إدارة المشروع باستخدام المخططات الشبكية لأسلوبي CPM و PERT / دراسة تطبيقية لمشروع أضافة طابق في كلية المأمون الجامعة

Project management by using networks for techniques CPM and PERT /An applied study of adding floor project at AL - Ma´moon University College

الأستاذ المساعد

فائز غازي البياتي

المدرس المساعد

سرى صباح كيتب

قسم إدارة الأعمال – كلية المأمون الجامعة

المستخلص :

تهدف الدراسة الى استخدام أساليب المخططات الشبكية في بحوث العمليات (CPM و PERT) لتخطيط ومتابعة مشروع إضافة طابق في كلية المأمون الجامعة وبينت الدراسة الى إن مدة التنفيذ بلغت 291.96 يوماً في حين ان المخطط له كان 182 يوم ويتضح ان هنالك فرق واضح بين المخطط الفعلي والعلمي للمشروع . النتيجة كانت متقاربة بين طريقة CPM 280 يوم وطريقة PERT 291.96 يوم عند حساب وقت الانجاز الكلي للمشروع فان. إما الأنشطة الحرجة هي (1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-13-14) و كذلك تساوي الطريقتين في تحديد المسار الحرج وبلغت الكلفة الكلية لانجاز المشروع 73667666.66 دينار ,عند تخفيض فترة تنفيذ المشروع الى 269 يوم .

Abstract:

The aim of study to use networks techniques in operations research (CPM and PERT) for planning and following-up of adding floor project at AL - Ma´moon University College, and this study showed that the implementation period stood at 291.96 days while planned was 182 days which means that there is a clear difference between actual and sciential planned for the project. The result was similar between the method CPM , 280 day and PERT method 291.96 day when calculating the total completion time for the project .Critical activities are (1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-13-14) and equivalent both methods to identify the critical path and reached a total cost of project for completion 73667666.66 Dinars, when reducing the project implementation period to 269 day.

الكلمات المفتاحية : طريقة المسار الحرج (Critical Path Method (CPM ، و أسلوب مراجعة وتقييم البرامج Project Evaluate and Review Technique(PERT)

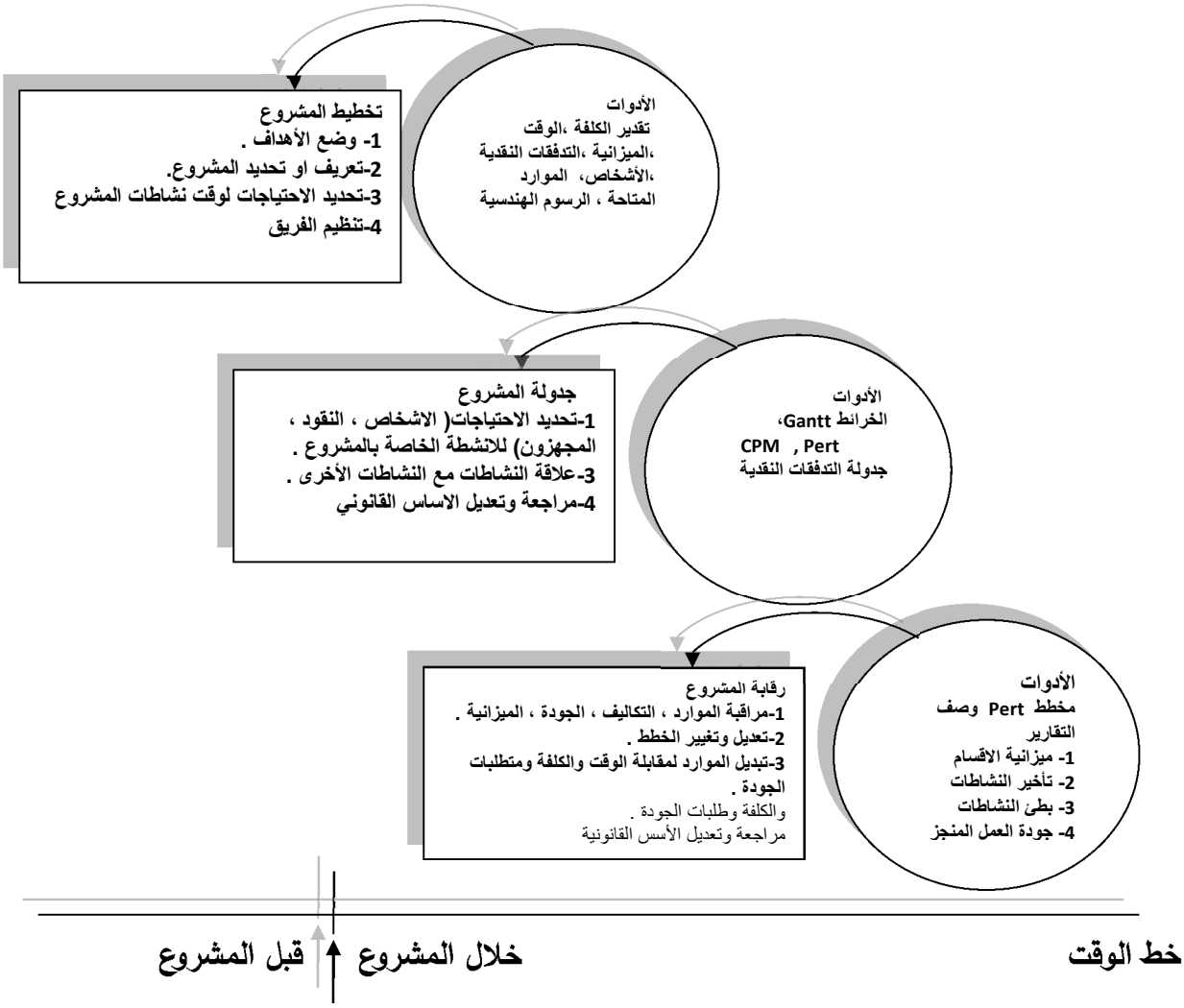
يعد موضوع أدارة المشاريع (Project Management) من المواضيع التي أثارت اهتمام العديد من الباحثين في مجالات إدارة الإنتاج والعمليات وفي السنوات القليلة الماضية توسعت كتطبيقات أدارة المشاريع بشكل كبير ، وخاصة في مجال المشاريع الكبيرة التي تأخذ شهور عديدة وربما سنوات لغرض انجازها والتي غالبا ما يتم لتطويرها خارج نظم الإنتاج الاعتيادية وان هذه المشاريع الكبيرة داخل الشركات المعنية تعالج عدة وظائف وأنشطة والتي غالبا ما تنتهي مع انجاز ذلك المشروع لكن التحدي الحقيقي هو ضمان انجاز ذلك المشروع الذي ينتهي بتحقيق الوضع الأمثل من خلال مطابقة المدخلات المطلوبة مع الأهداف المتحققة والتي يمكن الانتهاء من المشروع بأقل وقت ممكن . ولغرض نجاح المشروع يجب على أدارة المشروع تحديد احتياجاتهم وتوقعاتهم . ولهذا عرف المشروع بأنه أي نشاط أو عملية محددة بزمن أي له تاريخ بداية ونهاية الذي يتم القيام به مرة واحدة وينتهي من اجل تقديم منتج لتحقيق تغيير مفيدا أو أيجاد قيمة مضافة(Nahmias,2009:502)وكذلك بأنه مجموعة من النشاطات التي لها نقطة بداية ونقطة نهاية محددة والتي ينتج عنها منتوج فريد (Krajewski and Ritzman,2005:342) او هو مجموعة من النشاطات له نقطة بداية محددة وحالة نهاية محددة لتحقيق هدف واضح ومعرف من خلال استخدام مجموعة موارد محددة(Slack,et.al,2004:589) فأي مشروع عبارة عن مجموعة كبيرة من الإعمال الصغيرة او الأنشطة المرتبطة بعضها البعض بصورة ما ،وبعض هذه الإعمال الجزئية يجب ان يسبق البعض الأخر فمثلا أساس المبنى يجب إن يتم قبل الهيكل ،كما إن بناء الهيكل يجب إن يسبق وضع السقف وهناك إعمال أخرى يمكن إن تتم في نفس الوقت مثل الإعمال الصحية والتركيبات الكهربائية ولهذا فأن التخطيط للمشروع يعني جدولة الأنشطة بطريقة يمكن ان تؤدي الى تنفيذها بأقل وقت وكلفة (توفيق ،الصبحة ،يونس ، 1998 : 424) .، وهنالك ثلاثة أوجه أو أشكال يجب أن تأخذ بنظر الاعتبار في إدارة عمليات المشروع وهي (Heizer and Render ,1996,78):

أولا : التخطيط **Planning** والذي غالبا ما يتضمن الهدف من تحديد المشروع وتنظيم الفريق .

ثانيا : الجدولة **Scheduling** والذي يتضمن علاقات العاملين ، مبالغ التجهيزات للنشاطات وعلاقة تلك النشاطات مع بعضها البعض والأنشطة الأخرى.

ثالثا : الرقابة **Controlling** وتشمل مصادر المراقبين ، التكاليف ، الجودة ، الميزانية .

كما هو موضح بالشكل (1) تخطيط وجدولة و رقابة المشروع



شكل (1) تخطيط وجدولة و رقابة المشروع

(Heizer, and Render ., principles of operations management ,1996 ,p775)

أولا : تخطيط المشروع (Project Planning)

المشروع بشكل اعتيادي يستطيع تحديد سلسلة علاقة المهمات مباشرة للمخرجات الرئيسية ، أما التنظيم فهو تطوير عمل وجود استمرار البرامج نحو تدفق انسيابي على أساس قاعدة يوم بيوم للمشاريع الجديدة ولغرض أكمالها بنجاح ، ولكي يتم تنظيم المشاريع بطريقة فاعلة وكفوءة لابد من توفير مجموعة من العاملين والموارد المادية بالوقت المحدد حتى يتسنى للشركة بانجاز المشاريع الخاصة بها وفق هياكل تنظيمية مصفوفة بسيطة من خلال استخدام الاختصاصين في المشروع وهنا يجب أن نبين بأن أفضل أعمال تنظيم المشروع من خلال :

1- العمل يجب أن يعرف مع الهدف الخاص به وموعد انجاز العمل .

2- المهمة الأساس هو وجود التنظيم .

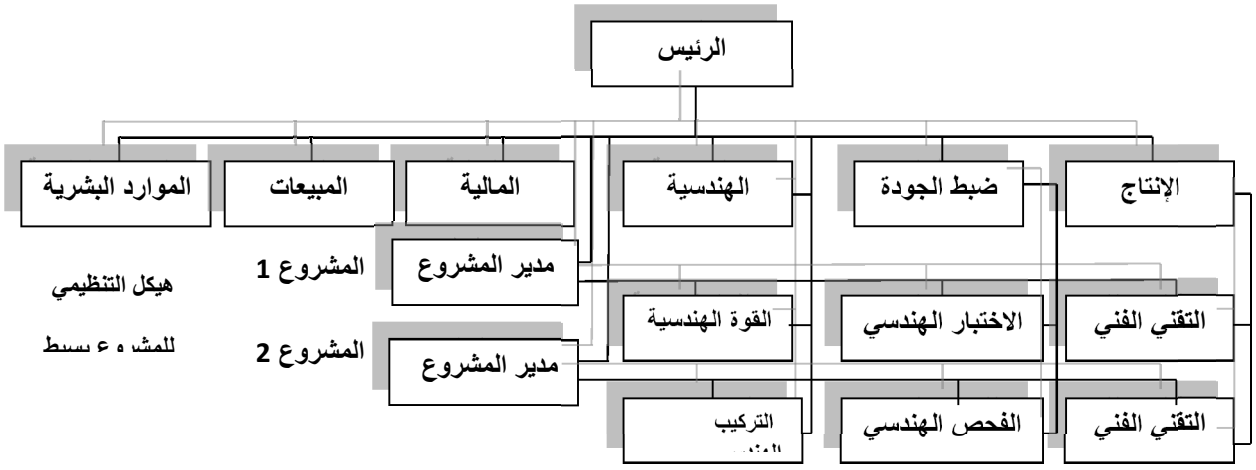
3- محتويات العمل المعقدة الخاصة بالمهمات والتي تتطلب بشكل خاص المهارات .

4- يجب أن تفهم بان المشروع هو وقتي لكنه يحرج الشركة .

يظهر الشكل (2) الهيكل التنظيمي المبسط لأعضاء فريق المشروع الوقتي وتقارير المدراء (مدراء المشروع) . حيث أن المدراء الرئيسين ينسقون نشاطات المشروع مع الأقسام الأخرى وكذلك متابعة التقارير المباشرة من قبل الإدارة العليا والذي هو غالبا ما يكون رئيس الشركة الهيكل التنظيمي البسيط يوضح كيف أن مدراء المشاريع يسلمون رسالة الشركة من قبل الإدارة العليا والذي يعتبر عنصر هاماً في عملية التخطيط والرقابة على نشاطات مشاريعهم . وكل فريق خاص بأداء المشروع يبدأ مهماته المقدمة للمشروع المعني والذي يقوم بتطويرها وهو أولى الخطوات لوضع أهداف المشروع من خلال وضع النشاطات بالكلف المعنية والتي تتمثل بعدد المتطلبات العامة من العاملين والمجهزين والمعدات وما إلى غير ذلك والذي يجب أن يتم تحديدها عند القيام بعملية التخطيط ، وبما ان عملية إجراء التخطيط في إدارة المشاريع وظيفة تتعلق بالمستقبل لذلك يجب ان تتضمن (ماضي ،2000 :24): تحديد الأهداف ووضع الاستراتيجيات والسياسات ووضع الخطط والبرامج والجداول وتحديد الميزانيات التقديرية للأنشطة المستقبلية وتحديد القواعد والإجراءات التي يجب إتباعها وخطوات العمل . اذا من خلال وظيفة التخطيط يتم بلورة الأهداف المراد تحقيقها الى خطط يمكن تنفيذها ،اذ يجزأ المشروع الى عدة أنشطة صغيرة فرعية ،وتحديد متطلبات كل نشاط من مواد واعمال ومعدات وكذلك تحديد زمن الانجاز لكل نشاط من الأنشطة والتنسيق بين مختلف الأنشطة بما يكفل تحقيق الأهداف العامة (الشمرتي ،2010 : 316).

ثانيا : جدولة المشروع (Project scheduling) :

جدولة المشروع تتضمن تتابع وتخصيص الوقت لجميع نشاطات المشروع وفي هذه المرحلة يتم تحديد طول كل نشاط والذي تم تحديده من قبل المدراء وحساب عدد العاملين والمواد التي سوف يتم احتياجها في كل مرحلة من مراحل الإنتاج وكذلك تحديد نوع المهارات أن كانت أدارية أو هندسية ويمكن الاستعانة بخرائط جانت Gantt charts .



شكل (2) هيكل التنظيمي للمشروع بسيط

(Heizer, and Render ., principles of operations management ,1996,p776)

ثالثا : الرقابة على المشروع (Project controlling) :

تعد الرقابة على المشاريع الكبيرة ، كما هو الحالة في حالة الرقابة على أي نظام أداري وتكون من خلال الرقابة الدقيقة للموارد ، والكلفة والجودة والميزانية وكذلك تعني الرقابة استخدام التغذية العكسية أي المعلومات كافة لتعديل خطة المشروع والتي يمكن من خلالها تغيير الموارد حسب الحاجة إليها ويمكن متابعتها من خلال استخدام برامج PERT / CPM ويمكن لهذه البرامج وغيرها أن تنجز تقارير متنوعة والتي تتضمن :

1- تفاصيل الكلفة لكل مهمة .
2- البرنامج الكلي للعمل .
3- جدولة توزيع الكلف .
4- الكلف المالية والساعات .
5- المواد الأولية ونفقات التنبؤ .
6- تقارير متنوعة .
7- تقارير تحليل الوقت .
8- تقارير حالة العمل .

لهذا تهدف وظيفة الرقابة في مجال المشاريع الى التأكد من إن الأداء الفعلي يتم حسب الخطط والقواعد الموضوعة وان الأهداف قد تم تحقيقها من خلال (جنان،2005: 59)تحديد معايير أداء قابلة للقياس وجمع البيانات أول بأول عن الأداء الفعلي وتحليل البيانات وإجراء المقارنات وتشخيص المشاكل وتحديد معوقات تحقيق الأهداف ووضع الحلول الملائمة . اذا من خلال وظيفة الرقابة يتم

معرفة ما قد يحدث من انحرافات في الأداء التنفيذي الفعلي عن الخطط الموضوعة مسبقا وبالتالي يتم اتخاذ الإجراءات الأزمة لإكمال انجازها وفقا لما كان مخطط له (الشمرتي ،2010 : 316).

أساليب أدارة المشروع :

هي أساليب مفيدة في عملية التخطيط والرقابة وجدولة المشاريع والمشروع هو عبارة عن مجموعة من الأنشطة والعمليات والتي تتميز بان لها نقطة بداية محددة ونقطة نهاية محددة والبعض منها عبرت من وقت واحد والأخرى تحدث بصورة متعاقبة . ويعتزم المشروع على تحقيق الهدف في الفترة الزمنية المعطاة وقد تكون مدة المشروع عبارة عن (أسابيع ، أشهر ، سنوات) والمصادر المستخدمة فيه هي عبارة الموارد البشرية مثل (العمالة ، الموظفين والمدير فيه) والموارد وغير البشرية مثل (الأراضي ، المباني ، المواد الخاصة ، والآلات وغيرها)

ويمكن تلخيص الفائدة من المشاريع في عالم الأعمال كما يلي :

1- عبث وتطوير المنتجات الجديدة .
2- التجهيز بالأنظمة الجديدة .
3- بناء تسهيلات جديدة
4- تصميم الحملات الإعلانية .
5- تصميم أنظمة الكمبيوتر والأنظمة المحاسبية .
6- تطوير **Website** للشركات .
7- أنشاء المباني والطرقات والمصانع والطائرات .

وتضمن المشروع العديد من المهام ولكل مشروع دورة حياة تتضمن مجموعة من الأنشطة المتعاقبة وتبدأ دورة حياة المشروع بمرحلة التأسيسية لم يليها دراسة عملية للمشروع أي مرحلة التخطيط ومن ثم تنفيذ الخطة ومرحلة المراقبة والحكم واخيراً مرحلة إنهاء المشروع .

(Frederick and Gerald,1999, 243-287)

شبكات أعمال المشروع :

تستخدم شبكة الأعمال للتعبير عن المشروع وتسمى شبكة أعمال المشروع وهي عبارة عن تمثيل بياني لمجموعة من الأنشطة المترابطة والمتابعة التي يتكون منها مشروع معين ، إذ يظهر تسلسل الأنشطة والإحداث لانجاز المشروع وبحسب تتابعها الفني والمنطقي وحتى يتم بناء الشبكة فان الأمر يتطلب قيام الجهات الفنية تجديد لكافة الأنشطة التي يتكون منها المشروع موضحا أي الأنشطة التي يجب البدء بها أولا حتى يتم الانتقال إلى النشاط التالي منه ، وتتضمن شبكة أعمال المشروع عدد من العقد (والتي تظهر على شكل دوائر صغيرة أو مستطيلات صغيرة) وعدد من الأقواس (والتي تظهر على شكل (

سهم)ويعرف ايضاً التحليل الشبكي او شبكة الاعمال على انها مجموعة فعاليات وأنشطة التي يتكون منها المشروع او برنامج ما ترتبط مع بعضها البعض بشبكة من الخطوط التي تمثل تسلسل وتعاقب الفعاليات (علوان ،البياتي ،2004: 187) او أنها مجموعة من النشطة التي يجب تنفيذها وفقا لأسبقية القيود التي تبين بان الأنشطة يجب أن تبدأ بعد الانتهاء من الأنشطة الأخرى المحددة ، ويجب ان نبين عمليات الإنتاج الخاصة بالمشاريع تتميز بصفات او خصائص تقوم على أساس إنتاج منتج واحد في وقت واحد ويتم تصميمها حسب مواصفات الزبون ،وهذا النوع من الإنتاج تكون فيه درجة الايصاء عالية مع حجم إنتاج منخفض بسبب كون كل منتج مختلف عن الأخر وان المنتج يبقى ثابتاً وان العمال والمكائن هم الذين يتحركون بسبب كبر حجمه ولهذا فان العمال يجب ان يتميزون بمهارات عالية مع ارتفاع درجة التعقيد في عملية التخطيط والجدولة والرقابة على الإنتاج Reid and (Sanders,2002,52-55) ويتضمن أسلوب **تخطيط شبكات الأعمال الفوائد التالية :**

1- الوصف البياني للمشروع والذي يتضمن العلاقات والأنشطة المتعاقبة .
2- تقدير مدة المشروع المتوقعة .
3- الطريقة لتحديد أي الأنشطة الحرجة لإتمام المشروع بالوقت المناسب .
4- الطريقة لتحديد كمية الفائض .

وتستخدم مدراء المشروع أسلوب تخطيط شبكات الأعمال لأسباب عديدة :

1- تحديد أنشطة المشروع والعلاقات السابقة :

يستخدم هذا الأسلوب لتحديد انعكاس الأنشطة والمصادر الضرورية (الوقت ، البشر ، المعدات) .

2- حساب الوقت التام والمتوقع للمشروع :

يستخدم مدراء المشروع هذا الأسلوب لتخطيط المشاريع وعقود التفاوض مع الزبائن .

3- تحديد الأنشطة الحرجة لإتمام وقت المشروع :

يستخدم مدراء المشروع هذا الأسلوب لتحديد الأنشطة التي يمكن أن تتأخر بدون تأثير على وقت أتمام المشروع .

ويمكن توضيح خطوات أسلوب تخطيط شبكات الأعمال كما يلي :

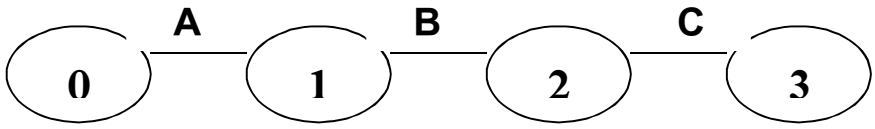
الخطوة الأولى : وصف المشروع :

يتم من هذه الخطوة وصف المشروع يتضمنه اي الهدف من المشروع وتاريخ انتهاء المشروع .

الخطوة الثانية : الرسم البياني (التخطيطي) لشبكة الأعمال :

القيام بتخطيط المشروع كشبكة أعمال وعرضه العلاقات بين الأنشطة ويوجد هنالك نوعان من مخططات شبكات الأعمال وستناول في هذا البحث النوع الأول فقط ويسمى هذا النوع (الأنشطة

على الأسهم) AOA حيث يتم في هذا النوع تمثيل الأنشطة بالأسهم والحدث بالعقد ويمثل الحدث نقطة من الزمن ويظهر عند بداية ونهاية نشاط أو أكثر . ويتم ترقيم الأحداث بالتعاقب من اليسار إلى اليمين بالمخطط وكما هو موضح بالمخطط التالي :



(AOA)

في مخطط(AOA) يجب أن تنتهي كل الأنشطة الداخلة في الحدث قبل البدء بأي نشاط يتبع الحدث

الخطوة الثالثة : تقديرات الوقت :

وفي هذه الخطوة يتم تقدير الوقت المحدد والمفرد لكل نشاط بالمشروع وكذلك تقدير الوقت الاحتمالي .

الخطوة الرابعة : مراقبة تقدم المشروع :

ويتم في هذه الخطوة متابعة تقدم سير المشروع مثل الأجزاء والمعدات المطلوبة التي قد تصل متأخرة عن الموعد المحدد أو قد تكون المواد المطلوبة ذات نوعيات ومواصفات تختلف عن المطلوب وتحتاج إلى تبديل(Reid and Sanders,2002,522) .

طريقة المسار الحرج (CPM) (Critical Path method):

هي أحدى الطرق المستخدمة في أدارة المشاريع ويتم تطويرها من قبل شركة دونونت الأمريكية من عام (1957) لمعالجة مشكلة أنفاق وحدات الإنتاج للصيانة ثم أعادة تشغيلها حيث تمت مقارنة جدولة وتقليص الوقت اللازم لنشاطات المصنع الكيمياوي القديمة المأخوذة آنذاك . وان طريقة المسار الحرج هي لا تأخذ بعين الاعتبار احتمال اختلاف مدة تنفيذ كل مهمة . ويتم تمثيل كل الأنشطة في المشروع طبقا للعلاقات الموجودة بينها على المخطط الشبكي ، وان المسار الحرج هو المسار الذي يربط بين الأنشطة الحرجة والتي تسبب تأخير بالمشروع لو حدث بها تأخير أثناء التنفيذ .

ويبدأ المسار الحرج من بداية المشروع وتنتهي عند نهاية المشروع . وهو أطول مسار من صنع المدة الزمنية من المخطط الشبكي وعلى هذا المسار لا يوجد أي هامش زمني للمناورة في تنفيذ أي مهمة بسبب عدم وجود فائض زمني في أي مهمة على هذا المسار .

ويمكن تلخيص الفائدة من طريقة المسار الحرج بالنقاط التالية :

1- الحصول على تمثيل تخطيطي للمشروع .

2- التنبؤ بالوقت اللازم لإنهاء المشروع .

3- التميز بين المهمات الحرجة وغير الحرجة بالمشروع وبالتالي تحديد هامش المناورة الممكنة بالنسبة (لكل مهمة حيث يمكن نقل بعض الموارد من المهمات غير الحرجة وتركيزها على المهمات الحرجة مما يساهم بتخفيض زمن المشروع مع ثبات الكلفة) .

ويمكن تلخيص طريقة المسار الحرج CPM كالأتي :

1- تحديد أو تقدير العلاقات المتبعة ووقت الانجاز لكل نشاط لإنهاء المشروع

2- بناء نموذج شبكة الأعمال من أوقات الانجاز والعلاقات بين الأنشطة حيث تستخدم الأسهم لتمثيل الأنشطة والعقد لتمثيل نقطة ابتداء أو انتهاء كل نشاط ولا يسمح بان يكون هنالك نشاطين لديهم نفس عقدة البداية والنهاية .

3- لكل نشاط يتم حساب وقت الابتداء المبكر (Esi) ووقت الانتهاء المبكر (Eci) ويمكن تعريف وقت الابتداء المبكر على انه وقت اكبر تبدأ به المهمة بناءا على كل المهمات السابقة ، ويمكن حسابه بأخذ وقت الابتداء المبكر للمهمة السابقة وأضافته إلى الفترة الزمنية للمهمة السابقة وصيغة حسابه

$$Esj = Max \{Esi+Dij\}$$

حيث أن :

Esj: الوقت المبكر للحدث اللاحق أي لحدث نهاية النشاط

Esi: الوقت المبكر لحدث بداية النشاط .

Dij: الوقت اللازم لانجاز النشاط .

ويطلق على هذه العملية من حساب الاوقات المبكرة بـ(**forward pass**) اما وقت الانتهاء المبكر لكل نشاط فيمكن حسابه بحساب وقت الابتداء المبكر Esi .

4- ان وقت الابتداء المتأخر Lsi ووقت الانتهاء المتأخر Lcj لكل الانشطة تعرف بطريقة (**backward pass**) وان وقت الانتهاء المتأخر لكل الانشطة يساوي وقت الانتهاء للمشروع .اما وقت الابتداء المتأخر فيمكن حسابه بطرح وقت انجاز النشاطين ووقت الانتهاء المتأخر حيث ان وقت الانتهاء المتأخر لكل نشاط يساوي اصغر وقت ابتداء متأخر لكل الانشطة وان صيغة حسابه:

$$Lci = Min \{ Lcj - Dij \}$$

حيث أن :

Lci : الوقت المتأخر لحدث بداية النشاط .

Lcj: الوقت المتأخر لحدث نهاية النشاط

5- أن حساب الفائض Si لكل نشاط يتم عن طريق طرح وقت الابتداء المبكر (ESi) من وقت الابتداء المتأخر (Lsi) أي أن

$$Si = Lsi - Esi$$

ويمثل الفائض لكل نشاط ويمكن تعريفه على انه كمية الوقت لكل نشاط والتي يمكن أن تتأخر عن وقت الابتداء المبكر لها بدون تأخير على المشروع .

6- تحديد المسار الحرج

(Frederick and Gerald,1999, 243-287)

أسلوب Project Evaluate and Review Technique PERT

أن أسلوب مراجعة وتقييم البرامج (PERT) قد تم التوصل أليه عام 1958 وتم تطوير هذا الأسلوب لتخطيط مشروع لولارسين للغواصة الأمريكية باستخدام أكثر من 3000 مقاول (متعهد) والآلاف من الأنشطة حيث يعمل هذا الأسلوب على تخفيض زمن المشروع وبسبب نجاح هذا الأسلوب بإعطاء تقديرات الوقت المتوقع ولكل فعالية لا تزال تطالب عقود الحكومة باستخدامه . ولقد مر وقت على انجاز كل نشاط من الأنشطة التي اشتملت عليها الشبكة (المخطط الشبكي) وكتابتها على السهم الذي تمثل النشاط وقد يكون هنالك وقت انجاز النشاط واحد فقط ، أي وقت تحديدي ، حسب ما تعرفنا عليه في طريقة المسار الحرج ، أما أذا كان الوقت المتوقع للانجاز هو وقت تقديري أي أن وقت انجاز كل نشاط هو عبارة عن متغير عشوائي فان أفضل طريقة لتحديد وقت انجاز الأنشطة هو التعبير عنها من خلال التوزيع الاحتمالي ، وفي هذا الصدد يعتبر توزيع بيت (Beta distribution) أفضل التوزيع لهذا الغرض ، وبالتالي فانه بدلا من التعبير عن الوقت اللازم لانجاز النشاط بزمن واحد فقط فانه يكون لدينا ثلاثة تقديرات وهي :

1- التقدير التفاؤلي (a) Optimistic Estimate :

في ظل هذا التقدير يكون زمن الانجاز للنشاط هو الزمن الذي يمكن أن يكون اقصر الأزمنة ، حيث أن الزمن الفعلي يكون اقل من زمن التفاؤل بـ 1% من الوقت ، وهذا يعني انه في ظل هذا التقدير يفترض حدوث أفضل الظروف التي تسمح بالتنفيذ .

2- التقدير الأكثر احتمالا لزمن النشاط (m) Most likely Estimate

ويقصد به الزمن المتوقع أن يستخدمه النشاط وذلك في الظروف العادية وهو الزمن الأكثر واقعية واحتمالا لانجاز النشاط وعادة ما يتم تحديده فنيا أو بالرجوع الخبرة في تقدير الأكثر احتمالا في تحققها .

1- التقدير التشاؤمي (b) Pessimistic Estimate :

في ظل هذا التقدير يكون زمن الانجاز للنشاط هو الزمن الذي يمكن أن يكون أطول الأزمة بحيث أن الزمن الفعلي للانجاز يكون اكبر من هذا الزمن بـ 1% من الوقت . وهذا يعني انه في ظل هذا التقدير يفترض حدوث أسوأ ظروف التنفيذ . ويعتبر النموذج الاحتمالي الأفضل لتوزيع الوقت في أسلوب Pert لأنه الوقت لا يمكن أن يكون سالب لو يصل إلى ألما لا نهاية ∞ ، وفيه يتم تقدير الوقت المتوقع لكل عملية بالاعتماد على الأوقات الثلاثة السابقة(الشمرتي ،2010 : 473).

وحسب الصيغة التالية :

$$\bar{D} = \frac{a+b+4m}{6}$$

حيث أن :

a: يمثل التقدير التفاؤلي

m: التقدير الأكثر احتمالا

b : التقدير التشاؤمي

أما صيغة التباينة لكل نشاط يمكن حسابها كالأتي :

$$V = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$$

أما مميزات أسلوب بيرت PERT فهي كالأتي :

1- يمكن تحديد تبعية كل عملية بالعمليات الأخرى والتي لا تحمل أي تأثير في تنفيذها وتحديد مسار واضح لها يسمى المسار الحرج .

2- يتم توضيح علاقة كل مرحلة بالمرحلة السابقة أو التالية أو المتوازية لها وفي جميع مراحل المشروع

3- أعادة التخطيط وتسيير المتابعة الدورية بما يتم من أعمال وإعادة وتوزيع الإمكانيات في الموارد أثناء سير العمليات طبقا لمقتضيات التنفيذ .

4- ربط العناصر الأساسية ذات التأثر في تنفيذ المشروعات وكالوقت الزمني ، التكاليف ، التوزيع ، الإمكانات والموارد ، وبذلك تعطي قوة دافعة كبيرة في التنفيذ .

مجالات استخدام طريقتي PERT و CPM

1- بناء المباني الجديدة .
2- بحث وتطوير منتجات جديدة .
3- مشاريع استكشاف الفضاء لـ NASA .
4- أنتاج الأفلام .
5- بناء السفن .
6- المشاريع الحكومية لتطوير أنظمة الأسلحة الجديدة .
7- نقل التسهيلات الجديدة .
8- صيانة المفاعل النووي .
9- تجهيز أنظمة المعلومات الإدارية .
10-أدارة الحملات الإعلانية .

المبادلة بين التكلفة والزمن وامكانيةتخفيض فترة تنفيذ المشروع وفقاً لمبدأ عمل المسار الحرج:

من البديهي ان تكلفة انجاز اي مشروع تتكون من تكلفة مباشرة وهي المصاحبة للانشطة المختلفة لاعمال المشروع بالاضافة الى التكلفة غير المباشرة في ادارة المشروع والخدمات ،فبالنسبة للتكلفة غير المباشرة نفترض ازديادها طردياُ مع زمن الانجاز بينما التكلفة المباشرة نفترض ازديادها عكسياً مع زمن الانجاز كذلك يفترض ان ادارة المشروع تتمتع بقدر من التحكم في زمن الانجاز يسمى بزمن الانجاز العادي normal time وحد ادنى يسمى crash time ، كذلك يقدر زمن تنفيذ المشروع عادة بزمن المسار الحرج للمخطط الشبكي ،وقد تظهر الحاجة الملحة في كثير من الاحيان الى تقليص فترة انجاز المشروع لاهداف استراتيجية سياسية كانت ام عسكرية او تقليص بعض الفترات المرحلية بهدف تسريع وتيرة الانتاج فعندما نلجأ الى هذه الاساليب والتي تدعى بعمليات المبادلة بين التكلفة والزمن والتي تعني امكانية التبادل بين التكلفة والزمن من اجل كل مرحلة او من اجل المشروع باكمله . ونشير هنا الى ان كل زمن انجاز عادي (طبيعي) normal time تقابله كلفة عادية (طبيعية) normal cost وكذلك فان للزمن المنضغط crash time تقابله كلفة عالية تسمى الكلفة المتسرعة (المنضغطة) crash cost ،ولابد من ملاحظة ان تقليص فترات الانشطة ولاسيما تلك الواقعة على المسار الحرج يجب ان يتبعه دراسة جديدة لمراحل المسارات الاخرى خشية ظهور مسارات حرجة جديدة ولذلك لابد من دراسة واعية ومنطقية لعمليات التقليص للمسارات عند استخدامها .

ولاظهار دراسة مبادلة للتكلفة والزمن فيجب ايجاد الميل Slope والذي يمثل التكلفة الاضافية المباشرة لكل وحدة واحدة من الزمن المنغضط ويتم استخراجه بواسطة الصيغة الآتية :

$$\text{Slope}=\frac{C_C-C_N}{T_N-T_C}$$

حيث ان T_N :زمن الانجاز الطبيعي

C_N :الكلفة الطبيعية

T_C :زمن الانجاز المنضغط

C_C :الكلفة المنضغطة

منهجية البحث:

أولا- مشكلة البحث : تعد أدارة عمليات المشروع من المفاهيم المهمة والمعقدة ،كونها تعتمد على حجم إنتاج منخفض مع تنوع قليل من المنتجات تصل الى وحدة واحدة ، مما يتطلب عمال يمتلكون مهارات عالية وبأجور عالية مع ارتفاع درجة الايصائيه من قبل الزبون ،وبهذا تبذل الشركة جهود عالية في التخطيط والسيطرة على المشاريع ، ومن هنا جاءت مشكلة البحث وهي كيفية الاستفادة من الوقت والكلفة والاستغلال الأمثل للموارد المتاحة وفق الأساليب والطرق العلمية لتخطيط المشاريع وجدولتها والسيطرة والتعديل عليها ومتابعة تنفيذها وفق الكلفة والزمن وذلك لتحقيق الهدف الأساسي للمشروع وهو السرعة في انجاز المشروع وفق الجودة المطلوبة ،ومن خلال ذلك لاحظنا عند متابعتنا لمشروع أضافه طابق لكلية المأمون الجامعة ،حيث وجدنا هناك مشكلة في تحديد الوقت المطلوب لانجاز المشروع والاستغلال الأمثل للموارد مما دفعنا الى استخدام الأساليب العلمية في التخطيط والجدولة والسيطرة على المشروع وهو أسلوب بيرت (PERT) وأسلوب المسار الحرج(CPM)وبهذا جاءت مشكلة البحث من خلال الإجابة على التساؤلات الآتية :

1-كيف يتم إتمام المشروع لبناء القاعات الدراسية بالوقت المطلوب والكلفة المنخفضة ووفق الجداول الزمنية المحددة.

2-كيف يتم استغلال الموارد المتاحة استغلال فاعل وكفوء .

3- ما هي الأنشطة الحرجة في المشروع التي أدت الى التأخير.

4-كيفية تخفيض فترة تنفيذ المشروع

ثانيا-أهداف البحث :

1-الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة للمشروع بأقل وقت ممكن وبكلفة منخفضة .

2-ضمان انجاز المشروع الذي ينتهي بتحقيق الوضع الأمثل من خلال مطابقة المدخلات المطلوبة مع المخرجات المتحققة .

3-مراقبة مستوى اداء المشروع لتحديد المسار الحرج والانشطة والفعاليات الحرجة وغير الحرجة

ثالثا – أهمية البحث:

1–تأتي أهمية البحث من خلال استخدام المخططات الشبكية في تخطيط المشاريع لما لها من تحقيق فاعلية في مراقبة وتنفيذ فعاليات المشروع .

2–يقدم أسلوب المخططات الشبكيةPERT , CPM فرصة لتقليص الوقت ومن ثم التكاليف مما يؤدي الى الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة لمشروع بناء القاعات في الكلية .

3 – تأتي أهميته من خلال إن تخفيض أي وقت نشاط يؤدي الى تخفيض الوقت الكلي للمشروع .

4–يعد أهميه الوقت والدور الذي يلعبه عاملا مهما في تقليل أو زيادة التكاليف الكلية لتنفيذ المشروع.

5– كذلك تقدم المخططات الشبكية معلومات دقيقة لإدارة المشروع والتي تساعد في اتخاذ القرارات الصحيحة.

رابعا– مجال الدراسة :

1–المجال المكاني :كلية المأمون الجامعة –مشروع إضافة طابق /قاعات دراسية

2–المجال الزماني : بيانات متابعة المشروع لسنة 2011/2010

خامسا –أسلوب إجراء البحث :اعتمد البحث على أسلوب الزيارات الميدانية المتكررة والاطلاع على واقع حال تنفيذ المشروع من خلال المقبلات الشخصية مع المهندسين من كلية المأمون الجامعة وكذلك من قبل الشركة الغربية للمقاولات العامة المحدودة وما تم انجازه لأسلوبيPERT , CPM.

سادسا– عينة الدراسة و مصادر وأساليب جمع وتحليل البيانات ومعالجتها: اعتمد الباحثان موقع دراستهما كلية المأمون الجامعة لإجراء البحث والتي تعد من الكليات الأهلية التي تم تأسيسها على يد نقابة المعلمين سنة 1990 والتي تضم عدة أقسام علمية متخصصة من مختلف المجالات ، ولما لها من أهمية كبيرة في سد الاحتياجات من الطلبة الذين يرغبون في إكمال دراستهم بعد حصولهم على شهادة الإعدادية من البيئة المحيطة ولم تتوفر لهم الفرصة في إكمال دراستهم في الجامعات الحكومية ،مما دفع الباحثان على اختيارها عينة الدراسة ، اما مصادر وأساليب جمع وتحليل البيانات والمعالجة فقد اعتمد الباحثان في الجانب النظري على الكتب والمجلات المتخصصة وشبكة المعلومات الدولية وذلك للاستفادة من أفكارهم حول متغيرات البحث، أيضا تم استخدام الأساليب العلمية الدقيقة في التخطيط والجدولة والسيطرة على المشروع بأسلوب مراجعة وتقييم البرامج (PERT) وأسلوب المسار الحرج (CPM).

الدراسات السابقة:

1–**(الفرهود ،2012) (توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لتحديد الأمثلية للزمن والكلف لإنجاز بعض مشاريع وزارة الشباب)** يهدف الباحث الى توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لمراقبة وجدولة فعاليات مشاريع وزارة الشباب والرياضة، لغرض تحديد أمثلية الزمن والكلف لهذه المشاريع حيث قام الباحث بدراسة بعض المشاريع وتم إعداد المخططات الشبكية الخاصة بكل مشروع، ثم عَمِلَ على تحويل

المخطط الشبكي الى أنموذج رياضي خطي لحساب طول المسار الحرج للمشاريع والذي يُمثل أطول مسار في المشروع، كما تمت الاستفادة من الحدود العليا لأوقات تنفيذ الفعاليات من خلال عمل تحليل الحساسية (تحليل ما بعد الأمثلية) والذي يُمكِن إدارات المشاريع من السيطرة على إنهاء مشاريعهم بأوقاتها المحددة، و تقديم بدائل متعددة لمتخذ القرار وباستعمال الحاسوب لخفض الكلفة المُثلى للمشاريع بعد تقليص أوقات تنفيذها وباستعمال آليتين أحدهما آلية ضغط الوقت والأخرى آلية تمديد الوقت و صيغة جديدة لحساب عملية التمديد تمتاز بسرعة إنجازها لحساب الكلفة بالإضافة الى اقتراح أنموذج رياضي خطي لآلية التمديد يعمل على تقديم قرارات متعددة للإدارة بخصوص كلفة التقليص وفقاً للصلاحيات الإدارية والمالية الممنوحة لهم، وتوصلت ضرورة توفير قاعدة بيانات متكاملة للمشاريع ضمن الدوائر الهندسية والتي تتمثل أوقات وتكاليف كل فعالية من فعاليات في تنفيذ المشاريع بأوقاتها المحددة واعتماد الأنموذج الرياضي المقترح لتمديد الوقت كطريقة أخرى جنباً الى جنب مع طريقة ضغط الوقت لحساب الكلف المُثلى لعملية التقليص.

2-(**الحسناوي،2003**)(**استخدام المخططات الشبكية في تخطيط ومتابعة الإنتاج**)يهدف البحث الى تطبيق المخططات الشبكية في شركة الفداء العامة من خلال استخدام البرنامج الحاسوبي (Ms-Project) بالاعتماد على أسلوبي المسار الحرج (CPM)وأسلوب تقييم ومراجعة البرامج (PERT)،لتوليد الخطة على ضوء المتطلبات و الإمكانيات المتاحة من خلال بناء خطة إنتاجية يومية للشركة –مصنع المجمدات ،تهدف هذه الخطة الى تخفيض وقت تجميع (150) مجمدة في يوم واحد من 8ساعات الى 7 ساعات أي بمقدار ساعة وحدة يوميا والذي وفر وقت فائض للشركة يمكن استغلاله في مجالات عديدة تساهم في الإسراع من عمليات التنفيذ وزيادة الإرباح بمقدار 22 مجمدة في اليوم الواحد والتي تعني زيادة (5500) مجمدة في السنة الواحدة على أساس 250 عمل في السنة وتوصلت الى ضرورة استخدام المخططات الشبكية لتخطيط الانتاج في الشركات الصناعية وتنفيذ الفعاليات الموضحة في مخطط الرسالة بشكل دقيق من قبل الشركة .

3-(**حاوي ،2005**)(**استخدام اسلوبي المسار الحرج وبيرت في تخطيط ومتابعة انجاز الزوارق /دراسة تطبيقية في شركة ابن ماجد**) **تهدف الدراسة الى استخدام بحوث العمليات المتمثلة بأسلوب (المسار الحرج وبيرت)** لتخطيط ومتابعة مشروع انجاز الزورق ،بهدف تحقيق الوقت الامثل لانهاء المشروع في ظل الموارد والامكانيات لمتاحة وبأقل تكاليف ممكنة وتوصلت الى بلوغ الفترة الزمنية لتنفيذ المشروع 1260 يوم في حين ان المخطط كان لفترة لاتتجاوز 360 يوم وباستخدام اسلوبي المسار الحرج وبيرت تم تحديد الفترة 453 يوم وبذلك فان هناك فارقا واضحا بين التنفيذ الفعلى والتخطيط العلمي بمقدار 807 يوم وان مقدار الكلفة بلغت مليارين وسبعمائة وخمسون مليون دينار في حين لو تم انجاز المشوع ضمن فترة 453 بمقدار مليار واحد فقط ووصلت الى ضرورة استخدام اساليب متطورة مثل المسارالحرج واسلوب بيرت في تخطيط ومتابعة انجاز المشروع التي تقوم به الشركة .

4-(الجزائري ،2008)(**استخدام اساليب جدولة المشروع ،بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والكلفة لانجاز المشاريع /دراسة تطبيقية في المعهد التقني البصرة**) هدفت الدراسة الى تطبيق اساليب جدولة المشروع وهي المسار الحرج وبيرت وقد اضهرت النتائج بأن من المفترض انجاز المشروع خلال 105 يوم ولكن انجز خلال 120 يوم وان الانشطة الحرجة هي(1،2، 3، 4،5،6،9،10،11) وتوصلت الى افتقار المشروع لاستخدام اساليب وبحوث العمليات ولاتوجد خبرة ومعرفة في التخطيط واعداد الجدولة وتعاني الشركة ايضا من المتابعة والتنفيذ وعلى الشركة تبني استخدام أساليب CPM و PERT مع اختيار المدراء من يمتلكون خبرة في هذا المجال وعملية التخطيط والجدولة للمشروع مع توفير المواد المطلوبة في الوقت المناسب تجنب لاي تأخير.

5-(جنان :2005)(**مساهمة لتحسين فعالية اتخاذ القرارات في تخطيط المشاريع والرقابة عليها باستخدام التحليل الشبكي /دراسة حالة شركة كوسيدار انجاز 534 مسكن ببرج بوعويريج**) هدفت الدراسة الى مراقبة تنفيذ المشروع والذي يتكون من عدة مراحل وإعداد جدول زمني يمكن انجازه بأقل وقت وموارد متاحة،وتوصلت الى ان اغلب المدراء يتجنبون تكبد عناء التخطيط المسبق للعمل ضنا منهم ان ذلك مضيعة للوقت وعدم اعتماد التحليل الشبكي واعتماد التفكير الذهني والخبرة الشخصية وان اقل وقت للمشروع هو2003/12/25 بدلا من 2004/6/5 إما أهم التوصيات يجب تطبيق طريق بيرت والمسار الحرج لملاحظة ومراقبة الأنشطة الرئيسة .

6-**(Better Estimation of PERT Activity Time Parameters)** (1993: Donald ,William) يهدف البحث الى العمل على تقليل مساحة تحليل الخطر /القرار في تقديم التقريب (approximations) البسيط لاستخدام المتوسط والتباين لأوقات نشاط أسلوب مراجعة وتقييم البرامجPERT هذا التقريب يقدم ميزة هامة على تطبيق صيغة PERT الحالية من خلال تقدير الأوساط والتباينات حسب توزيع(beta)اذ يتطلب لكل الطرق الدقة ،علاوة على ذلك يمكن التقييم بشكل موثوق أكثر من أسلوبPERT وهذا يتطلب ثلاثة نقاط من كل توزيع محتمل لوقت النشاط .ان الغرض من استخدام التقريب المقترح يمكن من ان يحسن دقة التقديرات المحتملة حول وقت إكمال المشروع ويتمم استخدام جهود تحسين تحليل PERT لشبكات الأعمال التي تتضمن المسار الحرج المتعدد.

7-**Crashing Project Time with Least Cost : A Linear Programming Approach**)(2004 :Islam , Others) يهدف البحث الى استخدام Linear Programming في المخططات الشبكية لمراقبة أداء المشروع على أساس بناء أنموذج رياضي لتحديد وقت بدء كل فعالية وكذلك حساب الكلفة الأدنى لتقليص وقت المشروع ،وتوصلت الى ان هناك إمكانية تقليل وقت تنفيذ المشروع من 17 الى 13 يوم وبكلفة تتحملها 4300 دولار .

8 – (Optimal Crashing of Multi Period-Multi (2008 :Feylizadeh , Others) product Production Planning Problems يهدف البحث الى دراسة مشاريع تخطيط الإنتاج المتعدد وبأوقات متعددة من خلال استخدام أسلوب المخططات الشبكية لإعداد مخطط شبكي للمشروع ثم تحويله الى نموذج Linear Programming ، اذ يهدف الاول تقليل تكاليف الانتاج الكلية و وقت العملية الإنتاجية ،اما الثاني فيحدد تتابع العملية الإنتاجية للمكائن المختلفة وبأوقات متعددة وذلك للوصول الى وقت الإنتاج الأمثل لكل عملية انتاجية ، وتوصلت الى ان استخدام هذه الطريقة يمكن ان تساعد متخذ القرار في السيطرة والرقابة على العملية الإنتاجية و جميع القيود التي يمكن ان تؤثر فيها .

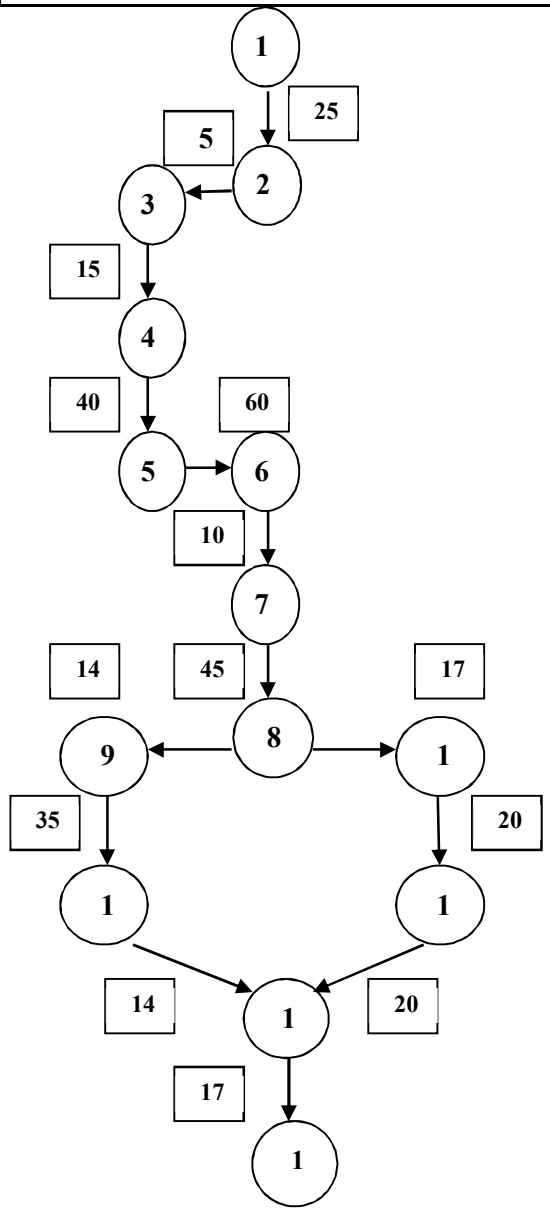
الجانب العملي : ذكرنا سابقا بان المشروع هو عملية أو نشاط محدد بزمن معين وله تاريخ بداية و نهاية، وذلك لتحقيق تغيير ايجابي ،وان التحدي الأساسي في ادارة المشاريع هو التأكد من أن المشروع سوف يتم إنجازه مع الالتزام بالقيود المفروضة عليه وكذلك تحقيق الوضع الأمثل من خلال الاستخدام الكفوء والفاعل للموارد المتاحة وذلك لتنفيذ المشروع في أقصر وقت وأقل كلفة ممكنة ،ومن هذا المنطلق فقد تم استخدام أسلوب بيرت (PERT) وأسلوب المسار الحرج(CPM) في تحديد كلفة وزمن انجاز مشروع أضافه طابق لكلية المأمون الجامعة ،وكذلك اسلوب المبادلة بين التكلفة والزمن وامكانية تخفيض فترة تنفيذ المشروع وفقاً لمبدأ عمل المسار الحرج، ولقد تم جمع البيانات عن طريق المقابلات الشخصية وأسلوب الملاحظة والمشاهدة الميدانية لغرض إعداد التقديرات للأزمنة لانجاز الأنشطة والمهام التي يتكون منها المشروع وتوفرت المعلومات الموضحة في الجدول (1) وصف الأنشطة وأزمنة مشروع أضافة طابق لكلية المأمون الجامعة

والذي يلزم توفره من اجل اعداد المخطط الشبكي الخاص بالمشروع كما في الشكل (3).

جدول (1) يوضح وصف الانشطة وازمنة اضافة طابق في كلية المأمون الجامعة

الانشطة	تسلسل الانشطة	الزمن التفاؤلي	الزمن الاكثر حتمالاً	الزمن التشاؤمي
كشف الارضية وازالة كافة طبقات التسطيح والعوارض	2-1	15	25	40
تخطيط الموقع وتحديد مواقع القواعد الحديدية	3-2	3	5	7
تثبيت القواعد الحديدية	4-3	10	15	30
تثبيت الاعمدة الحديدية	5-4	30	40	70
تثبيت الجسور الحديدية	6-5	50	60	90
تثبيت الساندويج بنل للسقوف	7-6	7	10	20
تثبيت الساندويج بنل الجداري	8-7	30	45	60
تثبيت الشبابيك والابواب	9-8	10	14	20
الاعمال الصحية	10-8	10	17	23
الاعمال الكهربائية	11-9	25	35	50
تثبيت المكيفات	13-11	10	14	20

رصف الارضية	12-10	15	20	25
تثبيت السقوف الثانوية	13-12	12	20	25
التنظيف والتشغيل للبناية	14-13	15	17	20



الشكل (3) يوضح شبكة اعمال مشروع اضافة طابق في كلية المأمون الجامعة

اولاً :استخدام طريقة المسار الحرجCPM في حساب وقت الانجاز لاضافة طابق في كلية المأمون الجامعة:

يمكن من خلال طريقة المسار الحرج CPM حساب الوقت الكلي لانجاز اضافة طابق في كلية المأمون الجامعة بعد تحديد الوقت اللازم لكل نشاط والاوقات المبكرة والمتأخرة والوقت الفائض وكما هو مبين في الجدول (2):

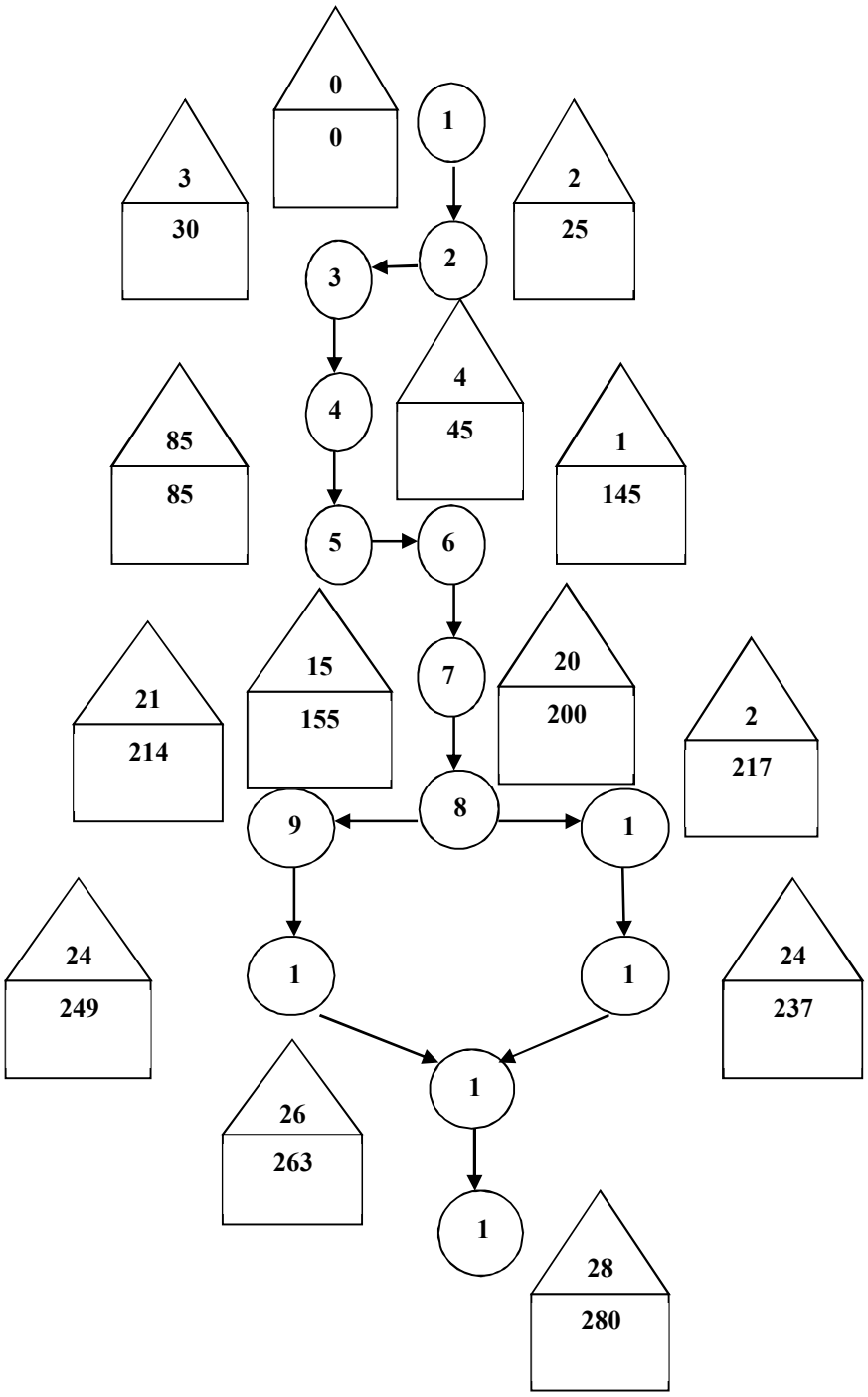
جدول (2) يوضح وصف الانشطة والوقت اللازم والمبكر والمتأخر والفائض لكل نشاط من انشطة المشروع

تسلسل الانشطة	الوقت اللازم للانجاز D_{ij}	الوقت المبكر ES_i	الوقت المتأخر LC_i	الوقت الفائض S_{ij}
2-1	25	0	25	0
3-2	5	25	30	0
4-3	15	30	45	0
5-4	40	45	85	0
6-5	60	85	145	0
7-6	10	145	155	0
8-7	45	155	200	0
9-8	14	200	214	0
10-8	17	200	223	6
11-9	35	214	249	0
13-11	14	249	263	0
12-10	20	217	243	6
13-12	20	237	263	6
14-13	17	263	280	0

ويتضح من الجدول اعلاه ومن خلال حساب الوقت الفائض ولكل نشاط بان المسار الحرج هو

1-2(13-14) (11-13) (9-11) (8-9) (7-8) (6-7) (5-6) (4-5) (3-4) (2-3)

وان وقت الانجاز للمشروع وفق هذا المسار يكون 280 يوم وكما هو موضح في الشكل (4):



الشكل (4) يوضح طريقة المسار الحرج والاوقات على شبكة الاعمال لانشطة مشروع اضافة طابق في كلية المأمون

ثانياً :استخدام طريقة بيرتPERT في حساب وقت انجاز مشروع اضافة طابق في كلية المأمون الجامعة:

ويمكن حساب وقت الانجاز الكلي لمشروع اضافة طابق وفقاً لطريقة بيرت وباعتماد ثلاثة اوقات التفاؤلي، الاكثر احتمالاً والتشاؤمي ومن خلال استخراج الوقت المتوقع لكل نشاط وبحسب الصيغة التالية:

$$\bar{D} = \frac{a + b + 4m}{6}$$

وكذلك حساب التباين و الانحراف المعياري لكل نشاط وكما هو موضح في الجدول (3) وبحسب الصيغة الآتية :

$$V = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$$

$$S = \frac{b-a}{6}$$

جدول (3) يوضح استخدام طريقة بيرت لحساب وقت الانجاز الكلي لمشروع اضافة طابق في كلية المأمون الجامعة

الانشطة	تسلسل الانشطة	الزمن التفاؤلي	الزمن الاكثر حتمالاً	الزمن التشاؤمي	الوقت المتوقع	الانحراف المعياري	التباين
كشف الارضية وازالة كافة طبقات التسطيح والعوارض	2-1	15	25	40	25.83	4.16	17.36
تخطيط الموقع وتحديد مواقع القواعد الحديدية	3-2	3	5	7	5	0.66	0.44
تثبيت القواعد الحديدية	4-3	10	15	30	616.6	3.333	11.11
تثبيت الاعمدة الحديدية	5-4	30	40	70	43.33	6.66	44.44
تثبيت الجسور الحديدية	6-5	50	60	90	63.33	6.66	44.44
تثبيت الساندويج بنل للسقوف	7-6	7	10	20	611.1	2.16	4.69
تثبيت الساندويج بنل الجداري	8-7	30	45	60	45	5	25
تثبيت الشبابيك والابواب	9-8	10	14	20	14.33	1.66	2.77
الاعمال الصحية	10-8	10	17	23	16.83	2.16	4.69
الاعمال الكهربائية	11-9	25	35	50	35.83	4.16	17.36
تثبيت المكيفات	13-11	10	14	20	14.33	1.66	2.77
رصف الارضية	12-10	15	20	25	20	1.66	2.77
تثبيت السقوف الثانوية	13-12	12	20	25	19.5	2.16	4.69
التنظيف والتشغيل للبناية	14-13	15	17	20	17.16	0.83	0.69

ومن خلال طريقة بيرت يمكن ايضاً معرفة المسار الحرج وبالاعتماد على قيمة الوقت المتوقع لكل نشاط وكما هو موضح في الجدول (4)

جدول (4) يوضح تحديد المسار الحرج باستخدان طريقة بيرت

رقم المسار	الانشطة	Duration الوقت المتوقع
1	14-13-11-9-8-7-6-5-4-3-2-1	14.33+35.83+14.33+45+11.16+63.33+43.33+16.66+5+2 5.83 +17.16=291.96 المسار الحرج
2	14-13-12-10-8-7-6-5-4-3-2-1	19.5+20+16.83+45+11.16+63.33+43.33+16.66+5+25.83 +17.16=283.8

ويتضح من الجدول اعلاه بان المسار الحرج هو (1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-13-14) .

وكذلك فان الوقت المتوقع للمسار الحرج = الوقت المتوقع لانجاز المشروع= يوم291.96

وكما ان التباين للمسار الحرج =مجموع التباينات على المسار الحرج= $\sum_{i=1}^{n} v_i$ =V(C.P)

V (C.P) = 171.07

وبامكاننا استخراج الانحراف المعياري للمسار الحرج وذلك بأخذ الجذر التربيعي لمجموع التباينات على المسار الحرج

$S=\sqrt{V(C.P)}$= 13.07

ثالثاً : تخفيض فترة تنفيذ المشروع وفقاً لمبدأ عمل المسار الحرج وباستخدام طريقة المبادلة بين الكلفة والزمن :

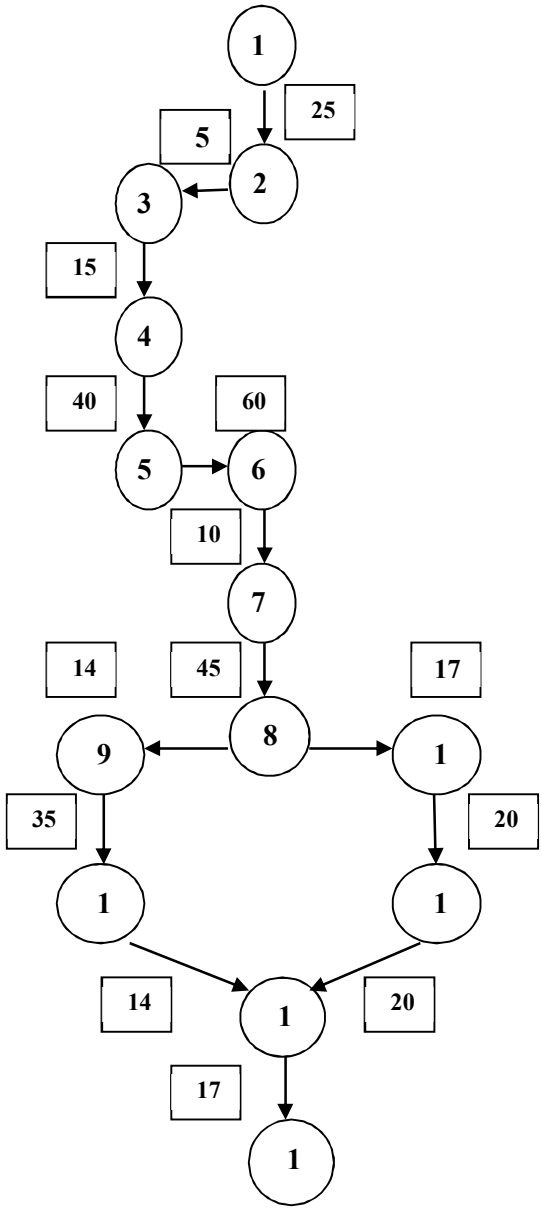
ويمكن من خلال طريقة المبادلة بين الكلفة والزمن تقليص فترة تنفيذ المشروع وذلك من خلال تقليص فترات الانشطة ولاسيما تلك الواقعة على المسار الحرج ومن خلال ايجاد قيمة الميل والذي يمثل التكلفة الاضافية المباشرة لكل وحدة واحدة من الزمن المنضغط وكما هو موضح في الجدول (5)وبحسب الصيغة الآتية :

$$\text{Slope}=\frac{C_C-C_N}{T_N-T_C}$$

جدول (5) يوضح زمن الانجاز الطبيعي والمنضغط والكلفة الطبيعية والمنضغطة وقيمة الميل لكل نشاط من انشطة المشروع

الانشطة	الزمن الطبيعي	الزمن المنضغط	الكلفة الطبيعية	الكلفة المنضغطة	الميل
كشف الارضية وازالة كافة طبقات التسطيح والعوارض	25	20	9000000	11000000	400000
تخطيط الموقع وتحديد مواقع القواعد الحديدية	5	2	500000	750000	83333.33
تثبيت القواعد الحديدية	15	10	7000000	9800000	560000
تثبيت الاعمدة الحديدية	40	03	59280000	63700000	442000
تثبيت الجسور الحديدية	60	05	75560000	86650000	1109000
تثبيت الساندويج بنل للسقوف	10	7	81900000	91000000	3033333.33
تثبيت الساندويج بنل الجداري	45	35	169000000	182000000	1300000
تثبيت الشبابيك والابواب	14	12	45000000	50000000	2500000
الاعمال الصحية	17	13	9000000	9700000	175000
الاعمال الكهربائية	35	25	73000000	80000000	700000
تثبيت المكيفات	14	10	36000000	40000000	1000000
رصف الارضية	25	20	42000000	44800000	560000
تثبيت السقوف الثانوية	20	15	21840000	25200000	672000
التنظيف والتشغيل للبناية	17	16	5000000	7000000	2000000
			634080000		

والشكل (5) يوضح زمن الانجاز الطبيعي لانشطة مشروع اضافة طابق في كلية المأمون



الشكل (5) يوضح زمن الانجاز الطبيعي لانشطة مشروع اضافة طابق في كلية المأمون

ويجب تحديد المسار الحرج و قيمة الميل لكل نشاط من انشطة المسار الحرج وكما هو موضح في الجدول (6) :

الجدول (6) بوضح قيمة الميل لكل نشاط من انشطة المسار الحرج

النشاط	الميل
2-1	400000
3-2	83333.33
4-3	560000
5-4	442000
6-5	1109000
7-6	3033333.33
8-7	1300000
9-8	2500000
11-9	700000
13-11	1000000
14-13	2000000

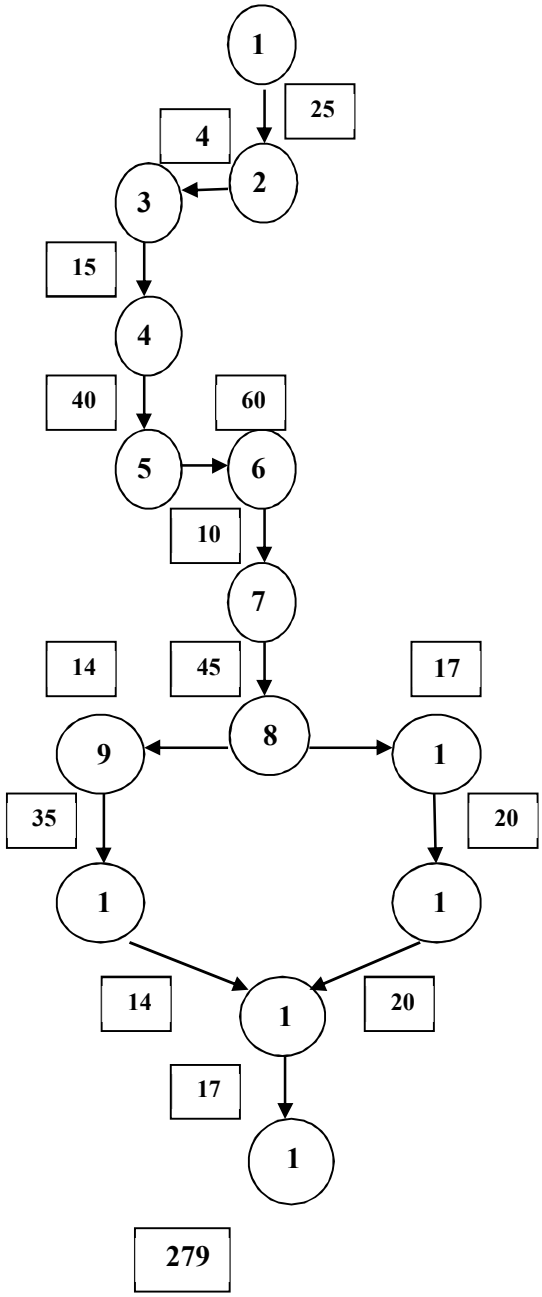
وهنا نسعى الى تخفيض النشاط الذي يحمل اقل تكلفة و يكون النشاط المختار للتقليص هو

التكلفة=83333.33 ⟵ (2-3)

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

634080000 +83333.33 =634163333.33

وبعدد ايام اقل 279 يوم وكما هو موضح في الشكل(6):



الشكل (6) يوضح تخفيض النشاط (3-2) وحدة واحدة

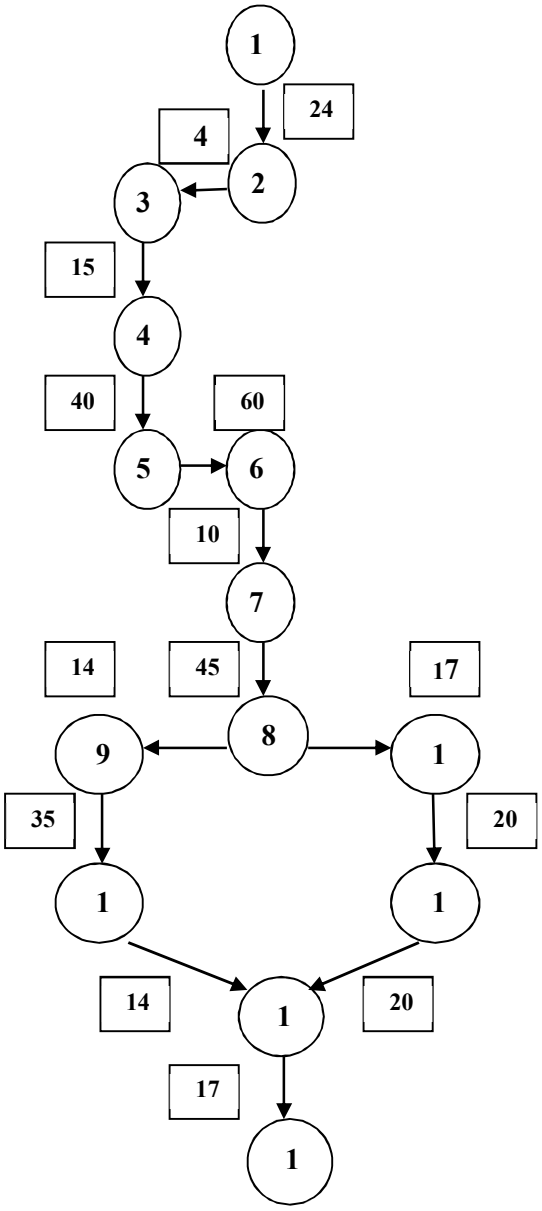
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(1-2) ⟵ التكلفة=400000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

634163333.33+400000=634563333.33

وبعدد ايام اقل 278 يوم وكما هو موضح في الشكل (7):



الشكل (7) يوضح تخفيض النشاط (1-2) وحدة واحدة

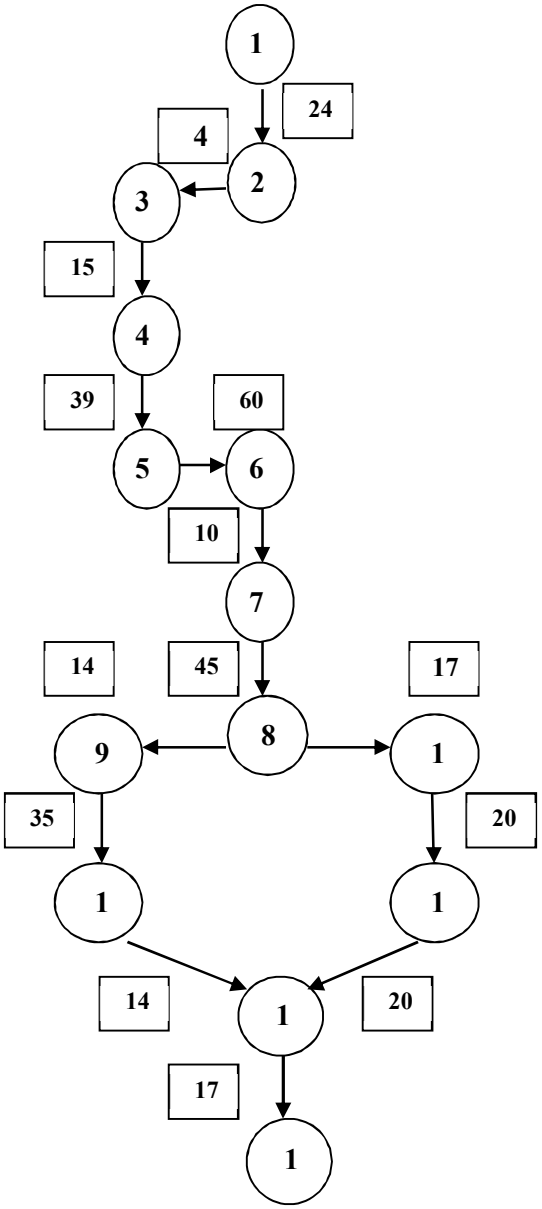
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(4-5) ⟵ التكلفة = 442000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

634563333.33+442000=635005333.33

وبعدد ايام اقل 277 يوم وكما هو موضح في الشكل (8):



الشكل (8) يوضح تخفيض النشاط (4-5) وحدة واحدة

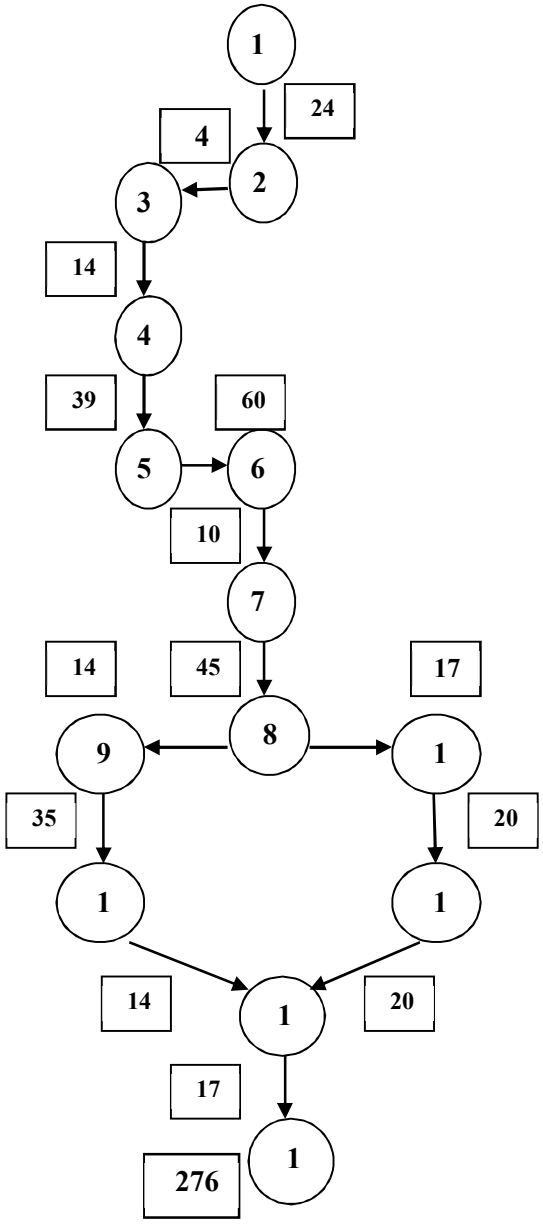
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(3-4) ⟵ التكلفة= 560000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

635005333.33+560000=635565333.33

وبعدد ايام اقل 276 يوم وكما هو موضح في الشكل (9):



الشكل (9) يوضح تخفيض النشاط (3-4) وحدة واحدة

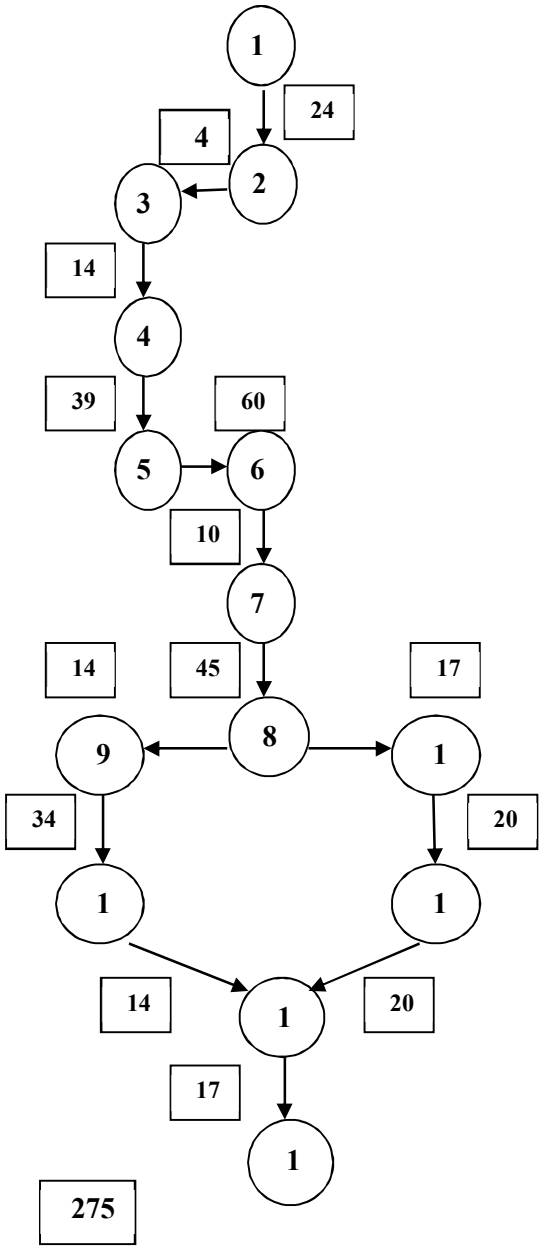
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(9-11) ⟵ التكلفة= 700000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

635565333.33+700000=636265333.33

وبعدد ايام اقل 275 يوم وكما هو موضح في الشكل (10):



الشكل (10) يوضح تخفيض النشاط (9-11) وحدة واحدة

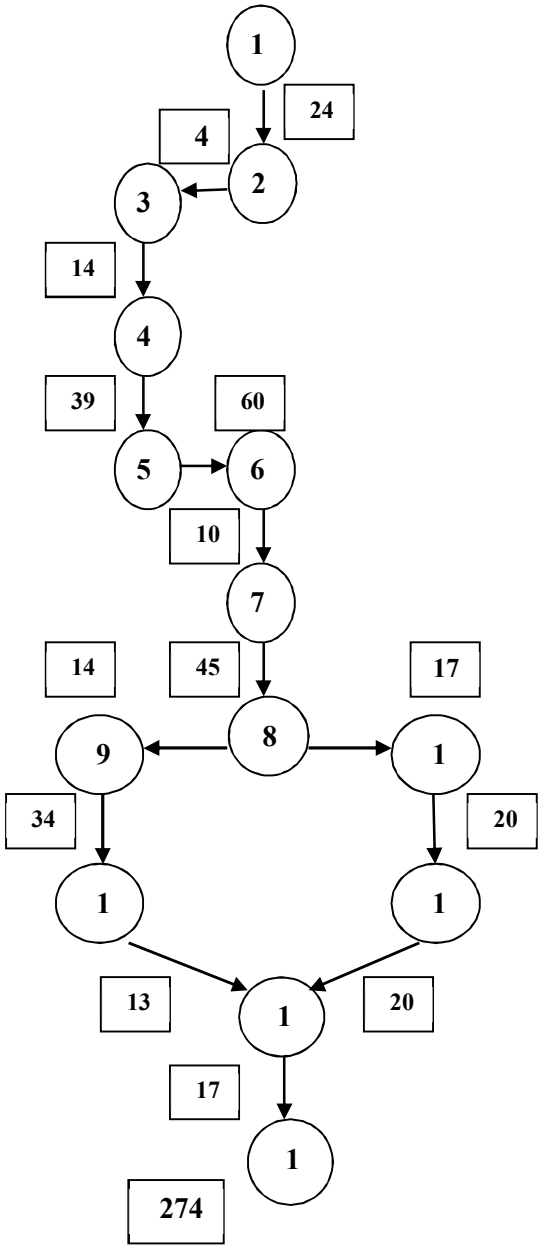
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(11-13) ⟵ التكلفة= 1000000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

636265333.33+1000000=637265333.33

وبعدد ايام اقل 274 يوم وكما هو موضح في الشكل (11):



الشكل (11) يوضح تخفيض النشاط (11-13) وحدة واحدة

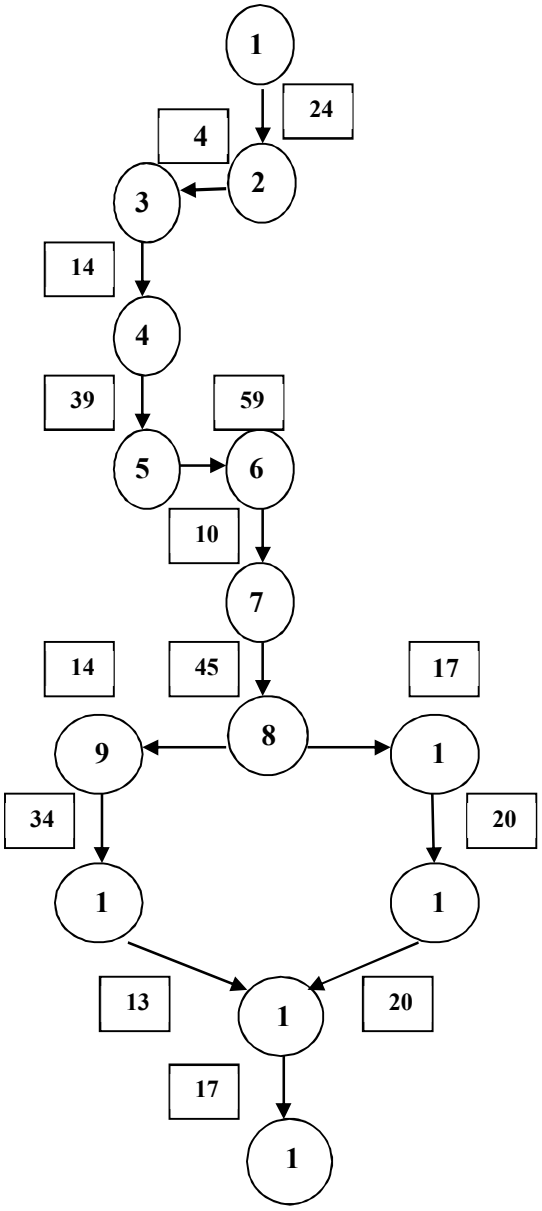
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(5-6) ⟵ التكلفة= 1109000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

637265333.33+1109000=64834333.33

وبعدد ايام اقل 273 يوم وكما هو موضح في الشكل (12):



الشكل (12) يوضح تخفيض النشاط (5-6) وحدة واحدة

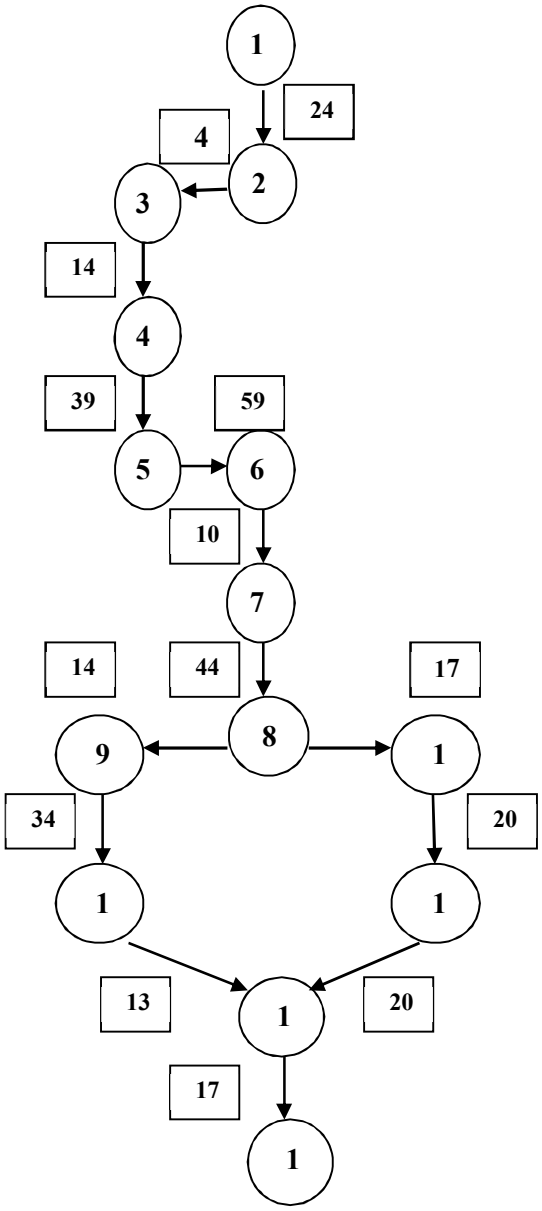
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(7-8) ⟵ التكلفة=1300000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

64834333.33+1300000=66134333.33

وبعدد ايام اقل 272 يوم وكما هو موضح في الشكل (13):



الشكل (13) يوضح تخفيض النشاط (7-8) وحدة واحدة

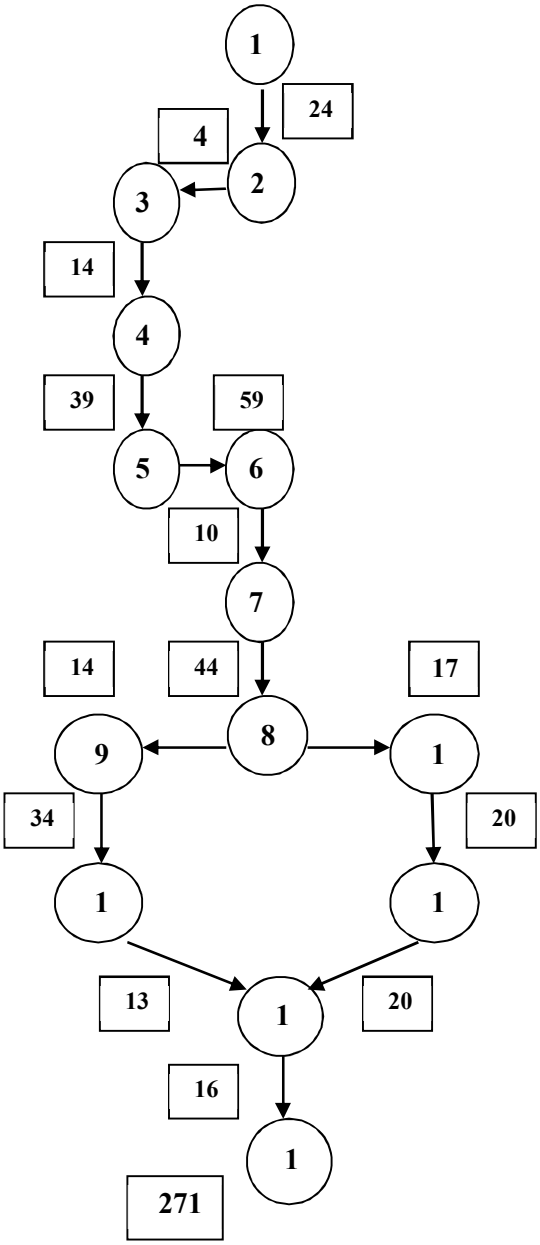
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(13-14) ⟵ التكلفة =2000000

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

66134333.33+2000000=68134333.33

وبعدد ايام اقل 271 يوم وكما هو موضح في الشكل (14):



الشكل (14) يوضح تخفيض النشاط (13-14) وحدة واحدة

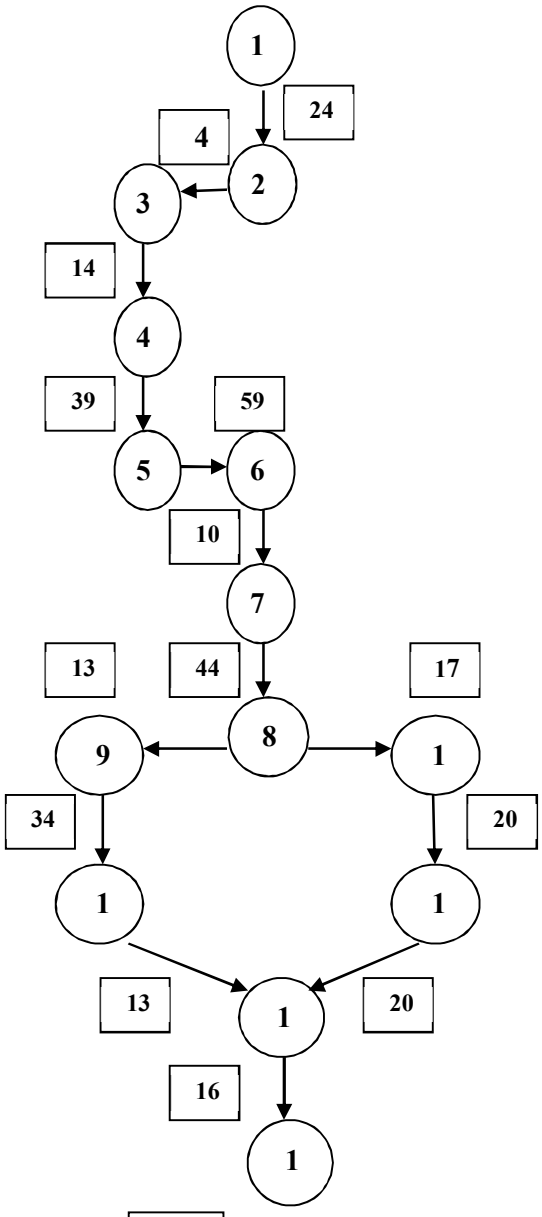
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

التكلفة= 2500000 ⟵ (8-9)

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

68134333.33+2500000=70634333.33

وبعدد ايام اقل 270 يوم وكما هو موضح في الشكل (15):



الشكل (15) يوضح تخفيض النشاط (9-8) وحدة واحدة

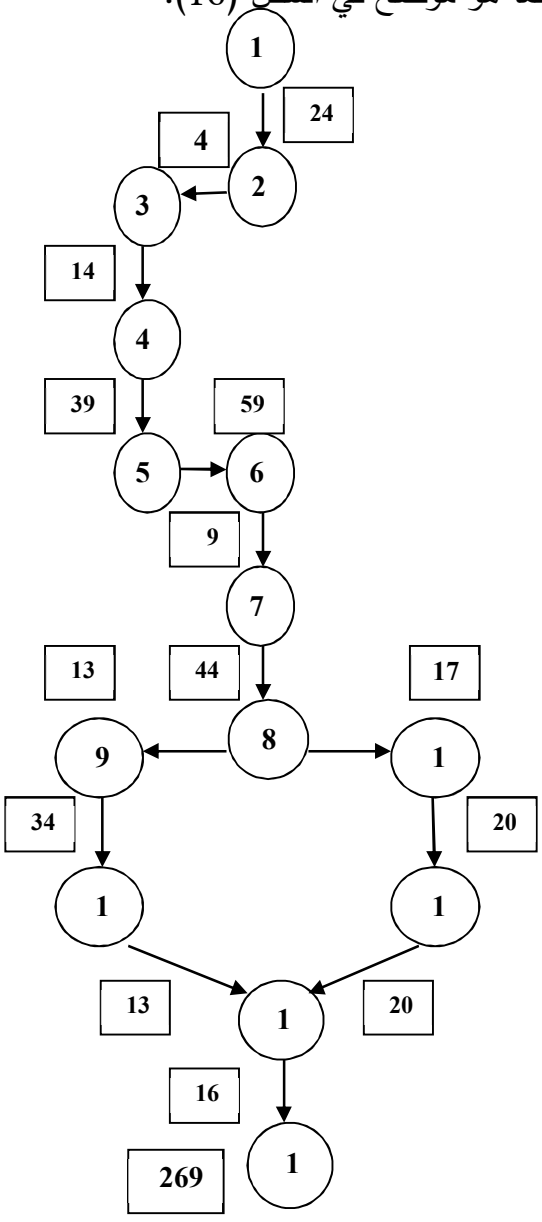
وبعد ذلك يتم اختيار النشاط الآخر الذي يحمل اقل تكلفة

(6-7) ⟵ التكلفة= 3033333.33

وتكون التكلفة الكلية لانجاز المشروع نتيجة ذلك التقليص كما يلي:

70634333.33+3033333.33=73667666.66

وبعدد ايام اقل 269 يوم وكما هو موضح في الشكل (16):



الشكل (16) يوضح تخفيض النشاط (6-7) وحدة واحدة

وبذلك سيوضح لنا الجدول رقم (7) الخاص بالوقت الكلي للانجاز والكلفة المقابلة لكل وقت انجاز وكالآتي:

جدول رقم (7) الخاص بالوقت الكلي للانجاز والكلفة المقابلة لكل وقت انجاز

اقل كلفة	جدولة وقت الانجاز
634080000	280
634163333.33	279
634563333.33	278
635005333.33	277
635565333.33	276
636265333.33	275
637265333.33	274
64834333.33	273
66134333.33	272
68134333.33	271
70634333.33	270
73667666.66	269

الاستنتاجات:

1- من خلال النتائج التي توصل إليها الباحثان تبين أن مدة تنفيذ مشروع أضافة طابق لكلية المأمون الجامعة بلغت 291.96 يوماً في حين ان المخطط له كان لفترة لاتتجاوز 182 يوم وبذلك فان هنالك فرق واضح بين المخطط الفعلي والعلمي للمشروع.

2- يظهر مما تقدم ومن خلال تطبيق طريقة المسار الحرج CPM وطريقة PERT في حساب وقت الانجاز الكلي للمشروع بان النتيجة كانت متقاربة اذ اشارت الطريقة الاولى بان وقت الانجاز 280 يوم والطريقة الثانية 291.96 يوم.

3- يتبن لنا أن المسار الحرج لمشروع أضافه طابق لكلية المأمون الجامعة يتكون من الفعاليات الحرجة التالية:1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-13-14

4- تساوي الطريقتين المسار الحرج CPM وطريقة PERT في تحديد المسار الحرج

5-عدم ظهور مسار حرج آخر عند تطبيق مبدأ المبادلة بين الكلفة والزمن اي تخفيض فترة تنفيذ المشروع

6- بلغت الكلفة الكلية لانجاز المشروع 73667666.66 مليون دينار عند تخفيض فترة تنفيذ المشروع الى 269 يوم

7- إن عدم اعتماد الأساليب العلمية الحديثة في إدارة المشاريع وعدم الالتزام بالمسار الحرج يؤدي الى عدم اكتمال المشاريع بالأوقات والكلف المحددة لها.

8- يفتقر المشروع الى اساليب بحوث العمليات والتي يمكن من خلالها تحديد افضل وقت للانجاز كذلك ان عملية الخطيط والجدولة اعتمدت على اساس الخبرة البسيطة وليس على اساس الطرق العلمية .

9-تأخير المشروع كان بسبب افتقار الشركة المنفذة للموارد المطلوبة لانجاز المشروع.

التوصيات:

1 - يوصي الباحثان المشرفين على المشروع الالتزام بالنتائج التي توصلت إليها الدراسة لضمان نجاحها في المستقبل لتنفيذ المشاريع بأوقات المحددة لها.

2- لابد من توفير قاعدة بيانات متكاملة للمشاريع والمتمثلة بأوقات وتكاليف كل فعالية من فعاليات المشروع.

3- أقامة دورات تدريبية من أجل التعرف على الأساليب العلمية الحديثة والتقنيات الحاسوبية في إدارة المشاريع وكيفية الاستفادة من الوقت والكلفة لمواكبة التطورات الحاصلة في هذا المجال .

4-يجب على إدارة المشروع ان تتبنى عملية التخطيط والجدولة من قبل مهندسين يمتلكون خبرة في هذا المجال .

5 - يجب ان تقوم إدارة المشروع بتوفير جميع الاحتياجات المطلوبة من مواد وعمال وما الى غير ذلك بالوقت والمكان المناسبين .

قائمة المصادر :

1- الفرهود ، فيصل عبد الإله ،توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لتحديد الأمثلية للزمن والكلف لإنجاز بعض مشاريع وزارة الشباب، ماجستير بحوث العمليات ، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد ، 2012

2- الحسناوي، رائد لازم علي ، استخدام المخططات الشبكية في تخطيط ومتابعة الإنتاج ، رسالة ماجستير ، كلية الرشيد للهندسة والعلوم – الجامعة التكنولوجية، 2003.

3-حاوي ، ايمان عسكر ،استخدام اسلوبي المسار الحرج وبيرت في تخطيط ومتابعة انجاز الزوارق /دراسة تطبيقية في شركة ابن ماجد ،مجلة التقني ،هيئة التعليم التقني ،المجلد الثامن عشر ،العدد 4 ،2005.

4-الجزائري ،صفاء محمد، استخدام اساليب جدولة المشروع – بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والكلفة لانجاز المشاريع /دراسة تطبيقية في المعهد التقني البصرة، مجلة التقني ،هيئة التعليم التقني ،المجلد الحادي والعشرين ،العدد 6 ، 2008

5-جنان ،عبد الخالق ، مساهمة لتحسين فعالية اتخاذ القرارات في تخطيط المشاريع والرقابة عليها باستخدام التحليل الشبكي /دراسة حالة شركة كوسيدار انجاز 534 مسكن ببرج بوعريريج،رسالة ماجستير ،الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية ،جامعة محمد بو مضياف المسيلة ،كلية العلوم التجارية وعلوم التسير والعلوم الاقتصادية ،قسم العلوم التجارية ،2005.

6-ماضي ،محمد توفيق ،إدارة وجدولة المشاريع ،الإسكندرية ،الدار الجامعية للطباعة ،2000.

7-توفيق ،فكتور يوسف ،الصبحة ،احمد نجم ،يونس ،موفق محمد ،مدخل الى الهندسة الصناعية ، الموصل ،مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ،1989.

7-علوان ،حيدر عبد حسن ،البياتي ،فائز غازي ،الاتجاهات الحديثة في ادارة الصيانة المبرمجة ،عمان، دار وائل للنشر ،2004.

8-الشمرتي ،حامد سعد ،بحوث العمليات مفهوما وتطبيقا ،العراق ،مكتبة الذاكرة ،الطبعة الاولى ،2010.

9-Krajewski,Lee,J,and Ritzman ,Larry,P.,operation s Management :strategic and analysis 7th ed ,Addisanwesley ,Inc ,USA ,2005.

Slack ,N,Chambers ,S,Harland ,C,Harison ,and Johnston ,R ,Operation Management-10

,London pitman,pub, ,2004.

11-Nahmias,Steven,. Production and Operation Analysis, sixth Edition ,MC Graw Hill,USA,2009.

12-Heizer,Jay and Render,Barry ., principles of operations management ,prentice-Hill ,1996.

13-Reid ,R,Dan and Sanders,R,Nada, operations management ,John wiley and sons ,Inc,2002.
14-Islam, M. N., Runa, Md.B., Shuddasattwa,R. & Aziza, T., Crashing Project Time with Least Cost : A Linear Programming Approach , Journal of Business Research, Vol. 6, 2004.
15-Feylizadeh, M. R., Modarres, M. & Bagherpour, M., Optimal Crashing of Multi Period-Multi product Production Planning Problems , World Applied Sciences Journal 4 , 499-505, 2008.
16-Donald L. Keefer and William A. Verdini, Better Estimation of PERT Activity Time Parameters, Management Science, Vol. 39, No. 9 , 1086-1091,1993.
17-Hiller.,s,Fredeirck,and Lieberman.,J,Gerald, Introduction To Management Science, MC Graw Hill,USA,1999.