الفصل السابع

شبكات الأعمـــال

مدخـــل:

تتميز معظم المشاريع التي تقوم المؤسسات بتنفيذها بكبر الحجم والتعقيد. وقد قام القائمون علـــى هذه المشاريع بتخطيط وبرمجة وتنظيم ورقابة مثل هذه المشاريع ولكن لم تـــستخدم أســـاليب التحليـــل الكمي.

تعتبر طريقة المسار الحرج CPM وطريقة مراجعة وتقييم المشاريع PERT من أساليب التحليـــل الكمي المفضلة التي تساعد متخذ القرار في التخطيط والبرمجة والمتابعة والرقابـــة علـــى المـــشاريع الكبيرة الحجم والمعقدة. وقد تم تطويرها بسبب الحاجة الماسة لإدارة هذه المشاريع بشكل فعال.

VII-1. تقديم طريقتي CPM وPERT :

تشير طريقة بيرت PERT، والتي تمثل اختصاراً الطريقـــة الفنيـــة لتقيـــيم ومراجعـــة البـــرامج (Program Evaluation and Review Technique)، إلى الأسلوب الذي يمكن الإدارة من تقييم ومراجعة برامج المشروعات الكبيرة واكتشاف أفضل السبل للوصول إلى أهداف البرامج بأعلى كفاءة ممكنة.

أما أسلوب المسار الحرج CPM (Critical Path Method)، فهو أسلوب مماثل يهتم أساساً بدراسة العلاقة بين الوقت والتكاليف في تنفيذ المشروعات والبرامج وإمكانيـــات الإحـــلال والتبـــادل بينهمـــا، وصولاً إلى جعل وقت تنفيذها أقل ما يمكن. وقد طبقت هذه الطريقة ولأول مرة في عمليات الـــصيانة بشركة Dupont الأمريكية عام 1959، وخفض الزمن غير المنتج بنسبة 26%.

هذا وقد وجدت الإدارة الحديثة في أسلوبي CPM وPERT أداتين هامتين للمساعدة فـــي تخطـــيط ومتابعة الكثير من أوجه الأنشطة بها، ومن أهمها:

- مشاريع المقاولات والبناء.
- مشاريع تقديم المنشآت الجديدة.
- مشاريع الصيانة والتجديد في المصانع.
- مشاريع إقامة الحاسبات الإلكترونية.
- مشاريع البحوث الكبرى.
- مشاريع إنتاج التجهيزات الكبرى كالسفن.

ويمكن تلخيص أوجه الاختلافات بين طريقتي CPM وPERT ، فيما يلي:

- تبنى طريقة المسار الحرج من الأعمال (أو الفعاليات)، بدلاً من الحوادث.
- لا يعمل تخصيصات لعدم الحتمية في التقديرات الزمنية للأعمال في طريقة المسار الحرج.
- ترتبط الأزمنة بالتكاليف في طريقة المسار الحرج.

وبرغم الاستخدام الواسع لأسلوبي CPM وPERT، إلا أن هناك بعض المشكلات التي تصاحب استخدامهما. الأمر الذي يثير بعض الاعتراضات بالنسبة لمدى فعالية أي منهما في تحقيق أهدافه، ومن أهم هذه الاعتراضات:

أولاً/ أن كلاً من CPM وPERT يقوم على عدد من الافتراضات التي لا يتوقع تحقيقها في جميع الحالات، ومن أهم هذه الافتراضات:

1- افتراض أن أي مشروع يمكن تقسيمه مقدماً إلى عدد من الأنشطة المستقلة لكل منها بداية واضحة ونهاية محددة.

2- افتراض المعرفة الكاملة والدقيقة لعلاقات التتابع بين الأنشطة، مما يجعل في الإمكان ترجمتها في شكل هندسي مقدماً.

3- افتراض المقدرة على تقدير الوقت المتوقع لكل نشاط مقدماً.

4- الافتراض من أن التكاليف تتناسب خطياً مع فترة استمرار النشاط في نموذج المسار الحرج.

ثانياً/ أن تكاليف استخدام كل من CPM وPERT، قد لا تستطيع الشركات الصغيرة تحملها. ومن ثم فالفائدة مقصورة فقط على الوحدات التنظيمية الكبيرة.

ثالثاً/ أن حسابات الوقت والتكلفة في جداول CPM وPERT بالنسبة للمشروعات الكبيرة، تستلزم حاسبات إلكترونية، وقد لا يتوفر استخدامها في كل وقت.

وبرغم هذه الاعتراضات (ومنها الشكلية)، فإن مزايا CPM وPERT في التطبيق الإداري تتضح باستمرار. ومع تقدم البحث والتطوير للنماذج الأصلية لكل من CPM وPERT ، فإن مشكلات التطبيق لاستخدامهما ستقل إلى حد بعيد.

VII-2. تحليل شبكات الأعمال:

فيما يلي مثال تطبيقي يوضح كيفية تصميم شبكة الأعمال، وتحديد الأنشطة الحرجة فيها، وذلك باستخدام الطريقة التقليدية وطريقة الفائض بين الأوقات المبكرة والمتأخرة لبدايات ونهايات الأنشطة المكونة لشبكة الأعمال:

مثال(1):

تتم الأنشطة التالية في أحد المصانع الصغرى وفقاً للبيانات التالية:

الجدول(1-VII):

اسم النشاط	رقم حدث البداية وحدث النهاية	الوقت المقدر بالأيام
أ	(2 – 1)	6
ب	(3 – 1)	2
ج	(5 – 1)	1
د	(6 – 2)	2
هـ	(4 – 3)	4
و	(6 – 4)	5
ز	(6 – 5)	5
ح	(8 – 5)	12
ط	(7 – 6)	3
ي	(8 – 7)	8

والمطلوب:

1. إعداد شبكة تصور المشروع بطريقة "النشاط على السهم".
2. احتساب الأوقات المبكرة والمتأخرة لبداية ونهاية كل نشاط.
3. وضح الأنشطة الحرجة.

الحــل:

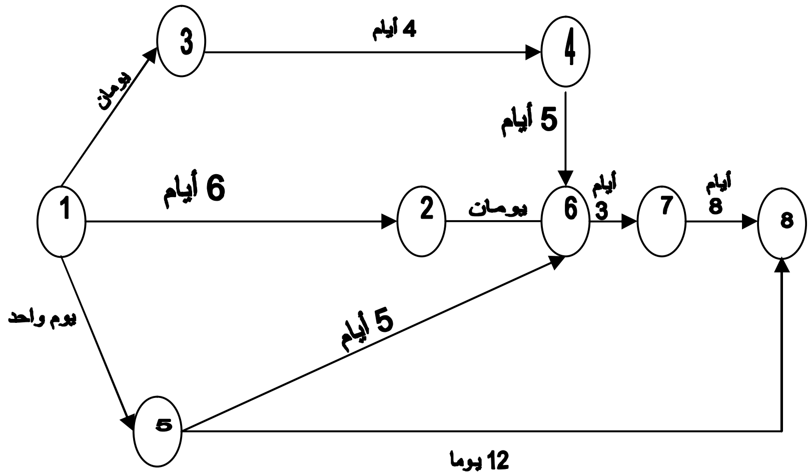
1. إعداد شبكة الأعمال لأنشطة المشروع:

هناك أسلوبان لرسم شبكات الأعمال، أحدهما يسمى بأسلوب "النشاط على السهم"، والآخر يمثل أسلوباً بديلاً لإعداد الشبكات يسمى "النشاط على الدائرة".

وفي الأسلوب الأول المسمى بالنشاط على السهم، يعبر كل سهم عن نشاط معين، وتعبر الدوائر عن أحداث (إما بدايات للأنشطة أو نهايات لها). ووفقاً لهذا الأسلوب اتضحت الحاجة إلى استخدام أنشطة وهمية في حالات متعددة لتوفير الاتساق في الشبكة، ولكن استخدام هذه الأنشطة يعقد في إعداد الشبكة وخاصة عند احتساب المسار الحرج. ومن هنا بدأ الاتجاه لاستخدام أسلوب بديل لإعداد الشبكات يسمى بالنشاط على الدائرة، وفيه تعبر الدائرة عن النشاط، وتمثل الأسهم علاقات التتابع بين الأنشطة، كما يشير رأس السهم إلى النشاط التالي للنشاط السابق له مباشرة وهكذا.

وفي مثالنا السابق، نستخدم الأسلوب الأول المسمى بالنشاط على السهم، في إعداد شبكة الأعمال لأنشطة المشروع المذكورة كالتالي:

الشكل(1-VII):



ولتحديد الأنشطة الحرجة في هذه الشبكة، يستلزم الأمر التعرف على المسارات التي تتكون منها الشبكة الموضحة، وكذلك الوقت المطلوب لتنفيذ الأنشطة الواقعة على كل مسار.

وبفحص الشبكة المذكورة – نلاحظ أنها تتكون من أربعة مسارات كالتالي:

- المسار الأول (1–2–6–7–8) = 6 + 2 + 3 + 8 = 19 يوماً.
- المسار الثاني (1–3–4–6–7–8) = 2 + 4 + 5 + 3 + 8 = 22 يوماً.
- المسار الثالث (1–5–6–7–8) = 1 + 5 + 3 + 8 = 17 يوماً.
- المسار الرابع (1–5–8) = 1 + 12 = 13 يوماً.

وحيث أن المسار الثاني (1–3–4–6–7–8) يستلزم وقتاً أطول من أي مسار آخر في الشبكة، إذن فهو المسار الحرج، ويشير هذا المسار إلى الأنشطة الحرجة التي تحكم بالفعل وقت انتهاء المشروع كله. فبغض النظر عن انتهاء الأنشطة على المسارات الأخرى في الشبكة، إلا أن وجود الأنشطة على المسار الحرج، يعنى أن المشروع كله لن ينتهي إلا بنهاية أنشطة هذا المسار الحرج. وعلى ضوء ما سبق يمكن الإشارة إلى المسار الحرج، على أنه أطول المسارات وقتاً في الشبكة.

وفي الحقيقة يتطلب المسار الحرج، أن يتم معرفة أوقات بداية ونهاية كل نشاط. فبالنسبة لكل نشاط يمكن أن نحدد الأوقات الأربعة التالية:

1- الوقت المبكر لبداية النشاط.

2- الوقت المبكر لنهاية النشاط.

3- الوقت المتأخر لبداية النشاط.

4- الوقت المتأخر لنهاية النشاط.

ويعتمد تحديد الوقت المبكر لبداية ونهاية كل نشاط على فكرة "ساعة الصفر" لبداية النشاط الأول في الشبكة، أي ساعة الصفر لبداية المشروع مضافاً إليها الزمن اللازم لتنفيذ كل نشاط عند تحديد الوقت المبكر لنهاية النشاط. وهكذا يتم تحديد الوقت المبكر للبداية والنهاية لكل نشاط في اتجاه أمامي حتى نصل إلى نهاية الشبكة، ويكون الوقت المبكر لنهاية آخر نشاط في الشبكة هو وقت انتهاء المشروع كله.

أما الوقت المتأخر لبداية ونهاية أنشطة الشبكة، فيحسب على أساس العمل في اتجاه عكسي لحالة حساب الأوقات المبكرة. ويتحقق ذلك بالبدء بآخر نشاط في الشبكة، ويكون الوقت المتأخر لنهايته مساوياً لموعد انتهاء المشروع نفسه. ثم يطرح الوقت اللازم لأداء النشاط من موعد انتهاء المشروع للحصول على الوقت المتأخر لبداية النشاط الأخير، والذي هو الوقت المتأخر لنهاية النشاط السابق له، وهكذا حتى نصل بنفس الطريقة إلى النشاط الأول في الشبكة. وفي مثالنا السابق، يمكن ترجمة كيفية حساب الأوقات المبكرة والمتأخرة لأنشطة الشبكة، وتحديد المسار الحرج في الجدول التالي:

الجدول(VII-2): الأوقات المبكرة والمتأخرة للأنشطة

حدث البداية	حدث النهاية	فترة النشاط	الأوقات المبكرة		الأوقات المتأخرة		الفائض
			للبداية	للنهاية	للبداية	للنهاية	
1	2	6	صفر	6	3	9	3
1	3	2	صفر	2	صفر	2	صفر
1	5	1	صفر	1	5	6	5
2	6	2	6	8	9	11	3
3	4	4	2	6	2	6	صفر
4	6	5	6	11	6	11	صفر
5	6	5	1	6	6	11	5
5	8	12	1	13	10	22	9
6	7	3	11	14	11	14	صفر
7	8	8	14	22	14	22	صفر

إذن المسار الحرج يتمثل بـ (1–3–4–6–7–8)، وهو المسار الذي لا يوجد للأنشطة الواقعة عليه أي فائض.

وتبدو أهمية فكرة الفائض من أنها تعطى للإدارة حرية الحركة في تحديد مواعيد بداية الأنشطة التي بها فائض، ودون أن يؤثر ذلك على أوقات انتهاء المشروع ككل. وكذلك فإن الفائض الحر يسمح للإدارة بإمكانية تأخير بداية النشاط، ودون أن يؤثر ذلك على البداية المبكرة للأنشطة التالية مباشرة.

وفي حالات خاصة، قد ترغب الإدارة في الاستفادة من الوقت الفائض، وذلك عن طريق تأخير بداية نشاط معين به فائض. وغالباً ما يحدث في مثل هذه الحالات أن تتأخر بدايات الأنشطة التالية

لذلك النشاط، إلا أنه في بعض الحالات، يمكن تأخير بداية نشاط معين دون المساس بتأخير البداية لأي نشاط آخر. وفي هذه الحالة يسمى الوقت الفائض باسم (الفائض الحر).

ويتم حساب الفائض الحر وفقاً للقاعدة التالية:

الفائض الحر لأي نشاط = الوقت المبكر لنهاية النشاط – الوقت الأكثر تبكيراً لأي من بدايات الأنشطة التالية له مباشرة.

وبالنسبة للنشاط ذات حدثي البداية والنهاية (1–2) في المثال السابق ، فليس هناك فائضاً حراً له كالتالي:

- الوقت المبكر لنهاية النشاط (1–2) = 6 أيام.
- الوقت المبكر لبداية النشاط التالي له مباشرة (2–6) = 6 أيام.

إذن الفائض الحر للنشاط (1–2) = 6 – 6 = صفر.

وهو ما يعنى أن هذا النشاط لا يمكن تأخيره، إذ أن في ذلك ما يؤثر على البداية المبكرة للنشاط التالي له مباشرة. وبالطبع فإن الفائض الحر، لا يمكن أن يزيد عن إجمالي الفائض بالنسبة للنشاط.

وعليه، فإن لطريقة المسار الحرج مزايا لا تتوفر لدى الطرق التقليدية الأخرى. ومع ذلك هناك أكثر من طريقة في هذا المجال، وسنحاول الآن مناقشة إحدى هذه الطرق، وهى الطريقة الفنية لتقييم ومعاينة البرامج، والتي تعرف اختصاراً بطريقة بيرت PERT.

الطريقة الفنية لتقييم ومعاينة البرامج (طريقة بيرت):

ولتسهيل العرض سوف نقسم الموضوع إلى جزئين، يوضح الجزء الأول منه نوع البيانات، ويبين الجزء الثاني كيفية استخدام هذه البيانات، وسوف نستعين بمثال لتوضيح كل خطوة.

أ/ البيانات المطلوبة:

إن أولى متطلبات التخطيط، هو تحديد هدف المشروع. وقد يكون هذا الهدف هو إنشاء مبنى للمكتب، أو إعادة بناء فرن، أو إرسال صاروخ، أو إنتاج فيلم، أو صيانة مصنع، أو تركيب آلات بالمصنع، أو إعداد ميزانية تسويق منتج جديد، أو انضمام شركتين...الخ. ويلي ذلك أن كل الأعمال اللازمة والتي يجب أن تؤدى حتى يتم المشروع، يجب أن تحدد مقدماً وأن توضع في قائمة.

ومعنى ذلك أن كل عمل لازم للوصول إلى الهدف، يجب أن يؤخذ في الاعتبار حتى يمكن إدخاله في شبكة بيرت، وهذا يتطلب تفكيراً خلاقاً وتحليلاً دقيقاً وتجزئة لكل عمل يكون في المشروع، ولا شك أن هذا التحليل المبكر له أهمية كبيرة في مرحلة التخطيط.

ففي حالة بناء طائرة يكون الهدف الذي يجب أن توجه إليه كل الأعمال هو بناء الطائرة، وتكون الأعمال المطلوبة هي (مبسطة جداً):

(1) تحضير الرسومات الخاصة بهيكل الطائرة.

(2) تصنيع محرك الطائرة بواسطة الشركة الخارجية المتعاقد معها.

(3) تحضير طلب الحصول على المحرك.

(4) إعداد الخطط والمواصفات.

(5) تصنيع هيكل الطائرة.

(6) تجميع هيكل الطائرة.

(7) تجميع جسم الطائرة.

(8) تجميع الأجنحة.

(9) التعاقد مع شركة خارجية لتصنيع الأجنحة.

(10) تحضير طلب شراء مؤخرة الطائرة والتعاقد على الشراء.

(11) تصنيع مؤخرة الطائرة.

(12) تجميع مؤخرة الطائرة.

(13) تحضير رسومات بالأجزاء الداخلية المطلوبة في الطائرة بواسطة العميل.

(14) تصنيع الأجزاء الداخلية المطلوبة في الطائرة بواسطة العميل.

(15) تجميع الأجزاء الداخلية المطلوبة في الطائرة بواسطة العميل.

(16) تجميع كل أجزاء الطائرة.

والخطوة التي تلي تكوين قائمة بالأعمال المطلوبة، هي تلك الخاصة بتحديد الزمن اللازم لإتمام كل عمل، وأن طريقة بيرت تعتمد على زمن تقديري مأخوذ من ثلاثة أزمنة هي:

1) الوقت التفاؤلي: وهو تقدير لأقل زمن ممكن لإتمام العمل، وأنه من الممكن الوصول إلى هذا الزمن إذا كان حظاً غير عادى قد ساد، وأن كل شيء قد سار في الطريق السليم من أول مرة.

2) الوقت الأكثر حدوثاً: وهو تقدير للزمن العادي الذي سوف يأخذه العمل، وهذا الزمن سوف يحدث غالباً إذا كان العمل سوف يعاد عدة مرات وتحت نفس الظروف.

3) الوقت التشاؤمي: وهو تقدير لأقصى زمن ممكن للعمل إذا اعترض المشروع صعوبات، وأن حظاً غير عادى من ناحية السوء قد ساد.

ويقوم المسئولون في المصنع بتقدير هذه الأزمنة الثلاثة، وكلما كان التباين كبيراً، كلما دل ذلك على عدم التأكد.

ويحسب التباين كالآتي: $\delta^2 = \left(\frac{\text{الوقت التشاؤمي} - \text{الوقت التفاؤلي}}{6}\right)^2$

وبفرض أن ثلاثة من المهندسين الصناعيين، قد أعطوا التقديرات الآتية لعمل معين:

الجدول(VII-3):

مهندس	الوقت التفاؤلي	الوقت الأكثر حدوثاً	الوقت التشاؤمي
أ	2.5	20	37.5
ب	5	20	35
ج	10	20	30

فنجد أنه على الرغم من أن الزمن التقديري مماثل للمهندسين الثلاثة، إلا أن التباين مختلف. فيكون التباين للمهندسين الثلاثة أ، ب، ج هو 34، 25، 11 على التوالي. وهذا يوضح أن المهندس أ، هو أكثر المهندسين تبايناً في تقديراته، وأن عنصر عدم التأكد عنده كبير.

ولذلك فإن تقديرات الزمن اللازم لإنجاز الأعمال المختلفة والخاصة بصنع الطائرة، موضحة في الجدول التالي:

الجدول(VII-4): تقديرات زمن إنجاز الأعمال

الأعمـــال	التقديـــر		
	التفاؤلي	الأكثر حدوثاً	التشاؤمي
1- تحضير الرسومات الخاصة بهيكل الطائرة	6.3	10.5	25.5
2- تصنيع محرك الطائرة بواسطة الشركة الخارجية	80.1	103.0	120.5
3- تحضير طلب الحصول على المحرك	10.3	18.0	21.5
4- إعداد الخطط والمواصفات	26.0	33.0	48.0
5- تصنيع هيكل الطائرة	40.0	57.0	68.0
6- تجميع هيكل الطائرة	10.3	18.0	21.5
7- تجميع جسم الطائرة	6.0	10.0	14.0
8- تجميع الأجنحة	6.0	7.0	14.0
9- التعاقد مع شركة خارجية لتصنيع الأجنحة	39.3	48.0	61.5
10- تحضير طلب شراء مؤخرة الطائرة والتعاقد على الشراء	6.0	12.0	22.0
11- تصنيع مؤخرة الطائرة	30.6	40.0	53.0
12- تجميع مؤخرة الطائرة	5.1	8.5	12.5
13- تحضير رسومات بالأجزاء الداخلية المطلوبة في الطائرة	6.0	8.9	10.0
14- تصنيع الأجزاء الداخلية المطلوبة في الطائرة	42.0	50.0	70.0
15- تجميع الأجزاء الداخلية المطلوبة في الطائرة	12.0	18.6	25.2
16- تجميع كل أجزاء الطائرة	10.0	20.0	30.0

ب/ استخدام البيانات:

إن الخطوة التي تلي جمع البيانات عن الأعمال والتي يجب أن تنفذ للوصول إلى الهدف النهائي بالوقت اللازم لتنفيذ كل عمل، هي تلك الخاصة بترتيب الأعمال بطريقة منطقية. وإنه لمن المعروف

بالنسبة لكل المشروعات، أن العمل يجب أن ينجز في ترتيب معين. ولتسهيل هذه المهمة فإننـــا نـــسأل أنفسنا ثلاثة أسئلة بالنسبة لكل عمل على حدة كالتالي:

1. أي الأعمال يجب أن تسبق هذا العمل مباشرة ؟
2. أي الأعمال يجب أن تتبع هذا العمل مباشرة ؟
3. أي الأعمـــال يمكن أن تتم جنباً إلى جنب مع هذا العمل ؟

وعلى ذلك فإنه يمكن وضع البيانات في شكل جدول كالتالي، وبيان أي الأعمال تـــسبق مباشـــرة العمل تحت الاختبار، وأي الأعمال تلحقه مباشرة.

الجدول(5-VII): البيانات الخاصة بالعمل تحت الاختبار

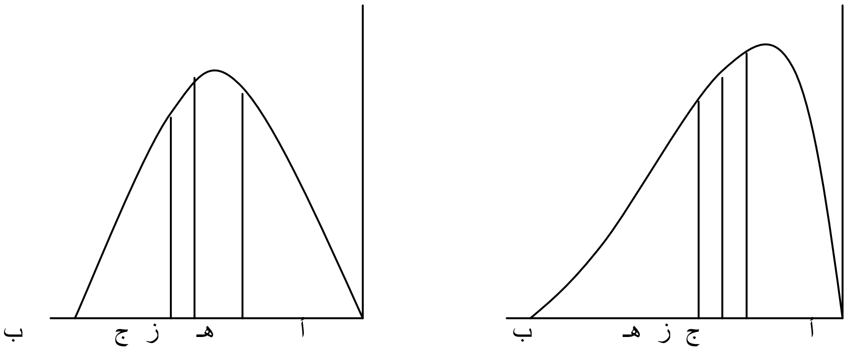
العمل تحت الاختبار	العمـــل	
	الذي يسبقه مباشرة	اللاحق مباشرة
1- تحضير الرسومات الخاصة بهيكل الطائرة	4	2
2- تصنيع محرك الطائرة بواسطة الشركة الخارجية	4	5
3- تحضير طلب الحصول على المحرك	أول نشاط	2
4- إعداد الخطط والمواصفات	أول نشاط	1 ، 9 ، 10 ، 13
5- تصنيع هيكل الطائرة	1	6
6- تجميع هيكل الطائـــــرة	5	16
7- تجميع جسم الطائرة	6 ، 2	آخر حدث
8- تجميع الأجنحة	9	16
9- التعاقد مع شركة خارجية لتصنيع الأجنحة	4	8
10- تحضير طلب شراء مؤخرة الطائرة والتعاقد على الشراء	4	11
11- تصنيع مؤخرة الطائرة	10	12
12- تجميع مؤخرة الطائرة	11	16
13- تحضير رسومات بالأجزاء الداخلية المطلوبة	4	14
14- تصنيع الأجزاء الداخلية المطلوبة	13	15
15- تجميع الأجزاء الداخلية المطلوبة	15	16
16- تجميع كل أجزاء الطائرة	7 ، 8 ، 12 ، 15	آخر حدث

والخطوة التي تلي ترتيب البيانات عن طريق بيان أي عمل يجب أن يسبق عمل معـــين، وكـــذلك بيان العمل الذي يجب أن يتبعه مباشرة، هي تلك الخاصة برسم شبكة بيرت.

والخطوة التي تلي ذلك، هي الخاصة بالزمن التقديري لكل نـــشـــاط، مـــع العلـــم بـــأن الـــزمن التفاؤلي والزمن التشاؤمي أقل حـــدوثاً، مـــن الـــزمن الأكثـــر حـــدوثاً والـــذي يتكـــرر باســـتمرار. ولذلك فإنه يمكن افتراض أن الزمن الأكثر حـــدوثاً، يمثـــل القمـــة فـــي حالـــة التوزيـــع العـــشوائي،

وأنه يتحرك بين حدين. وهـــذه الخاصـــية يمكـــن تمثيلهـــا عـــن طريـــق Beta Distribution والـــذي يمكن أن يظهر بطريقتين، كما في الرسم التالي:

الشكل (VII-2):



حيث أن: أ : الزمن التفاؤلي.

ب: الزمن التشاؤمي.

ج: الزمن الأكثر حدوثاً.

هـــ: نصف المدى.

ز : الزمن التقديري.

ومن تحليل صفات Beta Distribution أن الزمن التقديري (ز)، يحسب كما يلي:

$$\text{ز} = \frac{1}{3}\ (2\,\text{جـ} + \text{هـ})$$

$$= \frac{1}{3} \times \left[\,2\,\text{جـ} + \left(\frac{\text{أ} + \text{ب}}{2}\right)\right]$$

$$= \frac{1}{3} \times \left[\frac{4\,\text{جـ} + \text{أ} + \text{ب}}{2}\right]$$

$$= \left[\frac{4\,\text{جـ} + \text{أ} + \text{ب}}{6}\right]$$

ويتبين من المعادلة السابقة أن الزمن التقديري، هو عبارة عن الوسط المـــرجح للـــزمن الأكثـــر حدوثاً ونصف المدى، مع إعطاء وزن قدره 2، 1 لكل على التوالي.

كما يتبين من الرسمين السابقين، أنه باستخدام المعادلة التي بأعلى، فإن الزمن التقديري يقع فـــي ثلث المسافة بين أعلى قمة في المنحنى ومنتصف المدى، وهو يقسم المنحنى إلى قسمين، ويمثل احتمال قدره 50 %.

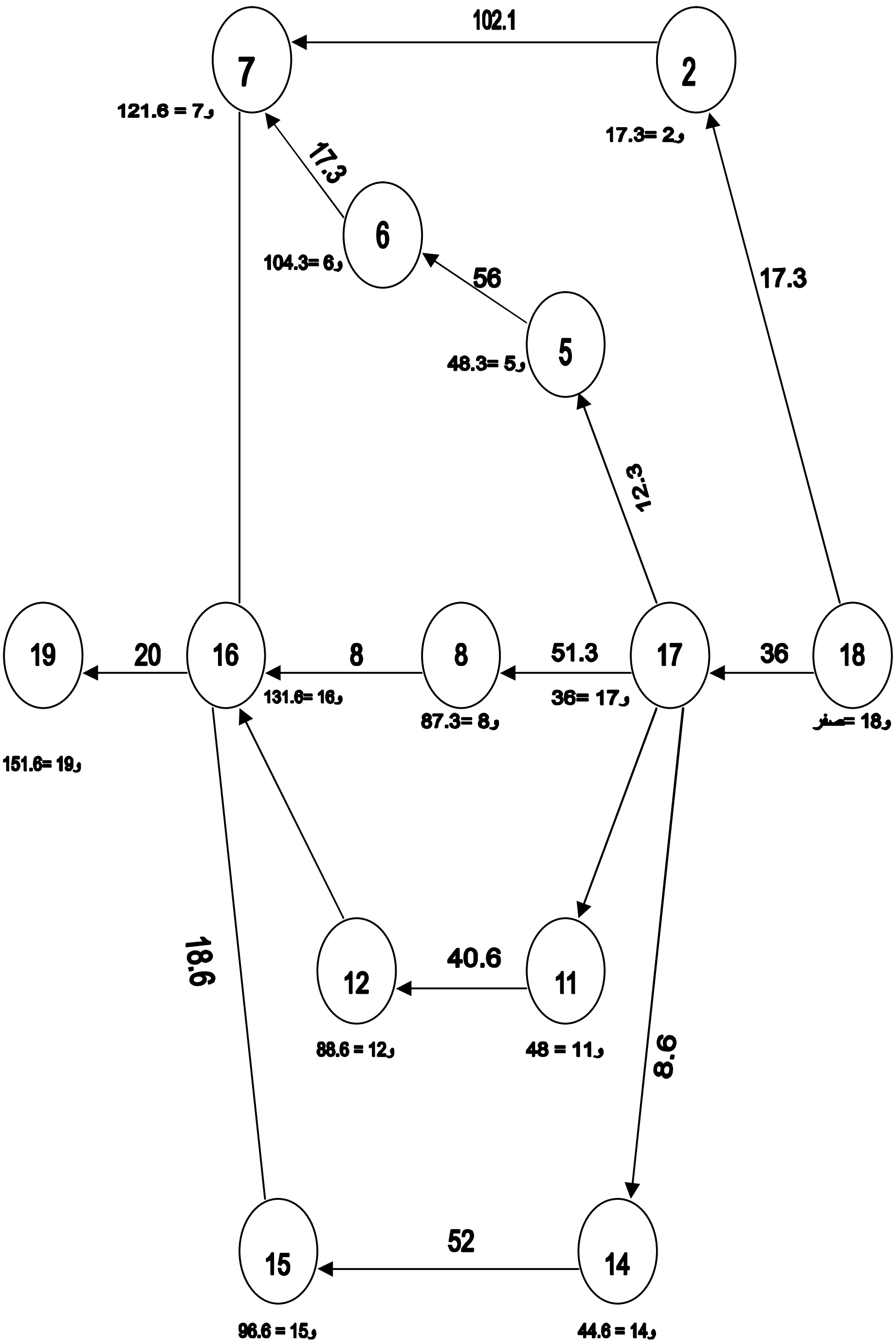
ويبين الجدول التالي الزمن التقديري اللازم لكل نشاط على أساس من المعادلة المعطاة سابقاً:

الجدول(6-VII): الزمن التقديري للأنشطة

النشـــاط	التقديـــر			الزمن التقديري
	التفاؤلي	الأكثر حدوثاً	التشاؤمي	
1- تحضير الرسـومات الخاصـة بهيكـل الطائرة	6.3	10.5	25.5	12.3
2- تصنيع محرك الطائرة بواسطة الـشركة الخارجية	80.1	103.0	120.5	102.1
3- تحضير طلب الحصول على المحرك	10.3	18.0	21.5	17.3
4- إعداد الخطط والمواصفات	26.0	33.0	48.0	36.0
5- تصنيع هيكل الطائرة	40.0	57.0	68.0	56.0
6- تجميع هيكل الطائرة	10.3	18.0	21.5	17.3
7- تجميع جسم الطائرة	6.0	10.0	14.0	10.0
8- تجميع الأجنحة	6.0	7.0	14.0	8.0
9- التعاقد مـع شـركة خارجيـة لتـصنيع الأجنحة	39.3	48.0	61.5	51.3
10- تحضير طلب شراء مـؤخرة الطـائرة والتعاقد على الشراء	6.0	12.0	22.0	12.0
11- تصنيع مؤخرة الطائرة	30.6	40.0	53.0	6 .40
12- تجميع مؤخرة الطائرة	5.1	8.5	12.5	8.6
13- تحضير رسومات الأجـزاء الداخليـة المطلوبة في الطائرة	6.0	8.9	10.0	8.6
14- تصنيع الأجزاء الداخلية المطلوبة فـي الطائرة	42.0	50.0	70.0	52.0
15- تجميع الأجزاء الداخلية المطلوبة فـي الطائرة	12.0	18.6	25.2	18.6
16- تجميع كل أجزاء الطائرة	10.0	20.0	30.0	20.0

والخطوة التـي تلـي ذلـك تتعلـق بوضـع الـزمن التقـديري فـوق كـل نـشاط (الوقـت ينـساب مـن آخـر الـسهم إلـى أولـه)، وكـذلك حـساب الـزمن الـلازم للانتهـاء مـن المشروع، ويـتم ذلـك عـن طريـق حـساب الـزمن الـلازم للانتقـال مـن حـدث إلـى آخـر (و). وإذا كان هنـاك أكثـر مـن نـشاط يعتمـد عليـه النـشاط تحـت الاختبـار، فإنـه يجـب أخذ الزمن الأطول فـي الاعتبـار. وسـوف نرسـم خريطـة بيـرت ونـضع عليهـا كـلاً مـن الـزمن التقـديري لكـل نـشاط ، وكـذلك الـزمن المتجمـع للانتقـال مـن حـدث إلـى آخـر، على النحو التالي:

الشكل(3 - VII):



102.1
7
2
و7 = 121.6
و2 =17.3
17.3
6
و6 =104.3
56
17.3
5
و5 =48.3
12.3
19
20
16
8
8
51.3
17
36
18
و16 =131.6
و17 =36
و8 =87.3
و18 =صفر
و19 =151.6
18.6
12
40.6
11
8.6
و12 = 88.6
و11 = 48
15
52
14
و15 = 96.6
و14 = 44.6

وقد حسبت قيم "و" كما في الجدول التالى:

الجدول(7-VII): قيم " و "

رقم الحدث	لا يمكن البدء في النشاط قبل هذا الوقت
18	صفر
2	صفر + 17.3 = 17.3
17	صفر + 36.0 = 36.0
11	صفر + 48.0 = 48.0
12	صفر + 36.0 + 12.0 + 40.6 = 88.6
14	صفر + 36.0 + 8.6 = 44.6
15	صفر + 36.0 + 8.6 + 52.0 = 96.6
8	صفر + 36.0 + 51.3 = 87.3
5	صفر + 36.0 + 12.3 = 48.3
6	صفر + 36.0 + 12.3 + 56.0 = 104.3
7	إما صفر + 17.3 + 102.1 = 119.4
	أو صفر + 36.0 + 12.3 + 56.0 + 17.3 = 121.6
	وعلى ذلك يختار أطول وقت لـــــــه
16	إما صفر + 36.0 + 51.3 + 8.0 = 95.3
	أو صفر + 36.0 + 12.0 + 40.6 + 8.6 = 97.2
	أو صفر + 36.0 + 8.6 + 52.0 + 18.6 = 115.2
	أو 121.6 + 10 = 131.6
	ومن ثم يختار أطول المسارات وقتاً وهو 131.6
19	131.6 + 20 = 151.6

والخطوة التى تلى ذلك هى تحديد المسار الحرج، ويعرف المسار الحرج على أنه أطول مسار لازم للانتهاء من المشروع. ويلاحظ من الرسم السابق أن أطول مسار سوف يستغرق 151.6 يوماً للانتهاء من المشروع، وهذا المسار هو بين الأحداث 18، 17، 5، 6، 7، 16، 19. ويرجع أهمية تحديد المسار الحرج إلى أن أى تأخير في الزمن اللازم لإتمام أوجه الأنشطة التى تقع على المسار الحرج، يعنى عدم إمكانية الانتهاء من المشروع في الزمن المحدد له في الجدول. والتعاقد مع العميل على ميعاد التسليم، هي الخطوة المنطقية التالية، وأمام مدير المشروع ثلاثة بدائل هي:

(1)- جعل زمن التسليم (س) هو نفس الزمن الذى أظهره المسار الحرج.

(2)- جعل زمن التسليم أطول من الزمن الذى أظهره المسار الحرج.

(3)- جعل زمن التسليم أقصر من ذلك الذى حدده المسار الحرج.

وإذا ما أتفق مع العميل على التسليم في زمن أطول من ذلك الذى حدد بواسطة المسار الحــرج، فمعنى هذا أن المدير عنده زمن إضافي يمكن استخدامه في حالة الإحتياج إليه.

أما إذا كان زمن التسليم ، هو نفسه زمن المســـار الحرج أو أقل منه فمعنى ذلــك أن المــدير يجب أن يتأكد بإستمرار من أن أوجه الأنشطة التى تقع على المسار الحرج، تتم في المواعيد المقــررة لها. وسوف نفترض أن زمن التسليم هو نفسه الذى حدده المسار الحرج.

والخطوة التي تلي ذلك هي تحديد أطول زمن للانتهاء من النشاط (ط) ودون التأثير علــى زمــن التسليم، ولا شك أن هذا الزمن سوف يكون هو نفس زمن التسليم. ومن هنا سوف نحدد أطــول زمــن ممكن للانتهاء من كل نشاط، ودون التأثير على زمن التسليم، وهذا يتم عن طريق الرجوع بالزمن من اليسار إلى اليمين، وتصغير أطول زمن للانتهاء من المشروع بقيمة الزمن الذى يتطلبه كــل نــشاط ، ويكون الجدول كالتالي:

الجدول(VII-8): الزمن الأطول للإنتهاء من النشاط " ط "

الحدث	الوقت اللازم للنشاط الملازم للحدث	أطول وقت ممكن للإنتهاء من النشاط (ط)
19	صفر	151.6
16	20.0	151.6 - 20.0 = 131.6
8	8.0	131.6 - 8.0 = 123.6
15	18.6	131.6 - 18.6 = 113.0
14	52.0	113.0 - 52.0 = 61.0
12	8.6	131.6 - 8.6 = 123.0
11	40.6	123.0 - 40.6 = 82.4
7	10.0	131.6 - 10.0 = 121.6
2	102.1	121.1 - 102.1 = 19.0
6	17.3	121.6 - 17.3 = 114.3
5	56.0	114.3 - 56.0 = 48.3
17	إما 12.3	48.3 - 12.3 = 36.0
	أو 12.0	82.4 - 12.0 = 70.4
	أو 8.6	61.0 - 8.6 = 52.4
	أو 51.3	123.6 - 51.3 = 72.3
	يختار أقل وقت وهو 36.0	
18	إما 36.0	36.0 - 36.0 = 0
	أو 17.3	19.0 - 17.3 = 1.7
	يختار أقل وقت وهو صفر	

أمــا الخطــوة التــى تلــى ذلــك فهــى حــساب الفــائض (أو الفــرق) لكــل حــدث، ويــتم ذلك عــن طريــق طــرح قـــيمة (و) مــن قيمــة (ط) لكــل حــدث. وقــد يكــون هــذا الفــرق بالموجــب أو بالــسالب أو صــفراً. وإذا كــان الفــرق صــفراً، فــإن هــذا يــدل علــى أن هــذا الحدث يقــع علــى المــسار الحــرج، وأن أي تــأخير فــي الــزمن عــن الوقــت المجــدول لــه،

يترتب عليه تأخير في الإنتهاء من المشروع ما لم يتم تشهيل الأعمال الأخرى التى تقع على المسار الحرج. وإذا كان زمن التسليم قد حدد على أساس نفس زمن المسار الحرج فإن كل أوجه الأنشطة التى تقع على المسار الحرج يكون الفرق بينهما صفراً. أما إذا كان زمن التسليم قد حدد أكثر من ذلك الذى حدد بالمسار الحرج، فإن كل أوجه الأنشطة سوف تظهر فروقاً بالموجب. وفي حالة ما إذا كان زمن التسليم قد حدد على أساس زمن أقل من ذلك الذى أظهره المسار الحرج، فإن كل أوجه الأنشطة التى تقع في المسار الحرج سوف تظهر فرقاً سالباً. أما أوجه الأنشطة الأخرى في المشروع، فقد يكون لها فروقاً سالبة أو موجبة. ويطلق على النشاط الذى يظهر أن له فرقاً موجباً ويمكن عمل جدول الفروق كالتالي:

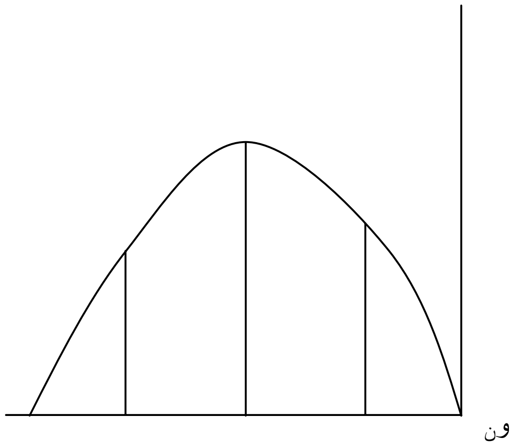
<u>الجدول(VII-9)</u>: الفروق (أو الفائض)

الحدث	ط – و			الفائض (أو الفرق)
19	151.6	-	151.6	صفر
16	131.6	-	131.6	صفر
8	123.6	-	87.3	46.3
15	113.0	-	96.6	16.4
14	61.0	-	44.6	16.4
12	123.0	-	88.6	34.4
11	82.4	-	48.0	34.4
7	121.6	-	119.4	2.2
2	19.0	-	17.3	1.7
6	114.3	-	104.3	10.0
5	48.3	-	48.3	صفر
17	36.0	-	36.0	صفر
18	صفر	-	صفر	صفر

والخطوة التي تلي ذلك، هي تلك الخاصة بمعرفة احتمال مقابلة تاريخ التسليم. والبيانات الخاصة بالإنحراف للمسار الحرج بالشبكة، تمكننا من تحديد إحتمال مقابلة تاريخ التسليم، وعلى أساس أن التوزيع الإحتمالى للوقت اللازم للانتهاء من مشروع مكون من عدد من أوجه الأنشطة، يمكن أن يقترب من التوزيع الطبيعي، وأن هذا التقريب يكون على درجة كبيرة من الدقة، كلما كان عدد أوجه الأنشطة كبيراً جداً. وعلى ذلك فإنه يمكن رسم المنحنى الذى يمثل احتمال مقابلة الجدول الموضوع للإنتهاء من العمل والذى يعبر عنه ون كالآتى (احتمال مقابلة ون هى 50%):

الشكل(VII-4):

إحتمال مقابلة ون



حيث أن الوقت اللازم للانتهاء من العمل في الشبكة هو (ون)، ويمثل:

$$\text{ون} = (\text{ر}_1 + \text{ر}_2 + \text{ر}_3 \ ..... \ \text{ر}_{\text{ن}})$$

والتباين للأزمنة اللازمة للإنتهاء من المشروع، هو:

$$\delta^2_{\text{ون}} = \delta^2_{\text{و}1} + \delta^2_{\text{و}2} \ .... \ \delta^2_{\text{ون}}$$

والوقت المتفق عليه للتسليم ، قد يكون :

(1) - مبكراً عن الوقت الذى حدد بالمسار الحرج (ون) ويعبر عنه بـــ ل1

(2) - متأخراً عن الوقت الذى حدد بالمسار الحرج (ون) ويعبر عنه بـــ ل2

(3) - نفس الوقت الذى أظهره المسار الحرج ويعبر عنه بـــ ل3

ويكون الاحتمال لمقابلة "ل" إذا أعطيت قيمة "ل"، ولسلسلة من الأنشطة هو:

$$\text{معامل الاحتمال} = \frac{\text{ل - ون}}{\sqrt{\sum \delta^2}}$$

ونصل إلى الاحتمال عن طريق النظر في الجداول عن القيمة المناظرة لمعامل الاحتمال والـــذي حسبناه عن طريق المعادلة أعلاه.

ويكون حساب الاحتمال بالنسبة لمثال صنع الطائرة كالآتي:

الجدول(VII-10):

رقم الحدث	الزمـــن		الفرق	التباين
	التشاؤمي	التفاؤلي		
18	48.0	26.0	22.0	13.39
17	25.5	6.3	19.2	10.24
5	68.0	40.0	28.0	21.71
6	21.5	10.3	11.3	3.46
7	14.0	6.0	8.0	1.76
16	30.0	10.0	20.0	10.89

$$\text{معامل الاحتمال} = \frac{151.6 - 151.6}{\sqrt{61.45}} = \frac{151.6 - 151.6}{7.84}$$

= صفر

ويكون الاحتمال هو 50%، ولكن ما الاحتمال إذا كان الاتفاق قد تم على أساس التسليم بعد 154 يوماً أو على أساس 149 يوماً ؟

- **معامل الاحتمال في حالة الاتفاق على أساس التسليم بعد 154 يوماً:**

$$\text{معامل الاحتمال} = \frac{151.6 - 154}{7.84} = \frac{2.4}{7.84}$$

= 0.30

ويكون الاحتمال هو: 0.6179

- **معامل الاحتمال في حالة الاتفاق على التسليم بعد 149 يوماً :**

$$\text{معامل الاحتمال} = \frac{151.6 - 149}{7.84} = \frac{- 2.6}{7.84}$$

= - 0.33

ويكون الاحتمال هو 0.3697

ويمكن القول أنه إذا كانت قيمة معامل الاحتمال موجبة، فإن الاحتمال يقع بين 0.50، 0.99 وكلما كانت قيمة معامل الاحتمال سالبة، كلما كان الاحتمال يقع بين 0.0013، 0.50 وإذا كانت قيمة معامل الاحتمال صفراً، كان الاحتمال هو 0.50. ويمكن القول أيضاً أنه كلما كان المدى بين الوقت التشاؤمي والوقت التفاؤلي صغيراً، كلما أدى ذلك إلى احتمال أكبر لمقابلة أوقات التسليم المتفق عليها.

إن طريقة بيرت كأي طريقة علمية أخرى لا تحدد القرارات للمدير، ولكنها تساعده على اتخاذ هذه القرارات. كما أنها توجه نظر الإدارة إلى العقبات التى تتطلب حلولاً. وتوضح الإجراءات والتعديلات التى يمكن أن تؤدى إلى تحسين في المقدرة على مقابلة المواعيد.

وقد وجهت بحوث عديدة لتطوير طريقة بيرت وتوسيع مجال استخدامها وجعلها صالحة للتطبيق، ليس فقط على المشروعات التى يكون فيها عنصر الوقت مهماً، ولكن أيضاً على المشروعات التى بها عمالة عديدة، أو تتطلب تكاليف عالية، أو في حاجة إلى احتياجات رأسمالية ضخمة.