفائدتها ولاقت قبولاً مطرداً وأصبحت المواصفات الخاصة لكثير من المشاريع الإنشائية، اليوم تشترط على المقاول استخدامها في التخطيط والمتابعة وإعداد تقارير تقدم الأعمال.

ويبين المثال التالي وشكل (١-٣ أ)، (١-٣ ب) طريقة عمل الجداول الزمنية بطريقة المسار الحرج.

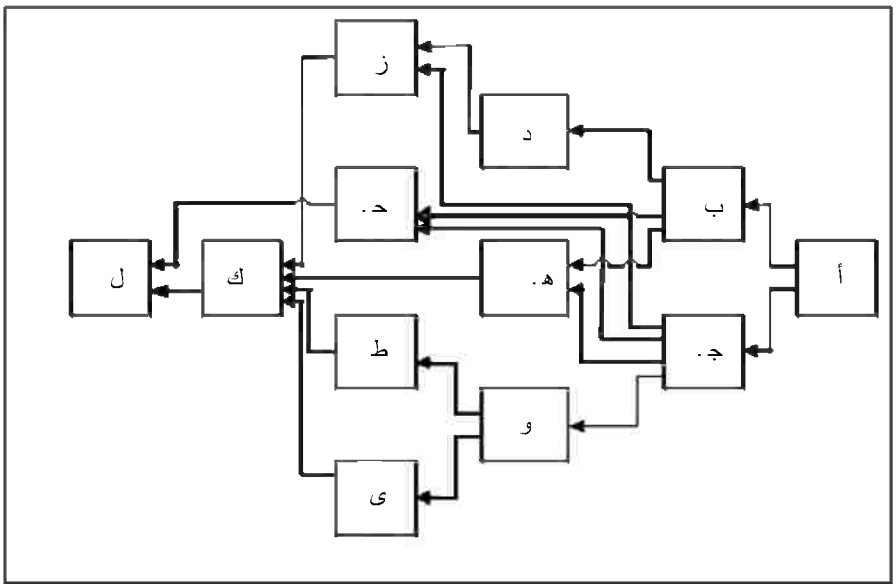
مثال:

النشاط	النشاط السابق	العلاقة	FS
أ	-	-	//
ب	أ	نهاية – بداية	//
جـ	أ	نهاية – بداية	//
د	ب	نهاية – بداية	//
هـ	ب، جـ	نهاية – بداية	//
و	جـ	نهاية – بداية	//
ز	جـ، د	نهاية – بداية	//
حـ	ب،جـ	نهاية – بداية	//
ط	و	نهاية – بداية	//
ى	و	نهاية – بداية	//
ك	ز، هـ، ط، ى	نهاية – بداية	//
ل	ك، حـ	نهاية – بداية	//

شكل(١-٣ أ)

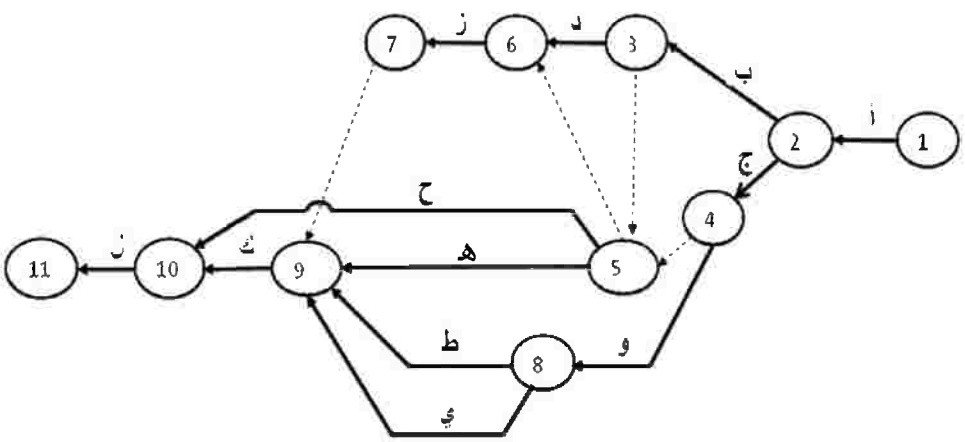
قائمة العلاقة بين الأنشطة

ملحوظة: (نهاية – بداية) تعني أن بداية النشاط الثاني تتطلب نهاية النشاط السابق كما سيتم ايضاحه لاحقاً.



شكل (١-٣ ب)

نموذج التحليل الشبكي



شكل (١-٣ ج)

نموذج التحليل السهمي

١-٢-٢-٢ طريقة تقييم ومتابعة برامج المشاريع(PERT) :

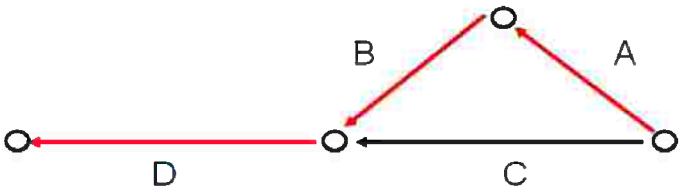
طريقة تقييم ومتابعة برامج المشاريع (PERT) تفترض أن المدة الزمنية للنشاط لا يمكن تحديدها مسبقا بدرجة كافية من الدقة والتأكد، وعوضاً عن ذلك فإنه يتطلب لتحديدها ثلاث فترات زمنية منفصلة لكل نشاط هي "المدة الزمنية الأكثر احتمالاً"، و"المدة التفاؤلية" و"المدة التشاؤمية" ومن هذه التقديرات الثلاث يتم حساب المدة الزمنية المتوقعة لكل نشاط وتستخدم في حسابات المشروع وبالتالي يتم استنتاج المدة المتوقعة للمشروع ككل عن طريق حساب الفترات الثلاث من خلال الشبكة، وهذه المدة الزمنية المتوقعة من الممكن أن تتحقق بنسبة ٥٠ % زيادة أو نقصان.

وقد عالجت طريقة بيرت مشكلة عدم التأكد من المدد الزمنية بإتباع منهج يعتمد على نظرية الاحتمالات حيث يحسب احتمال إنهاء المشروع أو أي مرحلة منه خلال مدة معينة، كما تضمنت تقييم أهمية النتائج المترتبة على التأخير وتكاليف تعجيل إنجاز المشروع بطرق مختلفة بحيث تتمكن الإدارة من اعتماد أفضل خطة من البداية.

وتناسب طريقة بيرت المشروعات التي يصعب تحديد فترات الأنشطة لها بدقة معقولة لعدم وجود البيانات السابقة أو الخبرات الكافية كالأبحاث والتصميمات وتستخدم لإدارة المشاريع العسكرية والفضائية، وأصبحت بيرت أكثر شعبية في الآونة الأخيرة بسبب توافر الحواسب الشخصية التي سهلت استخدامها ووضحت العلاقات المعقدة بين النشاطات واعتمادها على بعضها البعض بسهولة.

إن طريقة بيرت هي طريقة احتمالية تتعامل مع المدة الزمنية للمشروع والوقت المحدد لبداية ونهاية كل نشاط على احتمالية إدراك تواريخ وأزمنة معينة، أما طريقة المسار الحرج CPM فهي مناسبة أكثر للتطبيق في المشاريع التي يمكن تقدير مددها بدرجة عالية من التأكد والوثوق نسبياً، وتستخدم في أنواع كثيرة مختلفة من المشاريع وخاصة المشاريع الإنشائية. وسوف يتم التركيز في هذا الكتاب على طريق المسار الحرج.

مثال :



(المدة الزمنية) – الأيام			
النشاط	المدة التفاؤلية	المدة الأكثر احتمالا	المدة التشاؤمية
A	٢	٤	٦
B	٢	٣	٥
C	٤	٧	١٠
D	٤	٥	٦

$$\text{المدة الزمنية (PERT)} = \frac{\text{المدة التفاؤلية} + 4 \times \text{المدة الزمنية الأكثر احتمالا} + \text{المدة التشاؤمية}}{6}$$

المدة الزمنية (الأيام)PERT	الانحراف المعياري
4	0.67
3.16	0.5
7	1
5	0.33

مدة المشروع المتوقعة= ١٢ يوم

الإنحراف المعياري للمسار الحرج = 0.8988