الفصل الثالث

تحديد المدة الزمنية للنشاط وإجراءات حسابات المسار الحرج باستخدام شبكة الأعمال

(Determining Activity Duration and Critical Path Calculations using Precedence Diagram)

محتويات الفصل:

٣-١ مقدمة.

٣-٢ تقدير المدد الزمنية (Estimating Durations).

٣-٣ اعتبارات هامة عند تحديد الفترة الزمنية للأنشطة

٣-٤ تأثير المناخ والعوامل الجوية على الجداول الزمنية.

(Weather and the Schedule)

٣-٥ اعتبارات الجدولة (Scheduling Issues).

٣-٦ تعريفات هامة.

٣-٧ حسابات مخطط التتابع (Calculations on a Precedence Network).

٣-٧-١ حسابات الأوقات المبكرة "البداية المبكرة – النهاية المبكرة"

(Early Start [ES] and Early Finish[EF]).

٣-٧-٢ حسابات الأوقات المتأخرة (البداية المتأخرة – النهاية المتأخرة)

(Late Start [LS] and Late Finish [LF]).

٣-٧-٣ السماح الكلي ((Total Float (TF)).

٣-٧-٤ السماح الحر ((Free Float (FF)).

٣-٨ طبيعة السماح وخصائصه.

٣-٩ التاريخ التقويمي لأوقات العمل.

٣-١٠ الخلاصة (Summary).

٣-١ مقدمة:

بعد الانتهاء من رسم المخطط الشبكي نكون قد وضعنا نموذج خطة لتنفيذ المشروع، والذي يمكن على أساسه إعداد البرنامج الزمني

(Time Scheduling) الذي يتضمن تحديد أوقات تنفيذ الأنشطة، وبصورة عامة فإن إعداد البرنامج الزمني يشتمل على تقدير المدة اللازمة لتنفيذ كل نشاط (Activity Duration) ثم إجراء حسابات المسار الحرج

(Critical Path Calculation) واستنتاج زمن المشروع الكلي (Project Duration).

بعد الانتهاء من رسم المخطط الشبكي وتقدير مدة كل نشاط على حده، يمكننا إجراء حسابات البرنامج الزمني اللازمة لتحديد أوقات وتواريخ تنفيذ الأنشطة وتحديد المدة الزمنية الكلية لتنفيذ المشروع وتحديد مدة السماح أو الفوائض الزمنية لكل نشاط، وكذلك تحديد المسار الحرج.

كما ذكرنا سابقاً فإن نتائج الحسابات واحدة في حال استعمال أي من مخطط الأسهم أو مخطط التتابع وسوف نقوم بالحسابات بواسطة مخطط التتابع نظراً لسهولة تمثيله ولأن معظم البرمجيات تستخدمه في عرض خطة العمل كما تم ذكره.

قبل أن نبدأ في توضيح طريقة إجراء الحسابات يلزمنا تعريف مجموعة من المصطلحات الهامة المستخدمة في الحسابات، وحتى يتم فهم بعض تلك المصطلحات وتوضيح المفهوم الأساسي لحسابات المسار الحرج سنتطرق للمثال التالي:

بفرض أن هناك مديراً سيحضر اجتماعاً في المدينة المنورة وأن هذا الاجتماع سينتهي الساعة العاشرة صباحاً، وأن نفس المدير لديه اجتماع آخر سيبدأ في جدة الساعة السادسة مساء وفترة السفر جواً من المدينة إلى جدة تستغرق ساعتين شاملة فترة التنقلات بالسيارة إلى ومن المطار. يتبين أن هناك ثلاثة أنشطة وهي:

١- نشاط اجتماع المدينة المنورة ينتهي الساعة العاشرة صباحاً.

٢- نشاط السفر من المدينة إلى جدة مدته ساعتين.

٣- نشاط اجتماع جدة يبدأ الساعة السادسة مساء.

من المعلومات السابقة نجد أن هذا المدير لن يستطيع السفر من المدينة إلى جدة قبل الساعة العاشرة صباحاً وبذلك يكون هذا الزمن هو أول زمن لبداية نشاط السفر ويطلق عليه البداية المبكرة للنشاط (نشاط السفر)

(Early Start) (ES). وكذلك لا يمكن للمدير أن يصل جدة بعد الساعة السادسة مساءاً (موعد بداية النشاط التالي وهو اجتماع جدة) وبذلك يكون هذا الزمن هو آخر زمن لنهاية نشاط السفر ويطلق عليه النهاية المتأخرة للنشاط (نشاط السفر) (Late Finish) (LF).

ويتبقى بعد ذلك زمنين آخرين وهو الساعة الثانية عشرة ظهراً وهو الزمن الذي سيصل فيه المدير إلى جدة إذا تحرك من المدينة في البداية المبكرة الساعة ١٠ صباحاً وبذلك تكون الساعة الثانية عشرة ظهراً هو أول زمن يستطيع فيه المدير أن يصل إلى جدة (نهاية نشاط السفر) ويطلق عليه النهاية المبكرة للنشاط Early Finish (EF)، وكذلك الساعة الرابعة عصرا وهو الزمن الذي إذا لم يتحرك عنده المدير فإنه سيتأخر عن النشاط التالي وهو اجتماع جدة، وبذلك يكون الزمن الساعة الرابعة عصراً هو آخر زمن يستطيع أن يبدأ فيه نشاط السفر، ويطلق عليه البداية المتأخرة للنشاط(Late Start (LS.

٣-٢ تقدير المدد الزمنية (Estimating Durations):

إن التوصل إلى برنامج عمل جيد وقابل للتطبيق بنجاح يعتمد على مدى تمثيل المخطط الشبكي لخطة العمل وعلى التقدير الصحيح للمدة التي يحتاجها كل نشاط.

وعند حساب أزمنة تنفيذ الأنشطة يجب مراعاة دراسة كل نشاط مستقلاً عن باقي الأنشطة وتحديد نوعية الموارد التي ستستخدم في تنفيذ هذا النشاط من عمالة ومعدات وغيرها ويجب توفير المستوى الطبيعي من الموارد لتنفيذ هذا النشاط ويسمى المعدل الطبيعي للموارد (Normal Level of Resource) وهو كمية أو عدد الموارد التي عند استخدامها معاً في هذا النشاط بالتحديد وفي ظروف التشغيل المتوقعة مسبقاً تعطى مستوى الإنتاجية المطلوبة والطبيعية والأكثر كفاءة اقتصادياً.

ويمكن حساب مدة تنفيذ النشاط من العلاقات التالية:

١- زمن تنفيذ النشاط = حجم العمل المشمول بهذا النشاط / إنتاجية الموارد المستخدمة.

٢- إنتاجية الموارد المستخدمة = عدد الموارد × معدل إنتاج وحدة الموارد. وقد يكون ذلك أساسه الخبرة السابقة أو المعدلات التي تمنحها بعض الجهات المختصة.

٣- حجم العمل المشمول بهذا النشاط يمكن تحديده من قائمة الكميات والبنود أو حسابها من واقع المستندات التعاقدية.

٤- معدل إنتاج وحدة الموارد يمكن تحديده من دراسة العمل أو من معدلات الأداء السابق دراستها وحسابها في مشاريع مماثلة سابقة أو من الكتب المرجعية لمعدلات الأداء مع إدخال التصحيحات لتناسب حالة وظروف المشروع والبلد.

مثال: لنفترض أن نشاط الحفر للأساسات كميته ٣٠٠٠ متر مكعب في أرض صخرية وسوف يتم تنفيذ هذا النشاط بواسطة معدة الحفار الدقاق (Jack Hammer) ومساحة الموقع لا تسمح لأكثر من ثلاث معدات بالمناورة بحرية، ومتوسط معدل إنتاجية معدة الحفر في التربة الصخرية هي ١٠٠ متر مكعب يومياً – يمكن حساب المدة الزمنية اللازمة للحفر كما يلي :

في حالة استخدام معدة واحدة: مدة تنفيذ النشاط يوماً

$$\frac{3000}{1*100} = 30\,days$$

في حالة استخدام معدتين: مدة تنفيذ النشاط

$$\frac{3000}{2*100} = 15\,days$$

في حالة استخدام ثلاث معدات : مدة تنفيذ النشاط

$$\frac{3000}{3*100} = 10\,days$$

٣-٣ اعتبارات هامة عند تحديد الفترة الزمنية للأنشطة:

تعتمد طريقة تحديد الفترة الزمنية للنشاط إلى حد كبير على حجم النشاط ومدى الدقة المطلوبة. وكمثال على ذلك من الممكن أن يعتبر نشاط الحفر لكمية (١٥٠,٠٠٠) متر مكعب من التربة لسد ضخم نشاطاً هاماً ويتم متابعة كمية الموارد المستخدمة به من معدات وعماله وخلافه واستنتاج معدلات العمالة، والمعدات لمثل هذا النشاط لاستخدامها في تقدير مدة النشاط في مشروعات مشابهة في المستقبل.

إن بعض مهندسي البرامج الزمنية ذوى الخبرة في التنفيذ من الممكن أن يقدروا المدة الزمنية اللازمة لتنفيذ المشروع ككل تقديراً جيداً إلا أن البعض الآخر يلجأ إلى تحليل العملية بالتفصيل ويقوم بتقدير مدد الأنشطة المختلفة للوصول بعد إجراء الحسابات للشبكة إلى مدة المشروع ككل، والفترة الزمنية اللازمة، فمثلا لنشاط الحفر السابق ذكره من الممكن أن تستغرق عدة أيام أو حتى أسابيع، ولكن هذه الفترة لا تحدد بدقة وثقة إلا عن طريق الدراسة الجيدة لعملية الحفر والكميات المطلوب إنجازها.

في المباني التجارية الصغيرة و المنشآت السكنية معظم النشاطات تستغرق عدة أيام فقط، وبالتالي فإنه عند حساب الزمن اللازم لكل نشاط يجب إضافة وقت زائد احتياطي يساعد على الأخذ في الاعتبار نشاطات تجهيز وإعداد العمالة وكذلك إضافة وقت للتنظيف ونقل المخلفات بعد إنجاز الأعمال.

في النشاطات ذات الفترات الزمنية القصيرة يجب الأخذ في الاعتبار الوقت اللازم لأعمال تجهيزات العمالة والمواد والخامات، وذلك لأن معظم مشاريع البناء تشمل العديد من مقاولي الباطن ويجب الأخذ في الاعتبار الوقت اللازم لتنسيق العمل بينهم وتواجدهم في الموقع، لذا فمن الأفضل أن تكون هناك فترة من الوقت بين النشاط والآخر خصوصا إذا كانت التخصصات مختلفة بين هذه النشاطات وسوف يتيح هذا وقتاً للتنسيق بين مقاولي الباطن وتحدد هذه الفترة حسب خبرة القائمين على العمل .

لكن كيف يتم تحديد الفترة الزمنية إذا لم يكن لدى مهندس البرامج الزمنية خبرة سابقة بنوعية عمل محددة؟ إن الخطوة الأولى هي الاستعانة بشخص ذي خبرة سابقة في هذه الأعمال كمدير التنفيذ أو مدير المشروع أو أحد

المتخصصين، إلا أن مديري المشاريع عادة ما يكون لهم نظرة متفائلة عما يستطيعوا أن ينجزوه في فترة زمنية متاحة وخاصة الوقت اللازم للانتقال بين الأنشطة. وكذلك يمكن استخدام المراجع المرشدة التي تعطى تقديرات إنتاجية للأنشطة والبنود المختلفة التي تعدها الجهات المتخصصة، ولكن يجب أن يتم استخدام المراجع المرشدة بحرص، فهذه المراجع عادة ما تكون متحفظة في تقديراتها، ولكنها قد تكون ذات فائدة كبيرة في حالة عدم وجود أي مصدر آخر لتقدير المدة الزمنية ويجب أن نلاحظ أن لكل مشروع خصائصه المتفردة وليس من المتوقع أن تستطيع المراجع أن تأخذ ذلك في الاعتبار.

قبل استخدام مثل هذه المراجع يجب البحث في ملفات الشركة عن معلومات سابقة إذا كانت الشركة تحتفظ بسجلات لمعدلات الإنجاز لمشاريعها السابقة. إن البيانات التاريخية لما تم تنفيذه من مشاريع الشركة تعتبر من المصادر التي يمكن الاعتماد عليها والتي يستخدمها مهندس البرامج الزمنية .عند الرغبة في معلومات مفصلة وقد تكون البيانات السابقة للشركة المصدر الأفضل لمهندس البرامج.

٣-٤ تأثير المناخ والعوامل الجوية على الجداول الزمنية:

(The Weather and the Schedule)

إن الفترات الزمنية للنشاطات المعتمدة على المناخ من الممكن أن يتم زيادتها قبل البدء في حسابات الشبكة، ومقدار زيادة الفترة الزمنية يمكن أن يتم تحديده طبقاً لاحتمالية حدوث التأخير وبنفس قيمة التأخير المتوقع، ومثال على ذلك إذا كان من المتوقع سقوط أمطار تعيق تنفيذ النشاط في حدود ١٠ % من وقت تنفيذ النشاط (يوم لكل عشرة أيام) إذاً يجب زيادة الفترة الزمنية للنشاط بمقدار ١٠ %، ويجب ملاحظة أن يتم وضع للطقس اعتبارا كبيرا خصوصا في العقود المشترط فيها الاعتبارات الجوية، ويمكن أخذ الطقس في الاعتبار عن طريق إدخال نشاط أو أكثر داخل الشبكة تحت عنوان احتياطي الطوارئ (Contingency Duration)، ويفضل عند إضافة نشاط تأخيرات الطقس إلى الشبكة أن يوضع في نهاية الشبكة، لأنه في هذه الحالة إذا لم يتم التعرض لطقس يعيق تقدم الأعمال سيبقى الجدول واقعياً. ولكن إذا تم وضع نشاط تأخيرات

المناخ مبكرا في شبكة الأعمال سيتم ترحيل كل النشاطات عن وقت وقوعها الطبيعي في حالة عدم وقوع العوائق المناخية مما يؤدي إلى تأثر دقة الجدول.

٣-٥ اعتبارات الجدولة (Scheduling Issues):

إن الجدول الزمني يمكن أن يساعد مدير المشروع في توقع ومعالجة معوقات العمل كتأخير الموافقات على الرسومات التنفيذية،وتأخير استلام المواد، وتأخر وصول عقود العمالة، و القصور في الوضع المالي للمشروع.

كذلك يساعده في الترتيب لاستلام المواد وتخزينها وأوقات التسليم المنتظمة، وتلافي ازدحام موقع العمل ويدعم جهود التنسيق داخل الموقع، ويساعده على بحث إمكانية تأجيل استلام المواد ليقلل من الضغط وخاصة عند وجود أماكن محدودة للتخزين، ويجب أن يتناسب معدل تدفق المواد مع مساحة التخزين المتاحة ومعدل الاستخدام، وربط الجدول الزمني بالأنشطة الهامة التي لها علاقة بجدول توريد المواد.

إن ترتيب استلام المواد، وبداية عقود مقاولي الباطن، وتواريخ عقود المعدات كلها تعتبر هامة بالنسبة للجدول المبدئي. وإذا كان النشاط معرضا لاحتمالية التعرض لمشاكل تطيل من فترته الزمنية فإنه في هذه الحالة، يجب أن يجدول هذا النشاط مبكرا عن بدايته لتقليل احتمالية تأخير المشروع، ومن الممكن تأخير بدايات النشاطات اللاحقة بحيث إن ترتيبات بدء النشاط تكون أقل في احتمالية تغييرها، ومن الممكن زيادة الفترة الزمنية للنشاط كبديل ليفسر التأخير الذي قد يكون متوقعاً.

٣-٦ تعريفات هامة:

وهكذا نستطيع أن نتفهم التعريفات الآتية لكل نشاط:

البداية المبكرة (Early Start) (ES):

هي أول وقت يمكن أن يبدأ عنده النشاط.

النهاية المبكرة (Early Finish) (EF):

هي أول وقت يمكن أن ينتهي عنده النشاط. و تساوي ناتج جمع البداية المبكرة للنشاط مع مدة تنفيذه.

$$(\text{Duration} + \text{E.S} = \text{E.F})$$

(النهاية المبكرة = البداية المبكرة + مدة التنفيذ).

البداية المتأخرة (Ls) Late Start:

هي آخر وقت يمكن أن يبدأ عنده النشاط بدون ان يؤدي الي تأخير المشروع المتفق عليه.

النهاية المتأخرة (LF) (Late Finish):

هي آخر وقت يمكن أن ينتهي عنده النشاط. وتساوي ناتج جمع البداية المتأخرة للنشاط مع مدة تنفيذه.

(Duration + L.S = L.F)

(النهاية المتأخرة = البداية المتأخرة + مدة التنفيذ).

أو (البداية المتأخرة = النهاية المتأخرة(إذا كانت هي المعلومة)- مدة التنفيذ)

مدة المشروع (Project Duration):

هي أقصر مدة تلزم لإنجاز المشروع طبقاً لتسلسل الأنشطة المخطط وباستخدام وسائل الإنشاء المحددة سلفا.

السماح الكلي (TF) (Total Float):

هي المدة التي يسمح فيها بتأخير نشاط معين دون التأثير على الوقت المقرر لتنفيذ المشروع ككل. ويساوي الفرق بين بداية النشاط المبكرة وبدايته المتأخرة، أو الفرق بين نهاية النشاط المبكرة و نهايته المتأخرة.

(السماح الكلي = البداية المتأخرة – البداية المبكرة = النهاية المتأخرة – النهاية المبكرة).

السماح الحر (FF) (Free Float):

هي المدة التي يسمح فيها بتأخير نشاط معين دون تأخير البداية المبكرة للنشاط الذي يليه. ويساوي الفرق بين النهاية المبكرة للنشاط الحالي والبداية المبكرة للنشاط الذي يليه.

وفي حالة ما إذا كان النشاط يتبعه أكثر من نشاط يأخذ أكبر قيمة بداية متأخرة للأنشطة التالية.

السماح المستقل (Independent Float) (IF):

هي المدة التي يسمح فيها بتأخير نشاط معين عندما يتم الانتهاء من جميع الأنشطة السابقة في وقت متأخر، وجميع الأنشطة اللاحقة في أقرب وقت ممكن. لذلك السماح المستقل لا يؤثر على الأنشطة السابقة أو اللاحقة.

النشاط الحرج (Critical Activity) (CA):

هو النشاط الذي لو حدث به تأخير أثناء التنفيذ فيتسبب ذلك في زيادة مدة المشروع كله، ويكون السماح الكلي له مساوياً الصفر.(أو هو النشاط الذي يحتوي على أقل فترة سماح كلي و ليس من اللازم أن يكون صفراً).

المسار الحرج (Critical Path) (CP):

هو مسار سلسلة الأنشطة الحرجة، وذلك من بداية المشروع إلى نهايته، وهو أطول مسار "من الناحية الزمنية" في التحليل الشبكي، ويسمى المسار الحرج نظراً لأن إنجاز أي نشاط في مدته المخططة يعتبر حرجاً لإنهاء المشروع في المدة المحددة له أي أن التأخير في أنشطة المسار الحرج يؤدي إلى زيادة المدة الزمنية الكلية لتنفيذ المشروع. وقد يكون هناك أكثر من مسار حرج وذلك يعتمد على تسلسل الأعمال.

٣-٧ حسابات مخطط التتابع:

(Calculations on a Precedence Network)

كما تم شرحه يتم تمثيل النشاطات في مخطط التتابع على شكل خانات، وتربط الخانات ببعضها عن طريق خطوط تمثل العلاقات المتواجدة بين النشاطات، توصف العناصر الأساسية لمخطط الخانات كما يلي:

الخانات: تمثل النشاط ومن الممكن أن ترسم بأي شكل مرغوب فيه، وعادة ما يرسم على شكل من الأشكال الهندسية كالدوائر أو المستطيلات أو غيرها.

الخطوط: تمثل روابط النشاط (Activity Links) وتستخدم في تمثيل اعتماد الأنشطة على بعضها البعض، ويكون اتجاه الروابط من النشاط السابق إلى النشاط اللاحق لتشير إلى تبعية العلاقات.

يتكون مخطط التتابع من سلسلة من الخانات ذات خطوط أو روابط تربط بينهم لتوضح الأنشطة التي ستنفذ والتسلسل الذي تستخدمه. والتقليد الطبيعي في

استخدام مخطط التتابع هو أن كل نشاط من الممكن أن يبدأ بعد الوفاء بكل الروابط السابقة، لهذا النشاط أي إتمام الأنشطة السابقة له مع الأخذ في الاعتبار أي فترات تداخل أو انتظار، وبعد انتهاء هذا النشاط يكون من الممكن اجتياز كل الروابط التي تليه.

من الطبيعي أن اجتياز أي رابط لا يتطلب أي وقت، ومع ذلك فمن الممكن افتراض وقت للرابط يوضح أن النشاط التالي لا يمكن أن يبدأ إلا بعد مرور الفترة الزمنية بعد النشاط السابق، وهذا الوقت يشار إليه بوقت الانتظار (Lag Time).

مثال على ذلك نشاطا صب الخرسانة وفك قوالب الخرسانة حيث أن نشاط فك قوالب الخرسانة يتبع نشاط صب الخرسانة ولكنه يتأخر عنه الفترة اللازمة المحددة لحصول الخرسانة على المقاومة المطلوبة للمعالجة، وخط الرابط لا يستهلك أي مورد آخر غير الوقت.

يتم عمل الشبكة التجريبية أو التمهيدية عن طريق ترتيب كل نشاط مرتبط بنشاطات أخرى وبعدها يتم رسم خطوط الربط بين كل مجموعة نشاطات مرتبطة ببعضها، ومن الممكن أن يتم إعادة الرسم البياني بعد ذلك لوضع النشاطات في مواضع أفضل للتقليل من تشابك الخطوط أو عدم الوضوح.

يوضح الجدول شكل(٣-١) قائمة الأنشطة المطلوبة لإنشاء هذا الجراج مع بيان المدد المطلوبة لكل نشاط، وسيتم توضيح كيفية عمل الحسابات بطريقة المسار الحرج بمثال عملي لمشروع بناء جراج، ويوضح الشكل(٣-٢) مخطط التتابع للمشروع بطريقة المسار الحرج CPM.

٣-٧-١ حسابات الأوقات المبكرة (البداية المبكرة – النهاية المبكرة):

(Early Start [ES] and Early Finish[EF])

غالباً ما تبدأ الشبكة بنشاط يسمى (البداية) وهو نشاط افتراضي ليس واقعياً مدته الزمنية (صفر) ويعبر عن بداية تنفيذ أنشطة المشروع. نبدأ حساب البداية المبكرة للأنشطة التي تلي نشاط البداية مباشرة، بمعنى آخر تبدأ مع بداية المشروع وهما نشاطا (تنظيف وتجهيز الموقع) و(إحضار المواد). تكون البداية المبكرة لكلا النشاطين قيمتهما (صفر) وتعني أنهما يبدآن عند بداية المشروع ولم يمر وقت على بدايتهما.

تحسب النهاية المبكرة لكلا النشاطين بإضافة المدة الزمنية لتنفيذ النشاط لبدايته المبكرة، لنشاط (تنظيف وتجهيز الموقع) =٠ + ١٠ = ١٠، ولنشاط (إحضار المواد)=٠+ ٨ =٨. بعدها تحسب البداية المبكرة للأنشطة التي انتهت متطلباتها أي التي نفذت الأنشطة السابقة لها، فمثلا نشاط (إنشاء أرضية الجراج الخراسانية) يتبع كلا من نشاطي (تنظيف وتجهيز الموقع) و(إحضار المواد)، ولا يمكن تنفيذه أو جدولته قبل الانتهاء من النشاطين. أي أنه من الممكن أن يبدأ بعد الانتهاء من نشاط (تنظيف وتجهيز الموقع) في الساعة العاشرة وبعد الانتهاء من نشاط (إحضار المواد) عند الساعة الثامنة، وتكون البداية المبكرة لنشاط (إنشاء أرضية الجراج الخراسانية) هي القيمة الأكبر للنهايتين المبكرتين للنشاطين السابقين لأنه يجب الانتهاء من النشاطين السابقين كليا قبل بدء النشاط التالي. أي أن البداية المبكرة لنشاط (إنشاء أرضية الجراج الخرسانية) = ١٠، والنهاية المبكرة له = ١٠ + ٦ = ١٦.

أما نشاط (تصنيع وإعداد هيكل الحائط وجمالون السقف) فيمكن البدء فيه بعد الانتهاء من نشاط (إحضار المواد) مباشرة، ولا يعتمد على نشاط (تنظيف وتجهيز الموقع)، أي أن بدايته المبكرة = ٨، ونهايته المبكرة = ٨ + ١٦ = ٢٤.

هكذا نستمر في حساب البدايات والنهايات المبكرة للشبكة ذهابا لكل الأنشطة وصولا إلى آخر نشاط في الشبكة وهو (تنظيف الموقع)، وتكون نهايته المبكرة = ٨٠، أي أن المدة الزمنية لتنفيذ المشروع = ٨٠ يوما.

٣-٧-٢ حسابات الأوقات المتأخرة (البداية المتأخرة – النهاية المتأخرة):

(Late Start [LS] and Late Finish [LF])

تحسب ابتداء من آخر نشاط في المشروع وهو نشاط (تنظيف الموقع)، وتعتبر النهاية المبكرة لآخر نشاط في المشروع هي النهاية المتأخرة له أيضا إذا انتهى المشروع بهذا النشاط فقط. أما إذا انتهى المشروع بأكثر من نشاط لا يعتمدون على بعضهم فيمكن إضافة نشاط يسمى (النهاية) مدته (صفر) يعبر عن نهاية المشروع. على فرض أن الانتهاء من المشروع يجب أن يتم بأسرع ما يمكن. في الحالة العملية قد يكون نهاية المشروع وفقاً للعقد المبرم بين رب العمل والمقاول وقد يختلف عن النهاية المبكرة المحسوبة كما سبق، وسوف يتم تناول ذلك فيما بعد.

فالنهاية المتأخرة للنشاط (تنظيف الموقع) = ٨٠، وبدايته المتأخرة = ٨٠ – ٤ = ٧٦. وتكون البداية المتأخرة نشاط (تنظيف الموقع) هي النهاية المتأخرة للنشاط السابق له إذا كان النشاط الوحيد الذي يلي هذا النشاط، فمثلا نشاط (تنظيف الموقع) هو النشاط الوحيد الذي يلي كلا من نشاطي (الدهانات والصبغ) و(معالجة مدخل الجراج الخرساني)، فتكون النهاية المتأخرة لهذين النشاطين = ٧٦، أما البداية المتأخرة لنشاط (الدهانات والصبغ) = ٧٦ – ١٦ = ٦٠، والبداية المتأخرة لنشاط (معالجة مدخل الجراج الخرساني) = ٧٦ – ٢٤ = ٥٢.

أما إذا سبق النشاط مباشرة مجموعة من الأنشطة، فيتم حساب البداية المتأخرة لكل المجموعة ويأخذ النشاط أقل قيمة بداية متأخرة لتلك المجموعة لتكون نهايته المتأخرة لأنه لا يمكن إنهاء النشاط بعد بداية النشاط التالي له، فمثلا نشاط (تركيب الحوائط) يسبق أنشطة (تركيب جمالون السقف) وبدايته المتأخرة = ٤٤، و(تركيب الجوانب والنوافذ) وبدايته المتأخرة = ٥٠، و(تركيب الأبواب) وبدايته المتأخرة = ٥٦، فتكون النهاية المتأخرة لنشاط (تركيب جمالون السقف) = ٤٤.

وبهذه الطريقة نستمر في تلك الحسابات إيابا لكل الأنشطة وصولا إلى بداية المشروع.

٣-٧-٣ السماح الكلي (Total Float) (TF):

كما ذكر سابقاً، فإنه يساوي الفرق بين بداية النشاط المبكرة وبدايته المتأخرة، أو الفرق بين نهاية النشاط المبكرة ونهايته المتأخرة، فمثلا لنشاط (تنظيف وتجهيز الموقع) = ٠ – ٠ = ١٠ – ١٠ = ٠ .

أو لنشاط (إنشاء مدخل الجراج الخراساني) = ٤٤ – ١٦ = ٥٢ – ٢٤ = ٢٨.

٣-٧-٤ السماح الحر (Free Float) (FF):

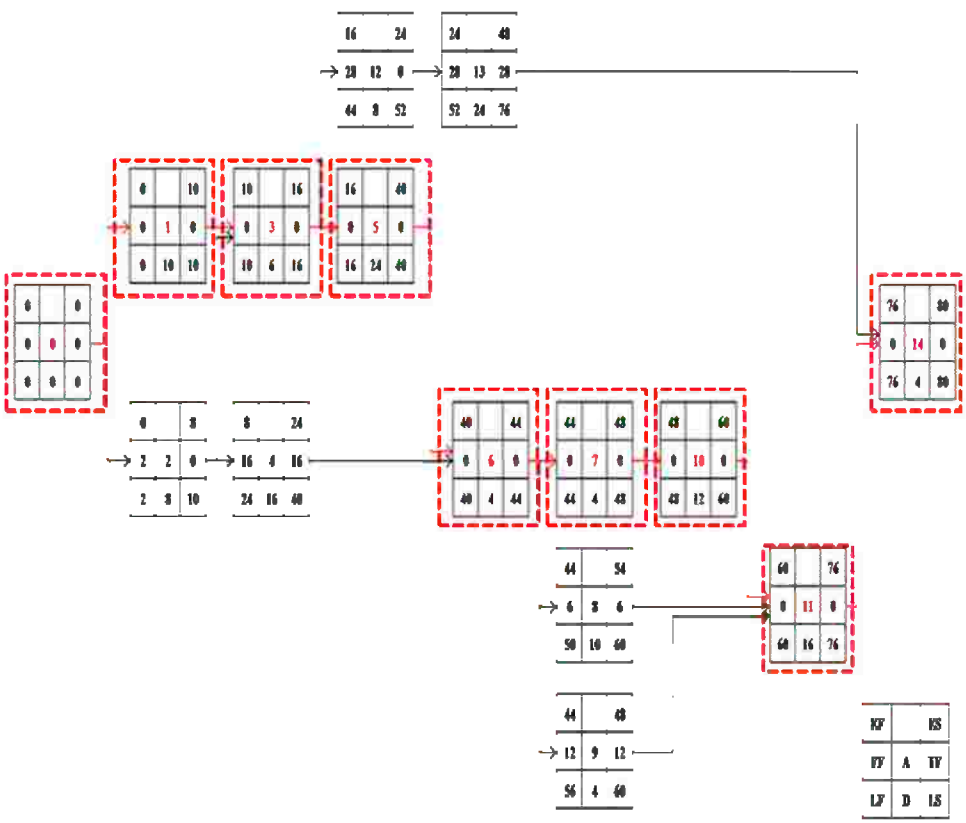
كما ذكر سابقاً، فإنه يساوي الفرق بين النهاية المبكرة للنشاط الحالي والبداية المبكرة للنشاط الذي يليه. ولو سبق النشاط أكثر من نشاط فإن قيمة السماح الكلي تكون أقل قيمة. فمثلا السماح الحر بين نشاط (تركيب الحوائط) ونشاط (تركيب جمالون السقف) = ٤٤ – ٤٤ = ٠، ومع نشاط (تركيب الجوانب والنوافذ) = ٥٠ – ٤٤ = ٦، ومع نشاط (تركيب الأبواب)

= ٥٦ – ٤٤ = ١٢، فيكون السماح الحر للنشاط = ٠.

ومن الجدير بالذكر أنه إذا كان السماح الكلي للنشاط = ٠، فإن سماحه الحر = ٠، والعكس غير صحيح، ويكون النشاط في هذه الحالة نشاطا حرجا (Critical Activity)، وتكون سلسلة الأنشطة الحرجة ما يسمى بالمسار الحرج (Critical Path).

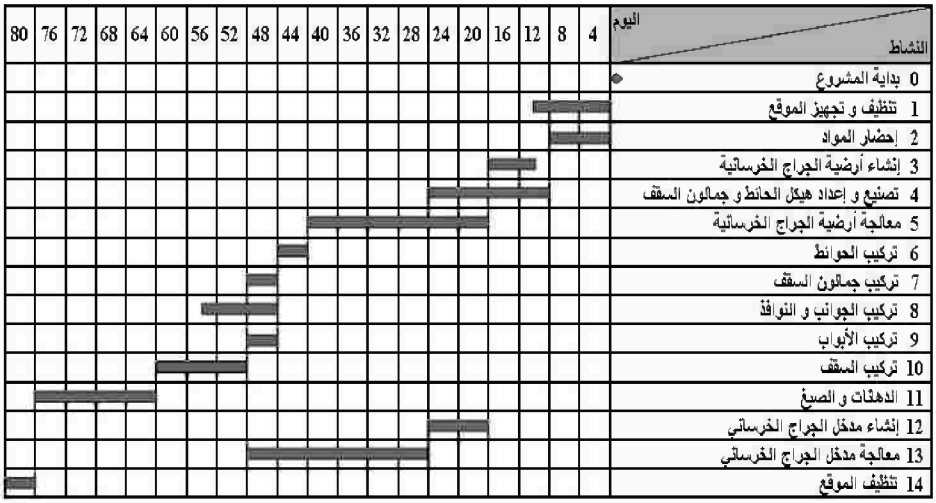
ويمثل الشكل (٣-٣) طريقة ترتيب الأزمنة المختلفة في خانات النشاط ويمكن الاستعانة بأي شكل آخر إذا دعت الحاجة حيث إن المطلوب فقط هو شكل يوضح البيانات اللازمة لكل نشاط في الشبكة.

كما تبين الأشكال (٣-٤) و (٣-٥) الأزمنة المبكرة والأزمنة المتأخرة علي التوالي بطريقة الخطوط الشريطية.



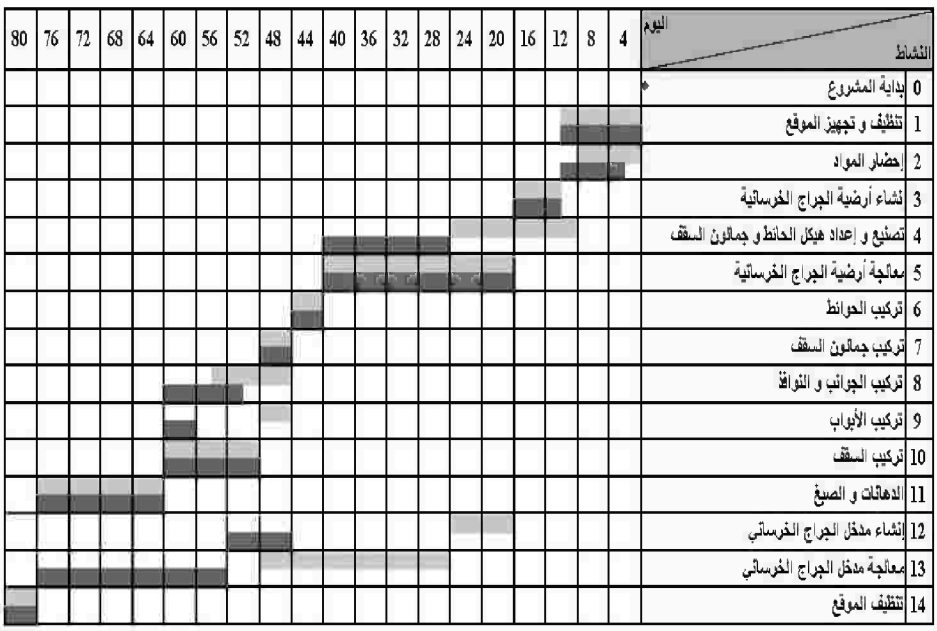
شكل (٣-٣)

حساب الأزمنة المختلفة لمشروع الجراج



شكل (٣-٤)

البرنامج الزمني بطريقة الخطوط الشريطية لمشروع الجراج على أساس البداية المبكرة



شكل (٣-٥)

٣-٨ طبيعة السماح وخصائصه:

كما ذكرنا فإن السماح الكلي (T.F) يدل على مقدار الوقت الذي يمكن للنشاط أن يستهلكه زيادة عن المدة المقدرة التي يحتاجها دون التسبب بإطالة مدة المشروع، وغني عن البيان أنه إذا استهلك السماح الكلي لنشاط ما فإنه يصبح حرجاً،ويمكن أن يكون مساراً حرجاً جديداً للمشروع، أما السماح الحر فهو مقدار الوقت المتاح للنشاط زيادة عن المدة المقدرة لإنجازه بحيث يمكن استهلاك هذا الوقت المتاح دون التأثير على إمكانية ابتداء أي نشاط لاحق في وقت بدايته المبكرة.

٣-٩ التاريخ التقويمي لأوقات العمل:

إن حسابات الأزمنة السابق بيانها مبنية على أساس عدد ساعات العمل (Working Days) ويمكن تحويل الناتج إلى أيام عمل ثم إلى تواريخ تقويمية (Calendar Days) باستخدام تقويم تبين عليه أيام العمل والأجازات وبالتالي يمكننا تحويل جميع أزمنة الأنشطة المبينة من أيام عمل إلى تواريخ تقويمية ويتم حساب ذلك باستخدام الحاسب الآلي.

٣-١٠ الخلاصة:

يمكن تحديد الفترات الزمنية المقدرة للنشاطات بطرق عدة وفقاً للكميات المطلوب إنجازها ومعدل الإنتاج المرتبط بتنفيذ هذه الكميات لنفس الظروف، وكميات النشاط تختلف من مشروع لآخر بينما يكون معدل الإنتاج ثابتاً نسبيا بالنسبة لنوع معين من الأنشطة في ظروف عمل متشابهة. وبالرغم من الاعتماد على الحسابات يجب أن ندرك أنها في الأساس أفضل التقديرات، ولا يجب النظر إليها على أنها قيم لا تقبل الشك وثابتة ونهائية ويجب أن نتوقع بعض

الاختلاف عن الفترات الزمنية المقدرة، ويجب أن نأخذ في الاعتبار إمكانية التعرض لظروف جوية قد تسبب إعاقة الأعمال وبعض العوامل الأخرى.