

## " استخدام أنموذج التحليل الشبكي للأعمال لتقليل أوقات الإنجاز في المشاريع الإنشائية "

### بحث تطبيقي لمجسر مدينة بعقوبة في محافظة ديالى

م.م. كريم قاسم محمد  
كلية الإدارة والاقتصاد / جامعة ديالى

أ.م. حيدر شاكر نوري  
كلية الإدارة والاقتصاد / جامعة ديالى

#### المستخلص:

تفتقر الكثير من المشاريع إلى إنجاز أعمالها وفق أسلوب علمي على الرغم من التطورات الكبيرة التي يشهدها العالم، الأمر الذي سيفوت عليها كسب ميزة سرعة الإنجاز، فضلاً عن التكلفة الكبيرة المترتبة على إنجاز المشاريع، ومن هنا جاء البحث بهدف تطبيق التحليل الشبكي لتخطيط ومتابعة مشروع مجسر مدينة بعقوبة في محافظة ديالى كعينة للبحث، بتطبيق طريقة ميل الكلفة  $slop\ cost$  لتحديد الأوقات المطلوبة للإنجاز وتحديد الوقت الفائض لنشاطات المشروع لتقليل الوقت الطبيعي لإنجاز المشروع إلى الوقت التعجيلي، والكلفة التعجيلية، وتم التوصل إلى الأوقات والكلف الأفضل للمشروع، وعلى ضوء ذلك تم صياغة مجموعة توصيات يؤمل أن يستفيد منها المعنيون في البحث الحالي .

الكلمات المفتاحية : المخططات الشبكية ، الوقت الفائض ، بيرت ، المسار الحرج .

## "Reducing Times of Completion in Constructing Projects using The network Analysis Model of Business :

### Research Applied to the Bridge of the city of Baquba in The Bprovince of Diyala"

#### Abstract:

Many projects are missing out on their work according to a scientific method despite the major developments taking place in the world, which will make them to gain the advantage of speed of achievement, as well as the large cost of the completion of projects, Hence, the research aims to apply the network analysis to plan and follow the project of the bridge of the city of Baquba in the province of Diyala as a sample for research, to apply the slope cost method to determine the times required for completion and to determine the

flat time of project activities, To reduce the normal time to complete the project according to the experimental time, the cost of evasion and, the best times and costs of the project were reached, In the light of this, a set of recommendations have been formulated which are hoped to be used by the specialists .

**Keywords:** Network Analysis , Flat Time , PERT , Critical Path

## المقدمة Introduction

إن التحديات التي تواجه الشركات الإنشائية (الإعمار والتشييد والبناء) كثيرة ومعقدة، نتيجة للتطور الكبير الذي يشهده عالم الأعمال اليوم بسبب المنافسة، إذ أصبحت المنافسة بين الشركات في هذا المجال وسائل حتمية لتحقيق رؤى وتطلعات الشركات المتنافسة، ومن ثم تحقيق أهداف المجتمع. وضمن هذا السياق فإن السرعة في إنجاز المشروعات تعد صفة ملازمة ومنهجاً تسير عليه الشركات الإنشائية وركيزة مهمة لتحقيق نموها، ولتضعها في عالم المنافسة، فضلاً عن كونها مصدراً يعزز نقاط قوتها، ويهيئ لها فرصاً جديدة في بيئة عالمية متسارعة ومتغيرة ومعقدة .

ونأمل هنا أن يكون هذا البحث من الإسهامات المتواضعة التي هدفت لتعميق المنهج التطبيقي لمفهوم التحليل الشبكي بيرت PERT والمسار الحرج C.P.M ومن خلال استخدام أسلوب ميل الكلفة slop cost لتقليل الوقت الطبيعي لإنجاز المشاريع إلى الوقت التعجيلي، والذي يسهل عملية إنجاز مشروع مجسر مدينة بعقوبة، فضلاً عن تحسين الأداء الكلي لشركة المجموعة الوطنية للإعمار من خلال التوظيف الكفوء لمفهوم تحليل شبكات الأعمال. ولذلك اهتم البحث الحالي بدراسة الموضوع متضمناً أربعة مباحث لغرض تحقيق الهدف منه، إذ صيغت هيكلته وفق الترتيب الآتي:

- المبحث الأول: منهجية البحث وبعض الأبحاث السابقة .
- المبحث الثاني: التأطير النظري .
- المبحث الثالث: التأطير العملي .
- المبحث الرابع: الاستنتاجات والتوصيات .

### المبحث الأول: منهجية البحث وبعض الأبحاث السابقة

يتعرض هذا المبحث إلى بيان المنهجية المتبعة في إعداد البحث الحالي، فضلاً عن الأبحاث السابقة وكالاتي:

أولاً: الإطار العام وإجراءات البحث: ويشتمل على الآتي:

١- **مشكلة البحث:** حفز الباحثان إلى دراسة الأساليب الممكنة لتحقيق القدر الأكبر لفاعلية وكفاءة الشركات العراقية في إنجاز المشاريع. وتبرز مشكلة البحث في دراسة الوقت الذي استغرقه إنجاز مشروع جسر مدينة بعقوبة في محافظة ديالى لمعرفة الأوقات الطبيعية والتعجيلية والفائضة وإمكانية تقليل وقت إنجاز المشروع بالكامل من خلال استخدام المخططات الشبكية ومعرفة مستوى أداء الشركة المنفذة للمشروع.

٢- **هدف البحث:** يسعى البحث في جانبه النظري والتطبيقي إلى تحقيق الأهداف الآتية:

- أ. التعريف بالطريقة العلمية لإنجاز المشاريع الإنشائية.
- ب. اعتماد أسلوب التحليل الشبكي للأعمال في مشروع جسر مدينة بعقوبة.
- ت. تحديد الأوقات الفائضة slack time والكلف التعجيلية لمشروع جسر مدينة بعقوبة.
- ث. زيادة سرعة إنجاز مشروع جسر مدينة بعقوبة، من خلال الاستغناء عن الأوقات الفائضة والكلف التعجيلية للتوصل إلى الوقت الأقل، والكلفة الأفضل، لإنجاز المشروع.

٣- **أهمية البحث:** تتمثل أهمية البحث في الآتي:

- أ. محاولة لتقديم إضافة تطبيقية في مجال إنجاز المشاريع الإنشائية في البيئة العراقية.
- ب. تطبيق أنموذج التحليل الشبكي في تحديد الأوقات الفائضة لمشروع جسر بعقوبة.
- ت. تطبيق أنموذج التحليل الشبكي في تحديد الكلف غير المستثمرة للأنشطة الخاصة لمشروع جسر بعقوبة.
- ث. رفع كفاءة وفاعلية مشروع جسر بعقوبة، ليكون منطلق لاعتماد أسلوب التحليل الشبكي في إنجاز المشاريع.

٤- **فرض البحث:** إن الوقت الفائض يؤدي إلى هدر وضياع في الموارد المستخدمة، وتأخير في الإنجاز، إذ إن عدم استثمار الكلف التعجيلية يؤدي إلى تأخير إنجاز المشروع بالكامل.

٥ **وصف مجتمع وعينة البحث:** تمثل مجتمع البحث في المجموعة الوطنية للإعمار والاستثمار، وهي شركة تعمل في قطاعات كثيرة، ومنها قطاع الإعمار، وتتنوع أنشطتها على سبع شركات، أما عينة البحث فحددت بمشروع مجسر مدينة بعقوبة والتي أشرف على تنفيذه شركة الحنان وشركة أهل الوفاء للمقاولات العامة التابعة للمجموعة الوطنية للإعمار .

٦- **أدوات البحث:** استخدم في جمع بيانات ومعلومات البحث الآتي:

أ. الجانب النظري: المراجع العلمية المتوفرة، فضلاً عن شبكة المعلومات Internet ذات العلاقة بموضوع البحث .  
ب. الجانب العملي: استخدمت بعض الأدوات العلمية الخاصة بإدارة وبحوث العمليات كالمخططات الشبكية، والمسار الحرج، وأسلوب بيرت، إذ تم اعتماد المعلومات المتحصل عليها من دائرة المهندس المقيم لمشروع مجسر ديالى .

٧- **حدود البحث:** واشتملت على الآتي:

أ. الحدود الزمانية: إبتدأ البحث من ( ١ / ٦ / ٢٠١٧ ) وانتهى ( ١ / ٩ / ٢٠١٧ ) .

ب. الحدود المكانية: اقتصر البحث على مشروع مجسر مدينة بعقوبة ضمن الرقعة الجغرافية لمحافظة ديالى .

### ثانياً: الأبحاث السابقة

نهتم هنا بتقديم مجموعة من الأبحاث السابقة، ولها صلة مباشرة بموضوع البحث الحالي، وستتناولها كالآتي:

**بحث (حاوي، ٢٠٠٥):** بعنوان "استخدام أسلوب المسار الحرج وبيرت في تخطيط ومتابعة إنجاز الزوارق: دراسة تطبيقية في شركة ابن ماجد العامة"، وهدف إلى استخدام بحوث العمليات لتخطيط ومتابعة مشروع إنجاز الزورق بطريقة علمية، بهدف تحقيق الوقت الأمثل لإنهاء المشروع في ظل الموارد والإمكانيات المتاحة وبأقل تكاليف ممكنة، وأعتمد أسلوب المعايضة الميدانية، وتوصل إلى اعتماد الشركة على الخبرة الشخصية دون تحديد الأساليب العلمية في إنجاز مشاريع بناء الزوارق، الأمر الذي سبب إنجاز الزورق بمدة ١٢٦٠ يوم بدلاً من ٤٥٣ يوم .

**بحث (خلف، ٢٠١١):** بعنوان " Scheduling Project Management Using Crashing CPM Networks to Get Project Completed on Time & Under Budget " وهدف إلى تقليل إجمالي وقت المشروع بأقل تكلفة عن طريق تعجيل شبكة المشروع. ومن ثم حل النموذج ببيانات افتراضية من

مشروع افتراضي باستخدام مدخل المحاكاة، استخدمت تقنية CPM، وطريقة مبادلة الوقت بالكلفة، وتناول مشكلة قدرة المشاريع على المنافسة، إذ يكون مطلوباً استكمال مشروع ضمن موعد محدد مسبقاً للحفاظ على التكلفة في أدنى مستوى ممكن. وهذا سيوجه المديرين لمواجهة قرار أي الأنشطة سيتم تعجيلها لتقليل التكلفة الإجمالية للمشروع.

**بحث (بخيت والفرهود، ٢٠١٢):** بعنوان "توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لمراقبة وجدولة فعاليات مشاريع وزارة الشباب" هدف البحث إلى جدولة ومراقبة فعاليات مشروع منتدى ثقافة وفنون، أحد تشكيلات الدائرة الهندسية لوزارة الشباب، من خلال استخدام المخططات الشبكية، فضلاً عن تحليل الحساسية (تحليل ما بعد الأمثلية) الذي يزود إدارات المشاريع بالحدود الدنيا والعليا لتكاليف هذه الفعاليات لإبقائها ضمن حدود الأمثلية، وذلك من خلال استخدام بناء نماذج خطية رياضية برمجات خاصة باستخدام (Win-Qsb) لبيان أقصر مدة لإنجاز المشروع.

**بحث (داود والمواشي، ٢٠١٦):** بعنوان " دور أسلوب CPM/PERT في تعزيز أداء المشاريع الإنشائية: دراسة تطبيقية في قسم المشاريع في ديوان محافظة بغداد"، لبيان دور استخدام الطرائق العلمية في تخطيط ومتابعة المشاريع الحيوية في محافظة بغداد، بهدف إيجاد الوقت الأمثل لإنجاز المشروع، في ظل الموارد والميزانية المخصصة له، تم تطبيق أسلوب المسار الحرج على المدرسة ذات التصميم الموحد (القياسي) في محافظة بغداد، وأسلوب بيرت في مركز أمراض الدم في مستشفى الكرامة التعليمي، وأظهرت النتائج أن للطريقتين دوراً كبيراً في توفير الوقت الذي يترتب عليه ترشيد التكاليف.

**مناقشة البحوث السابقة:** وجد الباحثان علاقة كبيرة بين الأبحاث السابقة والبحث الحالي، إذ اتفقت جميع البحوث على أهمية تحسين أداء المشروع عن طريق الأساليب العلمية، ولا سيما أسلوب شبكات الأعمال، وبخاصة أسلوب (PERT/C.P.M) اللذان شكلا الموضوع الرئيس لمعظم البحوث السابقة، إلا فيما يخص بحث (بخيت والفرهود، ٢٠١٢) الذي عنى باستخدام البرمجة الخطية في المخططات الشبكية للأعمال، وقد أشارت بعض الأبحاث السابقة إلى تقليل زمن الإنجاز الكلي للمشروع من خلال إيجاد الزمن التعجيلي والكلفة التعجيلية، باستخدام بعض التقنيات، منها: مبادلة الوقت والكلفة، تحديد أوقات الإنجاز المبكرة والمتأخرة، ومن ثم ضغط أوقات تنفيذ أنشطة المشروع، وهو هدف البحث الحالي، ولكن باختلاف استخدام تقليل زمن الإنجاز من خلال أسلوب ميل الكلفة، وهذا ما يميز البحث الحالي عن الأبحاث السابقة، وهذا يضيف أهمية كبيرة للبحث، فضلاً عن تطبيقه في بيئة محافظة ديالى التي تفتقر كثيراً لمثل هذه البحوث.

### المبحث الثاني: التأطير النظري

يهدف هذا المبحث إلى بناء قاعدة معرفية عن متغيرات البحث، من خلال تحديد مفاهيمها، فضلاً عن استكشاف مضامينها التطبيقية، والتي ستساعد في الجانب الميداني من البحث الحالي، وسنعمل على ذلك من خلال الآتي:

#### أولاً: مفهوم المشروع وإدارة المشروع

يعرف المشروع Project بأنه " مجموعة من أنشطة العمل المترابطة والتي تقيد بكلفة وجدولة زمنية لتحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنظمة باستخدام مواردها " (Anderson et, 2007: 3). ومن ذلك فالمشروع هو مجموعة أنشطة وفعاليات فريدة نوعاً ما عن غيرها توضع لغرض معين، لها نقطة بداية ونقطة نهاية، ومقيدة بوقت وموارد مؤقتة وتكلفة محددة، ومخطط لها مسبقاً. أما إدارة المشروع فهي " الإدارة المسؤولة عن إنجاز المشروع من خلال تحويل مدخلات المشروع إلى مخرجات (سلعة أو خدمة) بكفاءة وفاعلية لتلبية متطلبات المستفيدين "، وتختلف إدارة المشروعات عن الإدارة التقليدية في أن الأولى محددة بوقت معين وغالباً ما يكون معلوماً، وتنتهي بانتهاء المشروع، فضلاً عن أن المشروع يستخدم موارد مؤقتة تنتهي بانتهاء المشروع أيضاً. ولذلك يقاس أداء أي مشروع بالآتي: (داوود والمواشي، ٢٠١٦: ٩١)

١. الجدولة الزمنية Schedule: وهي تحويل خطة المشروع إلى جدول زمني ابتداءً من لحظة المباشرة فيه مروراً بجميع الأنشطة والأحداث وصولاً إلى لحظة انتهاء المشروع.
٢. جودة المشروع والعمل Quality: وهي عملية ضبط جودة كل نشاط من أنشطة المشروع بموجب المواصفات المطلوبة بغية تحقيق الجودة للمشروع المنجز.
٣. ميزانية المشروع Budget: عملية التنبؤ بالموارد والتكاليف التي يتطلبها تنفيذ المشروع بالكمية والوقت المناسبين.

#### ثانياً: مفهوم شبكات الأعمال

تستخدم شبكات الأعمال في برمجة المشاريع الإنشائية والصناعية والصيانة وغيرها، ومن خلالها يتم بلورة الأهداف المراد تحقيقها إلى خطط وتنفيذها، فضلاً عن معرفة ما يحدث من انحرافات أثناء تنفيذ الخطط، ولهذا تعد شبكات الأعمال انعكاس لأهم وظيفتين في العملية الإدارية وهما: التخطيط والرقابة (الشمري، ٢٠١٠: ٣١٦)، ويعد أسلوب التحليل الشبكي كما يرى (شعيان، ٢٠٠٨) من الأساليب الحديثة في إدارة المشاريع في مجال التخطيط والجدولة والسيطرة على

المشاريع الإنشائية أو الصناعية التي تمتاز بصعوبة إدارتها لكونها تتكون من مجموعة فعاليات معقدة ومتداخلة نسبياً .

وبناءً على ما تقدم تُعرف شبكة الأعمال Network بأنها " تمثيل بياني لمجموعة من الأنشطة المترابطة والمتتابعة التي يتكون منها مشروع معين ويظهر تسلسل الأنشطة والأحداث لإنجاز المشروع وبحسب تتابعها الفني والمنطقي ". ولتمثيل المشروع بشبكة أعمال ينبغي تحديد فعاليات وأنشطة المشروع المراد تخطيطه، إذ يكون لكل نشاط بداية ونهاية، ويعبر عن أنشطة وعمليات المشروع على شبكات الأعمال بالآتي: (الشمري، ٢٠١٠: ٣٢٠)

١. النشاط Activity: جزء من المشروع ويعبر عنه بسهم → ويمثل العمل اللازم لإنجاز مهمة معينة ويتطلب لتنفيذه موارد بشرية ومادية ويستغرق وقتاً محدداً Duration له بداية وله نهاية .
٢. الحدث Event: لحظة من الزمن ويعبر عنه بدائرة O ولا يتطلب وقتاً أو موارد ويظهر عند بداية ونهاية كل نشاط .
٣. المسار Path: ويظهر بعد الانتهاء من بناء الشبكة ويمثل مجموعة الأنشطة المترابطة والمتتابعة والذي يربط بين حدث البداية وينتهي بحدث النهاية ويتضمن مسار حرج Critical Path، ومسار غير حرج أو الفائض Slack Path
٤. النشاط الحرج Critical Activity: هو النشاط الذي يقع على المسار الحرج ويبدأ من الحدث الأول وينتهي بالحدث الأخير ويتوقف عليه حساب وقت الإنجاز الكلي للمشروع .
٥. الوقت الفائض Slack Time: وهو الفرق بين الوقت المتأخر لبدء النشاط LS والوقت المبكر لبدئه ES أو بين الوقت المتأخر لانتهاء النشاط والوقت المبكر لانتهاء النشاط.  $Slack\ time = LF - EF$  or  $= LS - ES$

ومن الجدير بالذكر أن المخطط الشبكي يظهر الأنشطة والفعاليات بتتابع منطقي وقبل الشروع في وضع المخطط الشبكي، ويمكن تقسيم هذه العلاقات على الآتي: (Burke, 2009: 132)

- أ. العلاقات المتوازية للأنشطة: وهي الأنشطة التي تنجز في الوقت نفسه، وتعد أكثر كفاءة في استخدام الوقت .
- ب. العلاقات المتسلسلة للأنشطة: وهي الأنشطة التي تنفذ واحدة بعد الأخرى، وتعد أكثر كفاءة في استخدام الوقت .

وبرزت الحاجة إلى اتباع أساليب التحليل الشبكي منذ خمسينيات القرن الماضي، والتي طورت مجموعة أساليب برز منها أسلوب تقويم ومراجعة

المشاريع (PERT) Progressive Evaluation Review Technique، وأسلوب المسار الحرج (CPM) Critical Path Method، واللذان نبيينهما كالاتي:

### ثالثاً: تقنية المسار الحرج (C.P.M) Critical Path Method

طورت هذه التقنية من قبل الشركة الأمريكية ديوبونت في منتصف الخمسينيات (داود والمواشي، ٢٠١٦: ٩٥) وتمثل الحد الأدنى من مجموعة الأنشطة التي لا بد من إكمالها في وقت محدد.

وتعتمد طريقة المسار الحرج على تحديد أطول المسارات، وتُعرف بأنها "طريقة تخطيط تعتمد على التحليل الشبكي وتستخدم في تخطيط المشاريع المعقدة تخطيطاً اقتصادياً وتبين بصوره بيانيه العلاقات المترابطة بين جميع أوجه النشاط في المشروع " وتقوم هذه التقنية على أساس تحديد مجموعة الأنشطة التي تعطى اهتماماً أكبر عند التخطيط والتنفيذ لأن إكمال المشروع وفق الزمن المحدد والتكلفة المرصودة يعتمد بدرجة كبيرة على الأنشطة الواقعة ضمن المسار الحرج للمشروع .

ولغرض الحصول على المسارات الحرجة فإن ذلك يتطلب بناء الأنموذج الشبكي، الأمر الذي يستلزم تحديد أزمنا الابتدء والانتهاء باستخدام طريقتي المرور الأمامي Forward Pass، والمرور التراجعي Backward Pass، وهذا يستلزم أيضاً معرفة الأزمنة من خلال الآتي : (Hamdy, 2002: 248).

$$EF = ES + T \quad \text{where} \quad ES = \max EF \quad LS = LF - T \quad \text{where} \\ LF = \min LS$$

إذ أن: EF: الزمن اللاحق لبدء التنفيذ (زمن الانتهاء المبكر) LS: الزمن السابق لانتهاء التنفيذ (زمن الانتهاء المتأخر)

ES: الزمن السابق لبدء التنفيذ (زمن الابتدء المبكر) LF: الزمن اللاحق لانتهاء التنفيذ (زمن الانتهاء المتأخر)

T: الوقت الطبيعي للنشاط

### رابعاً: تقنية تقويم ومراجعة البرامج Program Evaluation and Review Techniques (PERT)

وتُعد تقنية تقويم ومراجعة البرامج PERT أداة إدارية للتخطيط والمراقبة في إدارة المشاريع، كما تعد بمثابة خارطة طريق لإنجاز المشروع المطلوب (داوود والمواشي، ٢٠١٦: ٩٧) ويعرف 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 " (عبد المجيد، ٢٠١٢: ٩٧).

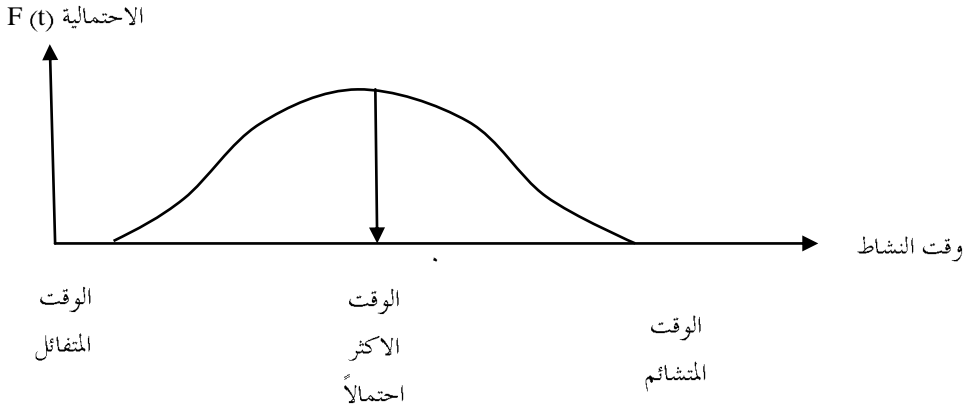
إن وقت إنجاز كل نشاط في المخطط الشبكي قد يكون وقت تقديري أي إن وقت إنجاز كل نشاط هو متغير عشوائي، ولذلك فإن التوزيع الاحتمالي يعد أفضل طريقة لتحديد وقت إنجاز الأنشطة، وتوزيع بيتا Beta distribution أفضل التوزيعات لهذا الغرض، فبدلاً من التعبير عن الوقت اللازم لإنجاز النشاط بزمان واحد فقط يكون لدينا ثلاثة تقديرات تظهر في (الشكل، ١)، وهي: (Ried & Sander, 2002: 529) (حاوي، ٢٠٠٥: ١٦٦) (الشمري، ٢٠١٠: ٣٤٧).

١. التقدير التفاؤلي (a) Optimistic Estimate: ويكون زمن إنجاز النشاط هو أقصر الأزمنة، إذ الزمن الفعلي أقل من الزمن التفاؤلي بـ ١% من الوقت. وفي ظل هذا التقدير يفترض حدوث أفضل الظروف التي تسمح بالتنفيذ.

٢. التقدير الأكثر احتمالاً للإنجاز The most likely estimate (m): وهو الزمن المتوقع أن يستغرقه النشاط في الظروف العادية، أي الزمن الأكثر واقعية واحتمالاً لإنجاز النشاط، وعادةً ما يتم تحديده فنياً أو اعتماداً على الخبرة.

٣. التقدير التشاؤمي (b) The Pessimistic estimate: ويكون زمن إنجاز النشاط هو أطول الأزمنة، إذ الزمن الفعلي أكبر من هذا الزمن بـ ١% من الوقت. وفي ظل هذا التقدير يفترض حدوث أسوأ ظروف التنفيذ.

شكل (١): الأوقات التقديرية لأسلوب بيرت وفق توزيع بيتا



Sources : Reid, Dan R.& Sanders, Nada R., "Operation Management", John Wiley & Sons, Inc. 2002. P563 .

وتجدر الإشارة إلى أن المسافة بين الوقت التفاضلي والتساوي هي:  $b - a = 6$ ، أي ستة انحرافات معيارية، والانحراف المعياري لوقت النشاط يكون: الانحراف المعياري لوقت النشاط = (التقدير التساوي التقدير التفاضلي) / 6 .

$$V = [ b - a / 6 ]^2$$

وصيغته الرياضية:  $S = b - a / 6$  ، أما صيغة التباين فتكون:  $V = [ b - a / 6 ]^2$

وكلاهما يقبسا تشتت الوقت المتوقع لإنجاز الأنشطة حول وسطها الحسابي والذي يمكن تقديره بالصيغة الآتية :

$$D = ( a + b + 4m ) / 6$$

كما تجدر الإشارة إلى أن أسلوب بيرت يقوم على أساس نظرية النهاية المركزية Central limit theory، وهذا يعني أن أضافه الأزمنة المتوقعة لإنجاز مختلف الأنشطة بعضها مع بعض يصل بتوزيع المشروع إلى التوزيع الاحتمالي الطبيعي Normal Distribution، وبمتوسط يساوي مجموع المتوسطات تقريبا، وتباين يساوي مجموع التباينات، ويكون هذا في شبكات الأعمال الكبيرة وكما يأتي : (الشمري، ٢٠١٠: ٣٤٩)

$$T(C.P) \sim N((T_E(C.P) , V(C.p))$$

ولتعجيل المخطط الشبكي للوصول إلى الكلفة الأفضل crashing بعد تحديد الوقت المتوقع، ينبغي بداية احتساب الكلفة الكلية للمشروع الممثل بمخطط شبكي متعدد الأنشطة مع ملاحظة تحقيق وفرة في الكلفة غير المباشرة نتيجة تقليل المدة الزمنية للمشروع، أي أن تعجيل إنجاز المشروع يقابله زيادة الكلفة المباشرة، وكالاتي: (الشمري، ٢٠١٠: ٣٤٩)

١. يتم تعجيل المشروع إلى زمن أقل من المحسوب على اساس تقدم اعتيادي في العمل وأزمنة اعتيادية للأنشطة كافة .
٢. يحدد المسار الحرج للمشروع ويتم التركيز عليه لتعجيله وتعجيل المشروع على أن يتم التركيز على نشاط واحد حرج في لحظة معينة إلا إذا ارتبط معه وتأثر به نشاط آخر .
٣. يعجل النشاط على المسار الحرج الذي يعظم الفرق .
٤. يبدأ التعجيل لجميع الأنشطة في وقتها الاعتيادي (NT) أي Normal time حتى الوصول الى الوقت التعجيلي (CT) أي Crash Time لكل منها أو إلى تلك الحالة التي تصل فيها إلى الزمن المفضل للمشروع وأقل ما يمكن من التكاليف. وإن كان ذلك صعباً فيمكن اللجوء إلى التبطين لتخفيض الكلفة الناتجة عن التعجيل للأنشطة كافة إلى الوقت التعجيلي (CT) دون المساس بالمسار الحرج .

ويمكن التوصل إلى ميل الكلفة (Slope cost) كما في المعادلة الآتية:  
(عادل وآخرون، ١٩٨٥: 160).

$$\text{Slope Cost} = (CC - NC) / (NT - CT)$$

إذ أن: CC : الكلفة التعجيلية Crash cost . NC : الكلفة الاعتيادية (Normal Cost).

لذلك فإن هدف المشروع يتمثل في الوصول بوقت المشروع إلى الوقت التعجيلي ولو بكلفة أقل من الكلفة الطبيعية لذلك نبدأ بتخفيض الأنشطة الحرجة في المسارات الحرجة في حالة ظهور المخطط الشبكي فيه أكثر من مسار حرج من وقتها الطبيعي إلى وقتها التعجيلي ونبدأ بالأنشطة الحرجة التي تقابل أقل كلفة ميل

Slope Cost

#### خامساً: جدولة التكاليف ضمن أسلوب المسار الحرج

إن عملية جدولة المشروع تمر بثلاث مراحل رئيسية، يمكن إجمالها بالآتي:  
(داود والمواشي، ٢٠١٦: ٩٣)

١. مرحلة التخطيط: وتتضمن جمع البيانات حول أنشطة المشروع والعلاقات بينها، والموارد المطلوبة، وأوقات تنفيذها .
٢. مرحلة جدولة الأنشطة: وتتضمن الحسابات الرياضية لتحديد مسارات الأنشطة الحرجة وكلف وأوقات الإنجاز الكلية .
٣. مرحلة الرقابة: وتتضمن تنسيق عمل الموارد في اطار زمني لضمان التنفيذ والأداء المرضيين .

إن تنفيذ أي مشروع يستلزم بالضرورة وجود موارد مالية ولهذا وجب على منفذ المشروع وضع خطة توضح التدفقات المالية والنفقات حتى يتسنى للمشروع السير بصورة جيدة وعلى هذا الأساس وضعت طريقة المسار الحرج برنامجاً يوضح المفاضلة بين النفقات المالية انطلاقاً من وجود وقتين لتنفيذ المشروع الوقت المبكر لإنجاز النشاط والوقت المتأخر لإنجاز النشاط، إذ أن لكل واحدة من هذه الأزمنة تأثير مغاير في حسابات المشروع رغم أنهما متساويان في النتيجة أي يمكن اعتماد الوقت المبكر للإنجاز في حساب أزمنة المشروع وتراكم التكاليف التي تتم أنفاقها وفق برنامج معين خلال السقف الزمني المحدد لإنجاز المشروع (باشيوه، ٢٠١١: ٣٣٧).

فضلاً عن ما تقدم يمكن اعتماد الوقت المتأخر للإنجاز نفس الغرض وبما يؤدي إلى الحصول على نفس النتيجة. الأمر الذي يعني أن خط المشروع واحد وخط النهاية واحد عدى المنطقة الوسطى، إذ تكون مفتوحة وهي تعبر عن اختلاف التراكمات الكلفوية في وحدة الزمن بالنسبة لكل من الوقت المبكر والمتأخر، أي

تعبّر عن المجال الذي يستطيع ان يوازن بين التكاليف المتاحة خلال تنفيذ المشروع كما يتيح له اختيار التدفقات عن المجال الذي يوازن بين التكاليف المتاحة خلال تنفيذ المشروع، كما يتيح له اختيار التدفقات التي يراها مناسبة لسير النشاط وذلك ضمن حدود المنطقة الوسطى .

**سادساً: تخفيض التكلفة في تقنية تقويم ومراجعة المشاريع PERT / COST**  
قد تضطر الإدارة أحياناً إلى التسريع في تنفيذ المشاريع وذلك بأقل من الزمن الذي يحدده المسار الحرج وتتم عملية ضغط أو تمديد الأنشطة بوحدة أو أكثر من الأنشطة الحرجة من خلال دفع تكاليف إضافية مقابل ذلك. وتنقسم تكاليف إنجاز المشروع بشكل عام على التكاليف المباشرة direct costs وهي التكاليف التي تدخل مباشرة بالمشروع وتؤثر فيه. والتكاليف غير المباشرة In direct costs وهي التكاليف التي لا تؤثر على نشاط المشروع، وهناك طريقتين للتوصل إلى الوقت الأفضل والتكاليف الاقتصادية وهما:

١. طريقة تمديد الزمن وضغط التكاليف .
٢. طريقة ضغط الزمن وتمديد التكاليف .

وفي كلتا الحالتين يتطلب الأمر معرفة ميل النشاط Activity Slope فضلاً عن معرفة ميل الكلفة Cost Slope من خلال المعادلة الآتية:

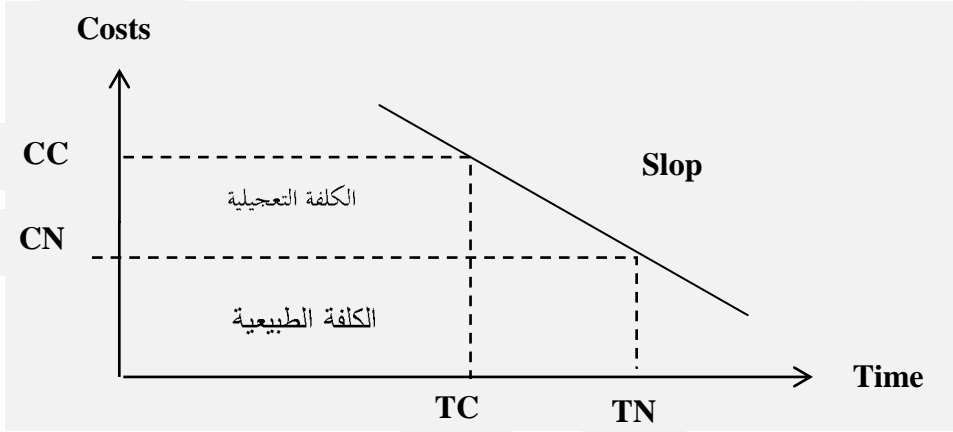
$$AS = (Cc - Nc) / NT - CT$$

إذ أن: AS : ميل النشاط ، Cc : الكلفة التعجيلية Crash cost ، Nc : الكلفة الطبيعية Normal cost ، CT : الوقت التعجيلي Crash time ، NT : الوقت الطبيعي Normal time

وبذلك فإنه لتقليل زمن تنفيذ واحد أو أكثر من أنشطة المشروع، لابد من زيادة التكاليف المباشرة لهذه الأنشطة أما التكاليف غير المباشرة فإنها تزداد بشكل عام مع مرور الزمن ويتم حسابها للمشروع بأكمله وليس لأنشطة المشروع، ومع أنه يمكن إنقاص زمن تنفيذ النشاط مقابل الزيادة في التكاليف المباشرة لهذا النشاط إلا أن هذا الإنقاص له حدود معينة لا يمكن تجاوزها، وعليه يمكن تنفيذ أي نشاط بشكل طبيعي خلال زمنه العادي NT مقابل تكلفته العادية Nc، كما يمكن إنقاص زمن تنفيذ المشروع إلى أقل من زمنه العادي CT وذلك بزيادة التكاليف Cc، فإذا مثلنا تكلفة تنفيذ النشاط كدالة في زمن تنفيذه فإن هذه الدالة تأخذ أحد الشكلين الآتيين:

- A. تكون الدالة خطية عندما تتناسب تكلفة التنفيذ عكسياً مع زمن التنفيذ .
- B. تكون الدالة غير خطية عندما تكون تكلفة تنفيذ دالة الهدف غير خطية في زمن التنفيذ. كما تظهر في الشكل الآتي:

شكل (٢): العلاقة بين الكلفتين التعجيلية والطبيعية والزمنين التعجيلي والطبيعي



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على الأدبيات العلمية .  
وتسمى النقطتان (CN , TN) و (CC , TC) على الترتيب (في الشكل، ٢) بالزمن الخاطف، وللتوصل للوقت المثالي والتكاليف الاقتصادية، فإنه يتطلب بيان خطوات كل طريقة وكما يأتي:

- ١ - طريقة تمديد الزمن وضغط التكاليف: وتتم من خلال الخطوات الآتية:
  - أ. جمع الأنشطة غير الحرجة وحساب ميل كل منها، ثم اختيار أكبر ميل من بين هذه الميول .
  - ب. طرح أدنى وقت ممكن لإنجاز المشروع للوصول إلى نهاية المشروع عن طريق المسارات غير الحرجة، ونقوم بنفس العملية بأخذ أصغر وقت فائض .
  - ت. نضيف الزمن الفائض إلى زمن النشاط الأدنى ويجب أن لا يتجاوز زمن تمديد الوقت الطبيعي .
  - ث. حساب كلفة النشاط المحددة وذلك من خلال ضرب ميل النشاط في الزمن الفائض، ثم تعاد الخطوات مع جميع الأنشطة الحرجة .
  - ج. نجمع جميع التكاليف للأنشطة غير الحرجة. ثم نطرح التكلفة القصوى من مجموع التكاليف غير الحرجة .

ومن هنا نصل إلى أن جميع الأنشطة أصبحت حرجة وإن إنجاز المشروع يتم في أقل وقت ممكن بأقل تكلفة .

- ٢ طريقة ضغط الزمن وتمديد التكاليف: وهي الطريقة التي يتم التركيز عليها في بحثنا وتتم من خلال الخطوات الآتية:
- أ. جمع الأنشطة الحرجة وحساب ميل كل منها، ثم نأخذ أصغر ميل من بين هذه الميول للأنشطة الحرجة .
  - ب. نقوم بضغط النشاط الذي يملك أصغر ميل من بين الأنشطة الحرجة من وقته الطبيعي إلى وقته التعجيلي حتى نصل إلى مسار حرج جديد، إذ نقوم بضغط النشاط بوحدة زمنية واحدة تلو الأخرى حتى نصل إلى مسار حرج جديد .
  - ت. نضرب الوحدة الزمنية المضغوطة في سعر الوحدة ثم نضربها في الميل حتى نحصل على تكلفة الوحدة الزمنية .
  - ث. نجمع التكاليف الطبيعية مع تكلفة الوحدة الزمنية حتى نحصل على تكلفة المشروع .

### المبحث الثالث: التأطير العملي

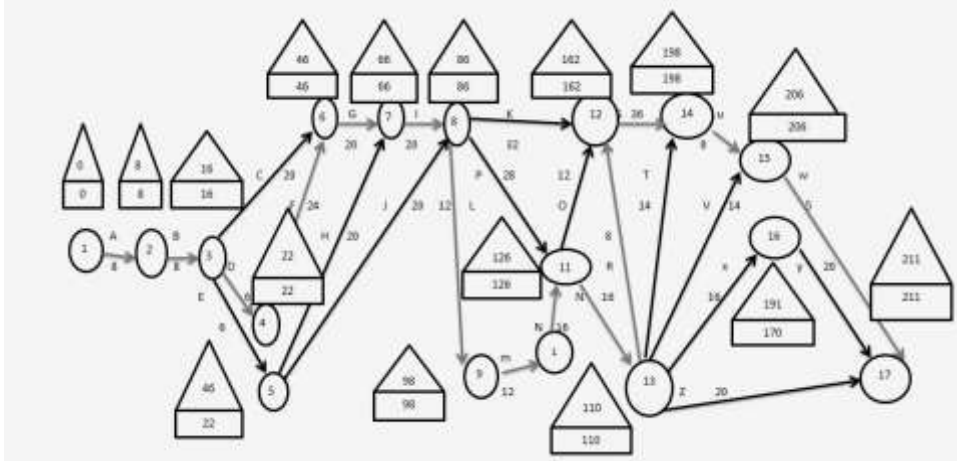
أولاً: عرض وتحليل نتائج عملية تعجيل إنجاز مشروع مجسر مدينة بعقوبة في هذا الإطار سيتم إيضاح المشروع من خلال استخدام المخططات الشبكية والوقت المستخدم لإنجاز أنشطة المشروع وفق أسلوب المسار الحرج ثم تقليل وقت وتكلفة الإنجاز وفق أسلوب بيرت علماً أن الوقت بالأسبوع .  
جدول (١): أنشطة مشروع مجسر مدينة بعقوبة

Activities	Time/ week	اسم النشاط
A	8	تهينة الموقع
B	8	فحوصات التربة والموقع والتصميم المروري وتصميم المشروع
C	20	التصميم
D	6	أعمال تهينة الموقع
E	6	الركيزة التجريبية والخلطة التصميمية للخرسانة
F	24	الركائز piling
G	20	قبعات الركائز
H	20	الأعمال الكونكريتية
I	20	تسليح وصب الأعمدة
J	20	القبة العليا للأعمدة
K	32	المنعطفات والانحناءات

L	12	تهيئة أعمال المنعطفات والانحناءات
M	12	تسليح الأسس والجدران الساندة للمنعطفات والانحناءات
N	16	صب الجدران الساندة للمنعطفات والانحناءات
O	8	دفن التربة للمنعطفات والانحناءات
P	28	صب الروافد الكونكريتية
Q	28	البلاطات الكونكريتية المسلحة
R	8	صب سقف المجسر
S	36	قطع تغليف جوانب المجسر
T	14	الأعمال النهائية للمساحة بين المنحدرات والسقوف
U	8	التبليط
V	14	الأرصفة لكل المشروع
W	5	تخطيط الشوارع
X	16	السياج للمجسر
Y	20	الأعمال الكهربائية
Z	20	التشطيبات
٢٧	429	المجموع

المصدر: دائرة المهندس المقيم للمشروع .  
إن تحديد الوقت الكلي التراكمي يشتمل على الأنشطة المتداخلة وغير المتداخلة، إذ أن تنفيذ العمليات يتم أحياناً في وقت واحد، أي في الوقت الذي يتم فيه نشاط قبعات الركائز على سبيل المثال فإنه يتم نشاط تسليح وصب الأعمدة في الوقت نفسه، وهكذا لبقية الأنشطة، وبذلك يحصل تداخل في الأزمنة وتراكم تلك الأزمنة أيضاً، إذ أن الفعالية ترتبط بالقدرة على تنفيذ المشروع بالوقت الأمثل (أقل وقت ممكن) والكفاءة ترتبط بالقدرة على تنفيذ المشروع بالكلفة الإقتصادية (أقل كلفة ممكنة) والتي خصصت لها جداول توضح ذلك .

الشكل (٣): المخطط الشبكي لمشروع مجسر مدينة بعقوبة .



المصدر: من إعداد الباحثين .

في (الشكل، ٢) تم احتساب زمن الابتداء المبكر للنشاط وتمثيله داخل المربع، أما المثلث يمثل زمن الانتهاء المتأخر للنشاط، ومن المخطط فإن المسار الحرج (C.P) للمخطط الشبكي للمشروع يتمثل بالأنشطة الآتية :

A → B → D → F → G → I → L → M → N → Q → R → S  
→ U → W = 211 weeks

ويمكن تمثيل أزمنة الابتداء والانتهاء، فضلاً عن المسار الحرج في الجدول الآتي:

جدول (٢): أزمنة الابتداء والانتهاء والوقت الفائض وأنشطة المسار الحرج

Activity	time	الأزمنة الابتدائية		الأزمنة النهائية		الوقت الفائض Slack time
		EF	ES	LF	LS	
A	8	0	8	0	8	0
B	8	8	16	8	16	0
C	20	16	36	26	46	10
D	6	16	22	16	22	0
E	6	16	22	40	46	24



F	24	22	46	22	46	0
G	20	46	66	46	66	0
H	20	22	42	46	66	24
I	20	66	86	66	86	0
J	20	22	42	66	86	44
K	32	86	118	130	162	44
L	12	86	98	86	98	0
M	12	98	110	98	110	0
N	16	110	126	110	126	0
O	8	126	134	154	162	28
P	28	86	114	98	126	12
Q	28	126	154	126	154	0
R	8	154	162	154	162	0
S	36	162	198	162	198	0
T	14	154	168	184	198	30
U	8	198	206	198	206	0
V	14	154	168	192	206	38
W	5	206	211	206	211	0
X	16	154	170	175	191	21
Y	20	170	190	191	211	21
Z	20	154	174	191	211	37

المصدر: من إعداد الباحثين .

يتضح في (الجدول، ٢) أن الأنشطة الحرجة للمشروع لا يوجد فيها أي وقت فائض، إذ أن أي تغيير فيها يمكن أن يغير وقت المشروع بأكمله. أما مجموع الانحرافات المعيارية لجميع الأنشطة بلغت 452.5 بمتوسط انحراف معياري بلغ 7.46 أسبوع، كما في الجدول الآتي:

جدول (٣): الانحراف المعياري لأنشطة المشروع، بالأسابيع

Activity	$X_i$	$(X_i - \bar{X})^2$
المجموع	429	452.5

أما الأوقات المتداخلة والأوقات غير المتداخلة ضمن أنشطة المشروع، فتتضح في الجدول الآتي:

جدول (٤): الأوقات المتداخلة والأوقات غير المتداخلة ضمن أنشطة المشروع

النشاط ( Activity )	وقت النشاط	الوقت المتداخل	الوقت غير المتداخل
A	8	-----	8
B	8	6	2
C	20	4	16
D	6	6	---
E	6	6	---
F	24	---	24
G	20	18	2
H	20	20	2
I	20	16	4
J	20	16	4
K	32	14	18
L	12	12	----
M	12	8	4
N	16	8	8
O	8	---	8
P	28	---	28
Q	28	24	4
R	8	4	4
S	36	8	28
T	14	14	---
U	8	4	4
V	14	8	6
W	5	2	3

X	16	4	12
Y	20	16	4
Z	20	20	
26	429	236	193

المصدر: من إعداد الباحثين .

كما أن الكلف التعجيلية Cc تستخرج من خلال استخراج الأوقات التعجيلية CT، وبنفس الشكل للكلفة الاعتيادية التي تستخرج من خلال استخراج الوقت الاعتيادي.

وتستخرج الأوقات التعجيلية لكل نشاط وفق الآتي:

$7.70 = 16.5 \times 429 / 8$  أسبوع للنشاط A، كما وستخرج الكلفة التعجيلية لكل نشاط وفق الآتي:

$30,738,000 = 709,615,000 \times 18,450,000,000 / 29,600,000$  دينار للنشاط A، وهكذا .

جدول (٥): الأوقات الطبيعية والتعجيلية والكلف الطبيعية والتعجيلية

النشاط	الوقت الطبيعي NT	الوقت التعجيلي CT الوسط *الجزء /الكل	الكلفة الطبيعية NC	الكلفة التعجيلية CC الوسط *الجزء /الكل
A	8	7.70	29.600.000	30.738.000
B	8	7.70	210.000.000	218.076.000
C	20	19.20	625.000.000	649,038,000
D	6	5.77	9.000.000	9,346,000
E	6	5.77	65.000.000	67,500,000
F	24	23	4,650,000000	4,828,000,000
G	20	19.20	11.000.000	11,423,000
H	20	19.20	2,274,750,000	2,362,240,000
I	20	19.20	122.000.000	126,692,000
J	20	19.20	730.040.000	758,118,000
K	32	31.77	20.000.000	20.769,000
L	12	11.50	12.450.000	12,928,000
M	12	11.50	374.640.000	389,000,000

N	16	15.40	373.250.000	387,250,000
O	8	7.70	210.000.000	218,000,000
P	28	27	5.016.344.000	5,209,280,000
Q	28	27	382.500.000	397,211,000
R	8	7.70	1,028,750.000	1,068,317,000
S	36	35.60	137,750.000	143,000,000
T	14	13.50	132,000.000	137,000,000
U	8	7.70	1.377.600.000	1,430,584,000
V	14	13.50	347,400,000	360.761,000
W	5	4.80	7,926,000	8,230,000
X	16	15.40	248,000.000	257,538,000
Y	20	19.20	45.000.000	46,730,000
Z	20	19.20	10,00,000	10,384,000
مجموع	429	414.41	18,450,000,000	19,450,000,000

المصدر: من إعداد الباحثين .

بعد استخراج الأوقات والكلف التعجيلية في (الجدول، ٥) يتم احتساب الميل لكل نشاط من أنشطة المشروع، كما في الجدول الآتي:

جدول (٦): ميل الكلفة للأنشطة

النشاط	NT-CT	CC-NC	Slope Cost
A	0.30	1,138,000	3,793,000
B	0.30	8,067,918	26,923,000
C	0.80	24,038,448	30,047,000
D	0.23	346,000	1,504,000
E	0.23	2,500,000	10,869,000
F	1	178,845,000	178,846,000
G	0.80	423,000	528,000
H	0.80	87,490,000	109,362,000
I	0.80	4,692,000	5,865,000
J	0.80	28,078,000	35,097,000
K	1.23	769,000	525,000
L	0.50	478,000	956,000

M	0.50	14,409,000	28,818,000
N	0.60	14,409,000	23,333,000
O	0.30	8,000,000	26,666,000
P	1	192,000,000	192,000,000
Q	1	14,711,000	14,711,000
R	0.30	39,567,000	131,890,000
S	0.38	5,298,000	13,942,000
T	0.50	5,000,000	10,000,000
U	0.30	52,984	176,613,000
V	0.50	13,361,000	26,722,000
W	0.20	305,000	1,525,000
X	0.60	9,538,000	15,896,000
Y	0.80	1,730,000	2,162,000
Z	0.80	384,000	480,000

المصدر: من إعداد الباحثين .

أما (الجدول، ٧) فيبين مقدار الأوقات التعجيلية المخفضة في أنشطة المسار الحرج للمشروع والتي تصل إلى أكثر من ٧ أسابيع، وكما يأتي:  
جدول (٧): مجموع الأوقات التعجيلية المخفضة لأنشطة المسار الحرج

الأنشطة الحرجة	الوقت التعجيلي NT-CT	Cc – Nc
A	0.30	1,138,000
B	0.30	8,067,918
D	0.23	340,040
F	1	178,845,000
G	0.80	423,000
I	0.80	4,692,000
L	0.50	478,000
M	0.50	14,409,000
N	0.56	14,409,000
Q	1	14,711,000
R	0.30	39,567,000

S	0.38	5,298,000
U	0.30	52,984
W	0.20	305,000
	7.50	

المصدر: من إعداد الباحثين .

إن التخفيض يبدأ بأنشطة المسار الحرج الأقل ميلاً في الكلفة Slope cost من وقتها الطبيعي إلى وقتها التعجيلي من خلال تحديد الفرق بينهما، فعلى سبيل المثال ينخفض النشاط A بمقدار الفرق من وقته الطبيعي 8 أسبوع إلى وقته التعجيلي 7.30 والفرق سيكون 0.70 أسبوع، وهكذا. ويتم حساب الوقت الذي يتم الاستفادة منه لتعجيل وقت تنفيذ المشروع من وقته الطبيعي البالغ 211 أسبوع كما وضح سابقاً في المسار الحرج للمشروع، وبعد طرح الوقت المتداخل البالغ 116 أسبوع يصبح الوقت الطبيعي لتنفيذ الأنشطة هو:  $116 - 211 = 95$  أسبوع . وبعد تخفيض أنشطة المسار الحرج من أوقاتها الطبيعية إلى أوقاتها التعجيلية يخفض وقت تنفيذ المشروع الطبيعي بزمن قدره (8 أسابيع) تقريباً كما موضح في الجدول السابق فيكون الوقت بعد التخفيض هو:  $95 - 8 = 87$  أسبوع، علماً أن السبعة أسابيع ونصف والتي هي الفرق بين الإنجاز الفعلي للمشروع من قبل الشركات المنفذة والوقت الطبيعي للتنفيذ وفق المخطط الشبكي هي مقدار زمن الانحراف المعياري والبالغ 7.5 أسبوع. (والجدول، ٨) يمثل خلاصة ما تقدم .

جدول (٨): يوضح أوقات أنشطة المشروع والمسار الحرج حسب التصنيفات الموضحة

الوقت	وقت المسار الحرج	إلجاز المشروع الوقت الفعلي	الوقت الكلي التراكمي	الوقت المتداخل مع أنشطة المشروع	الوقت غير المتداخل مع أنشطة المشروع	الوقت المتداخل مع أنشطة المسار الحرج	الوقت غير المتداخل مع أنشطة المسار الحرج
أسبوع	211	80	429	236	193	116	95

المصدر: من إعداد الباحثين .

### ثانياً: تحليل نتائج البحث

يتضح مما من (الجدول، ٨) أن الشركات المنفذة كانت فاعلة في أدائها، إذ أن الوقت الفعلي للإنجاز بلغ ١٢٨ أسبوعاً وان الفعالية يمكن توضيحها كما يأتي :

١. إن وقت المسار الحرج الكلي لإنجاز المشروع بلغ 211 أسبوع، وبعد طرح الأوقات المتداخلة لأنشطة المسار الحرج والبالغ 116 أسبوع من الوقت الكلي للإنجاز. يكون الوقت الحقيقي للمسار الحرج للإنجاز في المخطط الشبكي هو 95 أسبوع، أي 211-116 .
٢. عند استخدام ميل الكلفة slope cost والتوصل إلى الوقت التعجيلي للأزمة والذي بلغ 2 شهر تقريباً، أي ٨ أسابيع، فإن وقت إنجاز المشروع سيتناقص إلى:  $87 = 211 - 124$  .
٣. إن الفرق بين الأوقات غير المتداخلة في المشروع بأكمله البالغ 193 أسبوع، وبين الأوقات المتداخلة في المسار الحرج البالغ 116 أسبوعاً، بلغ  $193 - 116 = 77$  أسبوعاً، وهو مقارب للزمن الفعلي لإنجاز المشروع البالغ ٨٠ أسبوعاً وبفرق ٣ أسابيع .
٤. إن الوقت الفعلي لإنجاز المشروع بأكمله البالغ ٨٠ أسبوعاً وهو دليل على فعالية الشركات المنفذة للمشروع مقارنة بالمعايير التي تم استخدامها في هذا البحث والمتعلقة بالآتي:
  - أ. الوقت المتداخل، والوقت غير المتداخل، فضلاً عن متوسط الوقت المتداخل وغير المتداخل .
  - ب. وقت المسار الحرج الكلي بعد الوقت المتداخل .
  - ت. الوقت من حيث الفرق بين الوقت غير المتداخل لأنشطة المشروع مع الوقت المتداخل لأنشطة المسار الحرج .
٥. إثبات صحة فرضية البحث .

### المبحث الرابع: الاستنتاجات والتوصيات

#### أولاً: الاستنتاجات

١. إن تطبيق أسلوب ميل الكلفة سيمكن الشركة من تخفيض الوقت الكلي لإنجاز المشروع إلى أقل ما يمكن، إذ انخفض زمن تنفيذ المشروع 8 أسابيع وبانحراف معياري قدره 7 أسابيع .
٢. إن وقت المسار الحرج الكلي لإنجاز المشروع، يعد مقارباً لمتوسط الأوقات المتداخلة وغير المتداخلة للمشروع وبفرق 3 أسابيع فقط .
٣. إن الفرق بين الأوقات غير المتداخلة في المشروع بأكمله وبين الأوقات المتداخلة لأنشطة المسار الحرج بلغ 77 أسبوعاً وهو مقارب جداً للزمن الفعلي للإنجاز 80 أسبوعاً أي بفرق 3 أسابيع فقط .

٤. إن إنجاز المشروع بالوقت المخفض وباستخدام الأسلوب العلمي ميل الكلفة يعد إشارة جيدة للشركات المنفذة لتقليل وقت إنجاز المشروع .

### ثانياً: التوصيات

١. تطبيق نتائج البحث في شركة المجموعة الوطنية للإعمار والاستثمار، والنظر في إمكانية اعمامها على باقي الشركات التابعة لها بغية الاستفادة منها، بعد الوقوف على ما تحققة أساليب شبكات الأعمال من إيجابيات في تخفيض أوقات الإنجاز والكلفة الكلية للمشاريع .
٢. ضرورة استخدام الأسلوب العلمي لجدولة وتخطيط ورقابة المشاريع قبل البدء بالتنفيذ، في حال توافر فرصة تنفيذ مشاريع أخرى بغية دراسة إدارة وإنجاز المشاريع ولا سيما المحددات الرئيسية فيها كمتغيرات الوقت والكلفة .
٣. استخدام أساليب متطورة في شركة المجموعة الوطنية للإعمار والاستثمار كأسلوب المسار الحرج وبيرت، فضلاً عن أسلوب ميل الكلفة لتعجيل الإنجاز في تخطيط ومتابعة إنجاز المشروعات التي تقوم بها الشركة، لما يحققة استخدام هذه الأساليب من نتائج فعالة في التخطيط للوقت والكلفة .
٤. إحالة مسؤولية التخطيط والجدولة إلى أصحاب الكفاءة، فضلاً عن الاستفادة من خبرات المتخصصين في مجالات بحوث وإدارة العمليات وتقنيات الإدارة الهندسية والصناعية وإدارة الجدوى الشاملة والمجالات الأخرى ذات الصلة .
٥. استخدام قوة عمل ذات خبرة وكفاءة وتتصف بقلّة دورانها، للاستفادة من الخبرات المتراكمة والتي من شأنها زيادة فاعلية الأداء في إنجاز المشاريع الموكلة إليها .

### المصادر

١. الشمري، حامد سعد نور. " بحوث العمليات: مفهوماً وتطبيقاً " . الطبعة الأولى، مكتبة الذاكرة، بغداد، العراق. 2010.
٢. محمد درويش وآخرون. " إدارة الإنتاج والعمليات " . مكتبة عين الشمس للطباعة والنشر، مصر. ٢٠٠٦ .
٣. عبد المجيد، نجيب. " استراتيجية استخدام جدولة المشروع بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والتكلفة لإنجاز المشاريع " . رسالة ماجستير، دراسة تطبيقية في المعهد التقني الحويجة .



٤. مازن بكر عادل وآخرون " بحوث العمليات والإدارة الهندسية " وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجامعة التكنولوجية، بغداد. ١٩٨٥ .
٥. ياشيوه، الحسن عبد الله . " بحوث العمليات " . دار اليازوري للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، الأردن. ٢٠١١ .
٦. الشيخ، سالم فؤاد. " إدارة الإنتاج والتصميم الصناعي " . مركز الكتب الثقافية، الأردن. ١٩٨٣ .
٧. حاوي، إيمان عسكر. " استخدام أسلوب المسار الحرج وبيرت في تخطيط ومتابعة إنجاز الزوارق : دراسة تطبيقية في شركة ابن ماجد العامة " . مجلة التقني، هيئة التعليم التقني، مجلد ١٨، عدد ٤، ٢٠٠٥ .
٨. داود، فضيلة سلمان. والمواشي، زينب هادي. " دور أسلوب CPM/PERT في تعزيز أداء المشاريع الإنشائية: دراسة تطبيقية في قسم المشاريع في ديوان محافظة بغداد " . مجلة العلوم الإدارية والاقتصادية، جامعة بغداد ، مجلد ٢٢، عدد ٩٤، ٢٠١٦ .
٩. بخيت، عبد الجبار خضر. والفهود، فيصل عبد الاله. " توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لمراقبة وجدولة فعاليات مشاريع وزارة الشباب " . مجلة الكوت للعلوم الاقتصادية والإدارية، مؤتمر العلمي، مجلد ٢، ٢٠١٢ .
١٠. شعبان، عبد الكريم . " الأساليب الكمية وبحوث العمليات: مشاكل وحلول " . مطبعة الغزي الحديثة، العراق. ٢٠٠٨ .
11. Meredith , Jack and Mantel ,Jr Samuel –Project Management A managerial Approach ,John Wiley and Sons ,N.Y-2000 .
12. Stevenson , William. “Operation Management “ . McGraw,Hill,N,Y-2005 .
13. Taha-Hamdy “Operation research” .MAG .Publishing com .New York. 2002 .
14. Anderson, Mary. et al (Work group) “ Construction Project Management Hand book “ . By FTA ’s. Office of Technology , Gannett Fleming, Inc. 2007 .
15. Burke, Rory. “ Project Management: Planning & Technques” 4<sup>th</sup> ed. John Wiley, & Sons, LTD, New York. 2009 .

16. Reid, Dan R.& Sanders, Nada R., "Operation Management", John Wiley & Sons, Inc. 2002 .