استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في تخطيط وجدولة عمليات المشاريع الإنشائية (دراسة حالة تطبيقية)

د.قاسم نايف علوان المحياوي*

أ. زينب عمر سالم عمر**

ملخص البحث: تحظى عملية الجدولة باهتمام كبير من قبل مديري المشاريع، لما تشكله من أهمية عند تنفيذ عمليات مشاريعهم، حيث تساعد في وضع برنامج زمني لإنجاز الأنشطة في الوقت المحدد وفي حدود الإمكانيات والموارد المتاحة. تكمن مشكلة البحث في مدى إمكانية وضع نموذج يساعد مديري المشاريع على القيام بعمليات التخطيط والجدولة لأنشطة مشاريعهم. وعليه فإن هذه الدراسة تهدف إلى تحقيق جملة من الأهداف، من أهمها ما يلي:

1- تحديد شبكة الأعمال المقترحة لتتابع تنفيذ أنشطة المشروع قيد الدراسة ومعرفة إمكانية إنجازها في أقل وقت وأقل تكلفة ممكنين.

2- تحديد تأثير استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) على وقت التنفيذ وبالتالي على تكاليف العمل اللازمة لتنفيذ أنشطة المشروع .

ولتحقيق أهداف البحث، تمت صياغة فرضية رئيسية واحدة بالشكل الذي يحيط بالمشكلة والتي تنص على أن استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في التخطيط والجدولة لعمليات المشروع لا يساعد إدارة المشاريع الإنشائية على تنفيذ أنشطتها بأقل وقت وتكلفة ممكنة ولا يضمن التخصيص الأمثل للموارد المتاحة لتلك الأنشطة .

وتوصل البحث إلى استنتاجات من أهمها إمكانية استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في المشاريع الإنشائية في ليبيا. وأوصى الباحثان بضرورة الاعتماد على أسلوب المسار الحرج (CPM) وبشكل رئيسي في جدولة عمليات المشاريع الإنشائية بدلاً عن الأساليب المعتمد عليها في الوقت الحالي.

Using Critical Path Method In Planningand Scheduling Processes of constructive Projects,An Applied case study)

Abstract: The process of scheduling is largely privileged by mangers of constructive projects as an important tool for carrying out their project activities. This process helps in stating an accurate time table for carrying out their activities in a proper time within the limits of available possibilities and resources. Hence, the problem of this study is latent in the possibility of planning a model that may help managers in planning and scheduling for their projects activities.

So this study aims at set of objectives, the most important ones are:

1- Determination of the offered network to follow up the work of the project and understanding the possibility of finishing the work with the least cost in the shortest time.

*-استاذ مشارك ورئيس قسم إدارة الأعمال /كلية الاقتصاد –جامعة التحدي –ليبيا .

**- محاضر –قسم إدارة الأعمال /كلية الاقتصاد –جامعة التحدي –ليبيا.

2- Defining the effect of using critical path model(CPM) on the work achievement and hence on the cost of work.

To fulfill the objectives of the study and in response to the problem of the study, we assumed a main hypothesis saying that: "critical path method (CPM) doesn't help project managers planning and scheduling for their projects.

The Study concluded to the following results:

1- Possibility of using critical path method) CPM) in Libyan constructive projects.

2- Critical path method (CPM) requires specialized high skilled technicians who can properly deal with this method.

Finally the study put forward the following recommendations:

1- Priority of depending on critical path method to substitute methods used now, which are almost limitedly used.

2- Constructive project managers are urged to adopt training programs for its cadre on computerized-based usage of critical path method.

المقدمة

لقد تطورت أساليب إدارة المشاريع تطوراً هائلاً خلال الحقبة الأخيرة وأصبحت الأسس التي تقوم عليها معروفة لدى المتخصصين في هذا المجال. وقد أدى التغير في مشاريع هذا العصر من تعقيد في الحجم والتكلفة وطول الفترة الزمنية لمراحل التخطيط والتنفيذ، أدى ذلك إلى حتمية البحث عن أساليب حديثة لاستخدامها في عمليات المشروع. وقد كان لتطور استخدام شبكات الأعمال (Network) في مجال بحوث العمليات التأثير الإيجابي المباشر على قدرة إدارة المشروع بشتى مستويات تعقيدها على القيام بعملياتها، (عبد المنعم ،1989، 95) وفي هذا السياق يؤكد الباحث (محمد،1،2000) على أن التحليل الشبكي من أهم الأساليب الكمية التي يجب أن يلم بها مدراء المشاريع في الوقت الحاضر لضمان تحقيق أهداف إداراتهم في الوقت المحدد والكلفة المخصصة ويتكون البحث من الآتي:

أولاً: الدراسات السابقة

تُعد الدراسات والبحوث التطبيقية السابقة وذات الصلة بموضوع البحث إحدى أهم الأساليب التي تساعد على تطور الأطر النظرية، وبيان مدى صلاحيتها في الواقع العملي مما يعزز الجانب التطبيقي للبحث، ويؤكد صحة نتائجه، لذلك وجد الباحثان أنه من الضروري الرجوع إلى بعض الدراسات السابقة، ذات العلاقة بموضوع البحث، لما لهذه الدراسات من أهمية لجوانب البحث سواء النظري أو التطبيقي وقد أُجريت في هذا المجال العديد من الدراسات، التي تناولت الموضوع من وجهات نظر مختلفة، ومن هذه الدراسات:

أ- **دراسة عبد الحميد (1983)** بعنوان" تقييم فاعلية التنظيم بشركات الإنشاء والتشييد بالتطبيق على قطاع البناء والتشييد " في مصر، هدفت هذه الدراسة إلى تناول مفهوم إدارة الإنشاء والفرق بينها وبين أسلوب المقاول العام، ومزايا وعيوب هذا الأسلوب. كما استهدفت الهيكل التنظيمي للشركات المكوّنة للقطاع المعني في ضوء طبيعة القطاع، وطبيعة مشروعاته

والمشاكل التي يواجهها. وتوصلت الدراسة إلى أنّ لقطاع المقاولات خصائص معينة سواء من حيث المخرجات أو من حيث طبيعة العمليات التي تنفذ، أو من حيث الفئات التي تعمل على تنفيذ تلك العمليات في تلك المشاريع، ومن ذلك تبرز الحاجة إلى أسلوب إدارة الإنشاء الذي يضمن التنسيق بين جهود تلك الفئات المختلفة .

ب- **دراسة محمود (1984)** بعنوان " التخطيط والجدولة التفصيلية لتنفيذ المشاريع"، استهدفت هذه الدراسة استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في تخطيط وجدولة عمليات المشاريع، وأكدت على أنّ التخطيط الشبكي هو أسلوب حديث في ميدان التخطيط والجدولة، وغايته الأساسية هي عمليات تنفيذ المشاريع، وضبط مواعيد بدء وإنهاء الأنشطة، وإحكام التتابع والتزامن فيما بينها، بحيث يتم إنجاز المشروع دون هدر لعنصر الوقت أو تبديد غير مبرر للموارد. وتوصلت هذه الدراسة إلى أنّ الجدولة الزمنية المشتقة من المخططات الشبكية وخاصة (CPM)، تتضمن معلومات محددة رقمياً بشأن الأمور التي تهم متخذ القرارات التخطيطية والتنفيذية، وبتوافر مثل هذه المعلومات يصبح لدى الجهات المعنية وسيلة ذات وضوح كمي ودقيق لرؤية مختلف تفاصيل المشروع وأنشطته التنفيذية، وبذلك يسهل اتخاذ القرارات المناسبة لضمان سلامة العمل دون هدر للوقت أو الموارد.

ج- **دراسة محمد (1984)** بعنوان "النماذج الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية " تناولت هذه الدراسة تعريف النماذج وخصائصها وتصنيفاتها وقام الباحث من خلال هذه الدراسة بتصنيف المشاكل الإدارية بحسب النماذج المستخدمة في حلها وكان من أهم النماذج أو الأساليب التي أشار إليها الباحث في دراسته، هي أساليب الشبكات (أسلوب تقييم ومراجعة المشاريع (ERT) وأسلوب المسار الحرج (CPM)، بالإضافة إلى أسلوب التقييم والمراجعة البياني (GERT) ونموذج البرمجة الرياضية والبرمجة الديناميكية. وتوصلت هذه الدراسة إلى أن استخدام النماذج الكمية في الإدارة يؤدي إلى الوصول لممارسة إدارية ناجحة، وأن هذه النماذج تساعد الإدارة كثيراً في معالجة المشاكل التي تتعرض لها عند قيامها بعملياتها.

د- دراسة سعد (1988) بعنوان " أسلوب مبادلة الوقت بالكلفة ،حالة تطبيقية في شركة الصناعات الخفيفة ومشروع الإطارات الجديد في العراق"، حيث هدفت هذه الدراسة إلي تخفيض وقت أنشطة المشروع في شبكة العمل المُتحصل عليها باستخدام (CPM)، وذلك عن طريق مبادلة الوقت بالكلفة للأنشطة الحرجة، والمكونة للمسار الحرج، مع مراعاة الجوانب الفنية. وتوصلت هذه الدراسة إلى أنّ طريقة المسار الحرج CPM تمثّل الأسلوب العلمي الحديث الذي يتم فيه التخلص من الصعوبات التخطيطية التي تواجه مدراء المشاريع، وحل المشاكل وخاصة تلك المتعلقة بتعجيل وقت المشروع.

هـ- **دراسة عبد المنعم (1989)** بعنوان "نحو مفهوم جديد لعناصر التطور التقني للمشاريع وإداراتها في الدول النامية "، تناولت هذه الدراسة إدارة المشاريع كأحد أهم عناصر التطور التقني كذلك الموارد، وطرق وأساليب العمل، والمواصفات. وتوصلت هذه الدراسة إلى انه من الضروري جدا الاهتمام بتلك العناصر عند القيام بعمليات التخطيط والتنفيذ والرقابة والمتابعة،

مما يؤدي ذلك إلى رفع كفاءة أداء العنصر المفكر والمخطط لهذه العناصر، والمتمثل في الإدارة.

و- **دراسة لمياء (1992)** بعنوان " استخدام أسلوب التحليل الشبكي في جدولة الإنتاج دراسة تطبيقية في شركة صناعات الأصباغ الحديثة"، بغداد، تهدف هذه الدراسة إلى استخدام أسلوب التحليل الشبكي بشكله الدقيق والصحيح في عمليات الجدولة. وتوصلت هذه الدراسة إلى أنّ التحليل الشبكي كتقنية حديثة في الجدولة للنشاطات الإنتاجية، يؤدي إلى اختصار الكثير من الجهد والوقت على المديرين في حالة استخدامه، ويقلل من فرص التأخير في إنجاز الأنشطة للمشاريع ، وضمان إنجازها في الوقت المحدد.

ز- **دراسة نبيل (1992)** بعنوان "استخدام أسلوب بيرت في تخطيط المشروعات ومتابعة تنفيذها"، تناولت هذه الدراسة أحد الأساليب الكمية التي تستخدم كأسلوب علمي لتخطيط المشروعات ومتابعة تنفيذها، وهو أسلوب تقييم ومراجعة البرامج (PERT). وتوصلت الدراسة إلى أنّ استخدام أسلوبي بيرت والمسار الحرج، في مختلف أنواع المشروعات يأتي في إطار تحديث نظم الإدارة بصفة عامة، ويرفع مهارات المدير في مجالي التخطيط والمتابعة على وجه الخصوص، من من خلال إتاحة أداة فعالة في تحليل وتخطيط وتوجيه ورقابة المشروعات والبرامج المعقدة، بما يسهم في تحقيق أهداف المشروع بأقل تكلفة ممكنة، وبأعلى درجة من الكفاءة والفاعلية.

ح- **دراسة علاء (1998)** بعنوان "واقع استخدام الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات" بغداد، تناولت هذه الدراسة واقع استخدام الأساليب الكمية في المؤسسات الصناعية والخدمية في الأردن، والدور الذي يمكن أن تساهم فيه هذه الأساليب، في تحليل المشكلات والمساعدة في اتخاذ القرارات في هذه المؤسسات. وتوصلت الدراسة إلي أنّ تطبيق الأساليب الكمية في تلك المؤسسات يقتصر على مجالات محددة ، ويرجع ذلك إلي قلة المعرفة بهذه الأساليب ومجالات تطبيقها .

ط- دراسة غالب (2002) بعنوان "مدى تطبيق شبكات الأعمال في المشاريع الإنشائية في الأردن وأثرها على التكاليف من وجهة نظر مديري هذه المشاريع"، تناولت هذه الدراسة معرفة مدى تطبيق أسلوب شبكات الأعمال في المشاريع الإنشائية، إضافةً إلى تحديد أهم المعوقات التي تواجه تطبيق هذا الأسلوب. وتوصلت هذه الدراسة إلى ضرورة تفعيل دور المشاريع في اعتماد أسلوب التحليل الشبكي في جدولة وتنفيذ أنشطتها، بعد تهيئة المتطلبات الأساسية لتنفيذها.

ي - دراسة كاسر (2002) بعنوان" خوارزمية مقترحة لتعجيل زمن إنهاء المشروع باستخدام المرونة (الفائض) في زمن النشاط في ظل أسلوب PERT/COST" ، هدفت هذه الدراسة إلى تقديم نموذج كمي لحل مشاكل التعجيل التي تتزايد كلما كبر حجم المشروع، ونظرا لانخفاض كفاءة الطرق التقليدية المعروفة وعدم وجود طريقة عامة نموذجية يمكن بها حل

مشاكل التعجيل في كل المشروعات وكل الحالات. وتوصلت هذه الدراسة إلى تقديم نموذج (خوارزمية) بسيطاً عاماً، يمكن تطبيقه بسهولة ويسر في كل حالات التعجيل، حيث يعتمد بشكل كبير على الفائض بأقل زيادة في التكاليف إن أمكن ذلك فنياً.

ك – دراسة زلفي (2003) بعنوان "دراسة مدى استخدام الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات في القطاعات الصناعية بمدينة جدة"، هدفت هذه الدراسة إلى التعرّف على مدى استخدام وتطبيق الأساليب الكمية في القطاعات الصناعية بمدينة جدة، والتعرّف على مجالات تطبيقها، والمزايا التي يمكن أن تساهم بها هذه الأساليب، في تحليل المشكلات والمساعدة على اتخاذ القرارات الرشيدة، في هذه القطاعات الصناعية. وتوصلت هذه الدراسة إلى أنّ العائق الرئيسي لاستخدام الأساليب الكمية هو ارتفاع التكلفة، وعدم توفر المتخصصين في هذا المجال، وكذلك اقتصاراستخدام الحاسب الآلي في هذه القطاعات على المجالات التقليدية فقط.

من خلال استعراض الدراسات السابقة يمكن تثبيت الملاحظات الآتية :

أ–عدم شمولية تلك الدراسات.

ب–عدم تطبيق تلك الدراسات لأسلوب المسار الحرج عند التخطيط والجدولة لعمليات المشاريع الإنشائية.

وتتميز هذه الدراسة عن الدراسات السابقة بأنها تحاول تطبيق أسلوب المسار الحرج (CPM) على واقع المشاريع الإنشائية الليبية بسبب عدم استخدام هذه المشاريع لمثل هكذا أساليب وتبين ذلك للباحثين من خلال المسح الميداني الأولي للمشاريع الإنشائية الليبية.

ثانياً: منهجية البحث :

تُعبر منهجية البحث عن أهم الخطوات العلمية التي اتبعها الباحثان لتحقيق أهداف هذا البحث ويمكن تناولها كالآتي :

1– مشكلة البحث : يعتبر التخطيط لعمليات المشاريع من العمليات الأكثر تحدياً، والتي تواجه مديري المشاريع، إذ أنّ التخطيط الجيد يتيح لإدارة المشاريع الفرصة للوصول إلى أهدافها المحددة من حيث إتمام عمليات المشروع في الوقت المحدد وفي حدود إمكانياتها المتاحة من الموارد البشرية والمادية، أما التخطيط السيئ فيؤدي إلى عرقلة إدارة المشاريع مما قد يؤدي إلى احتمالية فشل تلك الإدارة في تحقيق أهدافها والمتمثلة في إتمام عمليات المشروع وفق ما هو مخطط له.

وتعتبر عملية الجدولة وسيلة وأداة إدارية حيوية في التخطيط في قطاع الإنشاءات، والتي تعتمد على الخبرات والأساليب الإدارية والهندسية، ولقد أظهرت بعض الدراسات في الدول المتقدمة (هاني، 1998،3) أنّ هناك 50% من المشاريع في بريطانيا مثلاً تجاوزت المدة المقدرة للإنجاز بشهر أو أكثر، كما أظهرت هذه الدراسات أنّ مقدار التغير في الجدولة في الولايات المتحدة يصل إلى (2.5) أسبوع بين المخطط له والواقع الفعلي للإنجاز، لذا فإن هذه المشكلة تتعاظم في ليبيا كدولة نامية، والتي تولي لعملية التخطيط أهمية أقل، هذا إن كانت

هذه العملية موجودة أصلاً، ومن هنا فإنّ الباحثة تُحاول من خلال هذا البحث استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) كأسلوب كمي في التخطيط والجدولة للمشاريع الإنشائية في ليبيا، ويمكن صياغة مشكلة البحث في السؤال التالي :

هل يمكن استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM)، في التخطيط والجدولة لعمليات المشاريع الإنشائية في بيئة المشاريع الإنشائية الليبية ؟

2 – فرضيات البحث : لغرض الإحاطة بمشكلة البحث الموضحة سابقا، فقد تمّ اعتماد فرضية واحدة للبحث، وهي تنص على أن استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في جدولة عمليات المشروع لا يؤثر على:

أ– وقت تنفيذ أنشطة المشروع.

ب– تكاليف تنفيذ الأنشطة من جراء عدم التأثير على أوقات تنفيذها.

ج– مساعد الإدارة في وضع جدول زمني للأنشطة وفق الإمكانيات المتاحة وبالتالي لا يوفر فرصة التخصيص السليم لهذه الإمكانيات وتوزيعها على الأنشطة.

د– تحديد نقاط الاختناق الحاصلة عند تنفيذ أنشطة المشروع ، وبالتالي عدم إيجاد الحلول الناجعة لتحقيق انسيابية هذا التنفيذ في ظل الاستخدام الأمثل للموارد وتأثيرها على كل من الوقت والكلفة .

3– أهداف البحث : إن استخدام أسلوب المسار الحرج بالشكل الدقيق والصحيح في عملية الجدولة يؤدي إلى جملة من الأهداف التي يسعى البحث لتحقيقها وهي :

أ– تحديد شبكة الأعمال المقترحة لتتابع تنفيذ أنشطة المشروع ومعرفة إمكانية إنجاز هذا التنفيذ في أقل وقت وبأقل تكلفة ممكنة وفي ظل الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة، وهذا يحقق للإدارة إمكانية تصميم خطة عمل مستقبلية سليمة.

ب– تحديد متطلبات العمل من موارد وتوزيع المتاح منها بأفضل الطرق الممكنة.

ج– تحديد تأثير استخدام أسلوب المسار الحرج على وقت التنفيذ وبالتالي على تكاليف العمل.

د–تحديد معوقات العمل وأختناقاته ومعرفة أسبابها ومحاولة السيطرة عليها ومعالجتها .

هـ– تقديم التوصيات في ضوء النتائج التي يتم الحصول عليها في الحالة الدراسية لمديري المشاريع الإنشائية والتي قد تساعدهم على القيام بعمليات مشاريعهم على أكمل وجه.

4– أهمية البحث : تنبع أهمية هذا البحث من الآتي :

أ–عند إجراء المسح الأولي للبحث، تبين أنّه لم تجر أي دراسة عملية معمقة في ليبيا تتناول أسلوب المسار الحرج (CPM)، كأسلوب علمي في التخطيط والجدولة لعمليات المشاريع الإنشائية في ليبيا.

ب- تمكين المشاريع الإنشائية في ليبيا من التعرّف على أحد أهم الأساليب العلمية في التخطيط والجدولة وهو أسلوب المسار الحرج (CPM) مما يضمن لإدارتها تحقيق أهدافها وبنجاح، من حيث إنجاز المشاريع في الوقت المحدد، وبأقل كلفة، وكذلك متابعة تقدم سير العمل بالاعتماد على نتائج هذا البحث.

5- مجتمع وعينة البحث : يعتبر مجتمع البحث عبارة عن المشاريع الإنشائية في ليبيا، ولأنّ مجال هذا البحث واسع، ويصعب القيام به على أسس المسح الشامل لجميع المشاريع الإنشائية، فقد اعتمد مشروع بناء عمارة سكنية في جامعة التحدي كدراسة حالة لهذا البحث ويعود ذلك إلى :

أ- قرب المشروع وإمكانية الحصول على المعلومات بأقل صعوبة، إضافة إلى تعاون الجهات ذات العلاقة في إجراء هذا البحث على هذا المشروع.

ب- إنّ هذا المشروع هو أحد مشاريع القطاع العام، التي تخضع لنفس شروط التعاقد من حيث المواصفات الفنية اللازمة لتنفيذ هكذا مشروع.

ج- إنّ هذا المشروع بطبيعته الإنشائية يحاكي العمارات السكنية والمباني العامة، والمراكز التجارية، كما أنّ هذا المشروع يحوي غالبية أنشطة أعمال البناء في ليبيا.

6- منهج البحث : قام الباحثان بالاعتماد على المنهج التحليلي للقيام بهذا البحث وتم استخدام برمجية هندسية للقيام بعمليات التخطيط والجدولة لعمليات الحالة الدراسية وهي برمجية بريمافيرا (Primavera).

7- صعوبات ومحددات البحث : لقد واجه الباحثان عدداً من الصعوبات في هذا البحث أهمها :

أ-عدم توفر برمجيات لجدولة المشاريع يمكن من خلالها أن يعتمد عليها المجدول في تخفيض وقت الأنشطة .

ب- صعوبة القيام بالمسح الشامل للمشاريع الإنشائية في ليبيا .

ج- عدم توفر معلومات موثقة فيما يخص معدلات الأداء للموارد المستخدمة والذي بدوره أدى إلى صعوبة تقدير أزمنة الأنشطة .

ثالثاً: الجانب النظري :

1- مفهوم إدارة المشاريع :

على الرغم من أنّ الإدارة بمفهومها العام، تعتبر قديمة إلا أنّ إدارة المشاريع لم تظهر كعلم متخصص إلا في النصف الأخير من القرن الماضي، وبظهور المشاريع الكبيرة والتي تحتاج عملياتها (تخطيط، جدولة، تقييم) إلى أساليب وتقنيات فعّالة لإنجازها بنجاح، وفي الوقت المحدد، وبالتالي يمكن اعتبار إدارة المشاريع هي إدارة عمليات مسؤولة عن تحويل مدخلات النظام إلى مخرجات ضمن الكفاءة والفاعلية المطلوب تحقيقها، وهي تختص بإنتاج منتجات في

بيئة الإنتاج حسب الطلب(Make To Order)، ولاسيما التي تنطبق عليها مواصفات المشروع، وبسبب هذا التخصص أصبح لإدارة المشروع مفهوم، وطرق، ومعايير تقويم خاصة تختلف عن إدارة أنواع العمليات الأخرى .

وقد عُرّفت إدارة المشروع بعدة تعاريف، حيث تُعرّف بأنّها "هي عمليات التخطيط والجدولة والسيطرة على المشروع"، (Hiezer and Rnder,1988,648)، (Evans,1996,622) . أما الباحث (Rory ,1999, 25) فقد تعامل مع إدارة المشروع على أنّها تطبيق للمهارات، والمعرفة، والوسائل، والتقنيات في نشاطات المشروع، لكي يلبي احتياجات الملاك وتوقعاتهم من المشروع. ويعرّفها الباحثان (Schonberge and Knod,1994,486) بأنّها "عبارة عن عمليات التخطيط، والجدولة، والرقابة، والمتابعة لأنشطة المشروع". ونوضح هذه العمليات فيما يلي.

2- عمليات إدارة المشروع:

أ-عملية التخطيط للمشروع Project Planning

تعتبر وظيفة تخطيط المشاريع أولى وظائف العملية الإدارية، فالإدارة التي لا تخطط، لا يمكن أن تلبي الاحتياجات و تحقق الأهداف، وضمن الموارد المتاحة لها، فالتخطيط إذاً يعبّر عن الأهداف والأساليب التي يمكن الاعتماد عليها لتحقيق هذه الأهداف، (حسين,2002, 18). ويؤكد الباحث (دونالد وآخرون، 2002، 29) على أنّه إذا لم تكن تعرف الطريق الذي ستسلكه، فإنّ الأمر سينتهي بك إلى التوجه إلى مكان آخر، وستضل الطريق في النهاية. كما أنّ عملية التخطيط تساعد على توضيح الرؤية للمدراء والعاملين في إدارة المشروع على حد السواء، ويزيد من إمكانياتهم وقدراتهم على الإنجاز، (طلال، 1990، 72). ويعرّفه (Evans,1996,622) على أنّه " تحديد احتياجات الأنشطة من الموارد المختلفة مثل العمال، والوقت، والأموال، والمواد والمعدات، وأي احتياجات أخرى تساعد على إنجاز الأنشطة ".

ويمكن القول بأنّ عملية التخطيط عملية مستمرة، بهدف تعظيم الخطة ومعالجة التغيرات، التي يمكن أن تحدث خلال دورة حياة المشروع، (محمد ،2001 ،34) .

ب- جدولة العمليات Operations Scheduling :

مما سبق يتضح أنّ عملية التخطيط تضمن تقدير الموارد، وبالتالي تسهيل عملية التخصيص لهذه الموارد، وذلك من خلال عملية الجدولة، أي أنّ عملية الجدولة تكون مقيدة بكل قيود عملية التخطيط، وتهدف جدولة الأنشطة إلى تحقيق الاستخدام الفعّال والكفء للموارد المتاحة للمشروع، (محمد، 1998 ،324). كما يمكن القول أنّ عملية الجدولة، هي العملية التي يتم بمقتضاها تطبيق خطة المشروع، وتحويل الأنشطة إلى جدول زمني يظُهر متي وأين يأخذ كل نشاط مكانه، (سونيا،2002، 183). أما الباحث (محمود وآخرون،1989 231) فقد عرّف عملية الجدولة بأنّها" خريطة زمنية توضح بداية ونهاية كل نشاط في المشروع، بالإضافة إلى ذلك فإنّ الجدول الزمني يحدد الأنشطة المتحكمة، والتي تتطلب بطبيعتها اهتماماً خاصاً". كما

يمكن تعريفها على أنّها "العملية التي يتم في ضوئها ربط الموارد (الأفراد، الأموال، المكائن، المعدات، المواد) بنشاطات محددة وكذلك ربط النشاطات ببعضها البعض، حسب أسبقياتها" (حسين،1997، 539).

مما سبق يمكن الوصول إلى تعريف لعملية الجدولة وهو وضع جدول زمني لضمان تنفيذ أنشطة المشروع في الوقت المحدد وحسب الإمكانيات المتاحة. وتبرز أهمية جدولة عمليات المشروع من خلال الآتي:

1- تؤدي الجدولة إلي ضبط نشاط المشروع بعد تحديد المراحل اللازمة لتنفيذه (حسن ،2002, 175) .

2- يؤدي قصور أو ضعف فاعلية الجدولة إلى ضعف استغلال موارد المشروع أو إهدارها ، بما يؤدي إلى زيادة التكاليف وتأخير مواعيد التسليم، وغرامات التأخير، (أحمد، 1998، 424) .

3- من خلال عملية الجدولة، يمكن العمل على خفض وقت التنفيذ، وذلك باستخدام أساليب معينة، مثلا تبادل الموارد بين الأنشطة، (سعد، 2003، 245).

ج- متابعة أنشطة المشاريع Project Monitoring :

تأتي العملية الثالثة من عمليات إدارة المشاريع، وهي متابعة التنفيذ لأنشطة المشاريع (الأداء، الكلفة، الزمن) لتحتل مكانة مرموقة في عالم المشاريع، حيث تعمل كافة الأجهزة الرقابية، على خدمة أهداف المشاريع، شرط أن تأتي هذه الأهداف مطابقة للمعايير التي وضعت مسبقاً لها، (حسن ،2002، 244). ويؤكد الباحثان (محمود، 1993، 19) (وليم، 481،2002) في هذا المجال على أنّ عملية المتابعة يجب أن تركز على قياس النتائج الفعلية، ومقارنتها بمخططات المشاريع الموضوعة، لتحديد اتجاه الانحرافات، واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة، وهذه العملية مستمرة، حيث يمكن وفي أي لحظة الوقوف على أداء الأنشطة أثناء التقدم في إنجاز أنشطة المشروع.

ويمكن تعريف عملية المتابعة على أنّها "عبارة عن الأنشطة التي تهدف، إلى التأكد من أنّ التنفيذ يتم حسب الخطة الموضوعة، وهي عملية تقييم للموقف، وتعتمد على جمع بيانات التنفيذ الفعلي، وتحليلها، وتحويلها إلى مؤشرات للأهداف الموضوعة، وتحديد الفجوة بينهما، ثم تحليل أسباب تلك الفجوة، واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة "(Harvey 1996,139). ومن الواضح أنّ مدير المشروع (Rory,1999,148) يلعب دوراً مهماً في إنجاز هذه العملية من خلال الآتي :

أ- وضع نظام لرقابة التكلفة، ومقارنتها مع احتياجات المشروع .

ب- توزيع المسؤوليات للإدارة ، وتحليل البيانات المالية ، والربط بينها وبين التكاليف لأنشطة المشروع .

ج- التأكيد على أنّ التكلفة تمّ توزيعها على الأنشطة والعمليات بصورة مناسبة .

د- التأكيد على أنّ التكلفة تمّ تعريفها في كل نشاطات المشروع .

هـ- التأكيد على حساب التكلفة بالصورة الصحيحة لنشاطات المشروع.

و- التأكد من أنّ للمشروع ميزانية مخصصة له ، ومستقلة عن غيره من المشاريع الأخرى .

مما سبق يمكن القول بأنّ عملية المتابعة تتعلق بنشاطات إدارة المشروع ، التي تؤدى خلال تنفيذ المشروع لغرض الربط بين ما هو مخطط وما ينفّذ فعلاً .

3- أسلوب المسار الحرج(CPM):

ويرمز CPM إلى الأحرف الأولى للاصطلاح الإنجليزي (Critical Path Method) والذي يعرف باسم (أسلوب المسار الحرج) ويعتبر هذا الأسلوب ملائماً لتخطيط ومتابعة مشاريع مشابهة لمشاريع سبق وأن نفذت في فترات سابقه ومتوفرة عنها معلومات وخبرة كافية (علي وآخرون، 280،1999). ويساعد هذا الأسلوب مدراء المشاريع على اتخاذ القرارات، سواء في تحليلهم أو تخطيطهم أو جدولتهم للمشاريع الموكلة إليهم ، وخاصة الكبيرة والمعقدة (حسن، 2002، 195) وهو أسلوب مماثل لأسلوب (بيرت) حيث يهتم بدراسة العلاقة بين الوقت والكلفة في تنفيذ عمليات المشروع لمعرفة مدى تحقيق أكبر وفر ممكن في الوقت اللازم للتنفيذ من خلال عملية المبادلة بين المسارات المختلفة لتنفيذ أنشطة المشروع(نبيل، 1992، 121) ويتضمن استخدام أسلوب المسار الحرج عدد من المراحل (هاني، 1998، 57)، (محمد ،2001، 95) وتتمثل بالآتي:

المرحلة الأولى : الإعداد والتكوين : وتشتمل هذه المرحلة على تحليل المشروع ووضع قائمة بالأنشطة والتي بتنفيذها يتم إكمال المشروع وكذلك تقدير زمن وتكلفة تلك الأنشطة وترتيب الأنشطة وتحديد أسبقياتها.

المرحلة الثانية: رسم الشبكة وحساب الأزمنة : يتم رسم الشبكة وحساب الأزمنة في أسلوب (CPM)إما يدويا أو باستخدام الحاسب الآلي. بعد الحصول على شبكة العمل يتم إجراء الحسابات لأزمنة البدء والانتهاء المبكرة للأنشطة، وكذلك يتم الحصول على الفائض لتلك الأنشطة والذي من خلاله يتم تحديد الأنشطة الحرجة بالتالي المسار الحرج الذي يمثل بدوره أقل وقت من الممكن أن ينجز فيه المشروع (مدة المشروع).

المرحلة الثالثة : التطبيق :

بالاعتماد على المعلومات الواردة من المرحلة الثانية بعد بناء الشبكة وتحديد المسار الحرج والأنشطة غير الحرجة وقيم الفائض وباستخدام مفهوم الإدارة الاستثنائية يمكن إحكام عملية المراقبة والسيطرة على الأنشطة الحرجة ومتابعتها.

رابعاً:استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في جدولة عمليات مشروع بناء عمارتين سكنيتين بجامعة التحدي .

1- وصف المشروع قيد الدراسة :

يقع المشروع داخل حرم جامعة التحدي في مدينة سرت على قطعة أرض مساحتها (870) م^2 تقريبا ويتألف المشروع من إنشاء عمارتين سكنيتين ذات أربع طوابق لكل منهما ومتكونة من ثمان شقق وتقع كل عمارة على مساحة (420) م^2 تقريبا. ويشمل المشروع القيام بأعمال الهيكل من أساسات وقواعد وأعمدة وجدران من الخرسانة المسلحة كما يشمل المشروع على تنفيذ الأعمال الصحية وملحقاتها من تمديدات لمواسير المياه الباردة وتمديدات المجاري ويتضمن العمل بالمشروع القيام بتنفيذ جميع أعمال التشطيبات اللازمة من لياسة وبياض ونجارة وبلاط مختلف وأعمال معدنية وألمنيوم وإنهاء الأسطح وأعمال كهربائية مختلفة بالإضافة إلى تنفيذ الأعمال الخارجية مثل الأرصفة الخارجية.

تخضع شروط تنفيذ المشروع لمتطلبات لجدول الكميات و كراسة المواصفات المعدة من قبل الإدارة العامة للشؤون الفنية والمشروعات بالجامعة حيث تم مراعاة المواصفات التي تحكم سائر المشاريع الإنشائية في ليبيا من حيث تنفيذ أعمال وأنشطة المشروع. تم تصميم المشروع وإعداد المخططات المختلفة له وإعداد جدول الكميات ووثائق العطاء للمشروع من قبل إدارة المشروعات بالجامعة وتم الإعلان وطرح العطاء من قبل الإدارة العامة للجامعة عن طريق المناقصة بالمنافسة الحرة وذلك بأسلوب تسعير وحدة العمل الواحدة (يوم عمل) لكل نشاط من أنشطة المشروع.

تتألف وثائق العطاء للمشروع من جميع الوثائق والمستندات المتعلقة بالمشروع والمخططات والمواصفات وجدول الكميات ونموذج عقد الاتفاقية الموقع بين أطراف العقد وجميع ما يصدر من تعليمات ومراسلات لاحقا أثناء تنفيذ المشروع. تتكون أطراف العقد للمشروع قيد الدراسة من المالك وهو جامعة التحدي (المشرف على التنفيذ) والمنفذ شركة ليبية محلية (قطاع خاص). والآتي بيانات عامة عن المشروع قيد الدراسة :

- بلغت قيمة عطاء المشروع 745,990,728 دينارا ليبيا.
- مدة العمل للعطاء بعد التعديل تسع شهور .
- غرامة التعويض الإتفاقي (التأخير) = 0,01 % عن كل يوم تأخير من قيمة الإعمال المتأخرة إذا كانت هذه الأعمال لاتمنع الاستفادة من الأعمال المنجزة .

و0,001 % من القيمة الإجمالية للعقد إذا كان لايمكن الاستفادة من الأعمال المنجزة من المشروع .

- الحد الأدنى لقيمة الدفعة على الحساب =000 100 دينار شهريا.
- قيمة سلفة بداية المشروع لم يتم الاتفاق عليها.
- تم استلام الموقع بتاريخ 4 .12 .2005 وكان أمر المباشرة هو 2005.1.18 حيث تم تغيير نوع الأساسات من منفردة إلى أساس حصيري بعد إجراء دراسة على تربة الموقع.

– موعد استلام المشروع استلاما ابتدائيا بعد نهاية العمل أما الاستلام النهائي فيكون بعد سنة من الاستلام الابتدائي .

2-تطبيق نموذج الجدولة المقترح (CPM) على المشروع قيد الدراسة :

سبقت الإشارة إلى أهم الخطوات التي يجب أن يتبعها المُجدول لضمان نجاح عملية الجدولة من خلال استخدام أسلوب(CPM) ويتم تطبيق تلك الخطوات كالتالي:

2-1: تقدير الزمن اللازم لتنفيذ الأنشطة : تم تقدير المدة الزمنية اللازمة لأنشطة المشروع قيد الدارسة بناءً على عدد من الاعتبارات وهي كمية ونوع العمل وتحديد نوعية الموارد التي تستخدم في تنفيذ هذا النشاط (أعمال- معدات) وعدد الموارد أو كميتها (عدد فرق العمل) حيث تم افتراض استخدام المجدول لفريق واحد من الموارد لكل نشاط وكذلك تم أخذ أسبقيات الأنشطة بعين الاعتبار عند تحديد مدتها الزمنية.كما مبين بالملحق رقم(1) .

2-2: تحديد أسبقيات أنشطة المشروع :لقد تم تحديد جميع العلاقات المنطقية بين الأنشطة كما تم استخدام عوامل التتابع المنطقي الأربعة أينما وجدت تلك الأسبقيات للأنشطة والتي تُعبر عن العلاقات التي من الممكن أن تربط نشاط معين في شبكة العمل بنشاط واحد أو عدة أنشطة أخرى مراعين في ذلك الجوانب الفنية أو الهندسية للمشروع قيد الدراسة وهي إما أن يكون نهاية نشاط ببداية نشاط آخر FS (Finish To Start) حيث هذه العلاقة تعني أنه لا يمكن البدء في النشاط الثاني إلا بعد الانتهاء من النشاط الأول وبشكل نهائي .

أو أن تكون بداية نشاط ببداية نشاط آخر SS (Start To Start) حيث تعني هذه العلاقة أنه يمكن البدء في النشاط الثاني بعد بداية النشاط الأول بفترة معينة .

أو أن تكون بداية نشاط بنهاية نشاط آخر SF (Start To Finish) وهي علاقة تعني أن النشاط الثاني لا يستطيع أن ينتهي إلا بعد أن يبدأ النشاط الأول بفترة زمنية معينة.

أو أن تكون نهاية نشاط بنهاية نشاط آخر FF (Finish To Finish) وهي علاقة تعني أن النشاط الثاني لا يستطيع أن ينتهي إلا بعد أن ينتهي النشاط الأول بفترة زمنية معينة. ويُعبر عن هذه الأسبقيات أو العلاقات في شبكة العمل للمشروع قيد الدراسة بالأسهم التي تربط بين العقد (الأنشطة) المكونة لتلك الشبكة ويمكن ملاحظة ذلك من الملحق رقم (1).

2-3:تخصيص الموارد في الجدولة المقترحة : تم تقدير و تخصيص الموارد اللازمة لإنجاز الأنشطة وتقدير تكاليفها، وذلك من خلال المقابلة الشخصية مع إدارة المشروع من قبل الباحثين، وكذلك من خلال المعلومات الموجودة في وثائق المشروع والتي تم من خلالها معرفة معدلات إنتاج الموارد اللازمة لتنفيذ الأنشطة إضافة إلى معرفة معدلات مستوى العمالة والآليات والمعدات المتاحة للمشروع، كما سبق وأشرنا عند تحديد الوقت اللازم لإنجاز الأنشطة، يفترض في البداية أن تكون الموارد اللازمة لإنجاز أي نشاط معين متاحة، وقد تكون الموارد التي نحتاج اليها، أموالاً أو أفراداً من فئات مختلفة إداريين أو مهندسين أو فنيين أو عمال مهرة أو غير مهرة، وقد تكون معدات أو آلات أو أي موارد أخرى يتطلبها إنجاز تلك الأنشطة.

هذا بالنسبة للأوقات الاعتيادية ولكن قد نكتشف أن بعض تلك الموارد ستسبب للإدارة الاختناقات في العمل وخصوصاً عندما تنرغب في تسريع وقت تنفيذ الأنشطة بشكل كبير.

إن عملية تخصيص تلك الموارد تساعد المجدول (المخطط) في وضع الأوقات اللازمة لتنفيذ الأنشطة المختلفة للمشروع ، حيث تمت عملية التخصيص والجدولة لموارد المشروع قيد الدراسة بالاعتماد على الأسس التالية :

أ- المعرفة التامة والدقيقة بالأنشطة المطلوب تنفيذها وكيفية تقدير كميات الأعمال لتلك الأنشطة .

ب- تحديد الموارد المتاحة لتنفيذ الأنشطة تحديداً دقيقاً .

ج- توزيع كل مورد من الموارد على الأنشطة المطلوب تنفيذها توزيعا يضمن الاستغلال الأمثل لهذه الموارد ويجب أن يتم توزيعها بالشكل الذي يضمن الاستفادة الكاملة منها وعدم ترك أي جزء منها معطلاً لفترة والملحق رقم (2) يبين الأنشطة والموارد المخصصة لها في الجدولة المقترحة.

2-4: رسم شبكة العمل: بعد تحديد الأنشطة وترميزها وتحديد أسبقياتها، وتنظيمها بالشكل الذي يراعى جميع النواحي الفنية للمشروع، وتقدير الأزمنة اللازمة لتنفيذ هذه الأنشطة، تم إدخال البيانات الواردة من تلك الخطوات في البرنامج (Primavera). وبعد معالجة تلك البيانات تم رسم الشبكة الممثلة لتلك الأنشطة مراعين في ذلك أسبقياتها وعلاقات الترابط فيما بين تلك الأنشطة وفي المشروع ككل. وتم الاعتماد على طريقة التمثيل بالعقد(AON) للأنشطة عند رسم الشبكة حيث تم وضع البيانات الخاصة بكل نشاط داخل تلك العقد، والتي اشتملت على رمز النشاط (الكود) وتوصيف النشاط ومدة تنفيذه والأزمنة المبكرة والمتأخرة له، وكذلك الفائض الحر والفائض الكلي لكل نشاط ولطول شبكة العمل فقد تم أخذ مقطع توضيحي لها كما في الملحق رقم (3).

2-5: برنامج بريمافير ا (Primavera) المستخدم في المشروع قيد الدراسة : يعتبر هذا البرنامج برنامجا متكاملا لأعمال التخطيط والجدولة الزمنية وتوزيع الموارد ومراقبة التكاليف للمشاريع المختلفة ولذلك فإن هذا البرنامج يقدم الأداة العملية الجيدة على أساس علمي قوي ، والتي يمكن من خلالها إدارة المشروع في مختلف مراحله، ويتكون هذا البرنامج من الوحدات الأربعة الأساسية التالية (شريف،2003، 57) :

أ- وحدة المعالجة : The Net Work Processing Modul

هذه الوحدة خاصة بالتخطيط الشبكي لأنشطة المشروع وحساب أوقات البدء والانتهاء لكل نشاط وكذلك حساب مدة المشروع وتعريف الأنشطة الحرجة وبالتالي المسار الحرج.

ب-وحدة جدولة الموارد: The Resources Scheduling Module

وتختص هذه الوحدة بحساب وتوزيع الموارد المتوفرة والمطلوبة على الأنشطة المختلفة للمشرع والجدولة الزمنية لتلك الموارد .

ج- وحدة التكلفة: The Cost Module

من خلال هذه الوحدة يمكن متابعة تكلفة الأنشطة المختلفة للمشروع.

د- وحدة التقارير: The Reports Module

هذه الوحدة تختص بإعداد التقارير اللازمة للخطة الزمنية للتنفيذ والموارد، وأيضا إعداد التقارير اللازمة لمتابعة ومراقبة المشروع في مختلف مراحله.

ولقد استخدم الباحثان برمجية بريمافيرا (Primavera) في عملية الجدولة ورسم شبكة الأعمال لما لهذه البرمجية الهندسية من فوائد في هذه العملية فمميزاتها تساعد المجدول في الآتي:

1- إمكانية الجدولة بجميع علاقات الأسبقيات .

2- إمكانية إضافة أنشطة جديدة طارئة على المشروع وإعادة الجدولة دون إرباك في العمل.

3- إمكانية جدولة الموارد مع إدخال كامل التكاليف اللازمة لها .

4- إمكانية البناء والحصول على المخططات الشبكية(AON) وعلى الخرائط البيانية المستندة إلى مقياس زمني مع توضيح العلاقات بين الأنشطة وإبراز المسار الحرج والأنشطة الحرجة.

5- سهولة الحصول على مثل هذه البرمجية من حيث التكلفة، وكذلك العمل بها من خلال النوافذ(Windows) والذي يسهل العمل ويختصر الزمن إلى الحد الأدنى.

6- يوفر للمجدول وسائل أتصال متعددة من تقارير ورسومات بأشكال متعددة وجداول مطبوعة مما يسهل عملية المتابعة والسيطرة عند تنفيذ العمل وبالتالي تحديد التكلفة ونسب الإنجاز عند أي نقطة زمنية أو خلال فترة زمنية محددة .

ومن خلال هذه الإمكانيات والأسلوب المنطقي لبرمجة المشروع يتم معالجة البيانات المُدخلة للحصول على جدولة لأنشطة المشروع وهو ما تسعى إدارة المشروع للوصول إليه .

خامساً:تحليل النتائج :

سيتم خلال هذا الموضوع حساب أزمنة البدء والإنتهاء للأنشطة وكذلك الفائض الكلي والحر لها، وتوضيح أهمية تلك الأزمنة بالنسبة لأنشطة المشروع قيد الدراسة قدر الإمكان وكما يأتي:

1 -حساب أوقات البدء والانتهاء المبكر للأنشطة في شبكة العمل :

بافتراض أن بداية أي نشاط من بداية يوم العمل أما نهايته من نهاية يوم العمل = بداية النشاط اللاحق حيث يمكن تحديد تلك الأزمنة بتطبيق المعادلات التالية و التي سبق ذكرها في الجانب النظري وهي :

$ES_B=Max\ (LF_A+D_B)$..... (1)

$EF_B=\ \ (ES_B+D_B)$..... (2)

فمثلاً لتحديد أزمنة البدء والانتهاء المبكرة لنشاط صب أعمدة الدور الثالث (ADC_{33}) يكون كالتالي :

ES=27.8.05=28.8.05 Day

Day 2.9.05EF=28.8.05+6=

أما نشاط تركيب الشدة الخشبية لسقف الدور الثالث (ADC_{41}) فيمكن حساب أزمنته كالتالي :

ES=2.9.05=3.9.05 Day

EF=3.9.05+7=9.9.05 Day

أما أزمنة نشاط تركيب حديد تسليح سقف الدور الثالث (ADC_{42}) كالتالي :

ES=9.9.05=10.9.05 Day

EF=10.9.05+4=13.9.05 Day

أما نشاط صب سقف الدور الثالث(ADC_{43}) فأزمنته هي :

ES=13.9.05=14.9.05 Day

EF==14.9.05+17=30.9.05 Day

أما نشاط عمل مباني الدور الثالث (ADB) فأزمنته هي :

ES=30.9.05=1.10.05 Day

EF=1.10.05+10=10.10.05 Day

أما نشاط تركيب التمديدات الصحية (AW_{16}) فأزمنته هي :

ES=30.9.05=1.10.05 Day

EF=1.10.05+20=20.10.05 Day

أما نشاط تركيب الشدة الخشبية للذروة (ARC_{91}) فيمكن حساب أزمنته كالتالي:

ES=30.9.05=1.10.05 Day

EF=1.10.05+7=7.10.05 Day

أما فيما يخص نشاط تركيب حديد تسليح للذروة (ARC_{92}) فأزمنته هي :

ES= 7.10.05=8.10.05 Day

EF=8.10.05+4=11.10.05 Day

أما نشاط تركيب حلق الأبواب (AW_{11}) فأزمنته هي :

ES=30.9.05=1.10.05

EF=1.10.05+4=4.10.05 Day

أما نشاط صب أعتاب الدور الثالث(ADC_8) فأزمنته هي :

ES=10.9.05=11.10.05 Day

EF=11.10.05+3=13.10.05 Day

وبنفس الطريقة السابقة تجرى الحسابات لباقي أنشطة المشروع كما هو مبين في الملحق (1).

2- إيجاد الفائض لكل نشاط لتحديد الأنشطة الحرجة:

لقد سبق وأن أشرنا إلى وجود نوعين من الفائض للأنشطة، هما:

أ- الفائض الحر :Free Float

وهو يعبر عن الوقت الذي من الممكن أن يتأخر به نشاط معين دون أن يؤثر ذلك على البداية المبكرة لنشاط آخر يليه.

ويتم حساب هذا الوقت عن طريق المعادلة (3) والتي سبق ذكرها في الجانب النظري وهو يمثل الفرق بين النهاية المبكرة للنشاط وأقل بداية مبكرة للأنشطة اللاحقة لذلك النشاط .

$FF_A = Min(ES_B - EF_A)$ ..... (3)

فمثلاً لحساب زمن الفائض الحر لنشاط صب أعمدة الدور الثالث (ADC_{33}) هو :

FF=3.9.05-2.9.05 =0 Day

أما نشاط تركيب الشدة الخشبية لسقف الدور الثالث (ADC_{41}) فيمكن حساب فائضه الحر كالتالي :

FF=10.9.05-9.9.05 =0 Day

أما الفائض الحر لنشاط تركيب حديد تسليح سقف الدور الثالث (ADC_{42}) كالتالي :

FF=14.9.05-13.9.05 =0 Day

أما الفائض الحر لنشاط صب سقف الدور الثالث(ADC_{43}) هو:

FF=1.10.05-30.9.05 = 0 Day

أما الفائض الحر لنشاط عمل مباني الدور الثالث (ADB) هو:

FF=11.10.05-10.10.05= 0 Day

أما الفائض الحر لنشاط تركيب التمديدات الصحية (AW_{16}) هو:

FF=21.10.05-20.10.05= 0 Day

تركيب الشدة الخشبية للذروة (ARC_{91}) فيمكن حساب الفائض الحر كالتالي:

FF=8.10.05-7.10.05= 0 Day

أما فيما يخص نشاط تركيب حديد تسليح للذروة (ARC_{92})الفائض الحر:

FF=12.10.05-11.10.05 = 0 D ay

أما الفائض الحر لنشاط تركيب حلق الأبواب (AW_{11}) هو:

FF=15.11.05-4.10.5 = 41 Day

أما نشاط صب أعتاب الدور الثالث(ADC_8) الفائض الحر له :

EF=14.10.05-13.10.05 = 0 D ay

وبنفس الطريقة يتم حساب الفائض الحر لبقية الأنشطة في شبكة العمل والجدول .

ب- الفائض الكلي Free Float :

ويعبر عن أقصى وقت يمكن أن يتأخر به النشاط دون أن يسبب ذلك تأخيراً في وقت إتمام المشروع ككل ويمكن الحصول عليه بتطبيق إحدى المعادلتين (4) أو(5) ويجب أن تكون النتيجة واحدة في الحالتين لنفس النشاط .

TF=LS-ES ..... (4)

TF=LF-EF..... (5)

أي الفرق بين البدايات = الفرق بين النهايات لنفس النشاط فمثلاً :

أما نشاط صب أعمدة الدور الثالث (ADC_{33}) فالفائض الكلي له هو :

TF=28.8.05-28.8.05 =0 Day

أما نشاط تركيب الشدة الخشبية لسقف الدور الثالث (ADC_{41}) فائضه الكلي هو:

TF=3.9.05-3.9.5 = 0 Day

أما نشاط تركيب حديد تسليح سقف الدور الثالث (ADC_{42}) ففائضه الكلي هو:

TF= 10.9.05-10.9.05 = 0 Day

أما الفائض الكلي لنشاط صب سقف الدور الثالث (ADC_{43}) هو:

TF=14.9.05-14.9.05 = 0 Day

وكذلك نشاط عمل مباني الدور الثالث(ADB) الفائض الكلى له هو :

TF=10.10.05-10.10.05 = 0 Day

أما نشاط تركيب التمديدات الصحية (AW_{16}) فالفائض الكلي له هو:

TF=30.10.05-1.10.05 = 29 Day

الفائض الكلي لنشاط تركيب الشدة الخشبية للذروة (ARC_{91}) هو:

TF= 1.11.05-1.10.05 = 31 Day

أما الفائض الكلي لنشاط تركيب حديد التسليح للذروة (ARC_{92})هو:

TF=8.11.05-8.10.05= 31 Day

أما الفائض الكلي لنشاط تركيب حلق الأبواب (AW_{11}) هو:

TF=20.11.05-1.10.05 = 50 Day

أما النشاط صب أعتاب الدور الثالث(ADC_8) فيحسب فائضه الكلي كالتالي:

TF= 11.10.05-11.10.05= 0 Day

وبنفس الطريقة السابقة يمكن حساب الفائض الكلي لجميع الأنشطة على شبكة العمل المتحصل عليها، وكقاعدة عامة عندما يكون الفائض الكلي للنشاط (صفر) فإن فائضه الحر يكون أيضاً(صفر) وبمعنى آخر يكون هذا النشاط نشاطاً حرجا والملحق (1) يبين ذلك.

ج- تحليل الفائض الكلي والحر للأنشطة في المشروع قيد الدراسة :

بالنظر إلى الأنشطة في شبكة الأعمال نلاحظ أن بعض هذه الأنشطة غير الحرجة فائضها الكلى موجب، كما هو في نشاط تركيب التمديدات الصحية ونشاط تركيب الشدة الخشبية للذروة وعلى الرغم من ذلك فإن فائضها الحر يساوي(الصفر) .

أي أن لهذه الأنشطة وقت فائض كلي وليس لها وقت فائض حر فالأنشطة التي لها وقت فائض كلى قد يكون أولا يكون لها وقت فائض حر وفي كل الحالات التي تم إيضاحها لا يجب أن يزيد الفائض الحر عن الفائض الكلي لأي نشاط من أنشطة المشروع كما هو مبين في الملحق (1) .

ويمكن لمدير المشروع أو المُجدول أن يستفيد من هذا التحليل للفائض الكلي والحر لكل نشاط في تحديد المرونة المتاحة أمامه في جدولة النشاط .

فعندما يكون للنشاط وقت فائض كلي يساوى (صفر) فإن ذلك يعني أن جدول هذا النشاط لايمكن تأخيره (البداية المبكرة هي البداية المتأخرة) وأي تأخير في وقت البدء المحسوب سوف يترتب عليه تأخير المشروع ككل وكما هو مبين أدناه :

1-أثر الفائض الكلي على الأنشطة الحرجة :

فمثلاً: النشاط عمل بر دورة خارجية بدايته المبكرة تساوى بدايته المتأخرة وهى بتاريخ: (2.1.06)أي أن فائضه الكلى يساوى (صفر) وعندما تم تأخير هذا النشاط عن بدايته المحددة بمقدار يوم واحد أصبحت بدايته بتاريخ(3.1.06) بدلاً من البداية السابقة وهى (2.1.06) أى مقدار التأخير يوم واحد فقط أدى ذلك إلى تأخير وقت إتمام المشروع ككل بمقدار التأخير في ذلك النشاط و بدلاً من أن ينجز المشروع في يوم(21.1.06) اصبح تاريخ إنجازه(22.1.06).

2-أثر الفائض الكلي على الأنشطة غير الحرجة :

وبعكس ذلك فالأنشطة التي لها وقت فائض كلى أي غير الحرجة فأنها تتيح للمجدول أو ولمدير المشروع والقائم على عملية الجدولة للأنشطة المناورة بتحديد تاريخ البدء في تنفيذ تلك الأنشطة معتمدين في ذلك على مرونتها ويفيد ذلك في أجراء عملية التسوية لمستويات الطاقة التي يتم استخدامها مما يساعد في استغلال الموارد المخصصة للأنشطة الاستغلال الأمثل فبدلاً من أن يكون هناك ضغط عليها في فترات محددة وخاصة تلك المشتركة وتركها دون استخدام فترات أخرى فيمكن إعادة توزيع الموارد عن طريق إعادة جدولة الأنشطة التي ليست حرجة فبدلاً من أن تتم الجدولة بالبدايات المبكرة يتم إجراء عملية الجدولة لتلك الأنشطة بالبدايات المتأخرة كلما أمكن ذلك .

وتجدر الإشارة إلى أن إمكانية إجراء مثل هذه العملية في الجدولة المستخدمة في المشروع قيد الدارسة تكاد تكون غير ممكنة حيث أن الأنشطة تم تحديد تاريخ بدء واحد لها ولم يتم تحديد فائضها الكلي وبالتالي لايمكن للمجدول أن يناور في البدء بتلك الأنشطة، أما أسلوب (CPM) المقترح فهو يساعد المجدول على أجراء مثل هذه العملية بسهولة ويسر .

فمثلاً: نشاط تركيب سيراميك الحوائط له بدايتان بداية مبكرة وهى بتاريخ (21.10.05)أما باديته المتأخرة فهي بتاريخ (19.11.05) فعندما تم تأخير البدء بهذا النشاط بمقدار (28) يوم وأصبحت بدايته المبكرة بتاريخ (18.11.05) وبدايته المتأخرة هي(19.11.05) ودون أن يؤثر ذلك على مدة المشروع ككل .

سادساً:الاستنتاجات والتوصيات

1- الاستنتاجات : في ضوء أهداف هذا البحث تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية :

أ- يمتاز أسلوب (CPM) بتوضيحه التام لعلاقات التتابع المنطقي بين الأنشطة المكونة للمشروع ، حيث يعطي تصور بياني واضح لإدارة المشروع لما يجب إنجازه والبدء به من الأنشطة بشكل دقيق ، في حين أن أسلوب الخرائط البيانية المستخدم من قبل إدارة المشروع قيد الدراسة يخلو من هذا الوضوح .

ب- يوفر أسلوب (CPM) معلومات واضحة عن مدى تأثير تأخر البدء أو الانتهاء لأي نشاط على موعد إنجاز النشاط الذي يتبعه أو موعد إنجاز المشروع ككل كما هو الحال في نشاط عمل بردورة خارجية، ونشاط تركيب سيراميك الحوائط وذلك من خلال حساب الفائض الحر والفائض الكلي لتلك الأنشطة المكونة للمشروع قيد الدراسة.

ج- باستخدام أسلوب (CPM) تم تحديد حجم الموارد المطلوبة ومواعيد الاحتياج إليها إذ أن تطبيق هذا الأسلوب جعل بإمكان مقاول الأعمال الكهربائية في المشروع أن يحدد حجم الموارد ضمن إمكانياته، ويتضح هذا الأمر في الملحق رقم (2) حيث كانت حاجة المقاول إلى(2) فني كهرباء +(2) مساعد فني كهرباء لتركيب دائرة إنارة للدور الأرضي وذلك لمدة ثلاث أيام بينما لا يمكن تحقيق ذلك في الأسلوب المتبع من قبل إدارة المشروع بشكل فعلي.

د- دّلت نتائج الدراسة بأن أسلوب(CPM) يمتاز بوضوح منطق الجدولة من خلال استخدام مبدأ الإعتمادية بين الأنشطة وتمثيله في الجدولة بالأسبقيات، وهذا يحقق جدولة مرنة للأنشطة المكونة للمشروع تمكننا من إعادة جدولتها متى اقتضى الأمر ذلك، سواء في حالة تأخر تنفيذ أحد الأنشطة؛ لأن أسبقياتها تكون معروفة لدى المجدول أوفي حالة رغبة إدارة المشروع التسريع في مدة إنجاز أنشطته.

هـ- كشفت نتائج تطبيق أسلوب (CPM) بأنه يمتاز بمطابقته لمفهوم الإدارة الاستثنائية وذلك عن طريق توضيحه الأنشطة الحرجة البالغ عددها(51) نشاطاً حرجاً مما يلفت انتباه إدارة المشروع إلى ضرورة الاهتمام بها أكثر من غيرها.

و- من النتائج أعلاه تدل الدراسة على أن أسلوب(CPM) أكفأ من أسلوب خرائط (جانت) المستخدمة في المشروع قيد الدراسة من حيث تحديد الاحتياجات من الموارد المطلوبة وأوقات الاحتياج إليها وتكوين جدولة مرنة لتلك الموارد .

ز- من خلال المقابلات الشخصية مع العاملين في المشروع قيد الدراسة اتضح للباحثين الآتي:

1- عدم معرفة جميع العاملين بالمشرع قيد الدراسة بأسلوب (CPM) سواء من حيث المفاهيم أوآلية التطبيق أو الفوائد التي يحققها هذا الأسلوب في حالة استخدامه.

2- أن مدة المشروع شكلت محدداً لدى المجدول وأخذت شكل مسلم به وبناء على ذلك تم توزيع أنشطة المشروع وجدولتها بحيث تبقى ضمن هذه المدة.

ح- تدل الدراسة على أن استخدام أسلوب (CPM) يحقق جدولة مثلى للمشروع قيد الدراسة بأقل زمن وتكلفة وذلك من خلال توفيره معلومات عن قيم الفائض في أزمنة الأنشطة مما يساهم ذلك في تحديد الأنشطة غير الحرجة والتي من الممكن تخفيض وقتها وكذلك الأنشطة الحرجة التي لا يمكن تخفيض وقتها، بينما لم يتحقق ذلك بواسطة أسلوب خرائط جانت المستخدم في المشروع.

ط- دّلت نتائج الدراسة على أن مدة المشروع هي (369) يوماً ويمكن ملاحظة ذلك من خلال شبكة الأعمال التي تم بناءها بينما تم تنفيذ المشروع في الواقع بمدة زمنية قدرها (429) يوماً تقريبا.

ي- أثبتت نتائج التطبيق العملي عدم صحة فرضية البحث والتي تنص على أن استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في جدولة عمليات المشروع لا يؤثر على:

1- وقت تنفيذ أنشطة المشروع.

2- تكاليف تنفيذ الأنشطة من جراء عدم التأثير على أوقات تنفيذها.

3- مساعدة الإدارة في وضع جدول زمني للأنشطة وفق الموارد المتاحة.

وبالتالي عدم توفر فرصة التخصيص السليم لهذه الموارد وتوزيعها على الأنشطة.

4- تحديد نقاط الاختناق الحاصلة عند تنفيذ أنشطة المشروع، وبالتالي عدم إيجاد الحلول الناجعة لتحقيق انسيابية هذا التنفيذ في ظل الاستخدام الأمثل للموارد وتأثيرها على كل من الوقت والتكلفة.

2- التوصيات: في ضوء الاستنتاجات السابقة توصي الدراسة بما يلي :

أ- استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM)بشكل رئيسي في جدولة المشاريع الإنشائية وذلك لقدرته على تحقيق المزايا التالية :

1- تحديد مواعيد إنجاز المشاريع والاعتماد عليه لتأهيل الكوادر الفنية المتخصصة لتنفيذ المشاريع .

2- تقدير حجم متطلبات المشاريع من الموارد ومواقيت استخدامها وبالتالي السيطرة على هذه الموارد المخصصة .

3- التركيز على الأنشطة الحرجة والاهتمام بها أكثر من غيرها .

4- إعادة الجدولة بسهولة لتحقيق أهداف المشروع دون تجاوز إمكانياته المتاحة له .

5- التعامل مع التغيرات التي تحدث في بيئة العمل وتحديث البرنامج الزمني وفقاً لتلك التغيرات.

ب- قيام إدارات المشاريع بتدريب كوادرها على استخدام أسلوب(CPM) واستعماله في مشاريعها المختلفة.

ج- إدراج مادة ضمن شروط عقد المقاول تنص على اعتماد أسلوب التحليل الشبكي كمرجعية قضائية عند الاحتكام وحل المشاكل بين أطراف العقد.

د- ضرورة اعتماد أسلوب مبادلة الوقت بالتكلفة في ظل أسلوب المسار الحرج (CPM) لدراسة إمكانية التسريع في زمن إنجاز المشروع عندما يتطلب الأمر ذلك .

هـ- يوصي الباحثان بضرورة إجراء دراسة ميدانية مقارنة بين أساليب التحليل الشبكي والأساليب المستخدمة في جدولة المشاريع الإنشائية ومعرفة أسباب الاعتماد عليها من قبل إدارة المشاريع في بيئة الأعمال الإنشائية.

قائمة المصادر

أ - المصادر العربية:

1-أحمد سيد مصطفى، (1998), إدارة الإنتاج والعمليات في الصناعة والخدمات، بدون دار نشر، القاهرة.

2- هاني أحمد حسن خليلي، (1998)، "استخدام أسلوب المسار الحرج PERT/CPM في جدولة المشاريع الإنشائية في الأردن" رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة اليرموك، عمان.

3- وليم دنكان، (2002)، دليل إدارة المشروعات المدخلات -الأدوات والأساليب -المخرجات، ترجمة عبد الحكيم أحمد الخزامي، دار الفجر الجديد، عمان.

4-زلفي عبد الفتاح شلبي، (2003)، "دراسة مدى استخدام الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات في القطاعات الصناعية بمدينة جدة "، المجلة المصرية للتنمية والتخطيط، المجلد الحادي عشر، العدد (2).

5-حسن إبراهيم بلوط، (2002)، إدارة المشاريع ودراسة جدواها الاقتصادية، دار النهضة العربية، بيروت.

6-كاسر نصر المنصور، (2002) ،" خوارزمية مقترحة لتعجيل زمن إنهاء المشروع باستخدام المرونة (الفائض)في زمن النشاط في ظل أسلوب PERT/COST"، المجلة العربية للعلوم الإدارية، جامعة دمشق، سوريا، المجلد التاسع، العدد2.

7- لمياء سليمان عبد علي الزبيدي، (1992)،" استخدام أسلوب التحليل الشبكي في جدولة الإنتاج دراسة تطبيقية في شركة صناعات الأصباغ الحديثة"، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى الجامعة المستنصرية، بغداد.

8- محمد توفيق ماضي، (2000)، إدارة وجدولة المشاريع – خطوات تخطيط وتنظيم وجدولة مراحل تنفيذ المشروع وكيفية الرقابة عليها، الدار الجامعية، الإسكندرية.

9- محمد توفيق ماضي، (1998)، إدارة الإنتاج والعمليات، مدخل إتخاذ القرارات، الدار الجامعية، الإسكندرية.

10- محمود محمد المنصوري، (1993)، إدارة النظم والعمليات الإنتاجية، بدون دار نشر، بنغازي، ليبيا.

11-- محمود الحمصي، (1984)، " التخطيط والجدولة التفصيلية لتنفيذ المشاريع"، مجلة التنمية الصناعية العربية، الإمارات العربية، العدد (4).

12- محمد صالح العزة، (1984)، "النماذج الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية"، مجلة الإدارة العامة، معهد الإدارة العامة، الرياض، العدد (41).

13-محمد ناصر إسماعيل، (2001)،" تكامل أسلوب المسار الحرج CPM مع نظام تخطيط الاحتياجات المادية MRP في إدارة المشروع"، رسالة دكتورا غير منشورة، مقدمة إلى جامعة بغداد، بغداد.

14-نبيل عبد الحافظ، (1992) ،"استخدام أسلوب بيرت في تخطيط المشروعات ومتابعة تنفيذها "،مجلة الإداري، سلطنة عمان، العدد(31)، ديسمبر.

15- عبد الرسول عبدالرزاق الموسوي، (2001)، المدخل لبحوث العمليات، دار وائل للنشر، عمان.

16-عبد المنعم محمد حمودة، (1989) ،" نحو مفهوم جديد لعناصر التطور التقني للمشاريع وإدارتها في الدول النامية"، مجلة الإدارة العامة، معهد الإدارة العامة الرياض، العدد(62).

17-علاء الدين عبد الرحيم أحمد، (1998)، "واقع استخدام الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات "، مجلة الإدارة العامة جامعة المستنصرية، بغداد، العدد (3).

18-عبد الحميد مصطفى سكر، (1983)،"تقييم فاعلية التنظيم بشركات الإنشاء والتشييد بالتطبيق على قطاع البناء والتشييد "، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى كلية التجارة جامعة القاهرة، القاهرة.

19-شريف فتحي الشافعي، (2003)، دليل استخدام برنامج Primavera لإدارة المشروعات، دار الكتب العلمية، القاهرة.

20- غالب محمد البستنجي، (2002)، "مدى تطبيق شبكات الأعمال في المشاريع الإنشائية في الأردن وأثرها على التكاليف من وجهة نظر مديري هذه المشاريع"، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى جامعة اليرموك،عمان.

ب-المصادر الأجنبية :

1- Evans ,R . , (1996), Applied Production and Opration Management,West Publishing Com ., New York .

2-Harvey,R., (1996), project Management,Prentice Hall Inc., New Jersey .

3-Hiezer,J.and Rend ,B., (1988),production and Operations Management, Allyn and Bacon inc. ,London .

4-Rory,(1999), project Management Homewood , Inc., Boston .

5-Schonberger, R.and Knod ,E. ,(1994),Operations Management 5 th . ed ., Business Publishing , Inc., Texas .