الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

المعهد العالي للتنمية الإدارية

قسم اقتصاد وإدارة المشروع

دور أسلوبي المسار الحرج (CPM) وتقييم ومراجعة البرنامج (Pert) في تخفيض وقت تنفيذ المشاريع الانشائية

(دراسة حالة تنفيذ طابق من بناء سكني في ضاحية الفيحاء)

The role of critical path method (CPM) and program evaluation and review (Pert) in reducing construction projects implementation time: case study Implementation of a floor of a residential building in the suburb of Al-Fayhaa

مشروع مقدم لنيل درجة الماجستير في اقتصاد وإدارة المشروع

إعداد الطالب:

طالب محمود محمود

إشراف الدكتور:

د. محمد فارس أبو سيف

2021

كلمة شكر

لا بد لي وأنا في ختام هذه المرحلة الاستثنائية بكل تفاصيلها أن أقدم أسمى آيات الشكر والتقدير والمحبة لمن حملوا أقدس رسالة في الحياة، إلى الذين علمونا ولم يدخروا جهداً لكي نصل للمعرفة ونتخطى الصعاب.

إلى جميع أساتذتنا الأفاضل في المعهد العالي للتنمية الإدارية

وأخص بالشكر الكبير للدكتور

محمد فارس أبو سيف

الذي تفضل بالإشراف على هذا العمل والذي لم يدخر جهدا في تقديم المساعدة لي وقدم لي يد العون وزودني بالمعلومات اللازمة ... فله مني خالص التقدير والاحترام أتمنى له دوام الصحة والتوفيق والسعادة.

إهداء

إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب ....

إلى من كلّت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة ....

إلى نـبـراســي الـذي ينـيـر دربـــي ....

إلى من دفعني إلى العلم وبه ازداد افتخار ....

يا من أحمل اسمك بكل فخر....

والدي العزيز

إلـــى الـــتي رآنـــي قـلـبـهـا قبل عـيـنـيـهـا ....

وحـضـنـتـنـي أحـشـــائـهـا قبل يـديـهـا ....

إلـــى شـــجـرتـــي الـتـــي لا تـذبـــل ....

إلـــى الـظـل الذي آوي إليه في كل حين.....

أمي الحبيبة

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي ....

إلى من يحملون في عيونهم ذكريات طفولتي وشبابي.....

إلى أزهار النرجس التي تفيض حباً وطفولةً ونقاءً وعطرا ....

إلى من هم أقرب إلَي من روحي ....

إخوتي

الملخص

بعد انتهاء الحرب في معظم مناطقها والحاجة الى عودة الخدمات فيها، بدأت سورية مرحلة إعادة الإعمار للنهوض بالبنى التحتية، ومع زيادة أعداد وأحجام المشاريع في مدة زمنية قصيرة، ظهرت مشاكل عديدة أدت إلى تأخير وقت التنفيذ الذي أدى بدوره إلى ارتفاع التكاليف، مما دفع المخططين لاتباع أساليب علمية للتخطيط أكثر دقة، يهدف هذا البحث إلى توضيح بعض هذه الأساليب وهي أسلوب المسار الحرج (CPM) وأسلوب تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) ودورها في جدولة المشاريع وتخفيض وقت التنفيذ، حيث تم تطبيق الأسلوبين على طابق من بناء سكني في ضاحية الفيحاء، من الحسابات تبين أن مدة انجاز المشروع حسب أسلوب المسار الحرج 120 يوم، وحسب أسلوب بيرت 121+3.92 يوم باحتمالية انجاز 84.61% ، أما عند الاستعانة ببرنامج MICROSOFT PROJECT تمكن الباحث من تخفيض وقت انجاز المشروع إلى 106 يوم.

Abstract

After the end of the war in most of its areas and the need to restore services there, Syria began the phase of reconstruction to improve the infrastructure, and with the increase in the number and sizes of projects in a short period of time, many problems emerged that led to delaying the implementation time, which in turn led to an increase in costs, This prompted planners to adopt more accurate scientific planning methods, This research aims to clarify some of these methods, which are the critical path method (CPM) and program evaluation and review method (PERT) and their role in scheduling projects and reducing implementation time, The two methods were applied to a floor of a residential building in Al-Fayhaa suburb, From the calculations, it was found that the project completion period according to the critical path method is 120 days, and according to the BIRT method, 121 + 3.92 days, with a probability of completion of 84.61%, When using Microsoft Project, the researcher was able to reduce the project completion time to 106 days.

فهرس المحتويات

1-مقدمة:.....8

1-1-مشكلة البحث: 8

1-2-أهمية البحث:. 9

1-3-أهداف البحث:..... 9

1-4-مصطلحات البحث:..... 9

1-5-حدود البحث:..... 9

1-6-الدراسات السابقة: 10

2-الجانب النظري: 12

2-1-مفهوم المشروع: 12

2-2-إدارة المشروع: 12

2-2-1-الأهداف الرئيسية لإدارة المشروع: 13

2-2-2-وظائف إدارة المشاريع:..... 15

2-3-موارد المشروع: 16

2-4-الأساليب الكمية (شبكات الأعمال): 17

2-4-1-ماهية شبكات الأعمال:..... 17

2-4-2-التطور التاريخي لشبكات الأعمال:..... 18

2-4-3-مزايا مخططات شبكات الأعمال: 19

2-4-4-طريقة المسار الحرج:..... 19

2-4-5-طريقة تقييم ومراجعة البرنامج *Pert*:..... 21

2-4-6-خطوات شبكات الأعمال:..... 22

2-4-7-العلاقة بين تقنية بيرت وطريقة المسار الحرج: 22

2-4-8-الفرق بين تقنية بيرت وطريقة المسار الحرج: 23

3-الجانب العملي: 24

3-1-معلومات تعريفية عن المشروع: 24

3-2-تسلسل تنفيذ المشروع: 24

3-3-مراحل العمل:. 25

3-3-1-مدة تنفيذ المشروع باستخدام أسلوب المسار الحرج:..... 26

3-3-2-مدة تنفيذ المشروع باستخدام أسلوب *PERT*:..... 29

3-3-3-مدة تنفيذ المشروع باستخدام *MS Project*:..... 33

4-الاستنتاجات:..... 36

5-التوصيات: 37

6-المراجع:.. 38

فهرس الجداول

الجدول (1) مقارنة بين تقنية بيرت وطريقة المسار الحرج.....23

الجدول (2) أنشطة المشروع.....25

الجدول (3) مدة تنفيذ المشروع باستخدام المسار الحرج.....28

الجدول (4) أزمنة الأنشطة حسب بيرت.....30

الجدول (5) مدة تنفيذ المشروع حسب بيرت.....31

فهرس الأشكال

الشكل (1) إدارة المشروع كنظام.....13

الشكل (2) مسقط الطابق السكني.....24

الشكل (3) المخطط الشبكي للمهام.....26

الشكل (4) المسار الحرج حسب CPM.....29

الشكل (5) المسار الحرج حسب PERT.....31

الشكل (6) جدول التوزيع الطبيعي.....32

الشكل (7) مهام المشروع.....34

الشكل (8) المسار الحرج في MS PROJECT.....35

1- مقدمة:

بعد انتهاء الحرب في معظم مناطقها والحاجة الى عودة الخدمات فيها، بدأت سورية مرحلة إعادة الإعمار للنهوض بالبنى التحتية من مؤسسات خدمية وجسور وأبنية سكنية...الخ، ومع زيادة أعداد وأحجام المشاريع في مدة زمنية قصيرة لمواكبة خطط التنمية من جهة وارتفاع أسعار مواد البناء من جهة أخرى أدى إلى ظهور مشاكل عديدة في إدارة هذه المشاريع والتي بدورها أدت إلى التأخير في التنفيذ والتسليم في المواعيد المحددة والذي أدى بدوره إلى زيادة التكاليف، ويدرك جميع الأطراف المعنيين بصناعة التشييد أن التأخير في تسليم المشاريع وفقاً للجداول الزمنية المحددة تمثل آفة تقضي على الأرباح المادية والمعنوية لهذه الأطراف، حيث أن إكمال المشاريع في الوقت المحدد وضمن الميزانية المحددة ليست مهمة سهلة، رغم التقدم في مجال إدارة المشاريع إلا أن معظم المشاريع تواجه مشكلة التأخير في الوقت وزيادة التكاليف، لذلك يعد التخطيط السليم وجدولة المشروع عنصرين مهمين للتغلب على هذه المشاكل، من هنا نرى ضرورة الاهتمام بالأساليب العلمية الأكثر فاعلية للتخطيط في إدارة المشاريع، لذا يعد التخطيط الشبكي من الأساليب العلمية المهمة لتخطيط المشاريع وتنظيمها بشكل يعكس التسلسل الزمني والمنطقي وعلاقات الترابط بين أنشطة المشروع مما يساعد على تنفيذه وفق البرنامج المحدد له وبالتالي يساعد في حل مشاكل عدة أبرزها مشكلة التأخير في الإنجاز التي تنتج عن عدم إدارة الوقت بشكل علمي. لذا فان هذا البحث سوف يسلط الضوء على أبرز أنواع التخطيط الشبكي للمشاريع وهي المسار الحرج (CPM) وتقييم ومراجعة البرنامج (PERT) والتي تساعد في مراقبة وتقييم تقدم مراحل إنجاز المشروع بحيث يتم الانتهاء من المشروع في الوقت المحدد، كما تساعد في تخصيص الموارد مما يسهم في تخفيض التكاليف.

1-1- مشكلة البحث:

المشكلة المرافقة لأغلب المشاريع الانشائية زيادة تكاليف انشائها ومدة تنفيذها عما هو مقدر لها، ذلك بسبب اعتماد طرق تخطيطية بسيطة تؤدي الى تأخير في الإنجاز، بالتالي المشكلة الحقيقية للبحث تتمحور حول أهم موارد المشروع وهو الوقت، لذلك يتوجب القيام بالتخطيط السليم للمشروع، وجدولته من خلال اللجوء إلى أساليب التخطيط الشبكي، وهنا يبرز لدينا التساؤلين التاليين:

a) ما مدى فعالية أسلوبي المسار الحرج (CPM) وتقييم ومراجعة البرنامج (PERT) في جدولة المشاريع الانشائية؟

b) ما إمكانية تقليل وقت انجاز المشروع؟

1-2- أهمية البحث:

أهمية هذا البحث تتمثل في توضيحه لخطوات تطبيق تقنيتي المسار الحرج (CPM) وتقييم ومراجعة البرنامج (PERT)، التي لها القدرة على جدولة وتخطيط المشروع، إضافة الى تقليل وقت انجاز المشروع.

1-3- أهداف البحث:

يهدف البحث الى:

1. **استخدام أسلوبي المسار الحرج وبيرت في جدولة المشروع (طابق من بناء سكني في ضاحية الفيحاء)**
2. **تقليل وقت انجاز المشروع**

1-4- مصطلحات البحث:

إدارة المشاريع: إدارة عمليات المشروع المسؤولة عن تحويل مدخلاته الى مخرجات عن طريق تطبيق المعرفة والمهارات والأدوات والأساليب التقنية على أنشطة المشروع لتلبية متطلباته. (المواشي،2016: 90)

المسار الحرج: المسار الأطول على الشبكة والمسؤول عن القيام بتحديد جميع الأنشطة الحرجة للشبكة والتي يجب ألا يتأخر تنفيذها عن مواعيدها المحددة. (عيسى وآخرون،2019)

مدة النشاط: هو الزمن اللازم لإنجاز نشاط معين، من الممكن أن يكون زمن مؤكد أو احتمالي.

أسلوب المسار الحرج: طريقة من طرق التخطيط، تعتمد على التحليل الشبكي وتستخدم في تخطيط المشاريع المعقدة تخطيطاً اقتصادياً وتبين بصورة بيانية العلاقات المترابطة بين جميع أوجه النشاط في المشروع. (عيسى وآخرون،2019).

أسلوب تقييم ومراجعة البرنامج: أسلوب بياني ورياضي يتعلق بتخطيط وجدولة الفعاليات الإنتاجية وإحكام الرقابة على سير الأعمال في المشاريع، وتحليل وتنسيق جميع الفعاليات وتحديد التسلسل الزمني والمنطقي لإنجاز الأنشطة المختلفة. (خنشور، وتلي، 2016)

1-5- حدود البحث:

مكانية: طابق من بناء سكني في ضاحية الفيحاء ضمن محافظة دمشق

زمانية: زمن انجاز البحث سنة 2021.

1-6- الدراسات السابقة:

1. دراسة (معطاالله محمد،2020) بعنوان "استخدام التحليل الشبكي في جدولة المشاريع الانشائية دراسة حالة انجاز 60 وحدة سكنية"

مشكلة الدراسة كانت مدى فعالية التحليل الشبكي في جدولة المشاريع الانشائية هدف الباحث إلى تحديد كيفية تطبيق أسلوب المسار الحرج في المشاريع الانشائية وتحديد الترتيب المنطقي للمهام والتعرف على العلاقات المتبادلة بين الأنشطة المختلفة المنهج الذي اتبعه الباحث دراسة حالة.

أهم النتائج: يقتضي التخطيط الجيد للسيطرة على زمن الإنجاز في المشاريع استخدام التقنيات الحديثة مثل التحليل الشبكي (pert/cpm) فهي تمكن من اعداد خطة محكمة للمشروع.

2. دراسة (دراجي عيسى، توبين علي، خليفة منية،2019)

عنوان الدراسة: "أهمية اسلوبي PERT وCPM في متابعة ومراقبة انجاز المشاريع دراسة حالة انجاز مشروع مستشفى 240 سرير"

مشكلة الدراسة: التأخير في زمن انجاز المشاريع

هدف الدراسة: تبيان أهمية استخدام اسلوبي بيرت والمسار الحرج لإدارة المشاريع من خلال تبيان الأنشطة المختلفة للمشروع

احتوى البحث على مفاهيم شبكات الأعمال بأنواعها وأساليب شبكات الاعمال في اطاره النظري.

في الإطار العملي تم تطبيق أسلوبي بيرت والمسار الحرج لحساب الوقت اللازم لإنجاز المشاريع وذلك عن طريق رسم شبكات الأعمال والوصول الى النتائج **ومن أهم النتائج التي توصل اليها البحث:**

ضرورة اعتماد المشاريع على أساليب التحليل الشبكي ومن خلال هذه الأساليب اتضح مسار الأنشطة الحرجة والتي يمكن تقليل زمنها من خلال زيادة ساعات العمل او زيادة العمالة، كما تبين بعد تطبيق هذه الأساليب أن مدة الإنجاز هي 95 أسبوع وهي اقل من الوقت المحدد من طرف الشركة لإنجاز المشروع (24 شهر).

3. **دراسة (المواشي زينب، 2016)**

عنوان الدراسة: دور اسلوبي بيرت والمسار الحرج في تعزيز أداء المشروعات الانشائية "دراسة تطبيقية في قسم المشاريع في ديوان محافظة بغداد"

مشكلة الدراسة: التأخر في زمن انجاز المشاريع وعدم تطبيق الأساليب الحديثة لإدارة المشاريع من قبل القسم المسؤول عن تنفيذ المشاريع

هدف الدراسة: تقديم تطبيق عملي حول كيفية استخدام أسلوبي بيرت والمسار الحرج كطرق علمية فاعلة للتخطيط في مشاريع حيوية

افترضت الباحثة أن لطريقة المسار الحرج وحساب الزمن التعجيلي للمشروع أهمية في توفير أهم موارد المشروع وهو الوقت، كما افترضت أن تطبيق أسلوب PERT يوفر إمكانية تحديد نسبة احتمالية انجاز المشروع ضمن المدة المقررة له.

اعتمدت الباحثة على المنهج الوصفي في الإطار النظري لشرح المفاهيم والمبادئ الأساسية لإدارة المشروع، وعلى المنهج الكمي في الجانب العملي حيث استخدمت أسلوبي PERT وCPM من خلال البرامج الخاصة بهما ومنها برنامج (WIN QSB) لتطبيق المسار الحرج وإيجاد أفضل مبادلة بين الزمن والكلفة وبرنامج MS PROJECTللتحقق من الكلف المخططة والزمن الكلي للمشروع.

أهم النتائج التي توصلت إليها الباحثة:

أسلوب التخطيط الشبكي يقدم خطة دقيقة وواضحة كما يمكن لبعض الجداول التي يوفرها أسلوبي (PERT/CPM) أن تكون وسيلة مراقبة أولية للمشروع.

يتفق البحث الحالي مع الأبحاث السابقة على ضرورة استخدام أساليب التحليل الشبكي أثناء التخطيط للمشاريع وجدولتها، كما يدرس إمكانية تقليل وقت الإنجاز باستخدام برنامج Microsoft Project.

2- الجانب النظري:

2-1- مفهوم المشروع:

هو مجموعة من أنشطة العمل المترابطة والمقيدة بنطاق وكلفة وجدولة زمنية محددة تؤدي إلى تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمؤسسة باستخدام موجوداتها، كما عرفت جمعية إدارة المشاريع البريطانية المشروع على أنه مجموعة من الأنشطة المترابطة غير الروتينية لها بدايات ونهايات زمنية محددة يتم تنفيذها من قبل شخص أو منظمة لتحقيق أداء وهدف محدد في إطار معايير الكلفة والزمن والجودة. (خنشور، وتلي، 2016)

وفقاً للدراسة الحالية يقصد بالمشروع الإنشائي هو ذلك النوع من المشاريع الذي يبدأ عادة بفكرة معمارية لغرض ما ويتم تطويره ليفي بالغرض المطلوب منه ثم يتم إعداد الخرائط التنفيذية وينفذ عبر مراحل متعددة.

بشكل عام يمكن تحديد تعريف المشروع بأنه "عملية فريدة من نوعها مخطط لها مسبقاً، تنفذ مرة واحدة فقط، لها تاريخ بداية ونهاية، ومكونة من مجموعة من الأنشطة أو المهام التي يجب أن تصمم وتنفذ وفق قيود زمنية ومالية وفنية محددة مسبقاً من قبل الزبون أو المالك للمشروع وتلبي رغباته وتوقعاته". (المواشي،2016: 90)

2-2- إدارة المشروع:

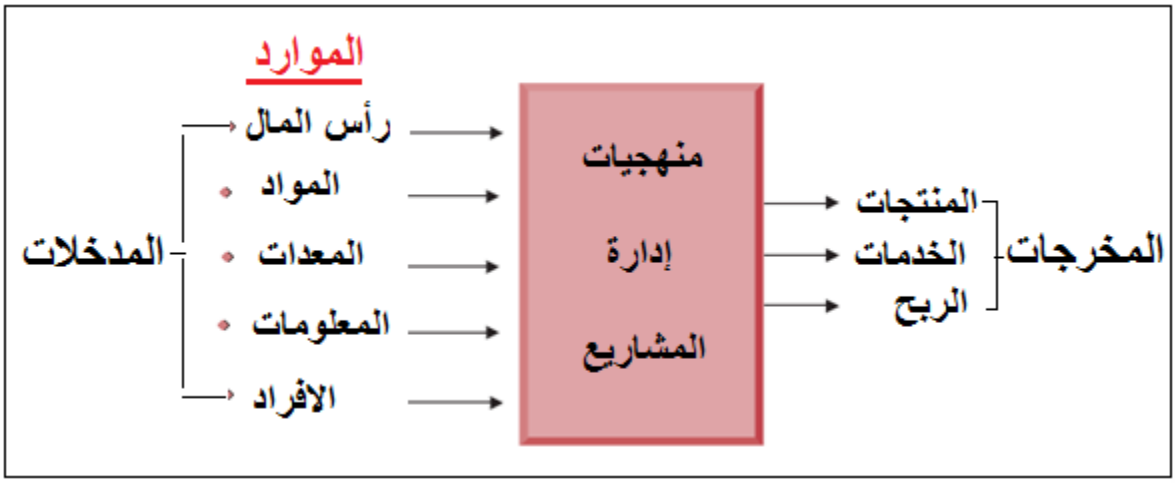
يتساءل الكثيرون عن المقصود بإدارة المشاريع، والإجابة هي أن إدارة المشروع تتكون من كلمتين (الإدارة–المشاريع)، أما الإدارة فتُعرَّف بأنها عملية تحقيق الأهداف من خلال القيام بأعمال الإدارة من تخطيط وتنظيم وتوجيه ورقابة، أما المشروع فهو عملية مؤقتة لتنفيذ مجموعة من الأنشطة المنظمة لتحقيق هدف معين في فترة زمنية معينة وباستخدام موارد متنوعة.

وقد عرف المعهد الأمريكي إدارة المشروعات "على أنها مجموعة من الأنشطة المنظمة والموجهة نحو توظيف أمثل، واستغلال أفضل للموارد المتاحة، من أجل تحقيق أهداف المشروع، بالاعتماد على شتى طرق وأساليب الكفاية والفاعلية ضمن مجموعة محددة من القيود". (خنشور، وتلي، 2016)

كما أنها عملية إدارة عمليات المشروع المسؤولة عن تحويل مدخلاته إلى مخرجات عن طريق تطبيق المعرفة، المهارات، الأدوات والأساليب التقنية على أنشطة المشروع لتلبية متطلباته، والإدارة الجيدة للمشروع تحفز فريق العمل على إنجاز مهامه

بشكل يساعد على تحقيق أهداف المشروع بأكبر قدر من الكفاءة، حيث إن للمشروع مدخلات تتمثل بالموارد المتنوعة، التي يتم إدارتها من خلال منهجيات إدارة المشاريع المناسبة لتحقيق أهداف المشروع المتمثلة بمخرجاته، إذاً تعمل إدارة المشاريع على تحقيق التكامل والتناسق بين الموارد المتاحة والوظائف بغرض تحقيق الاستثمار الأمثل للموارد المالية والبشرية والمادية للمشروع، والشكل يبين مدخلات المشروع التي تبدأ من رأس المال وتنتهي بالأفراد وتتمثل المخرجات بالتسليمات النهائية وهي المنتج والخدمة والربح. (المواشي،2016: 90)

الشكل (1) إدارة المشروع كنظام



المصدر: يوسف، جابر يوسف محمد. (2012). "تقييم استخدام منهجية إدارة المشاريع في المشاريع الإنشائية" دراسة تطبيقية/الأكاديمية العربية في الدنمارك/كلية الإدارة والاقتصاد: ص 51

2-2-1- الأهداف الرئيسية لإدارة المشروع:

إدارة المشروع لها ثلاثة أهداف رئيسية وهي:

1. تقليص مدة المشروع
2. تخفيض تكلفة المشروع
3. تقليص استخدام الموارد المطلوبة. (Razdan et al, n.d)

أي أن إدارة المشروع تركز على ثلاث معايير وهي (الوقت والكلفة والجودة)، هل تم تنفيذ المشروع بالوقت المحدد، وضمن الميزانية المحددة، وبالمواصفات المطلوبة من قبل المالك أو الزبون، ونظراً لأهمية هذه القيود الثلاثة سنقوم بتوضيحها:

1) الجدولة الزمنية(Schedule): هي عملية تحويل خطة المشروع إلى جدول زمني لتشغيل البرنامج ابتداءً من لحظة مباشرة العمل فيه مروراً بجميع الأنشطة المتتابعة والمتداخلة والأحداث والمحطات الرئيسية وصولاً إلى لحظة إنهاء العمل في المشروع وتحديد الوقت اللازم لتنفيذ المشروع من لحظة البدء حتى لحظة الانتهاء.
2) الجودة(Quality): الجودة كما وردت في قاموس أكسفورد تعني الدرجة العالية من النوعية أو القيمة.

وتضمنت المواصفة القياسية الدولية لمصطلحات الجودة إصدار عام 1994 تعريفاً للجودة باعتبارها: مجموعة الخصائص والخواص الكلية التي يحملها المنتج أو الخدمة وقابليته لتحقيق الاحتياجات أو المطابقة للغرض، وإن السيطرة على جودة المشروع الإنشائي هي عملية ضبط جودة كل نشاط من أنشطة المشروع بموجب المواصفات المثبتة في وثائق العقد بغية تحقيق الجودة المطلوبة للمشروع.

3) ميزانية المشروع(Budget): بعد انتهاء عملية التخطيط للجوانب الفنية من المشروع وتحديد الزمن اللازم لتنفيذه، فإن هناك عنصراً مهماً من عناصر التخطيط يتوجب اكماله قبل أن تشرع إدارة المشروع للبدء بتنفيذ المشروع، فلا بد من تحديد الميزانية اللازمة للحصول على الموارد الضرورية لتحقيق أهداف المشروع.

اذاً مما سبق نصل إلى خلاصة أننا إذا أردنا تقليل مدة إنجاز المشروع سيؤدي ذلك إلى تخفيض الجودة أو زيادة الكلف، ولكننا نحن نريد تقليل المدة الزمنية مع الحفاظ على الجودة المطلوبة فهذا يعني زيادة الكلف المرتبطة بالمشروع. (المواشي،2016: 91)

2-2-2- وظائف إدارة المشاريع:

تتطلب إدارة المشاريع ممارسة الوظائف الإدارية التالية:

1. تخطيط المشروع:

التخطيط هو أول الوظائف الإدارية، يسبق أي عمل تنفيذي ويحدد الأعمال التي يجب القيام بها في المستقبل، وهو أداة لبناء تصور مسبق عن مراحل تنفيذ المشروع، وتصور المخاطر المتوقعة التي ستواجه المشروع عند تنفيذه، وما هي الآليات اللازمة لمعالجة هذه المشاكل. (دودين،2012)

يجب التركيز على أهمية الوقت والجهد الذي ينبغي أن يسخر لوظيفة التخطيط وذلك لدور وأهمية تخطيط المشروع في دعم إدارة المشروع في التنبؤ بكيفية سير المشروع أثناء مراحل تنفيذه، وإن الهدف الرئيسي من التخطيط العام للمشروع هو وضع نظام سيطرة يمكن تطبيقه ابتداءً من السيطرة على الموارد الأساسية للمشروع وجدولة العمليات التنفيذية وصولاً إلى الخطة المركزية للعمل ومن ثم السيطرة الكلية على التنفيذ في المشروع ومن ثم تتكامل جميع الخطط ضمن الرؤيا العامة للإدارة العليا. (المواشي،2016)

2. تنظيم المشروع:

يقصد به تصميم البناء التنظيمي الداخلي للمشروع عن طريق توزيع الواجبات والمسؤوليات والسلطات على العاملين في المشروع، وتحديد القواعد والأصول وإجراءات العمل الرسمية والمتابعة في تنفيذ الواجبات والأدوار بما يضمن تحقيق التناسق بين القوى العاملة والموارد المتاحة ويعمل على تنفيذ الخطة بكفاءة عالية، وهناك من اختصر تعريفه لتنظيم المشروع على أنه "تقسيم العمل والتنسيق بين النشاطات". (خنشور، وتلي، 2016)

3. موازنة المشروع:

هي عملية تقدير تكلفة المشروع عن طريق تحديد الموارد اللازمة لتنفيذ كافة أنشطة المشروع، مع تقدير التكلفة المتوقعة لهذه الموارد ووقت استخدامها، بحيث ينتج عن ذلك تحديد الكلفة التقديرية للمشروع شاملة كافة أنشطته وفعالياته من لحظة المباشرة حتى لحظة الانتهاء. (خنشور، وتلي، 2016)

4. توجيه المشروع:

تشمل وظيفة التوجيه مجموعة من الوظائف الفرعية هي: القيادة والإشراف والاتصال والتحفيز، لا تقتصر هذه الوظيفة على إصدار الأوامر والتعليمات فقط من خلال الوحدات التنظيمية، ولكن تهتم أيضاً بإشراك العاملين في صنع القرارات وبقبول الأوامر والتعليمات. (خنشور، وتلي، 2016)

5. مراقبة المشروع:

الرقابة هي مجموعة الأنشطة والأعمال التي تتعلق بمتابعة وتنفيذ المشروع، وتحليل الأرقام المسجلة للتعرف على مدلولاتها، ثم اتخاذ ما يلزم من إجراءات لتحقيق الأهداف، ومعالجة أي قصور في تحقيق هذه الأهداف، ف وظيفة الرقابة تتلخص في التأكد من أن ما يتم أو ما تم من عمل مطابق لما أُريدَ إتمامه. (خنشور، وتلي، 2016)

2-3- موارد المشروع:

تعد الموارد العصب الأساسي لتنفيذ أي مشروع، وتختلف الحاجة إلى هذه الموارد حسب حجم ومدة تنفيذ المشروع، ويشكل الحصول عليها أحد أبرز التحديات التي لا بد من التغلب عليها لكي يتم تنفيذ المشروع بنجاح. وهي:

1) **الموارد البشرية:** يعتبر العنصر البشري من أهم موارد المشاريع على الإطلاق، فالأفراد هم أصحاب الابتكارات والاختراعات، أي يشكلون فريق العمل في المشروع وبدون الموارد البشرية يتعثر المشروع وقد يتأخر عن مدته الزمنية اللازمة لتنفيذه كما تتطلب الموارد البشرية مميزات خاصة تتناسب مع طبيعة وخصائص المشروع.
2) **الموارد المالية:** تعتبر الضمان شبه المؤكد لتنفيذ المشاريع، وتؤدي دوراً فعالاً في تحقيق أهداف المشروع، إذ أن التأخر في تمويل المشاريع يرافقه انعكاسات سلبية في العملية التشغيلية للمشروع وخاصة فيما يعود لتوقيت الالتزام بتسليم المشروع.
3) **الموارد المادية:** تشمل هذه الموارد على كل من المعدات، التجهيزات، والموارد الأولية الضرورية للعملية الإنتاجية، وبقدر ما تكون هذه الموارد متوفرة وبقدر ما يتولى تشغيلها العمال المهرة، بقدر ما تحقق الغاية الكامنة وراء استخدامها، وفي مقدمتها تنفيذ المشروع بالمواصفات المطلوبة.

4) **الموارد المعلوماتية:** تعتبر من الموارد المحركة فعلاً للمشاريع، إذ أن أصل المشروع فكرة أو معلومة تتطلب التضحية بقدر معين من الموارد للوصول إلى الهدف الذي يسمى فيما بعد "هدف المشروع" كما تعتبر المعلومات في ظل اقتصاد المعرفة عصب الاقتصاد وبنفس المنظور هي عصب المشاريع.

5) **المورد الزمني:** يعد من أهم الموارد في المشروع، وإغفال العامل الزمني لنشاطات المشروع قد يبدل أولويات النشاطات ويؤخر في تنفيذ المشروع، وهذا يخلق المشاكل في صفوف العاملين والمسيرين الحريصين على إنهاء المشروع في الإطار الزمني المبرمج.

تعتبر مسألة توزيع موارد المشروع من الاهتمامات الرئيسية لأي مدير، لذلك يسعى المدراء إلى تحقيق الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة عند توزيعها على الأنشطة. (خنشور، وتلي، 2016)

2-4- الأساليب الكمية (شبكات الأعمال):

2-4-1- ماهية شبكات الأعمال:

مع ظهور المشاريع الكبيرة والمعقدة ظهرت حاجة ملحة لابتكار أسلوب جديد للمخططات يحدد علاقة التتابع والأسبقية، ويحدد أيضاً الزمن الذي يتطلبه إنجاز مجموعة من العمليات المترابطة والمتشابكة، وبذلك يمكن التوصل لجدولة دقيقة لوقت بداية ونهاية كل نشاط وتحديد أقل الطرق تكلفة لإنجاز المشروع.

يطلق مصطلح شبكات الأعمال على مجموعة من الأساليب التي تطورت لتقدم للإدارة كأداة مساعدة في عملية التخطيط والتنظيم والتوجيه والرقابة على موارد المشروع بمختلف أنواعها، حيث يعتمد هذا الأسلوب على توضيح العلاقة المتداخلة للأعمال أو الأنشطة المختلفة التي تكون المشروع الكلي مع التحديد الواضح للأنشطة الحرجة في المشروع.

يعتبر استخدام التخطيط الشبكي أسلوباً علمياً متطوراً في التخطيط ومراقبة تنفيذ المشروعات وتنظيمها في شكل يعكس التسلسل الزمني والمنطقي لتنفيذ عمليات المشروع وأنشطته المترابطة فيما بينها، كما تعد الأداة التنظيمية التي يمكن من خلالها ضبط سير عملية تنفيذ الأعمال وفق البرامج المخطط لها وتحديد الموارد اللازمة وتوقيتها.

ويتكون المخطط الشبكي من العناصر التالية: الحدث– النشاط– النشاط الوهمي– الوقت المتوقع لاستمرارية النشاط، وهناك أسلوبين للمخططات الشبكية هما أسلوب المسار الحرج (CPM) وأسلوب تقييم ومراجعة المشاريع(PERT). (خنشور، وتلي، 2016)

2-4-2- التطور التاريخي لشبكات الأعمال:

ظهرت بعد الحرب العالمية الثانية الحاجة لوجود طريقة علمية وعملية لحل مشاكل التخطيط والرقابة في المشاريع الكبيرة فنشط الباحثون في إيجاد طرق ذات كفاءة عالية تقوم على أسس كمية ومن هذه الطرق كانت طريقة المسار الحرج(CPM)، ففي الولايات المتحدة عمل فريق من المستشارين بالتعاون مع شركة "دي بونت" (DuPont) للصناعة الكيماوية وشركة "رمنجتون راند" (Univac Division of Remington Rand) للأدمغة الإلكترونية على تطوير أسلوب للتخطيط وإدارة عمليات الصيانة في شركة دي بونت، وذلك في الفترة من 1945 حتى عام 1959، سمي أسلوب المسار الحرج(Critical Path Method) حيث تم استخدامه في تخفيض الوقت اللازم للصيانة في شركة دي بونت إلى الحد الأدنى.

وطريقة تقييم ومراجعة البرنامج (Pert) حيث تم التوصل إلى هذا الأسلوب في عام 1958 في إحدى الشركات المتخصصة في تقديم الاستشارات الإدارية الأمريكية، وذلك بالاشتراك مع مكتب المشروعات الخاصة بالبحرية الأمريكية، كما شارك أيضاً في هذه الأبحاث قسم الصواريخ بشركة (Lockhead) كبرى شركات تنفيذ أعمال وزارة الدفاع الأمريكية.

وقد كان الهدف الأساسي من هذا الأسلوب هو تصميم طريقة يتم بها تخطيط مشروع إنتاج الصاروخ Polaris بشكل يمكن من إحكام الرقابة على التنفيذ حتى يتم إنجاز المشروع في الموعد المحدد، وأوضحت نتائج التطبيق أن استخدام أسلوب (Pert) أدى إلى تخفيض فترة المشروع بحوالي عامين كاملين. (خنشور، وتلي، 2016)

2-4-3- مزايا مخططات شبكات الأعمال:

1) تشكل الأساس لجميع عمليات التخطيط والتنبؤ وتساعد الإدارة في كيفية استخدام الموارد لتحقيق أهداف التكلفة والوقت
2) تساعد الإدارة في تقييم البدائل عن طريق إمكانية تحديد التأخيرات الزمنية التي تؤثر على إنجاز المشروع، إضافة إلى تحديد الوقت الفائض بين الأنشطة وما هي العناصر الحاسمة التي تؤدي إلى التوافق مع تاريخ الانتهاء
3) يستخدم التحليل الشبكي الزمني كطريقة أساسية لتحديد الموارد والمتطلبات الرئيسية للمشروع
4) توضح استقلالية الأنشطة ضمن المشروع
5) تسهل وضع سيناريو (ماذا لو)
6) تحدد المسار الأطول أو المسار الحرج
7) توفر المخططات الشبكية صورة بيانية تساعد في توضيح مهام العمل والعلاقات بين الأشخاص الذين يلزم وجودهم في المشروع.
8) تساعد على تحقيق علاقات الأسبقية والاعتمادية المتبادلة بين الأنشطة المكونة للمشروع.
9) تساعد على فهم المشروع ومكوناته الأساسية من الأنشطة لأنها تفترض عند بنائها توفير معلومات عن الأنشطة المكونة للمشروع، من حيث التتابع، والتوازي في التنفيذ إضافة إلى تحديد الأنشطة الحرجة في المشروع.
10) إن النماذج الشبكية تسمح في أي مرحلة من مراحل التنفيذ بتحليل الكلفة–المنفعة لاتخاذ القرار حول القيام بتعجيل الأنشطة أو المشروع كله باستخدام موارد إضافية.

2-4-4- طريقة المسار الحرج:

تعتبر طريقة المسار الحرج امتداداً للتطورات والتوسعات التي أجريت على الأساليب الكمية، مثل مخططات غانت Gantt Chart، وقد ظهر أسلوب المسار الحرج في عام 1957 على يد كل من J.E Kelly في شركة Remington– Rand و M.R Walker في شركة DuPont بغرض المساعدة في جدولة عمليات التعطل بسبب الصيانة في مصانع المواد الكيماوية، وذاع صيت هذا الأسلوب الذي أطلق عليه اسم أسلوب المسار الحرج بسبب المزايا التي تحققت من

استخدامه، فقد أدى استخدام هذا الأسلوب في أحد مصانع شركة DuPont في مدينة Louisville بالولايات المتحدة الأمريكية إلى تخفيض وقت الصيانة من 125 ساعة إلى 78 ساعة.

إن هذا النموذج يساعد في تخفيض تكاليف إنجاز المشروع من خلال تخفيض وقت الإنجاز، ولكن هذا التخفيض قد يرافقه ارتفاع في التكاليف غير المباشرة للمشروع، بالإضافة إلى وجود بعض الشروط في عقد المشروع، والتي توجب عقوبات بغرامات مالية لكل يوم تأخير، ومنح على التسليم قبل المهلة.(معطاالله،2020)

ويعرف على أنه وسيلة لتحليل المشاريع وتحديد المدة الزمنية اللازمة لتنفيذ هذا المشروع، ويعتمد تحديد المسار الحرج على الأنشطة المكونة لشبكة الأعمال، إن معرفة المسار الحرج يسمح لنا بإدارة المشروع والتحكم بمدته الزمنية وموارده المالية والبشرية، كما يعتبر زمن الأنشطة في أسلوب (CPM) معلوماً أي قابل للتحديد وهي شائعة الاستخدام في المشاريع المتكررة، ومن مزايا أسلوب المسار الحرج هو إمكانية تحديد العنصرين الأساسيين في التخطيط وهما التسلسل المنطقي للفعاليات الداخلية في المشروع وفي نفس الوقت برمجة المدة الزمنية التي ستنفذ بها الفعاليات. (خنشور، وتلي، 2016)

يعرف المسار الحرج (CPM) بأنه طريقة من طرق التخطيط، تعتمد على التحليل الشبكي وتستخدم في تخطيط المشاريع المعقدة تخطيطاً اقتصادياً وتبين بصورة بيانية العلاقات المترابطة بين جميع أوجه النشاط في المشروع، كما يمكن تعريفه بأنه المسار الذي يضم مجموعة من الأنشطة ويستغرق زمناً أكثر من كافة المسارات في الشبكة. (عيسى وآخرون،2019).

تعتمد طريقة المسار الحرج على تحديد أطول المسارات، حيث يتم تحديد مدد المهام والعلاقات الترابطية بينها، ورسم المخطط الشبكي الذي يوضح تتابع المهام، ومن خلاله تجرى الحسابات.

2-4-5- طريقة تقييم ومراجعة البرنامج Pert:

هي اختصار للحروف الأولى من المصطلح الإنجليزي (Program Evaluation and Review Technique) تم تطويرها من طرف البحرية الأمريكية، ولقد استحدثت هذه الطريقة بالأصل لمتابعة تقدم العمل وليس إعداد خطة العمل، ولكنها تطورت حسب متطلبات التخطيط وأصبحت تستعمل في وضع خطط المشروعات، وتستعمل طريقة بيرت في أعمال التصميم والتطوير والصيانة. (خنشور، وتلي، 2016)

يعرف أسلوب (Pert) بأنه أسلوب بياني ورياضي يتعلق بتخطيط وجدولة الفعاليات الإنتاجية وإحكام الرقابة على سير الأعمال في المشاريع، وتحليل وتنسيق جميع الفعاليات وتحديد التسلسل الزمني والمنطقي لإنجاز الأنشطة المختلفة.

تعد هذه الطريقة إحدى الطرائق التي تعتمد على المسار الحرج ولكن الفرق هو أن أسلوب Pert يركز على الأوقات وليس على الأنشطة كما هو الحال في أسلوب المسار الحرج، كما أن أسلوب (Pert) يعتمد ثلاث أوقات للوصول إلى الوقت الكلي لإنجاز المشروع وهذه الأوقات هي:

الوقت المتفائل: هو أقل قيم الوقت ويقدر هذا الوقت في الظروف الجيدة والمناسبة لإنهاء المشروع

الوقت الأكثر احتمالاً: هو القيمة المحتمل حدوثها في ظروف العمل الاعتيادية

الوقت المتشائم: وهو أطول قيمة في الأوقات الثلاثة ويقدر على أساس أسوء ظروف في العمل.

أسلوب (pert) هو نموذج احتمالي يعتمد على جدول التوزيع الطبيعي (بيتا) والوقت المتوقع لأي نشاط يمكن حسابه كما يلي:

$$D = \frac{A + 4M + B}{6}$$

حيث:

A: الوقت المتفائل، M: الوقت الأكثر احتمالاً، B: الوقت المتشائم، D: الوقت المتوقع للنشاط، أما تباين أزمنة الأنشطة فيحسب من العلاقة: $V = \left(\frac{B-A}{6}\right)^2$

2-4-6- خطوات شبكات الأعمال:

ويمكن تلخيص خطوات شبكات الأعمال فيما يلي:

1. تحديد الأحداث والأنشطة للمشروع وبشكل تفصيلي
2. ترتيب تتابع الأحداث والأنشطة بتسلسل منطقي
3. رسم الشبكة أولياً لتوضيح تتابع الأنشطة وعلاقاتها دون الاعتبار لعامل الزمن
4. تحديد مقدار الوقت اللازم لإتمام كل نشاط
5. تحليل المسارات وتحديد المسار الحرج الذي يمثل أطول مسار في الشبكة وتحديد الزمن المتوقع لإنجاز المشروع.
6. فرض تقويم العمل. (المواشي،2016)

2-4-7- العلاقة بين تقنية بيرت وطريقة المسار الحرج:

من خلال الاطلاع على الأدبيات والكتب العلمية الخاصة بإدارة المشاريع، ومما تقدم ذكره أيضاً في البحث تبين أن هناك علاقة وثيقة بين الأسلوبين من حيث النقاط التالية:

1. عملية حساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة ضمن ما يسمى بالحسابات الأمامية والخلفية
2. التمثيل البياني للأنشطة وتوظيف ذلك لأغراض التخطيط والرقابة
3. تحديد المشروع وجميع المهام والأنشطة الخاصة به
4. وضع مخطط بياني لأنشطة المشروع
5. تطوير العلاقة بين الأنشطة، وتحديد الأنشطة السابقة واللاحقة
6. رسم الشبكة الخاصة بهذه الأنشطة
7. تحديد الوقت والكلفة المقدرة لكل نشاط
8. حساب وقت المسار الحرج في الشبكة
9. تقدير طول مدة إنجاز المشروع وكذلك المدة المسموح بها للإنجاز
10. الإشارة إلى المدة التي يمكن أن يتأخرها أي نشاط دون أن يؤثر ذلك على زمن المشروع الكلي. (المواشي،2016)

2-4-8- الفرق بين تقنية بيرت وطريقة المسار الحرج:

يوجد بعض الفروق الجوهرية بين الأسلوبين، فأسلوب بيرت مرتبط بحالة عدم التأكد فيما يتعلق بالوقت المقدر للأنشطة، في حين أن أسلوب المسار الحرج يتعامل مع التقديرات الزمنية كأنها حتمية إلى حد ما، والجدول (1) يوضح بعض الاختلافات بين الأسلوبين

الجدول (1) مقارنة بين تقنية بيرت وطريقة المسار الحرج

التقنية	**بيرت**	**المسار الحرج**
1	تقديرات الوقت احتمالية مع حالة من عدم التأكد ثلاث تقديرات للوقت	تقديرات الوقت مقررة ومعروفة تقدير وحيد للوقت
2	يعتمد على الأحداث	يعتمد على الأنشطة
3	يركز على الوقت	يركز على الأحداث
4	أكثر ملائمة للمشاريع الجديدة وفي حالة عدم التأكد	أكثر ملائمة للمشاريع المكررة والروتينية
5	مناسب للمشاريع المعقدة	مناسب للمشاريع التي تظهر فيها مشاكل تخصيص الموارد
6	وقت إتمام المشروع هو متوسط الوقت المتوقع	وقت إتمام المشروع رقم تقديري واحد
7	تميزت تقنية بيرت بإمكانية احتساب نسبة احتمالية الإنجاز ضمن وقت محدد عن طريق قيمة(Z)	لا يملك CPM خاصية تحديد نسبة احتمالية الإنجاز

المصدر: المواشي، زينب هادي حسين. (2016). "دور أسلوبي بيرت والمسار الحرج في تعزيز أداء المشروعات الانشائية "دراسة تطبيقية في قسم المشاريع في ديوان محافظة بغداد".

ولكن يبقى الفارق الأساسي والجوهري بين الأسلوبين هو طريقة تقدير الوقت للنشاط وبالتالي تقدير الوقت النهائي لإنجاز المشروع. (المواشي،2016)

3- الجانب العملي:

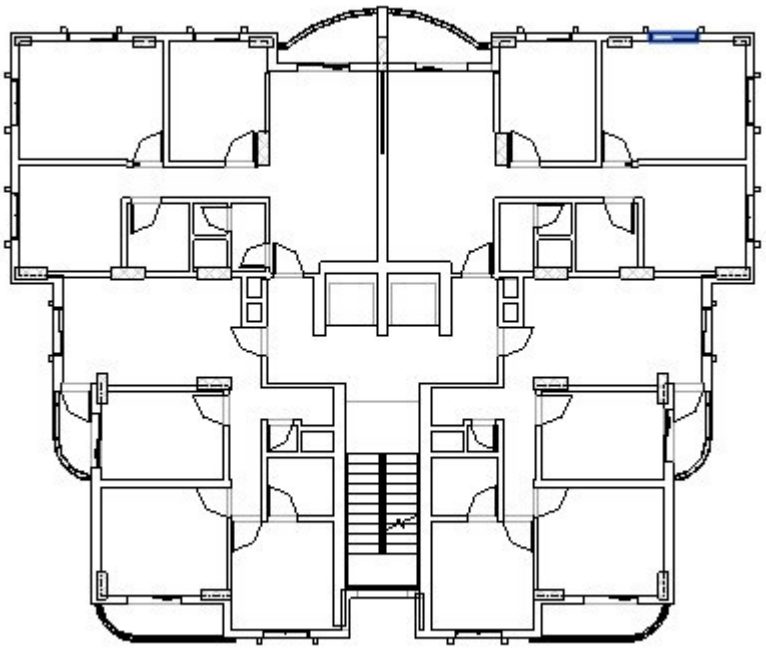
3-1- معلومات تعريفية عن المشروع:

المبنى عبارة عن منزل سكني طابق واحد يمتد على مساحة 373 م3، مؤلف من أربع شقق.

الأساسات عبارة عن حصيرة بيتونية سماكة 50سم عيار 350كغ/م^3، متوضعة على طبقة من بيتون النظافة سماكتها 10سم عيار 150كغ/م^3، بيتون الأعمدة وجدران القص عيار 350كغ/م^3، البلاطة عبارة عن بلاطة هوردي بسماكة 25سم، نسبة التسليح 100كغ/م^3.

تمت نمذجة المشروع على البرنامج الهندسي Revit 2016 لحساب وحصر كميات المواد اللازمة لإنجاز المشروع.

الشكل (2) مسقط الطابق السكني



المصدر: من تصميم الباحث

3-2- تسلسل تنفيذ المشروع:

الحفريات تتم دفعة واحدة على كامل المبنى، بعدها يتم تنفيذ الأساسات التي تتألف من (بيتون النظافة-الحصيرة-عزل الأساسات)، يتم بعدها الردم حتى منسوب الأساسات، بعدها تبدأ أعمال الهيكل (تنفيذ العناصر الشاقولية وبعدها تنفيذ البلاطة)،

بعدها تبدأ أعمال البلوك، ثم سواد الصحية والكهرباء والملابن، بعدها تبدأ أعمال الطينة، ثم أعمال البلاط، بعدها يتم تنفيذ الدهان، ثم يتم تركيب بياض الصحية والكهرباء والمنجور الخشبي والألمنيوم بعدها يتم تسليم المشروع.

3-3- مراحل العمل:

من أجل جدولة المشروع فهناك حاجة لتحديد الأنشطة التي يتألف منها المشروع، والعلاقات فيما بينها وترتيبها، والزمن اللازم لإنجاز كل نشاط في الحالة الطبيعية، ولتحديد ذلك تم الاعتماد على برنامج Revit 2016 ودليل تحليل الأسعار بالإضافة إلى استشارة الخبراء من أصحاب المصلحة لتقدير المدة اللازمة للأنشطة وتحديد تتابعها في المشروع، وكانت النتائج كما هي مبينة في الجدول (2) الظاهر أدناه، حيث تم تقسيم المشروع إلى 17 مهمة، تم تحديد مدة كل مهمة بالإضافة إلى المهام السابقة لها

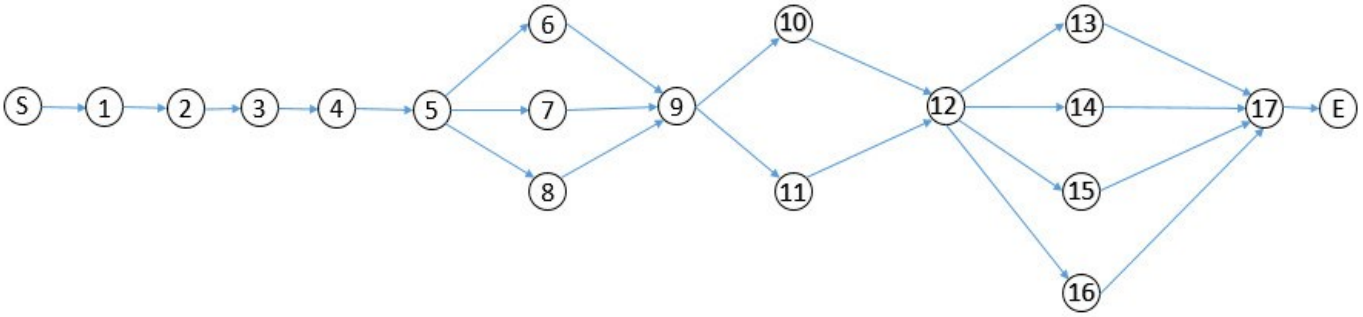
جدول (2) أنشطة المشروع

رمز المهمة	وصف المهمة	مدة المهمة	المهمة السابقة
1	الأعمال التحضيرية	1	-
2	الحفر	3	1
3	تنفيذ الأساسات	12	2
4	أعمال الهيكل	15	3
5	أعمال البلوك	17	4
6	سواد الكهرباء	6	5
7	سواد الصحية	8	5
8	تركيب الملابن	4	5
9	أعمال الطينة	25	6,7,8
10	أعمال البلاط	9	9
11	تركيب سيراميك مطبخ وحمام	6	9
12	أعمال الدهان	21	10,9
13	بياض الكهرباء	8	12
14	بياض الصحية	6	12
15	تركيب المنجور الخشبي	4	12
16	تركيب منجور الألمنيوم	6	12
17	تسليم المشروع	1	13,14,15,16

المصدر: Microsoft Excel من إعداد الباحث

اذاً الجدول السابق يوضح لنا المهام المكونة للمشروع، كما يوضح العلاقات بينها، وبالاعتماد على الجدول يمكن رسم المخطط الشبكي للمهام، الظاهر في الشكل (3).

الشكل (3) المخطط الشبكي للمهام



المصدر: Microsoft PowerPoint من إعداد الباحث

3-3-1- مدة تنفيذ المشروع باستخدام أسلوب المسار الحرج:

باتباع طريقة الجدول وبالاستناد إلى المخطط الشبكي السابق بافتراض أن وقت بداية المشروع هو 0 يمكن استنتاج أوقات البداية والنهاية لكل مهمة وتحديد المهام الحرجة وغير الحرجة ومعرفة الوقت الفائض فيها، حيث يكون زمن البداية المبكر للمهمة (ES_j) هو زمن النهاية المبكر للمهمة السابقة (EF_i).

$$ES_j = EF_i$$

وفي حال كان هناك أكثر من مهمة سابقة للمهمة المراد تحديد بدايتها ف يتم النظر إلى أكبر نهاية مبكرة بين المهام السابقة.

وزمن النهاية المبكر للمهمة هو زمن البداية المبكر للمهمة مضافاً إليه مدة المهمة (D).

$$EF_j = ES_j + D_j$$

ويستمر بهذه العملية حتى الوصول إلى زمن النهاية المبكر لآخر مهمة ويكون هو زمن إنجاز المشروع وتسمى هذه الطريقة الجدولة الأمامية.

لحساب أزمنة الأنشطة المتأخرة يتم البدء من المهمة الأخيرة في المشروع حيث يكون زمن النهاية المتأخر لها (LF_j) هو نفسه زمن النهاية المبكر (EF_j)، ويكون زمن البداية المتأخر لها (LS_j) هو زمن النهاية المتأخر مطروح منه مدة المهمة

$$LS_j = LF_j - D_j$$

ويكون زمن النهاية المتأخر للمهمة السابقة يساوي زمن البداية المتأخر للمهمة اللاحقة، وفي حال كان هناك أكثر من مهمة لاحقة فيتم أخذ أصغر زمن بداية متأخر بين المهام.

$$LF_i = LS_j$$

تكرر هذه العملية حتى نصل إلى بداية المشروع وتسمى هذه الطريقة الجدولة الخلفية، وبعدها يتم حساب الفائض الكلي (S) للمهام حيث يمثل الفرق بين زمن النهاية المتأخر وزمن النهاية المبكر، أو الفرق بين زمن البداية المتأخر وزمن البداية المبكر هو الفائض الكلي:

$$S = LS_i - ES_i$$

أو:

$$S = LF_i - EF_i$$

عندما يكون الوقت الفائض للمهمة يساوي الصفر فالمهمة حرجة وأن أي تأخير حاصل في هذه المهمة سيؤدي إلى تأخير المشروع، أما إذا كان الوقت الفائض موجباً فالمهمة ليست حرجة وبالتالي يمكن تأخيرها بمقدار الوقت الفائض دون أن تؤثر على مدة المشروع ويكون الحل كما هو ظاهر في الجدول (3).

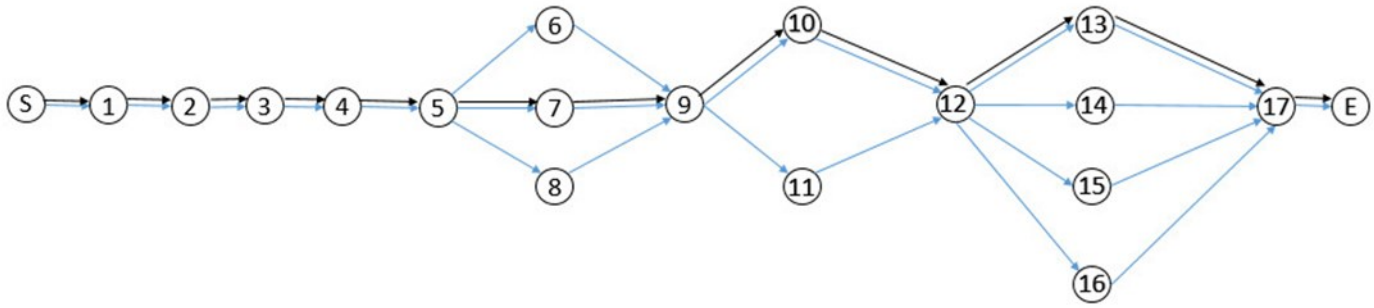
الجدول (3) مدة تنفيذ المشروع باستخدام المسار الحرج

رمز المهمة	وصف المهمة	الزمن المتوقع D	البداية المبكرة ES	النهاية المبكرة EF	البداية المتأخرة LS	النهاية المتأخرة LF	الوقت الفائض S	المهمة حرجة
1	الأعمال التحضيرية	1	0	1	0	1	0	نعم
2	الحفر	3	1	4	1	4	0	نعم
3	تنفيذ الأساسات	12	4	16	4	16	0	نعم
4	أعمال الهيكل	15	16	31	16	31	0	نعم
5	أعمال البلوك	17	31	48	31	48	0	نعم
6	سواد الكهرباء	6	48	54	50	56	2	لا
7	سواد الصحية	8	48	56	48	56	0	نعم
8	تركيب الملابن	4	48	52	52	56	4	لا
9	أعمال الطينة	25	56	81	56	81	0	نعم
10	أعمال البلاط	9	81	90	81	90	0	نعم
11	تركيب سيراميك مطبخ وحمام	6	81	87	84	90	3	لا
12	أعمال الدهان	21	90	111	90	111	0	نعم
13	بياض الكهرباء	8	111	119	111	119	0	نعم
14	بياض الصحية	6	111	117	113	119	2	لا
15	كيب المنجور الخشب	4	111	115	115	119	4	لا
16	كيب منجور الألمنيو	6	111	117	113	119	2	لا
17	تسليم المشروع	1	119	120	119	120	0	نعم

المصدر: Microsoft Excel من إعداد الباحث

من الجدول السابق يتبين أن المسار الحرج في المشروع هو المسار المكون من الأنشطة (1-2-3-4-5-7-9-10-12-13-17)، وأن مدة تنفيذ المشروع هي 120 يوم عمل، ويظهر الشكل (4) المسار الحرج.

الشكل (4) المسار الحرج حسب CPM



المصدر: من إعداد الباحث

3-3-2- مدة تنفيذ المشروع باستخدام أسلوب PERT:

يعتبر أسلوب بيرت ذا طبيعة احتمالية أي أنه يأخذ حالة اللا تأكد بعين الاعتبار، حيث كل مهمة لها ثلاث أوقات، الوقت المتفائل A، الوقت المتشائم B، الوقت الأكثر احتمالاً M.

ويتم احتساب الزمن المتوقع D من خلال العلاقة التالية:

$$D = \frac{A + 4 * M + B}{6}$$

ويحسب التباين من العلاقة:

$$V = \left(\frac{B - A}{6}\right)^2$$

جدول (4) أزمنة الأنشطة حسب بيرت

رمز المهمة	وصف المهمة	المهمة السابقة	الزمن المتفائل A	الزمن المتشائم B	الزمن الأكثر احتمالا M	الزمن المتوسط D	التباين
1	الأعمال التحضيرية	-	1	1	1	1	0
2	الحفر	1	2	8	3	4	1
3	تنفيذ الأساسات	2	8	15	12	12	1.361111
4	أعمال الهيكل	3	12	17	15	15	0.694444
5	أعمال البلوك	4	14	20	17	17	1
6	سواد الكهرباء	5	4	8	6	6	0.444444
7	سواد الصحية	5	4	12	8	8	1.777778
8	تركيب الملابن	5	3	9	4	5	1
9	أعمال الطينة	6,7,8	18	30	25	25	4
10	أعمال البلاط	9	6	12	9	9	1
11	تركيب سيراميك مطبخ وحمام	9	4	8	6	6	0.444444
12	أعمال الدهان	10,9	15	25	21	21	2.777778
13	بياض الكهرباء	12	4	12	8	8	1.777778
14	بياض الصحية	12	4	8	6	6	0.444444
15	تركيب المنجور الخشبي	12	3	8	4	5	0.694444
16	تركيب منجور الألمنيوم	12	4	8	6	6	0.444444
17	تسليم المشروع	13,14,15,16	1	1	1	1	0

المصدر: Microsoft Excel من إعداد الباحث

يظهر الجدول السابق مهام المشروع وأزمنتها الاحتمالية، كما يحدد الزمن المتوقع والتباين لكل مهمة.

وبالاعتماد على طريقة الجدول كما في المسار الحرج وباعتبار زمن بداية المشروع هو القيمة 0 يمكن حساب مدة تنفيذ المشروع وتحديد المهام الحرجة كما يوضح الجدول (5).

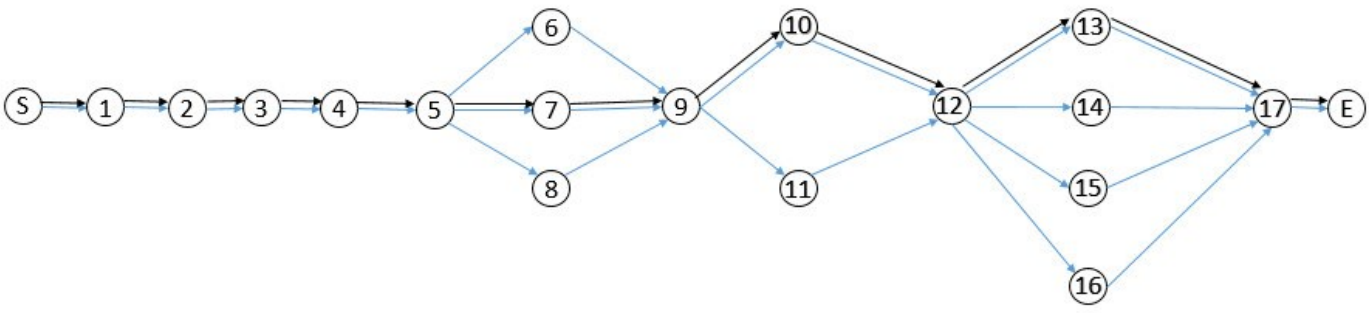
الجدول (5) مدة تنفيذ المشروع حسب بيرت

رمز المهمة	وصف المهمة	الزمن المتوقع D	البداية المبكرة ES	النهاية المبكرة EF	البداية المتأخرة LS	النهاية المتأخرة LF	الوقت الفائض S	المهمة حرجة
1	الأعمال التحضيرية	1	0	1	0	1	0	نعم
2	الحفر	4	1	5	1	5	0	نعم
3	تنفيذ الأساسات	12	5	17	5	17	0	نعم
4	أعمال الهيكل	15	17	32	17	32	0	نعم
5	أعمال البلوك	17	32	49	32	49	0	نعم
6	سواد الكهرباء	6	49	55	51	57	2	لا
7	سواد الصحية	8	49	57	49	57	0	نعم
8	تركيب الملابن	5	49	54	52	57	3	لا
9	أعمال الطينة	25	57	82	57	82	0	نعم
10	أعمال البلاط	9	82	91	82	91	0	نعم
11	تركيب سيراميك مطبخ وحمام	6	82	88	85	91	3	لا
12	أعمال الدهان	21	91	112	91	112	0	نعم
13	بياض الكهرباء	8	112	120	112	120	0	نعم
14	بياض الصحية	6	112	118	114	120	2	لا
15	تركيب المنجور الخشبي	5	112	117	115	120	3	لا
16	تركيب منجور الألمنيوم	6	112	118	114	120	2	لا
17	تسليم المشروع	1	120	121	120	121	0	نعم

المصدر: Microsoft Excel من إعداد الباحث

من الجدول السابق يتبين أن المسار الحرج مكون من الأنشطة (17-13-12-10-9-7-5-4-3-2-1) ومدة تنفيذ المشروع هي 121 يوم، ويظهر الشكل (5) المسار الحرج حسب أسلوب بيرت.

الشكل (5) المسار الحرج حسب PERT



المصدر: Microsoft PowerPoint من إعداد الباحث

نحسب التباين للمسار الحرج فيكون:

$$V = 1 + 1.36 + 0.69 + 1 + 1.78 + 4 + 1 + 2.78 + 1.78 = 15.39$$

ويكون الانحراف المعياري:

$$Std\ Dev = \sqrt{V} = 3.92$$

والآن سيتم حساب احتمالية انجاز المشروع بمدة أقل أو تساوي 125 يوم من خلال جدول التوزيع الطبيعي الاحتمالي:

$$Prop\{T \leq 125\} = Prop\{\frac{T - 121}{3.92} \leq \frac{125 - 121}{3.92}\}$$

$$Prop\{Z \leq 1.02\} = 0.84614 = 84.61\%$$

اذاً بالاعتماد على جدول التوزيع الطبيعي الظاهر في الشكل (6)، هناك 84.61% احتمالية أن ينتهي المشروع بفترة أقل من 125 يوم.

الشكل (6) جدول التوزيع الطبيعي

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990

والآن سيتم تحديد الزمن الذي يضمن انهاء المشروع باحتمالية 95% والتي تقابلها قيمة Z=1.65

$$Z = \frac{T - 121}{\sigma}$$

$$1.65 = \frac{T - 121}{3.92}$$

$$T = 1.65 * 3.92 + 121 = 127.5\ days$$

بالتالي حسب الجدول الوارد في الشكل (6) يكون الزمن الذي يضمن احتمالية 95% لإنجاز المشروع يساوي 127,5 يوم.

3-3-3- مدة تنفيذ المشروع باستخدام MS Project:

تم تصميم Microsoft Project لمساعدة مدير المشروع في تطوير وتحسين التخطيط للمشروع، وتخصيص الموارد للمهام، وتتبع ومراقبة التقدم، وتحليل الميزانية...الخ

يعتبر التخطيط باستخدام برنامج Microsoft Project من الطرق العلمية الكفؤة التي تسهم في تقليل وقت إنجاز المشروع وتحديد التكاليف اللازمة، كما يساعد في تحديد وتخصيص الموارد اللازمة لكل مهمة، ويمكن من التخطيط للمشاريع بسهولة ومرونة أكبر، حيث أنه في أسلوبي المسار الحرج وبيرت لا تبدأ المهمة حتى تنتهي المهمة السابقة المباشرة لها، ولكن عملياً في مجال البناء يمكننا أن نسمح ببدء مهمة قبل انتهاء المهمة السابقة لها بشكل كامل في حال عدم تأثير فرق العمل على بعضها، وهذا يتوقف على توفر الموارد اللازمة لكل مهمة وتوفر المساحة اللازمة لعمل كل فريق، (أي على سبيل المثال يمكن أن تبدأ أعمال الطينة بعد انهاء 50% من أعمال البلوك بحيث يبدأ فريق الطينة بالعمل في الجزء المنهي من أعمال البلوك)، ولكن يجب الأخذ بعين الاعتبار الترابط المنطقي بين المهمتين أي لا يمكن الانتهاء من أعمال الطينة قبل الانتهاء من أعمال البلوك، وهذا الأمر يعود تقديره لفريق تخطيط المشروع وخبرته ومراقبة وتتبع المشروع أثناء التنفيذ، لذلك يجب عند التخطيط للمشروع وضع جميع السيناريوهات الممكنة في الحسبان، وضمان تأمين الشروط اللازمة لسير عملية التنفيذ حسب الخطة الموضوعة من قبل فريق التخطيط.

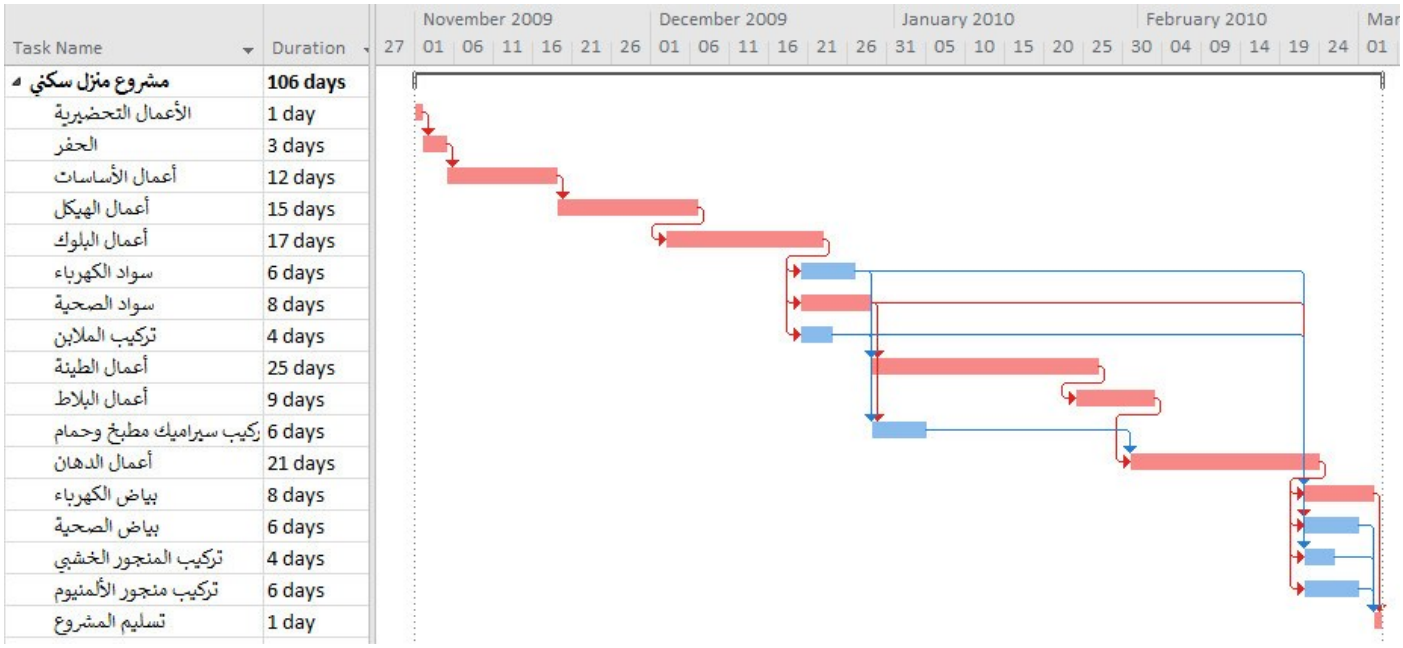
بالاعتماد على تقسيم المهام السابق وعلاقات الترابط فيما بينها ومدة الإنجاز لكل مهمة في أسلوب المسار الحرج سيتم تخطيط المشروع على برنامج Microsoft Project كما يظهر الشكل (7)، حيث يوضح اسم المهمة ومدتها والمهام السابقة لها.

الشكل (7) مهام المشروع

Task Name	Duration	Predecessors
مشروع منزل سكني	**106 days**	
الأعمال التحضيرية	1 day	
الحفر	3 days	٢
أعمال الأساسات	12 days	٣
أعمال الهيكل	15 days	٤
أعمال البلوك	17 days	٥FS-٣ days
سواد الكهرباء	6 days	٦FS-٣ days
سواد الصحية	8 days	٦FS-٣ days
تركيب الملابن	4 days	٦FS-٣ days
أعمال الطينة	25 days	٧FS-٢ days;٨;٩
أعمال البلاط	9 days	١٠FS-٣ days
ركيب سيراميك مطبخ وحمام	6 days	٧;٨;٩
أعمال الدهان	21 days	١١FS-٣ days;١٢
بياض الكهرباء	8 days	١٣FS-٢ days;٧
بياض الصحية	6 days	١٣FS-٢ days;٨
تركيب المنجور الخشبي	4 days	١٣FS-٢ days;٩
تركيب منجور الألمنيوم	6 days	١٣FS-٢ days
تسليم المشروع	1 day	١٤;١٥;١٦;١٧

المصدر: Microsoft Project من إعداد الباحث

الشكل (8) المسار الحرج في MS PROJECT



Task Name	Duration
مشروع منزل سكني	106 days
الأعمال التحضيرية	1 day
الحفر	3 days
أعمال الأساسات	12 days
أعمال الهيكل	15 days
أعمال البلوك	17 days
سواد الكهرباء	6 days
سواد الصحية	8 days
تركيب الملابن	4 days
أعمال الطينة	25 days
أعمال البلاط	9 days
ركيب سيراميك مطبخ وحمام	6 days
أعمال الدهان	21 days
بياض الكهرباء	8 days
بياض الصحية	6 days
تركيب المنجور الخشبي	4 days
تركيب منجور الألمنيوم	6 days
تسليم المشروع	1 day

المصدر: MS Project من إعداد الباحث

يظهر الشكل (8) المسار الحرج للمشروع باستخدام Microsoft Project، ويكون المسار الحرج مكون من المهام (1-2-3-4-5-7-9-10-12-13-17)، وزمن انجاز المشروع أصبح يساوي 106 يوم أقل مما كان عليه بأسلوب المسار الحرج وأسلوب بيرت.

4- الاستنتاجات:

1) إن عملية التخطيط وإعداد الجدولة تتطلب المعرفة والخبرة في كيفية استخدام الأساليب العلمية.
2) أسلوب التخطيط الشبكي يقدم خطة واضحة ودقيقة، حيث بالاعتماد على التسلسل المنطقي للأنشطة وعلاقات التداخل فيما بينها يتحدد المسار الحرج للشبكة والذي يمثل أطول المسارات ويعطي أقصر مدة لإنجاز المشروع مع التعريف بالأنشطة الحرجة التي يجب أن تمنح الأولوية في توفير الموارد للمحافظة على إنجاز المشروع ضمن المدة المقررة له.
3) إن عدم اعتماد الأساليب العلمية الحديثة في إدارة المشاريع وعدم الالتزام بالمسار الحرج يؤدي إلى عدم اكتمال المشاريع في الأوقات المحددة لها.
4) يظهر من خلال تطبيق طريقة المسار الحرج CPM وطريقة PERT في حساب وقت الإنجاز الكلي للمشروع أن النتائج كانت متقاربة بين الطريقتين حيث كانت في الطريقة الأولى 120 يوم، وفي الطريقة الثانية كانت 125 يوم، أما عند الاستعانة ببرنامج Microsoft Project فقد تم تخفيض مدة الإنجاز الكلي إلى 106 يوم.
5) يمكن لبعض الجداول التي يوفرها أسلوبي (CPM\PERT) أن تكون وسيلة مراقبة أولية للمشروع، كما يمكن الاعتماد على برنامج Microsoft Project في التخطيط للمشروع ومراقبة وتتبع التنفيذ، وتحديد الموارد اللازمة للمشروع بالإضافة إلى الكلف.

5- التوصيات:

بناء على الاستنتاجات السابقة تم تقديم التوصيات التالية:

1. اتباع أسلوب التخطيط الشبكي في تقدير زمن المشروع، مع الأخذ بعين الاعتبار الدقة في تحديد علاقات الترابط بين أنشطة المشروع.
2. حث الشركات المنفذة على إدراك أهمية إدارة الوقت والالتزام بقيوده، كونه يعتبر من الموارد النادرة وما مضى منه لا يعود.
3. إعطاء أهمية أكبر لجدولة المشاريع من خلال إقامة الدورات التدريبية.
4. لا بد من توافر قاعدة بيانات متكاملة للمشاريع والمتمثلة بأوقات وتكاليف كل فعالية من فعاليات المشروع.
5. يجب أن تقوم إدارة المشروع بتوفير جميع الاحتياجات المطلوبة من مواد وعمال وما الى غير ذلك بالوقت والمكان المناسبين.
6. يجب على إدارة المشروع أن تتبنى عملية التخطيط والجدولة من قبل فريق مؤلف من عناصر يمتلكون خبرة وكفاءة في هذا المجال.
7. اعداد تقارير تقدم الإنجاز ولكل نشاط والوقوف على أسباب التأخير ومعالجة الانحرافات بوقت مبكر.

6- المراجع:

المراجع العربية:

[1] محمد، معطالله. (2020). استخدام التحليل الشبكي في جدولة المشاريع الانشائية. **مجلة آفاق علمية**. مج: 12. عدد: 04. ص- ص: 674- 675. تمنراست: الجزائر. المركز الجامعي لتامنراست.

[2] عيسى، دراجي. علي، توبين. ومنية، خليفة. (2019). أهمية أسلوبي PERT وCPM في متابعة ومراقبة إنجاز المشاريع. **مجلة آفاق للعلوم**. مج: 05. عدد: 17. ص: 188. الجلفة: الجزائر. جامعة زيان عاشور.

[3] المواشي، زينب هادي حسين. (2016). دور أسلوبي (CPM/PERT) في تعزيز أداء المشاريع الإنشائية. **مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية**. مج: 22. عدد: 94. ص-ص: 90-91. بغداد: العراق. جامعة بغداد.

[4]خنشور، جمال. تلي، سيف الدين. (2016). استخدام الأساليب الكمية في إدارة مشاريع الصيانة. **مجلة الاجتهاد للدراسات القانونية والاقتصادية.** عدد: 10. ص-ص: 260-268. تمنراست: الجزائر. المركز الجامعي لتامنراست.

المراجع الأجنبية:

[1] Agyei, W. (2015, August). Project Planning and Scheduling Using PERT and CPM Techniques with Linear Programming: Case Study. INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH. VO: 4, ISSUE: 8. P-P: 222-227. Delhi: India.

[2] Razdan، S. Pirgal، M. Hanchate، A. Rajhans، N، R. &Sardar، V. (n. d). Application of Critical Path Method for Project Scheduling-A Case Study. Pune: India.

مراجع الانترنت:

دودين، يوسف، أحمد. **تخطيط المشروع**. موسوعة مقالات مهارات النجاح. 11/أيلول/2021. الرابط:

https://sst5.com/Article/1682/56/%D8%AA%D8%AE%D8%B7%D9%8A%D8%B7-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B4%D8%B1%D9%88%D8%B9--The-Project-Planning