المحور الرابع: الطرق والتقنيات المستخدمة في إدارة المشاريع

سنستعرض في هذا القسم أهم التقنيات المستخدمة في إدارة المشاريع من Ganttوطريقة المسار الحرج |CPM وطريقة مراجعة وتقييم المشاريع PERT معتمدين على توضيح هدف كل تقنية وميزاتها.

المحاضرة الأولى: خارطة غانت Gantt Chart

المحاضرة الثانية: أسلوب المسار الحرج CPM-Critical Path Method

المحاضرة الثالثة: تخفيض وقت إتمام المشروع والتحكم بتكاليفه باستخدام CPM

المحاضرة الرابعة: أسلوب مراجعة وتقويم المشاريع
PERT- Program Evaluation Review Technique

المحاضرة الخامسة: ضبط التكاليف في ظل أسلوب PERT

المحاضرة السادسة: محاكات شبكة مراجعة و تقييم المشروعاتPERT/SIM

المحاضرة الأولى: خارطة غانت Gantt Chart

أهداف المحاضرة

نسعى من خلال هذه المحاضرة إلى تقديم أول مقاربة تقنية تخص إدارة المشاريع، والتي قدمت من طرف هنري غانت الذي يعد من أبرز رواد المدرسة العلمية الذين برزوا في أواخر القرن التاسع عشر، بحيث أنه انفرد في تطوير خارطة للجدولة، ظهرت في العام 1917، وعرفت باسمه (خارطة غانت)، فهذه الخارطة تستخدم في جدولة المشاريع، بحيث تبين المعلومات المرافقة للجدول فيما يعود للتخطيط وبرمجة النشاطات، وضمن الفترة الزمنية المحددة، إذ يظهر المخطط سير نشاطات المشروع مقارنة بالفترة الزمنية المخطط لها لكل نشاط على حدي، ما خارطة غانت إذا؟

مخطط المحاضرة

1. تعريف خارطة غانت
2. بناء خارطة غانت
3. مثال توضيحي

أولا: تعريف خارطة غانت

تعرف خارطة غانت على أنها خارطة الخطوط العريضة، ذات الأشكال المربعة والمستطيلة، والتي تبين التطور الحالي والمرتقب لكل نشاط رئيسي من أنشطة المشروع بالفترة الزمنية (الوقت) المقدرة له، كذلك تبين الخارطة، إضافة إلى مدة النشاط كمية العمل المطلوب إنجازه أو كمية الموارد المطلوبة خلال فترات توقيت أنشطة المشروع.

ثانيا: بناء خارطة غانت

تركز خارطة غانت بيانيا على تمثيل كل نشاط بخط أفقي يتناسب امتداده (طوله) مع الزمن اللازم المخصص لتنفيذه، أما النشاطات فيتم تقسيمها وفق تسلسل معين عموديا على يمين الخارطة، إذا بيانيا يكفينا أن نحدد أفقيا محور الزمن بحسب المقياس الذي يناسب المخطط المجدول (يوم، أسبوع، شهر) على أن ندرج عموديا – نشاطات المشروع ضمن التسلسل المنطقي المتفق عليه بعدئذ نرسم الخارطة بحسب التسلسل المنتهي للنشاطات والتتبع لزمني المعطى لكل منها.

ثالثا: البيانات اللازمة لبناء خارطة غانت

لبناء خارطة غانت نحتاج أولا لتحضير مجموعة من البيانات حول المشروع حيث سنتطرق لطبيعة البيانات بحسب طبيعة المرحلة والهدف المتوخى:

مرحلة التحضير: للتحضير للمشروع علينا

1- جدولة النشاطات: لجدولة النشاطات نحتاج إلى:
   a. تحديد الأنشطة التي ستنفذ لتجسيد المشروع
   b. تحديد شكل تسلسل الأنشطة والذي قد يأخذ عدة أنماط ممكنة
      i. نشاط لا يسبقه أي نشاط آخر
      ii. نشاط لا ينطلق إلا إذا تم تشطيب نشاط أو أنشطة سابقة
      iii. أنشطة تنطلق بالتزامن مع نشاط أو أنشطة أخرى
      iv. أنشطة يجب أن تنتهي مع أنشطة أخرى
   c. الزمن المستغرق لتجسيد كل نشاط

2- تخطيط الاحتياجات: يمكننا تخطيط الاحتياجات اللازمة لكل يوم بالمشروع عبر تحديد احتياجات كل نشاط على حدى، ما يتيح لنا بكل بساطة إمكانية معرفة الاحتياجات اللازمة اليومية للمشروع، سواء كانت مواد أولية، موارد بشرية، تجهيزات، موارد مالية.

مرحلة التنفيذ والتشطيب: في أثناء تجسيد المشروع يمكننا تمثيل نسب التقدم المحققة في الأشغال ليتم مقارنة المخطط بالمنجز فعلا و يمكن أن تظهر نسب استهلاك الموارد حتى نستطيع معرفة إمكانية تجسيد الخطة في إطار الموارد المخصصة.

وتستخدم خارطة غانت في عمليات الرقابة والمتابعة، بحيث توضع الخارطة على ورقة شفافة تطابق على التقرير الدوري لكل مرحلة بالتالي، من خلال هذه المطابقة يتم دراسة تقدم المشروع، بحيث يتضح لنا الفرق إن وجد بين ما وجب الوصول إليه، وما قد أنجز فعلا، نوضح مختلف الحالات الممكنة:

1- A: المهمة لم يشرع بها ، متأخرة بـ: x يوم ؛
2- B: المهمة غير كاملة لكنها في الموعد؛

3- C: المهمة غير كاملة لكنها متقدمة في الأشغال؛

4- D: المهمة غير كاملة و متأخرة في الأشغال؛

5- E: المهمة كاملة قبل موعدها؛

6- F: المهمة كاملة في الموعد؛

7- G: المهمة كاملة متأخرة.

مثال 01: المطلوب رسم خارطة غانت Gantt الخاصة بالمشروع التالي:

الأنشطة	أ	ب	ج	د	هـ	و
زمن النشاط	2	2	4	5	6	4
النشاط السابق	/	أ	أ	ب	ب،ج	د،هـ
عدد العمال	7	6	5	7	8	7

الشكل : رسم خارطة Gantt للمشروع

النشاط / الزمن	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
أ	7	7														
ب			6	6												
ج			5	5	5	5										
د					7	7	7	7	7							
هـ							8	8	8	8	8	8				
و													7	7	7	7

بكل بساطة لمعرفة عدد العمال المطلوب تواجدهم بالمشروع في كل يوم ما علينا إلا القيام بعملية جمع بسيطة، لكل يوم على حدى، فمثلا اليوم الأول نحتاج فيه 7 عمال بينما اليوم الثالث 11 عاملا، نفس التطبيق يمكن الاستفادة منه في تخصيص المواد و التجهيزات وحتى الميزانية المخصصة ما يتيح لنا تخطيط احتياجاتنا بدقة، دون نقص قد يعطل العمل أو زيادة قد ترفع تكاليف المشروع.

المحاضرة الثانية: طريقة المسار الحرج – Critical Path Method - CPM

أهداف المحاضرة

نقدم من خلال هذه المحاضرة طريقة المسار الحرج والتي تعد امتدادا للتطورات والتوسعات التي أجريت على الأساليب السابقة، مثل مخططات غانت Gantt Chart، ولقد ظهر أسلوب المسار الحرج في عام 1957 على يد كل من J.E Kelly في شركة Remington-Rand و M. R Walker في شركة Dupont بغرض المساعدة في جدولة عمليات التعطل بسبب الصيانة في مصانع المواد الكيماوية. ولقد ذاع صيت هذا الأسلوب الذي أطلق عليه اسم أسلوب المسار الحرج بسبب المزايا التي تحققت من استخدامه، فقد أدى استخدام هذا الأسلوب في أحد مصانع شركة Dupont في مدينة Louisville بالولايات المتحدة الأمريكية إلى تخفيض وقت الصيانة من 125 إلى 78 ساعة. وقد جنو منها فائضا قدره 1 مليون دولار.

من خلال نموذج المسار الحرج CPM فإن المخطط يرغب في تقليص تكاليف إنجاز المشروع، كما من الممكن تقليص الوقت لمعظم الأنشطة باستخدام موارد إضافية (رجال، آلات، رأس، مال...إلخ) هذا التقليص يرافقه عادة، ارتفاع في التكاليف، أيضا قد يبحث عن التكلفة الدنيا التي يمكن أن يقلص بها المشروع وبأقل تكلفة ممكنة، حيث يجدر الإشارة لوجود حلول عديدة تسمح بإنجاز المشروع بأقل وقت، وتقليص الوقت يكون بتقليص وقت إحدى الأنشطة الحرجة.

إن تكلفة مشروع لا تعتمد فقط على التكاليف المباشرة للمهام، بل يوجد أيضا تكاليف غير مباشرة، فمثلا إجمالي المصاريف العامة (مثل: مصاريف إدارة المشروع، الفوائد المستحقة على رأس المال ،...إلخ) تعتمد عادة على مدة المشروع، كما ويوجد بالموازنات مع هذا في عقد المشروع بعض الشروط توجب عقوبات بغرامات لكل يوم تأخير، ومنح على التسليم قبل المهلة.

خطة المحاضرة

مفهوم شبكات الأعمال

رسم الشبكة بأسلوب المسار الحرج

أولا: مفهوم شبكات الأعمال

تسمى الشبكة المستخدمة لتمثيل المشروع بشبكة المشروع. تتكون شبكة المشروع من عدد من العقد (تظهر عادةً على شكل دوائر صغيرة أو مستطيلات) وعدد من الأقواس (تظهر على شكل أسهم) تصل العقد بعضها ببعض.

كما يشير المثال السابق المتعلق بخريطة Gantt، فنحن بحاجة للمعلومات التالية لوصف المشروع:

1. معلومات النشاط: قسّم المشروع إلى أنشطته الفردية (على مستوى التفاصيل المطلوب)؛
2. علاقات الأسبقية: تحديد النشاط السابق المباشر لكل نشاط؛
3. معلومات الوقت: تقدير مدة كل نشاط

من أجل عرض كل هذه المعلومات. يتوفر نوعان بديلين من شبكات المشروع للقيام بذلك.

أحد الأنواع هو شبكة مشروع "النشاط على السهم" أو ما يعرف باللغة الإنجليزية "Activity on arc (AOA)" ، حيث يتم تمثيل كل نشاط بسهم. تُستخدم العقدة لفصل نشاط (سهم صادر) عن كل من سابقيه المباشرين (سهم قادم). وبالتالي يوضح تسلسل الأسهم علاقات الأسبقية بين الأنشطة.

النوع الثاني هو شبكة مشروع "النشاط على العقدة" أو ما يصطلح عليه في اللغة الإنجليزية" Activity on node (AON) " ، حيث يتم تمثيل كل نشاط بواسطة عقدة. ثم يتم استخدام الأسهم فقط لإظهار علاقات الأسبقية بين الأنشطة. على وجه الخصوص ، فإن العقدة الخاصة بكل نشاط مع سابقيه المباشرين لها سهم قادم من كل من هذه العناصر السابقة.

استخدمت الإصدارات الأصلية من PERT و CPM شبكات مشروع AOA ، لذلك كان هذا هو النوع التقليدي لعدة سنوات. ومع ذلك ، تتمتع شبكات مشروع AON ببعض المزايا المهمة على شبكات مشروع AOA لنقل نفس المعلومات بالضبط.

1. شبكات مشروع AON أسهل بكثير في البناء من شبكات مشروع AOA.
2. شبكات مشروع AON أسهل في الفهم من شبكات مشروع AOA للمستخدمين عديمي الخبرة ، بما في ذلك العديد من المديرين.
3. شبكات مشروع AON أسهل في المراجعة من شبكات مشروع AOA عندما تكون هناك تغييرات في المشروع.

لهذه الأسباب ، أصبحت شبكات مشروع AON شائعة بشكل متزايد بين الممارسين. يبدو من المحتمل إلى حد ما أنها ستصبح النوع الشائع للاستخدام.

ثانيا: رسم الشبكة بأسلوب المسار الحرج

يستخدم هذا الأسلوب لأغراض تخطيط ورقابة الزمن اللازم لتنفيذ مشروع معين وذلك عن طريق:

1- تحديد النشاطات المختلفة المكونة للمشروع:

وهذا للوصول إلى نشاطات محددة ومميزة مع بيان العلاقة بينها عن طريق بيان خطوات تنفيذ النشاطات، حتى يتم تنفيذ المشروع ككل.

2- تحديد التتابع الفني:

وذلك عن طريق إعداد شبكة الأعمال «Network» التي توضح نشاطات تنفيذ المشروع والعلاقات بينها في صورة متتابعة منطقية، هذه الشبكة لها بداية ونهاية، وتعبر عن تسلسل نشاطات المشروع، في مثل هذه الشبكات سنجد:

التمثيل بطريقة AOA

a. **الحدث event:** ويمثل بدائرة ◯ تعبر عن إنجاز معين يحدث في نقطة زمنية معينة، يمثل نقطة بداية أو نهاية لنشاط معين؛

b. **النشاط Activity:** ويمثل بسهم ⟵ يعبر عن عمل معين يتطلب توافر موارد ووقت لإنجازه.

التمثيل بطريقة AON

a. **الحدث event:** ويمثل بسهم ⟵ يعبر عن إنجاز معين يحدث في نقطة زمنية معينة، يمثل نقطة بداية أو نهاية لأنشطة متزامنة؛

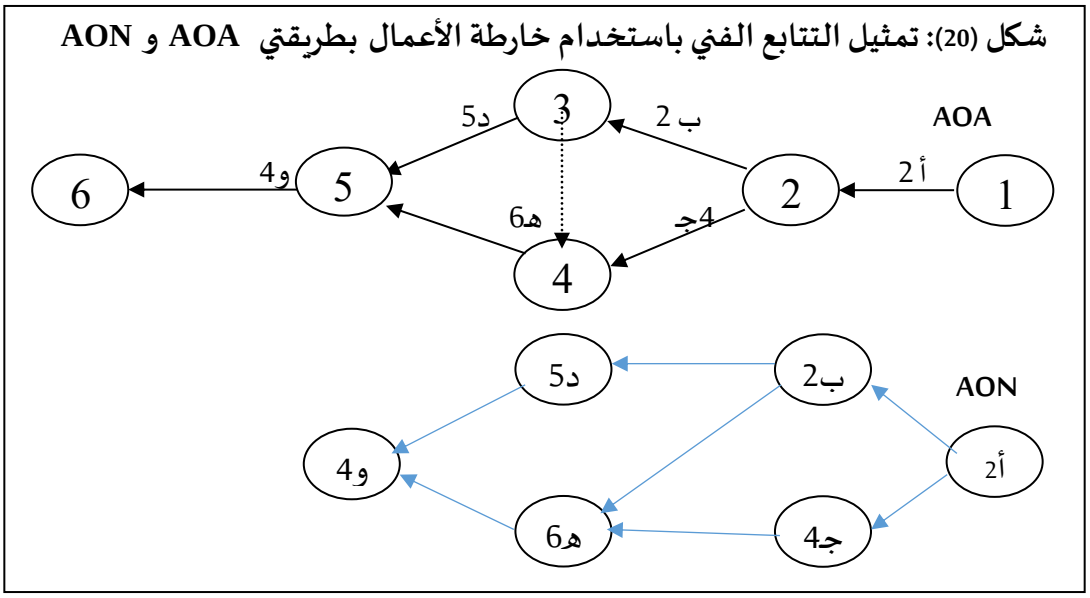
b. **النشاط Activity:** ويمثل بدائرة ◯ تعبر عن عمل معين يتطلب توافر موارد ووقت لإنجازه.

مثال 02: فيما يلي نستعرض أنشطة مشروع:

الجدول رقم (02): تفاصيل أنشطة مشروع

الأنشطة	أ	ب	ج	د	هـ	و
زمن النشاط	2	2	4	5	6	4
النشاط السابق	/	أ	أ	ب	ب،ج	د،هـ

شكل (20): تمثيل التتابع الفني باستخدام خارطة الأعمال بطريقتي AOA و AON



ففي طريقة AOA تمثل الدائرة الأولى الحدث الأول الانطلاق في المشـــروع أما الثاني فيعبر عن إنجاز النشاط (أ)، كما نجد الحدث الثاني ينتج عنه نشاطين ينتجان حدثين، حدث ينتج عن النشاط (ب) وحده، و آخر ينتج عن النشاطين معا (ج، ب)، هذا النشاط الوهمي نتج لأن النشاطين (ج،ب) لهما نفس حدث البداية فمن غير الممكن أن نشكل لهما حدث نهاية موحد ، لهذا نجد نشاطا وهميا من أجل فصل العلاقة .

بينما في طريقة AON تمثل الدائرة الأولى النشاط الأول السابق لكل الأنشطة الأخرى أما الأسهم فهي تعبر عن العلاقة التسلسلية بين الأنشطة فنجد أن النشاط (ب) مرتبط بسهم بالنشاط (أ) لأنه لا يمكن الشروع فيه إلا بعد انقضاء النشاط (أ) ونفس العلاقة بين النشاط (ج) و النشاط (أ) وكذلك النشاط (د) والنشاط (ب) لكن الأمر مختلف بالنسبة للنشاط (هـ) فهو مرتبط بالنشاطين (ب) و(جـــ) وهذا ما يفسر وجود سهمين يعبران عن ضرورة وجود حدثين وهما انتهاء الأشغال من (ب) و(جـــ) للتمكن من الانطلاق في النشاط (هـ)، ونفس الحالة للنشاط (و) التي تتطلب الانتهاء من النشاطين (جـ) و(د).

3- تحديد المسار الحرج:

إن حصولنا على شبكة بهذا الشكل لا يجدي نفعا بل نحتاج إلى مرحلة أخرى يتم فيها إيجاد المسار الحرج وهذا بأحد الطريقتين:

أ. **الطريقة الأولى:**

وتكون عن طريق تحديد المسارات فالمسارات المتوفرة لدينا وبجمع قيم الأوقات اللازمة لكل نشاط الموجودة على نفس المسار على النحو التالي:

- (أ، ب، د، و) 2+2+5+4=13
- (أ، ب، هـ، و) 2+2+4+6=14
- (أ، جـ، هـ، و) 2+4+6+4=16

بما أن المسار الأطول في الشبكة هو الذي يتحكم في مدة إنجاز المشروع، بالتالي فهو يشكل المسار الحرج.

ب. **الطريقة الثانية:**

ويكون ذلك عن طريق تحديد أوقات البدء والانتهاء المبكرة والمتأخرة:

- **أزمنة البداية و النهاية المبكرة:**

إذا أخذنا الصفر كزمن بداية المشروع، عندئذ سيكون لكل نشاط بداية مبكرة «ES» متناسبة مع زمن بداية المشروع و هو أقل زمن يمكن أن يبدأ فيه النشاط و ذلك بافتراض أن جميع الأنشطة السابقة قد بدأت في زمنها المبكر « ES » و بناءا عليه – و بالنسبة لكل نشاط – فإن النهاية المبكرة « EF » هي ببساطة حاصل جمع البداية المبكرة « ES » و زمن النشاط .

- **أزمنة البداية و النهاية المتأخرة:**

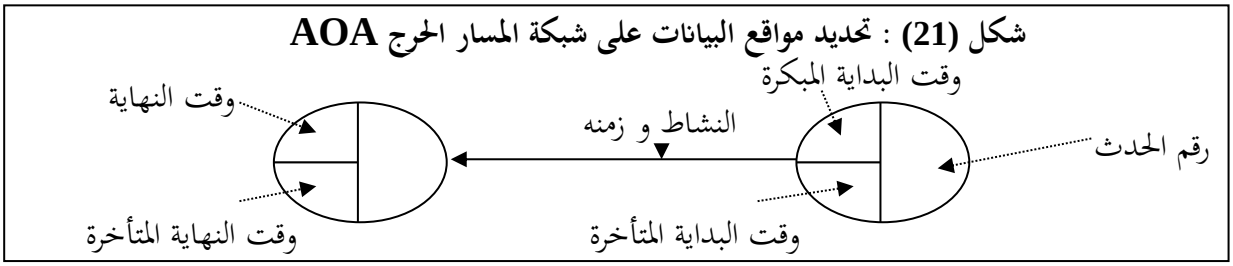
ويعني الزمن الذي يستطيع أن يتأخر إليه النشاط دون أن يؤخر الحدث الذي يليه ، و يكون زمن البداية المتأخر « LS » هو الزمن النهائي الذي يمكن البدء فيه بنشاط ما إذا أردنا الاحتفاظ بالهدف أو بالجدول ،لهذا فإن زمن البداية المتأخر « LS » لنشاط ما يساوي زمن النهاية المتأخرة مطروحا منه زمن النشاط ، و لما كان النشاط المنتهي يتطلب زمن قدره صفر فإن زمن البداية المتأخرة يساوي زمن النهاية المتأخرة « LS=LF » .

- **الفائض الحر (الزمن الراكد) :**

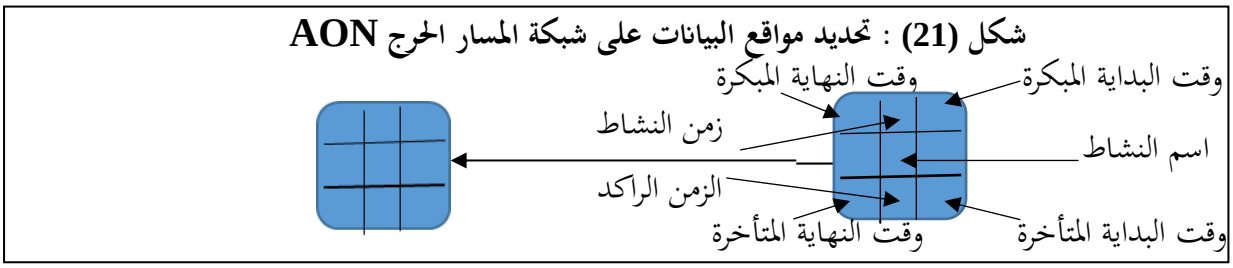
إن مجموع الوقت الراكد لنشـــاط م هو ببســـاطة الفرق بين زمن البداية المتأخرة و زمن البداية المبكرة « LS_i-ES_i » أو الفرق بين زمن النهاية المتأخرة و زمن النهاية المبكرة « LF_i-EF_i » و تنبع أهمية مجموع الوقت الراكد « TS » في أنها تحدد أقصـــى زمن يمكن أن يتأخر نشـــاط ما بين تأخير زمن إتمام المشروع.

كل هذه الأرقام يمكن تلخيصها في الشكل السادس عشر المعروض أسفله:

شكل (21) : تحديد مواقع البيانات على شبكة المسار الحرج AOA

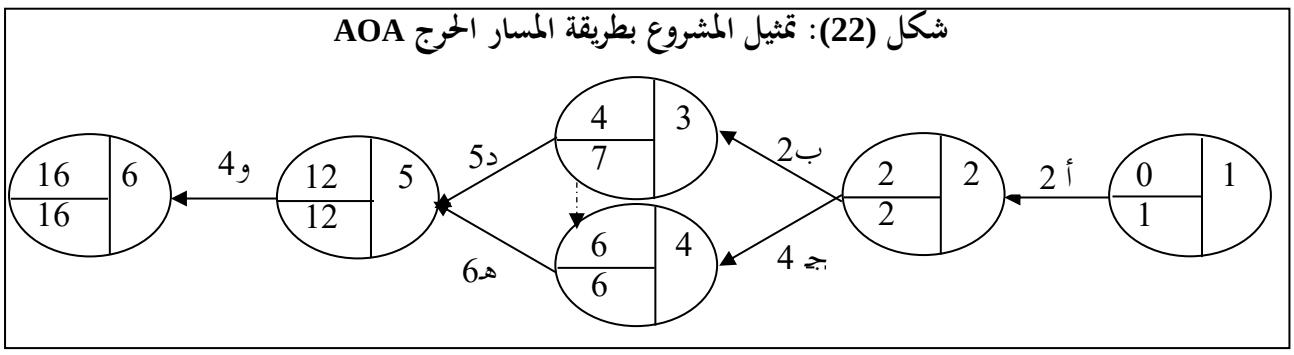


شكل (21) : تحديد مواقع البيانات على شبكة المسار الحرج AON

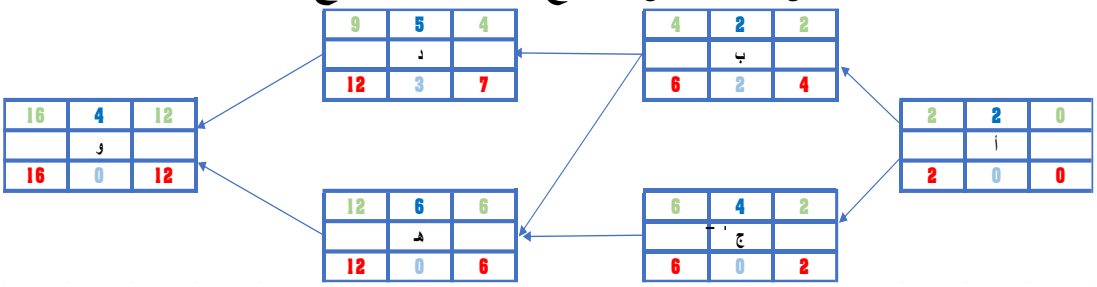


و مما سبق نحصل على الشبكة التالية :

شكل (22): تمثيل المشروع بطريقة المسار الحرج AOA



شكل (22): تمثيل المشروع بطريقة المسار الحرج AON



المسـار الحرج هو المسـار الذي تتسـاوى فيه البدايات المبكرة للأنشـطة مع البدايات المتأخرة، ونهاياتها المبكرة مع نهاياتها المتأخرة.

بعد إيجادنا للمسار الحرج يتبقى علينا حساب الفائض الحر والذي يحسب كما يلي:

الفائض الحر للنشاط = البداية المتأخرة للنشاط – البداية المبكرة

= النهاية المتأخرة للنشاط – النهاية المتأخرة

حيث يسـتخرج من خلال جدول يسـتنتج فيه البداية المبكرة ، و النهاية المتأخرة من الشـبكة أما البداية المتأخرة والنهاية

و النهاية المبكرة ، فنستنتج بالقانون التالي : - البداية المبكرة + زمن النشاط = نهاية مبكرة.

- النهاية المتأخرة – زمن النشاط = البداية المتأخرة .

بالتالي نحصل على الجدول التالي :

الجدول رقم (03): حل المثال رقم 02

النشاط	الزمن	ES_i	LF_i	LS_i	EF_i	MT
أ	2	0	2	0	2	**0**
ب	2	2	7	5	4	**3**
جـ	4	2	6	2	6	**0**
د	5	4	12	7	9	**3**
هـ	6	6	12	6	12	**0**
و	4	12	12	8	16	**4**
المجموع						**10**

يفيد تحديد الفائض الإجمالي و الفائض الحر في تقدير درجة المرونة المتاحة أمام مدير المشـــروع في جدولة النشاط ، فعندما يكون لنشاط وقت فائض إجمالي قدره صفر فإن ذلك يعني أن جدول هذا النشاط لا يمكن تأخيره ، فأي تأخير في وقت البدء المحسوب سوف يترتب عليه تأخير المشروع ككل ، أما الأنشطة التي لها فائض إجمالي فإنها تتيح للقائمين على جدولة الأنشطة نوعا من المرونة في تحديد تاريخ البدء لهذا النشاط و ذلك يفيد في إمكانية تسـوية Smoothing لمسـتويات الطاقة التي يتم اسـتخدامها ، فبدلا من أن يكون هناك ضغط Peak على بعض الموارد المشتركة لفترات محددة و تركها دون استخدام في فترات أخرى ، يمكن تحقيق توزيع أمثل للموارد Load Levelingعن طريق إعادة جدولة الأنشـــطة الغير الحرجة ، أي التي يمكن تأخيرها في حدود وقت معين دون التأثير على وقت إتمام المشـــروع ، و يفيد ذلك في تفادي التكاليف الزائدة المترتبة عن عملية تغيير مستوى الطاقة المستخدمة ، فبدلا من العمل ورديات إضافية في فترات محددة مما يترتب عليه تكاليف أعلى ، يمكن العمل على ورديات أصلية ولكن على فترات مختلفة إذا أمكننا إعادة جدولة الأنشطة.

المحاضرة الثالثة: تخفيض وقت إتمام المشروع والتحكم في تكاليفه

لقد توصلنا فيما سبق إلى كيفية تحديد أقل وقت يلزم لإتمام مشروع معين ، وقد لا تكون الأرقام التي توصلنا إليها نهائية (أقصر وقت لإنجاز لنشاط) ، بالتالي وجود إمكانية للتخفيض و هذا نظرا لرغبة منفذ المشروع في فترة أقل تعرف هذه الحالة بحالة تخفيض المشروع Project Crashing أو التعجيل بالمشروع .

1. أسباب التعجيل بالمشروع :

و نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلي :

أ- قد يكون سبب التعجيل هو المردود المنتظر في مشاريع أخرى و الذي يمكن أن يضيع، بالتالي يضيع فرصة على المؤسسة، هذا بالطبع بالمقارنة بين ما ستكسبه المؤسسة من مشروعها الحالي، تكاليف الاستعجال من جهة ، و ما ستكسبه المؤسسة من المشروع البديل إن صح التعبير (المستقبلي)؛

ب- خطة استراتيجية تسعى لتنفيذها هيئة معينة؛

ج- القيادة و المبادرة في السوق كما فعلت شركة RCA في الولايات المتحدة الأمريكية و التي أنفقت حوالي 70 مليون$ في برنامج بحوث التلفزيون الملون حتى تكون الشركة الأولى في السوق كما أنها نفذت ذلك عن طريق تقديم نظام NTSC وهذا ما ضمنها و لفترات طويلة إعتماد المستهلكين على منتجاتها و قطع غيارها بشكل دائم و قد كان ذلك لفترات طويلة؛

د- تجنب الارتفاع في تكلفة تنفيذ المشروع.

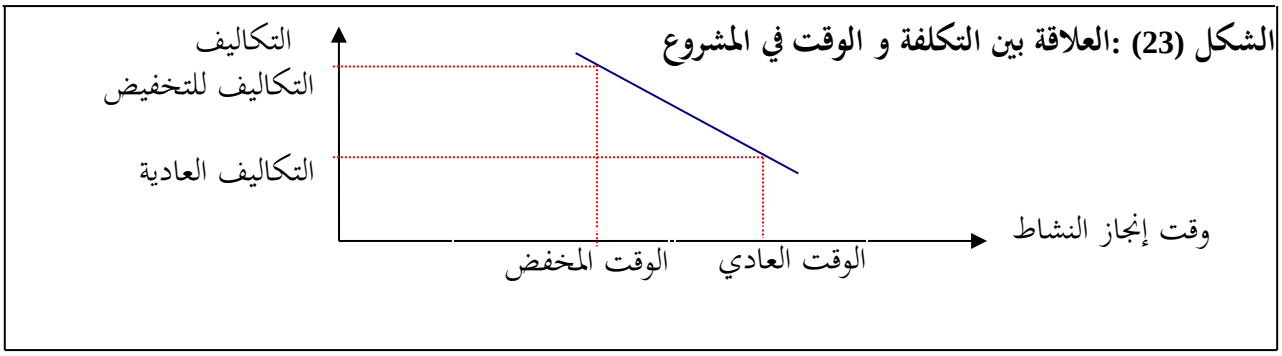
2. **خطة تخفيض الأنشطة :** كقاعدة هامة يجب أن نوضح أنه في حالة الرغبة في تخفيض وقت إتمام المشروع يجب أن ينصب الاهتمام بشكل أساسي على الأنشطة الحرجة و على ذلك فإن إضافة

موارد جديدة إلى نشـــاط غير حرج يعتبر مضـــيعة للجهد و الموارد و التكاليف و يجب أن ندرك أن عملية تخفيض Crashing وقت إتمام المشروع لها جانبان :

أ- **جانب هندسـي**: يتمثل في الإجابة على مدى إمكانية تخفيض الوقت اللازم للإنجاز نشـاط معين من الناحية التقنية .

ب- **جانب الاقتصادي**: فهو يتمثل في العبء المادي الإضافي الناتج عن عملية التخفيض للنشاط الحرج . بحيث أن كل تخفيض في الوقت اللازم للنشـاط يسـتلزم موارد إضـافية تكون في الغالب تكلفة الحصول عليها أكثر من التكاليف الأصلية .

الشكل (23) :العلاقة بين التكلفة و الوقت في المشروع



و يفترض أن العلاقة خطية . أما في الحياة العملية فممكن أن لا تكون كذلك ، ومن خلال هذه العلاقة الخطية الموجودة في الرسـم يمكن التوصـل إلى تقدير كل زيادة مترتبة على تخفيض وقت النشـاط بفترة زمنية واحدة على أســاس أنها تســاوي : **(تكلفة الوقت المخفض – تكلفة الوقت العادي) / (الوقت العادي – الوقت المخفض)**

و هي التكلفة التي يجب أخذها في الحســبان عند إتخاذ قرار التخفيض ، و يجدر الإشــارة أن قرار تخفيض وقت إتمام المشروع يجب أن تصاحبه دراسة للعائد و التكاليف على مستوى المشروع بالتالي وجوب وجود مبرر لهذا القرار، ويفترض توفر المعلومات التالية :

- الوقت العادي .
- الوقت المخفض الأدنى .
- التكاليف المباشرة المتعلقة بمدة التنفيذ .

مثال 2 : باســتخدام البيانات التالية المعروضــة في الجدول ، وبافتراض أن التكاليف الغير مباشــرة لليوم الواحد هي 1000 دج ، ضع خطة مثلى لتخفيض وقت إتمام المشروع .

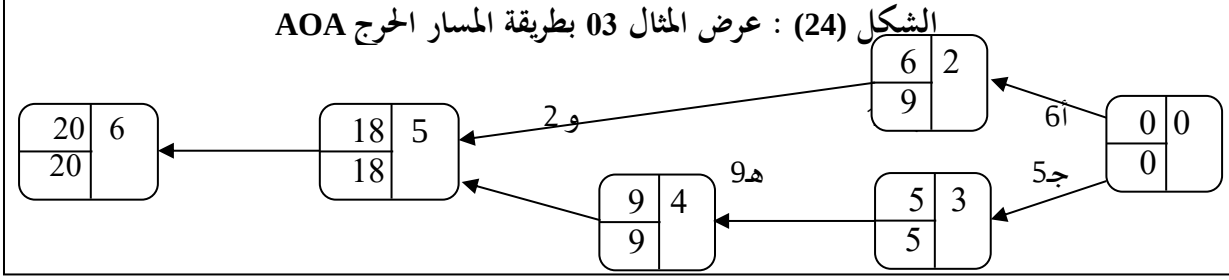
ونبدأ في التخفيض إبتداءا بتخفيض يوم من النشــاط الحرج جـــ لأنه يمثل أقل تكلفة تخفيض في الأنشطة الحرجة ، فنحصل على المسارات التالية : أ ــ ب ــ و=18 / جـ+د +هـ +و=19 ثم نقوم بالتخفيض من النشاط الحرج هـ بيوم واحد لأن جـ غير قابل للتخفيض ، فتنتج المسارات التالية : أ + ب+ و = 6+10+2=18 / جـ+ د+هـ+و=4+4+8+2=18، بالتالي نحصل على مسار حرج جديد يجعل أنشطة الشبكة كلها حرجة ، في مثل هذه الحالات يجب تخفيض أنشطة بداية المسار ونهايته أو إيجاد توليفة متوازية من الأنشطة تحقق تخفيض المسـارين بأقل تكلفة ممكنة ، و في هذه الحالة سـنلجأ إلى تخفيض النشـاط و بيوم واحد بالتالي نحصـل على مسـارين : أ+ب+و=6+10+1=17 جـــ+د+هـــ+و=4+4+8+1=17، وهنا أيضـا تبقى كل الأنشـطة حرجة فنختار أفضل توليفة للتخفيض وهما النشاطين ب،د لأنهما يحققان أقل توليفة تخفيض ممكنة فنحصل أيضا على المسارات التالية:

الجدول رقم (04): المثال رقم 03

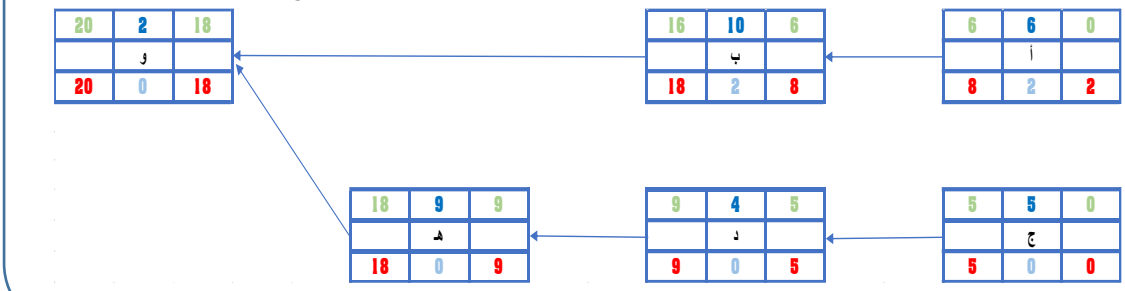
النشا	النشاط	الوقت العادي	التكلفة العادية	الوقت المخفض	تكلفة الوقت
أ	-	6	20	6	2000
ب	أ	10	3000	8	4000
جـ	-	5	500	4	800
د	جـ	4	400	1	2500
هـ	د	9	300	7	1500
و	ب،هـ	2	800	1	1600

بالتالي نحصل على شبكة بالشكل التالي :

الشكل (24) : عرض المثال 03 بطريقة المسار الحرج AOA



الشكل (25): عرض المثال 03 بأسلوب المسار الحرج AON



أ+ب+و=6+9+1=16 / جـ+د+هـ+و=4+4+7+1=16، و هكذا دواليك حتى نحقق التخفيض المطلوب سواء من ناحية المدة أو من ناحية الميزانية المخصصة للتخفيض ، وفيما يلي سنرى كيف تتأثر التكاليف بالتخفيض.

الجدول رقم (05): حل المثال رقم 03

طول المشروع بالأيام	التكاليف المباشرة	التكاليف الغير مباشرة المتعلقة بطول مدة المشروع	التكاليف الإجمالية
20..... قبل التخفيض	7000	20000=20*1000	27000
19..بعد تخفيض يوم من جـ	7300=300+7000	19000=19*1000	26300
18..بعد تخفيض يوم من هـ	7900=600+7300	18000=18*1000	25900
17.....بعد تخفيض يوم من و	8700=800+790	17000=17*1000	25700
16.بعد تخفيض يوم من ب،د	9800=1100+8700	16000=16*1000	25800

وكما نلاحظ أن تخفيض وقت إتمام المشـروع لا يعني بالضـرورة زيادة في التكاليف بل قد تنخفض التكاليف و هذا جراء إنخفاض التكاليف الغير مباشـرة لكن هذا لا يدوم بل يخص مجالا معين ، ثم يصـبح لكل تخفيض أثر بالزيادة على التكاليف الإجمالية للمشروع .

المحاضرة الرابعة : أسلوب مراجعة و تقييم المشاريعPERT

إن طريقة PERT « Performance Evaluation and Review Technique » تقييم الأداء و نماذج المراجعة أو « Program Evaluation and Research Task » أسلوب مراجعة و تقييم المشاريع ، موضوع من طرف البحرية الأمريكية في 1958 ، بواسطة Allen Booz في Hamilton و هي إحدى الشركات المتخصصة في تقديم الاستشارات الإدارية ، وذلك مع مكتب المشروعات الخاصة بالبحرية الأمريكية ، كما شارك أيضا في هذه الأبحاث قسم الصواريخ بشركة Lookheed كبرى شركات تنفيذ أعمال وزارة الدفاع الأمريكية ، و قد كان الهدف الأساسي من هذا الأسلوب هو تصميم طريقة يتم بها تخطيط مشروع إنتاج الصاروخ Polaris بشكل يمكن من إحكام رقابة التنفيذ حتى يتم إنجاز هذا المشروع في موعده المحدد ، و يمكن أن ندرك أهمية هذا الأسلوب حينما نعلم أنه قد أستخدم في جدولة حوالي 3000 جهة خارجية مستقلة اشتركت جميعها في هذا المشروع و أوضحت نتائج استخدام الأسلوب في هذا المشروع تخفيضا لفترة الإتمام المقدرة أصلا بواسطة المهندسين بحوالي عامين كاملين فقد تم إنجاز المشروع في 4 سنوات بدلا من 6 سنوات المقدرة مبدئيا بواسطة المهندسين .

و نستطيع أن نقول أن كلا من الأسلوبين أي أسلوب المسار الحرج و أسلوب مراجعة و تقييم المشروعات يهتمان بتخطيط و جدولة و رقابة المشاريع ، الفرق يكمن في تبني تقديرات احتمالية لأوقات الأنشطة في أسلوب PERT و هذا ما لا نجده في أسلوب CPM لهذا فهو يصنف ضمن الأساليب التقريرية Deterministic بعكس أسلوب PERT و الذي يصنف ضمن الأساليب الاحتمالية Probabilistic .

إن طريقة PERT تجعل فهم المشكل سهلا من خلال خارطة الأعمال و هي نفسها تقريبا لدى أسلوب CPM و التي تعتبر لغة عالمية ممثلة بأسهم و دوائر .

و لاستخدام الطريقة لا بد من الحصول على نوعين من المعلومات :

- ✓ المعلومات الخاصة بتسلسل الأنشطة.
- ✓ احتمالات الوقت اللازمة لإنجاز النشاط .

مما سبق قد نجد أن أسلوب PERT ما هو إلا امتداد لأسلوب المسار الحرج بالتالي فالشبكة نفسها و الاختلاف هو في التحليل ، و احتمالات الوقت اللازم لكل نشاط .

الفرع الأول: كيف يمكن التوصل إلى هذه الاحتمالات لكل قيمة من هذه القيم ؟

أولا: التوزيع الاحتمالي التجريبي

إن الإجابة تكمن في ما يسمى بالتوزيع الاحتمالي التجريبي Empirical Distribution و التوزيع الاحتمالي الرياضي Mathematical Distribution ، الأول يتم الوصول إليه من خلال الخبرات السابقة و المعلومات المتراكمة عن أنشطة مماثلة أو مشابهة و عن طريق عمليات إحصائية بسيطة ، باستخدام التكرارات Frequency ثم يتم ترجمتها إلى تكرار نسبي و الذي يعتبر احتمال .

الجدول رقم (06): مدخل التوزيع الاحتمالي التجريبي

وقت إنجاز النشاط	عدد مرات الحدوث	التكرار النسبي
10 أيام	15 مرة	%30
11 يوم	20 مرة	%40
12 يوم	15 مرة	%30
عدد الحالات التي تم دراستها	50 حالة	%100

ثانيا: إذا كان هذا هو مدخل التوزيع الاحتمالي التجريبي فما هو التوزيع الاحتمالي الرياضي ؟

التوزيع الاحتمالي الرياضي هو عبارة عن دالة رياضية تربط قيم المتغير العشوائي و احتمالات الحدوث لهذه القيم و يوجد منها التوزيعات المنفصلة و التوزيعات المتصلة ، و تستخدم نظرا لوجود معادلات رياضية خاصة تحدد معالم التوزيع الإحصائي (وسط حسابي ، انحراف معياري) تسهل الحصول على كل المعلومات الضرورية .

و في هذا الصدد نجد توزيع βeta و هو التوزيع الشائع الاستخدام و يستلزم هذا التوزيع تحديد ثلاثة تقديرات :

1- **الزمن المتفائل:** إن لزمن المتفائل a هو أقصر زمن ممكن أن يتم فيه النشاط إذا سارت جميع الأمور على ما يرام، و ذلك مبني على افتراض أن ليس هناك أكثر من فرصة واحد من مئة في إتمام هذا المشروع في أقل من الزمن المتفائل.

2- **الزمن التشاؤمي :** و الذي يعني الوقت اللازم في أسوء الافتراضات المحتملة b.

3- **الزمن الأكثر احتمالا :** و هو الزمن الذي يستغرقه النشاط في ظل الظروف الطبيعية، و يتم الحصول على هذه التقديرات عن طريق الإدارة و المتخصصين الفنيين الذين مارسوا من قبل أنشطة مماثلة أو مشابهة في ذات المجال أو تتوفر لديهم بيانات تاريخية متراكمة ، كما أوضحنا في المثال التجريبي السابق .

4- **زمن النشاط المتوقع :** بافتراض أن زمن النشاط يتبع توزيع βeta ، فيحسب لزمن المتوقع للنشاط t_e كالتالي $t_e=(a+4m+b)/6$ و تباينه يحسب كالتالي $\delta^2=((b-a)/6)^2$ ، حيث تمدنا نظرية الاحتمالات بأسس تطبيق مفاهيم الشبكات الاحتمالية ، أولا إن مجموع رقم كبير معقول (n>30)لمتغيرات عشوائية يعد في حد ذاته متغير عشوائي ، و لكنه ذو توزيع طبيعي حتى إذا لم تكن المتغيرات العشوائية كذلك ، ثانيا : إن تباين مجموع المتغيرات العشوائية المستقلة إحصائيا هو مجموع تباينات المتغيرات الأصلية .

و لهذا يمكننا استخدام جداول التوزيع الطبيعي لتحديد احتمالات حدوث توقعات زمن إتمام المشروع.

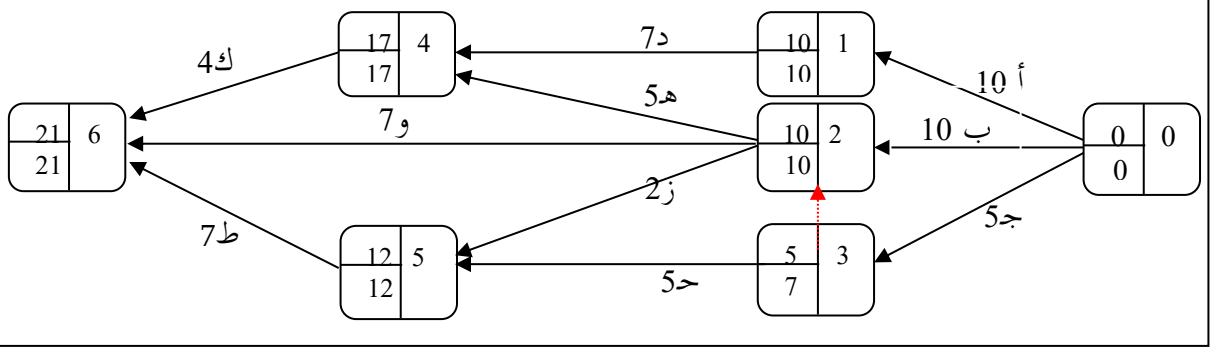
مثال 4 : فيما يلي الجدول التالي :

الجدول رقم (07): المثال رقم 04

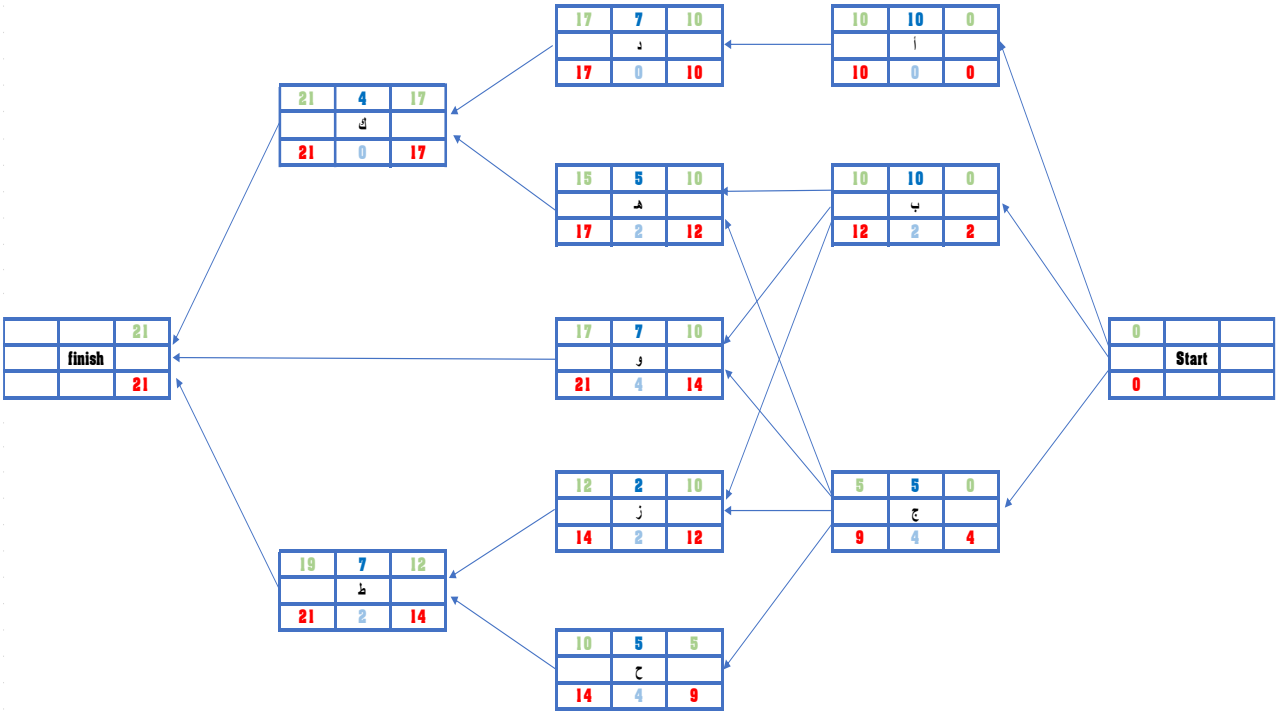
النشاط	النشاط السابق	وقت متفائل	وقت متشائم	وقت أكثر احتمالا	الوقت المتوقع	التباين
أ	-	5	11	11	10	1
ب	-	10	10	10	10	0
ج	-	2	8	5	5	1
د	أ	1	13	7	7	4
هـ	ب ، ج	4	10	4	5	1
و	ب ، ج	4	10	7	7	1
ز	ب ، ج	2	2	2	2	0
ح	ج	0	6	6	5	1

ط	ز ،حـ	2	14	8	7	4
ك	د ، هـ	1	7	4	4	1

شكل (25) : استعراض المثال الرابع عبر شبكة PERT بطريقة AOA



شكل (26) : استعراض المثال الرابع عبر شبكة PERT بطريقة AON



بالتالي فالوقت المتوقع للمشروع هو 21 يوما ، و طالما أن و قت المشروع ناتج عن مجموعة من الأنشطة الحرجة فإن تباينه يمكن تقديره من مجموع تباين الأنشطة الحرجة $\delta^2=1+4+1=6$ ⇐ $\delta=2.449$.

و باستخدام جدول التوزيع المعتدل z يمكن تحديد احتمال إتمام المشروع في ظرف 23 يوما على النحو التالي : z = (23-21)/2.449=0.817

من جدول التوزيع الطبيعي P=0.2939=29.39% ومنه فإن احتمال إنجاز المشروع خلال 23 يوما هو P=0.2939+0.5=0.7939: بالتالي فإن احتمال إنجاز المشروع خلال 23 يوما هو 79.39% .

لكن المشكل يكمن في التباين حيث نجد في بعض الحالات عدة مسارات حرجة ، ففي حالة تساوي التباين في جميع المسارات فإنه لا يوجد مشكلة أما في حالة عدم تساوي التباين فيؤخذ التباين الأكبر للقيام بالحسابات ، لكن الحالة الأكثر تعقيدا هي حالة المسارات الغير حرجة (قريبة من الحرج) لكن بتباين كبير ، هنا يؤخذ بتباين المسار القريب من الحرج كمحدد لاحتمال وقت إتمام المشروع.

مثال 5 : بفرض استخدام الشبكة السابقة لكن بالتباينات التالية :

الجدول رقم (08): المثال رقم 05

الأنشطة	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
التباين	2	6	1	0	5	3	0

حساب في هذه الحالة احتمال إنجاز المشروع في أجل قدره 20 يوما .

المسار الحرج هو أ.و ، طوله 17 و تباينه δ^2=3+2=5

و باستخدام نفس العلاقة السابقة: Z =(20-17)/2.23=1.342 و منه فإن احتمال إتمام المشروع في 20 يوما هو 90.99%.

لكن باستخدام المسار القريب من الحرج ب ـــ هـ و الذي طوله 16 و تباينه δ^2=5+6=11 و بالاعتماد على هذه البيانات في تقدير الإنجاز في 20 يوما z=(20-16)/3.31=1.206 ، ومنه فإن احتمال إنجاز المشروع في 20 يوما هو 88.89% .

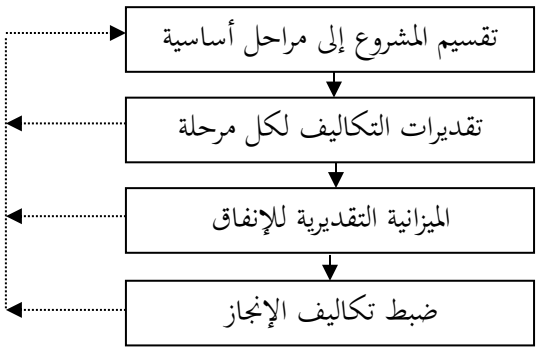
بالتالي فيجب الحذر في الاعتماد على نتائج البيانات التي يتم الحصـول عليها من المسـار الحرج فقط لكن أيضـا يتم تحديد المسـارات القريبة من الحرج و خاصـة ذات التباين المرتفع ، و هذا ممكن بمسـاعدة برامج خاصة تعد قائمة بما يسمى بالمسارات القريبة من الحرج « near critical ».

و يجدر الإشـارة إلى أن هذه الاحتمالات تسـتخدم للتوقع بالتأخرات الممكنة و الغرامات الناتجة عنها أو إمكانيات التعجيل و الاستفادة من منح أو مزايا أو ما شبه ذلك .

المحاضرة الخامسة: ضبط التكاليف في ظل أسلوب مراجعة و تقييم المشروعات PERT

وقد أطلق على هذا الأسلوب أسلوب ضبط التكاليف في ظل أسلوب PERT ، و قد كانت هذه التسمية التي استخدمتها كل من وزارة الدفاع الأمريكية DOD ، و كالة أبحاث الفضاء الأمريكية NASA ، و في ظل هذا الأسلوب تعد تقديرات للتكاليف اللازمة للأنشطة لكل نشاط و ذلك بالإضافة إلى تقديرات الوقت ،فيستلزم هذا الأسلوب تجميع معلومات مستمرة عن كل من التكاليف الفعلية و وقت الأداء الفعلي و نسبة الإنجاز ، ثم تحديد درجة التباين في تقارير الإنجاز ، تحليل أسبابها و اتخاذ الإجراءات التصحيحية .

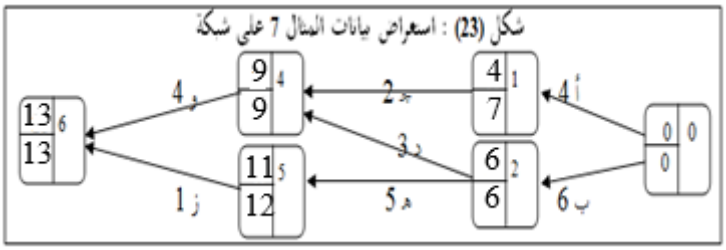
شكل (26) : تقدير التكاليف في ظل أسلوب PERT



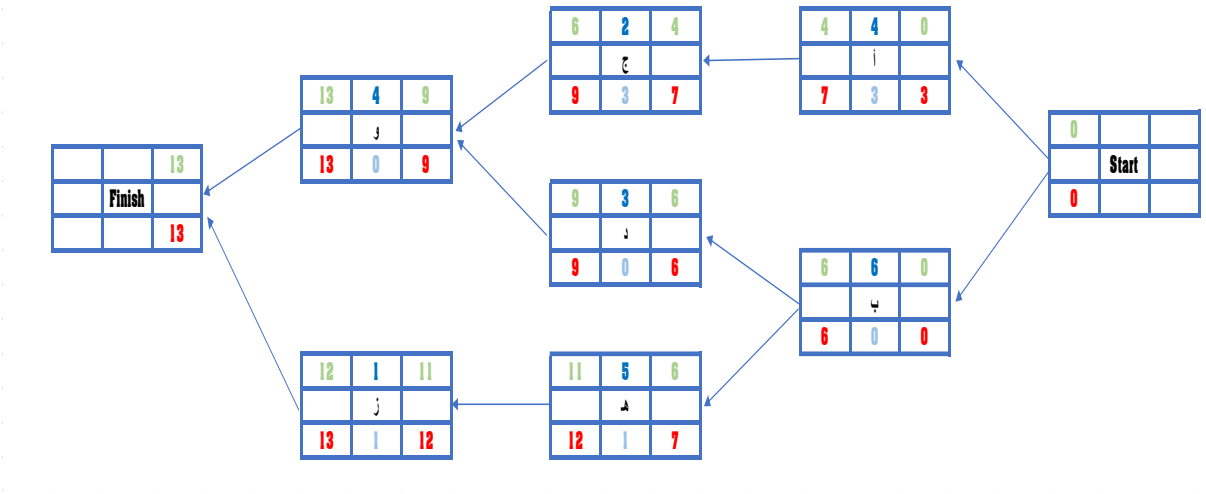
مثال 06 : فيما يلي نستعرض تقسيم المشروع إلى مراحل و تقدير التكاليف لكل مرحلة :

الجدول رقم (09): المثال 6

النشاط	الوقت المتوقع	التكاليف المقدرة	الميزانية المقدرة للأسبوع
أ	4	20000	5000
ب	6	18000	3000
ج	2	1000	5000
د	3	15000	5000
هـ	5	10000	2000
و	4	16000	4000
ز	1	6000	6000



شكل (24): استعراض بيانات المثال بطريقة AON



ثم ننتقل إلى تحديد الميزانية التقديرية، و هذا خلال كل فترة من فترات إنجاز المشـروع، إما على أسـاس وقت البداية المبكرة.

الجدول رقم (10): تحديد الميزانية التقديرية على أساس وقت البداية المبكرة للمثال 6

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
									5000	5000	5000	5000	أ
							3000	3000	3000	3000	3000	2000	ب
							5000	5000					جـ
				5000	5000	5000							د
		2000	2000	2000	2000	2000							هـ
4000	4000	4000	4000										و
	6000												ز
4000	10000	6000	6000	7000	7000	7000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	المجموع
95000	91000	81000	75000	69000	62000	55000	48000	40000	32000	24000	16000	8000	التراكم

أو على أساس وقت البداية المتأخرة ومهما تعددت أسس تحديد الميزانية فإنها ترتبط أساسا بالقدرات المالية للمؤسسة.

الجدول رقم (11): تحديد الميزانية التقديرية على أساس وقت البداية المتأخرة للمثال 6

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
أ	5000	5000	5000	5000									
ب	2000	3000	3000	3000	3000	3000							
ج					5000	5000							
د							5000	5000	5000				
هـ							2000	2000	2000	2000	2000		
و										4000	4000	4000	4000
ز												6000	
المجموع	8000	8000	8000	8000	8000	8000	7000	7000	7000	6000	6000	10000	4000
التراكم	8000	16000	24000	32000	40000	48000	55000	62000	69000	75000	81000	91000	95000

فبتأمل الجدولين يمكن القول أن ميزانية الإنفاق خلال الأسبوع الأول سوف تنحصر بين 3000 و 8000 دج كذلك ميزانية الأسبوع التاسع تنحصر بين 700 دج و 12000دج ، وهكذا دواليك ، و أخيرا لما نحصل على ما يسمى بالميزانية التقديرية للإنفاق الخاصة بمراحل المشروع المختلفة (أو أنشطته) خلال فترات الإنجاز ، يجب أن يكون لدينا نظام لمتابعة الإنفاق الفعلي خلال تلك الفترات . فعن طريق ذلك يمكن أن نحدد في أي لحظة مدى تطابق المبالغ المخطط لها مع ما قد تم إنفاقه فعلا.

الجدول رقم (12): تحديد الانحرافات في التكاليف للمثال رقم 06

النشاط	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
التكلفة الفعلية	22000	18000	3000	4000	5000	0	0
نسبة الإنجاز	%100	%100	%50	%33	%25	%0	%0
التكاليف المقدرة	20000	18000	10000	15000	10000	16000	6000
قيمة الإنجاز	20000	18000	5000	5000	2500	//	//
الانحراف	**2000**	//	**2000-**	**1000-**	**2500**	//	//

حيث أن:

الانحراف= التكلفة الفعلية – قيمة الإنجاز

و

قيمة الإنجاز = التكاليف المقدرة × نسبة الإنجاز

أول ما يظهر هو أن إجمالي الانحرافات قد وصل إلى 1500دج في هذا الشهر أي ما يعادل 2.5% من ميزانية المشروع حتى نهاية الشهر الثامن هذا ناتج عن انحرافات في الأنشطة أ ، جـ، د ، هـ

بالتالي يجب التركيز على النشاط هـــ و الذي مازال باقي منه 75% و يعيد النظر في تكلفة الأنشطة الأخرى جـ، د ، و ، ز و حتى يكون التحليل أكثر عمقا يجب أن يتم تحليل عناصر التكلفة الزائدة في الأنشطة أ ، هـ إلى مكوناتها الأساسية.

المحاضرة السادسة: محاكات شبكة مراجعة و تقييم المشروعات PERT/SIM

مما سبق يتضح لنا أن هذه الإجراءات ممكن أن تعطي نتائج غير صحيحة ، خاصة إذا كان متوسط طول المسار الحرج قريب من طول مسارات الأخرى ذات تباينات أعلى ،و هنا المحاكات تسمح بتوفير تقديرات أفضل في مواقف مثل هذه.

ترتكز طريقة Monté Carlo على استخدام الأرقام العشوائية في تحديد توجهات النظام من خلال البيانات التاريخية المجمعة، و في ما يلي سنستعرض مثالا حول استخدام طريقة Monté Carlo.

أولا: المثال الرقم 07

في مثالنا هذا التوزيعات الاحتمالية التجريبية و ما يقابلها من أرقام عشوائية لكل نشاط كما يلي:

الجدول رقم (13): المثال رقم 07

النشاط	الاحتمال	الأرقام العشوائية	زمن النشاط
A	%60	6.1	4
	%40	10.7	5
B	%20	2.1	4
	%40	6.3	5
	%40	10.7	6
C	%20	2.1	3
	%40	6.3	4
	%20	8.7	5
	%20	10.9	6
D	%20	2.1	6
	%20	4.3	5
	%40	8.5	4
	%20	10.9	3
E	%20	2.1	4
	%60	8.3	3
	%20	10.9	2
F	%20	2.1	6
	%20	4.3	7
	%40	8.5	8
	%20	10.9	9

G	%20	2.1	6
	%20	4.3	5
	%20	6.5	4
	40	10.7	3

باستخدام الأرقام العشوائية نستطيع تخييل الزمن الذي ممكن أن يستغرقه النشاط.

1- كيفية استعمال الأرقام العشوائية لتخيل زمن الأنشطة :

الجدول رقم (14): كيفية استعمال الأرقام العشوائية لتخيل زمن الأنشطة

النشاط	A	B	C	D	E	F	G
رقم عشوائي	7	8	7	1	2	3	8
زمن النشاط	5	6	5	3	2	7	5

في هذه الحالة لدينا:

المسار F.A ..... بـ: 12 أسبوعا

المسار G.D.A ..... بـ: 13 أسبوعا

المسار G.B ..... بـ: 11 أسبوعا

المسار G.E.C ..... بـ: 12 أسبوعا

بالتالي نجد المسار الحرج في هذه الحالة هو المسار A ــ D ــ G و تتطلب كل دورة محاكاة نفس العملية أي اختيار الأرقام العشوائية، في مجموعات من سبع أرقام و يبين الجدول التالي نتائج محاكاة 20 دورة محاكاة.

الجدول رقم (15): استخدام المحاكات في شبكات الأعمال

رقم دورة المحاكاة	أزمنة نشاط العينة							*تشير إلى أنها بالمسار الحرج						زمن إتمام المشروع
	A	B	C	D	E	F	G							
1	*5	6	4	4	3	*8	3							13
2	*5	6	5	*3	2	7	*5							13
3	*5	5	4	*6	2	8	*5							16
4	*5	5	5	4	3	6	*3							12
5	*5	6	3	3	3	*9	4							14
6	5	4	*6	3	*3	7	*6							15

7	*5	5	6	*5	4	8	*5	15
8	*4	3	4	*6	3	6	*5	15
9	*5	*6	5	*4	*3	6	*3	12
10	*5	6	5	*5	3	6	*3	13
11	4	*6	6	4	*3	8	*4	13
12	*5	4	5	*5	4	8	*5	15
13	4	*5	5	3	*3	7	*6	14
14	*5	4	6	*4	3	*7	*3	12
15	*5	3	5	*4	2	6	*6	15
16	*5	4	5	*4	4	6	*3	12
17	4	*6	5	3	*3	8	*4	13
18	*4	6	6	*6	3	6	*6	16
19	*4	4	5	3	*7	3	11	
20	*4	4	4	*6	3	*9	3	13

الجدول رقم(16): تحديد المسارات الحرجة و معدل الحرج من خلال المحاكات

رقم دورة المحاكاة	أزمنة نشاط العينة *تشير إلى أنها بالمسار الحرج							زمن إتمام المشروع
	A	B	C	D	E	F	G	
عدد أزمنة الحرج	16	0	5	13	5	5	17	273
معدل الحرج	%80	%0	%25	%65	%25	%25	%25	
متوسط إتمام المشروع = $\frac{273}{20}$ = 13.65 أسبوعا								

2- **تفسير النتائج:** إن متوسط الزمن الناتج عن المحاكاة هو 13.65 أسبوعا و يتراوح بين 12 و 16 أسبوعا و تعد هذه المعلومات في حد ذاتها مفيدة للمدير كما توجد معلومات أخرى في شكل المرات التي كان فيها كل نشاط حرجا، و معدل الحرج، إذ أن معدلات الحرج تمد المعلومات تمد المدير بمعلومات قيمة، حيث يجب أن تتلقى الأنشطة "A ,D ,G" عناية فائقة لأنه من المحتمل أن تصبح حرجة و بنسب عالية، و يجدر الإشارة إلى أن العدد الكبير من الدورات سيحسن من التقديرات الابتدائية لزمن إتمام المشروع و معدلات الحرج.