



ضبط التكاليف بمشروعات التشييد في ظل أسلوب تقييم ومراجعة المشروعات

نوري عبد الله عيسى
الأكاديمية الليبية للدراسات العليا
منصور سالم زغبين*
كلية التقنية الصناعية، مصراته، ليبيا
عمر علي شنب
كلية التقنية الصناعية، مصراته، ليبيا
*manszn@yahoo.co.uk

الملخص

يعتبر أسلوب تقييم ومراجعة المشاريع (PERT Programming Evaluation & Review Technique)، من أهم الأساليب العلمية التي تساعد إدارة المشاريع على تنسيق الأنشطة والمهام في المشاريع الكبيرة بصفة عامة والمشاريع ذات الطبيعة الغير المتكررة بصفة خاصة. في ظل هذا الأسلوب يتم عمل تقديرات للتكاليف اللازمة لكل نشاط لتكون هذه التكاليف التقديرية أساساً للمتابعة خلال مراحل التنفيذ المختلفة. لذلك فإن هذا الأسلوب يتطلب تجميع معلومات مستمرة عن كل من التكاليف الفعلية ووقت الأداء الفعلي ونسبة الإنجاز، ثم تحديد درجة التباين في تقارير الإنجاز وتحليل أسبابها. تهدف هذه الورقة إلى تحليل الواقع الراهن لطرق تقدير التكاليف في مشاريع التشييد، واستخدام بعض أساليب بحوث العمليات في تقدير وقت تنفيذ المهام والأنشطة لتنفيذ المشاريع. تقترح الورقة نموذج لتطوير ضبط التكاليف في مشاريع صيانة المرافق التعليمية بمدينة الخمس. تم استخدام المنهجين التطبيقي والمقارن لضبط تكاليف المشاريع. توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها: اعتماد القائمين على التخطيط في مشاريع المرافق التعليمية على الطرق التقليدية في إدارة المشاريع، وأن التخطيط الشبكي وسيلة فعالة في تقييم المشاريع، وأن استعمال أسلوب PERT يؤدي إلى تخفيض زمن المشروع وبالتالي التخفيض في التكاليف؛ فقد بلغت مدة إنجاز المشروع وفق المخطط الشبكي للدراسة 92 أسبوعاً أي 552 يوماً، وأن احتمال إنجاز المشروع في هذه المدة حسب تقديرات أسلوب PERT هو 99.38%، وأن إتباع نظام التكاليف على أساس آخر وقت بدء ممكن يقلل من متوسط الإنفاق التراكمي للمشروع.

الكلمات الدالة: ضبط التكاليف، تقييم ومراجعة المشاريع، أسلوب PERT، القيمة المكتسبة

1. المقدمة

تمارس صناعة التشييد مجموعة من أساليب إدارة المشاريع الهندسية، من ضمنها أسلوب إدارة تكاليف المشروع؛ وبالتالي فإن المشروع يحتاج إلى أنشطة ومهام متنوعة ومتعددة قد تصل إلى آلاف المهام، بعضها يمكن أدائه منفرداً والآخر يعتمد أدائه على غيره من الأنشطة. وتحتاج عملية التنفيذ إلى مجموعة من الموارد، وبالنظر لمحدودية تلك الموارد وما تتطلبه من حساب دقيق للتكلفة والوقت، وبسبب وجود القيود الخاصة للاستخدام، فإن الأمر يتطلب استخدام الأساليب العلمية وخاصة أساليب بحوث العمليات، في تخصيص الموارد وإعادة تخصيصها لضمان الاستخدام الأمثل وتحسين عمليات الأداء بتقليل وقت تنفيذ المشروع وبالتالي تخفيض التكلفة^[1].

يعد أسلوب PERT من أهم الأساليب العلمية التي تساعد على تنسيق الأنشطة والمهام في المشاريع الكبيرة بصفة عامة والمشاريع ذات الطبيعة الغير المتكررة بصفة خاصة. وقد تم تطوير هذا الأسلوب في أواخر الخمسينات بالتعاون بين البحرية الأمريكية وأحد مكاتب الاستثمارات الإدارية الأمريكية، وذلك أثناء تطوير صواريخ بولاريس للرؤوس النووية، وكنتيجة لتطبيق هذا الأسلوب فقد تم إنتاج تلك الصواريخ بوفر زمني قدره سنتان^[1].

في ظل هذا الأسلوب يتم عمل تقديرات للتكاليف اللازمة لكل نشاط، بالإضافة إلى تقديرات الوقت إلى القيام بها بشكل أساسي في شبكات الأعمال، وتكون التكاليف التقديرية أساساً للمتابعة خلال مراحل التنفيذ المختلفة. وهذا بدوره يستلزم تجميع معلومات مستمرة عن التكاليف الفعلية ووقت الأداء الفعلي ونسبة الإنجاز، ثم تحديد درجة التباين في تقارير الإنجاز وتحليل أسبابها واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة^[2].

من وقت لآخر تثار مشكلتي الوقت والتكلفة والاستغلال الأمثل للموارد المتاحة وصولاً إلى تحقيق الأهداف الموضوعية بالسرعة والجودة المطلوبة، في ضوء ذلك ومن خلال متابعة تنفيذ بعض مشاريع التشييد، لوحظ أن هناك مشكلة في تقدير الوقت واستغلال الموارد المتاحة. وتشير التقارير الصادرة عن ديوان المحاسبة أن أحد أهم مشاكل عدم إنجاز المشاريع في وقتها المحدد يرجع إلى ارتفاع تكاليفها كما أكدت الدراسات أن أكثر من 80%^[3] من المشاريع صاحبها تجاوزات في التكاليف مما سبب في تأخير إنجازها في الوقت المحدد، وبالتالي انعكس ذلك على أداء صناعة التشييد.



تتناول هذه الورقة دراسة تلك المشكلة باستخدام بعض أساليب بحوث العمليات الأكثر شيوعاً وهما أسلوب **PERT**، وأسلوب المسار الحرج **Critical Path Method (CPM)** في إعداد وجدولة المشروع والرقابة على التنفيذ؛ حيث سيتم تحليل الواقع الراهن لطرق تقدير التكلفة في مشاريع صيانة المرافق التعليمية والتعرف على أساليب ضبط التكاليف في مشروعات التشييد. ومن ثم استخدام هذين الأسلوبين في تقدير وقت تنفيذ المهام والأنشطة لتنفيذ مشاريع قطاع التعليم الجاري تنفيذها بمدينة الخمس واقتراح نموذج لتطوير ضبط التكاليف في هذه المشاريع.

2. الدراسات السابقة

قام الزطمة (2000) بتطبيق نموذج جديد لحساب تكاليف الإنشاءات في قطاع غزة كبديل عن الأنظمة التقليدية المعمول بها حالياً، ولقد أثبت هذا النموذج جدوى عالية وقدرة فائقة على وصف الواقع بطريقة أدق من الطرق التقليدية، مما يمكن أصحاب القرار من اتخاذ الإجراءات المناسبة لتقليل التكلفة والتحكم بها ومعرفة أسباب الحوادث عنها. خلصت هذه الدراسة إلى أن تطبيق نظام تكاليف الأنشطة يؤدي إلى معرفة أفضل في تسعير العطاءات وقدرة أكبر على تقدير التكلفة وتحديث بيانات الأسعار. كما يوفر نظام تكاليف الأنشطة المعلومات التي تعتبر أساساً للدخول في العطاءات والبقاء في المنافسة، وساعد هذا النظام في الرقابة على الأنشطة التي تؤديها المؤسسة واتخاذ القرارات الرشيدة والصحيحة بشأنها^[4].

أكد **Olawale and Sun (2010)** أن أهم العوامل التي تؤثر على تكلفة وزمن انجاز المشروع تكمن في: التغيرات في التصميم، والمخاطر غير المرئية، والتقييم غير الدقيق لزمن المشروع، وصعوبة التعامل مع المقاولين بالباطن^[5].

أجرى **Chongruksut (2002)** دراسة بعنوان التحكم في المشروع على أساس التطبيق المتبادل لأسلوب **PERT** وأسلوب القيمة المكتسبة، وأظهرت نتائج هذه الدراسة إمكانية استخدام أسلوب **PERT** في الرقابة على الوقت في المشاريع الإنشائية، وكذلك إمكانية تطبيق الطريقة المقترحة لإدارة القيمة المكتسبة كطريقة للرقابة على تكاليف المشروع^[6].

توصل الطائي وآخرون (200) إلى العديد من النتائج أهمها عدم وضوح الرؤية عند وضع البرمجة والخطط لمشاريع التشييد، وعدم إيلاء التخطيط الأهمية المطلوبة، ونقص البيانات والمعلومات المطلوبة ذات الصلة بالتكاليف، وضعف في كفاءة الأداء للكادر الخاص بالبرمجة والتخطيط، وضعف واضح في مجال التخطيط لمختلف المؤسسات والقطاعات المحلية، وأن السبب في ذلك يرجع لعدم الاهتمام بالاستخدام الأمثل للمستويات الثلاثة لعملية التخطيط والبرمجة في المشاريع، والاعتماد على نوع واحد من أنواع التخطيط الروتيني، والتركيز على الوقت فقط وإهمال مجالات التخطيط الأخرى، مثل استخدام البدائل وهندسة القيمة وتحسين النوعية^[7].

خلصت دراسة الجزائري (200) إلى أن عملية التخطيط وإعداد الجدولة تتطلب المعرفة بكيفية استخدام الأساليب العلمية ومنها بحوث العمليات، وأن تحديد مسؤوليات التنفيذ بشكل واضح ينعكس على فاعلية إدارة المشروع، وعدم اتباع أسلوب نظام تقارير تقدم الانجاز والذي يمكن من خلاله اكتشاف التأخير والتعرف على أسبابه بشكل مبكر، وأن ضعف عمليات التخطيط يؤدي إلى فشل إنجاز المشروع في الوقت المحدد^[8].

أكد **Damidi (2009)** أن نماذج حساب التكلفة والفترة الزمنية للجسور والطرق بإمكانها حساب التكلفة والفترة الزمنية بمقدار خطأ 4 % للجسور، و 3 % للطرق، وأن الفترة الزمنية للمشروع يمكن حسابها بمقدار خطأ 6 % للجسور، و 3 % للطرق، وأن نموذج الجسور يحتوي على رزمة ونموذج الطرق يحتوي على 22 رزمة، كذلك تم اشتقاق نموذج عندما تكون الجسور والطرق جزء من المشروع العام مع فقدان الدقة بنسبة ضئيلة^[9].

أجرى **Cong and Domingo (2009)** دراسة خلصت إلى أن وثيقة العطاء التي تفتقر إلى المعلومات أحد أهم العوامل التي تؤدي إلى ارتفاع تكاليف المشروع، وأن اتباع أساليب ضبط التكاليف كأسلوب المسار الحرج **CPM** وأسلوب مراجعة وتقييم المشروعات **PERT** يساهم في تخفيض تكاليف المشروع، وبالتالي تتحقق أهداف^[10].

أكدت دراسة **Subramani Subramani, et. al, (2014)** أن تحليل القيمة المكتسبة يمثل خصائص فريدة يمكن أن تفيد المالكين^[11]. من خلال الدراسات السابقة يتضح أن أغلب المشاريع الإنشائية على المستوى المحلي أو على المستوى العالمي تعاني من ارتفاع التكلفة وهذا ناتج عن العديد من العوامل؛ وهذا يعطي دافعاً كبيراً لدراسة هذا الموضوع في البيئة المحلية.



3. ضبط التكاليف في ظل أسلوب PERT/Cost

في ظل هذا الأسلوب يتم عمل تقديرات للتكاليف اللازمة لكل نشاط، بالإضافة إلى تقديرات الوقت، وتكون هذه التكاليف التقديرية أساساً للمتابعة خلال مراحل التنفيذ المختلفة. ويتطلب هذا الأسلوب بشكل مستمر تجميع بيانات عن التكاليف الفعلية ووقت الأداء الفعلي ونسبة الإنجاز، ثم تحديد درجة التباين في تقارير الإنجاز وتحليل أسبابها واتخاذ الإجراءات التصحيحية، بمعنى إذا زادت التكاليف الفعلية عن التكاليف المقدرة يجب اتخاذ إجراءات معينة لتصحيح الوضع حتى تظل التكاليف المنفقة في حدود الميزانية الموضوعة.

وتجدر الإشارة إلى أن هذا الأسلوب يختلف إلى حد كبير عن الفكرة الخاصة بتخفيض وقت النشاط **Crashing**. فبالرغم من أن كلا من الأسلوبين يتطلب حساب التكاليف التقديرية الخاصة بالأنشطة، إلا أن استخدام هذه التكاليف يختلف كلية في الحالتين. تقوم فكرة التخفيض لوقت النشاط والمشروع على عملية مقارنة بين العائد والتكلفة المترتبة على القرار الخاص بالتخفيض **Time/Cost Trade off**؛ وذلك بهدف تحديد أفضل خطة مثلى لوقت إنجاز المشروع. بينما يتطلب استخدام أسلوب **PERT/Cost** القيام بمجموعة من الخطوات الأساسية وهي: تقسيم المشروع إلى مراحل أساسية، عمل تقدير للتكاليف اللازمة لهذه المراحل، تحديد الميزانية التقديرية للإنفاق، وضبط تكاليف إنجاز المشروع [12].

على الرغم من المزايا التي يقدمها هذا الأسلوب فإنه يواجه العديد من الانتقادات؛ والتي تتطلب أن يؤخذ استخدامه بحذر ودراسة كافية قبل مرحلة التنفيذ. وأولى هذه الانتقادات هي أن مراقبة تكلفة الأنشطة تتطلب أعمالاً مكثبة كثيرة خصوصاً بالنسبة للمشروعات التي تتضمن أعداداً كبيرة من الأنشطة. ويمكن التغلب على هذا الإنقاذ بتجميع الأنشطة في مقطوعات، وإن كان ذلك سوف يؤدي إلى ضعف عملية الرقابة المرغوبة. أما الانتقاد الثاني، فهو الخاص بتحديد نوع التكاليف التي توزع على الأنشطة، فهناك أنواع من التكاليف المباشرة **Direct Costs** وغير المباشرة **Overhead Costs**، والتي يصعب تخصيصها لنشاط معين. أما الانتقاد الثالث والأكثر خطورة، فهو أن تطبيق مثل هذا النظام يحتاج إلى نظام للتكاليف يختلف كلية عن أنظمة التكاليف المتعارف عليها، والتي تستخدمها الكثير من الشركات [12].

إن المزايا المحققة من هذا النظام تفوق بكثير التكلفة الإضافية نتيجة تطبيقه، وبصفة خاصة بالنسبة للمشروعات الكبيرة، والتي يستغرق إنجازها فترات طويلة. كما يهدف هذا الأسلوب إلى تحديد أفضل خطة تخفيض لوقت إنجاز المشروع. وما يميز هذا الأسلوب أنه أسلوب لتحديد الميزانية التقديرية للإنفاق ولتتبع مدى التزام الإنفاق الفعلي بالإنفاق المقدّر خلال مراحل إنجاز المشروع المختلفة.

4. الدراسة الميدانية

1.4 التعريف بمصلحة التقنيات وصيانة المرافق التعليمية

تعد مصلحة التقنيات وصيانة المرافق التعليمية إحدى المؤسسات العامة والذراع التنفيذي لوزارة التربية والتعليم فيما يتعلق بصيانة وتجهيز المرافق التعليمية بمرحلتَي التعليم الأساسي والثانوي. أنشئت هذه بقرار اللجنة الشعبية العامة (سابقاً) رقم 126 لسنة 200م، أعيد تنظيم هذه المصلحة بقرار من السيد وزير التربية والتعليم رقم 29 لسنة 20م. يتبع المصلحة عدد من الفروع (مشروعات ومخازن) تتمثل في مكاتب شؤون المشروعات بالمناطق تتبع إدارة المشروعات بالمصلحة وعددها 30 مكتباً، ومكاتب شؤون المخازن بالمناطق تتبع إدارة المخازن بالمصلحة وعددها 42 مكتباً. هناك العديد من المشاريع التنموية ضمن الميزانية العامة والمتوقف بعضها بسبب عدم توفر التدفقات المالية اللازمة لتغطية الاحتياجات الخاصة بصيانة المؤسسات التعليمية حيث إن أكثر من 1224 مدرسة تحتاج إلى صيانة شاملة وكذلك إضافة فصول دراسية ومرافق (معامل، ملاعب، أسوار... الخ) [14,13]. لقد بلغ إجمالي تكاليف إنشاء وصيانة مشاريع صيانة المرافق التعليمية مائة مليون دينار، وإذا ما لم يتم ضبط هذه التكاليف بأسلوب علمي وهندسي مقتن قد تنفق أغلب المصاريف بدون جدوى.

2.4 المناقشة وتحليل البيانات

1.2.4 نتائج استخدام أسلوب تحليل الشبكة في المشروعات

يتولى جهاز تنمية وتطوير المراكز الإدارية التعاقد مع شركات التشييد المحلية والأجنبية لتنفيذ مشاريع التنمية والتمويل من الميزانية العامة، حيث تم التعاقد مع شركة الزاوية الحادة للمقاولات العامة المساهمة لتنفيذ مشروع تنفيذ مدرسة نموذجية



تتكون من 15 فصل بمنطقة الساحل بمدينة الخمس بالعقد رقم (648/72/التعليم) بقيمة (1,357,305 د.ل.) مدة تنفيذ المشروع 8 شهراً. الجدول (1) يوضح بيان أعمال وأزمنة المشروع وتكاليفها وفق العقد المبرم.

جدول 1 بيان أعمال وأزمنة المشروع وتكاليفها وفق العقد المبرم

ت	بيان الأعمال	زمن النشاط (الأسبوع)	تكلفة النشاط (د.ل.)
1.	تجهيز الموقع وإجراءات التسليم	(الأسبوع)	15,614.00
2.	أعمال المساحة	2	4,800.00
3.	أعمال التصميم	9	12,980.00
4.	تسوية الموقع وأعمال الحفر	4	44,210.00
5.	أعمال الخرسانة العادية والمسلحة	17	66,006.00
6.	أعمال البناء	12	301,230.00
7.	أعمال اللياسة	5	71,521.00
8.	أعمال كهربية 1	4	31,645.00
9.	أعمال منحدر المعاقين والمظلة	24	98,216.00
10.	أعمال السور	7	88,650.00
11.	أعمال الخزانات	5	48,347.00
12.	أعمال صحية 1	6	55,218.00
13.	غرفة الحارس والصيانة	9	42,512.00
14.	أعمال الطبقة العازلة	2	42,256.00
15.	أعمال كهربية 2	2	18,512.00
16.	أعمال تكسيات الأرضيات والأسقف	6	99,400.00
17.	أعمال المعدنية PVC	4	10,800.00
18.	أعمال الطلاء 1	8	11,875.00
19.	أعمال صحية نهائية	4	63,936.00
20.	أعمال كهرو ميكانيكية	4	114,516.00
21.	أعمال الملاعب	5	88,218.00
22.	أعمال كهربية نهائي	3	4,880.00
23.	أعمال الطلاء نهائي	4	6,542.00
24.	أعمال التسليم النهائي	2	15,416.00
	إجمالي قيمة المشروع		1,357,305 د.ل.

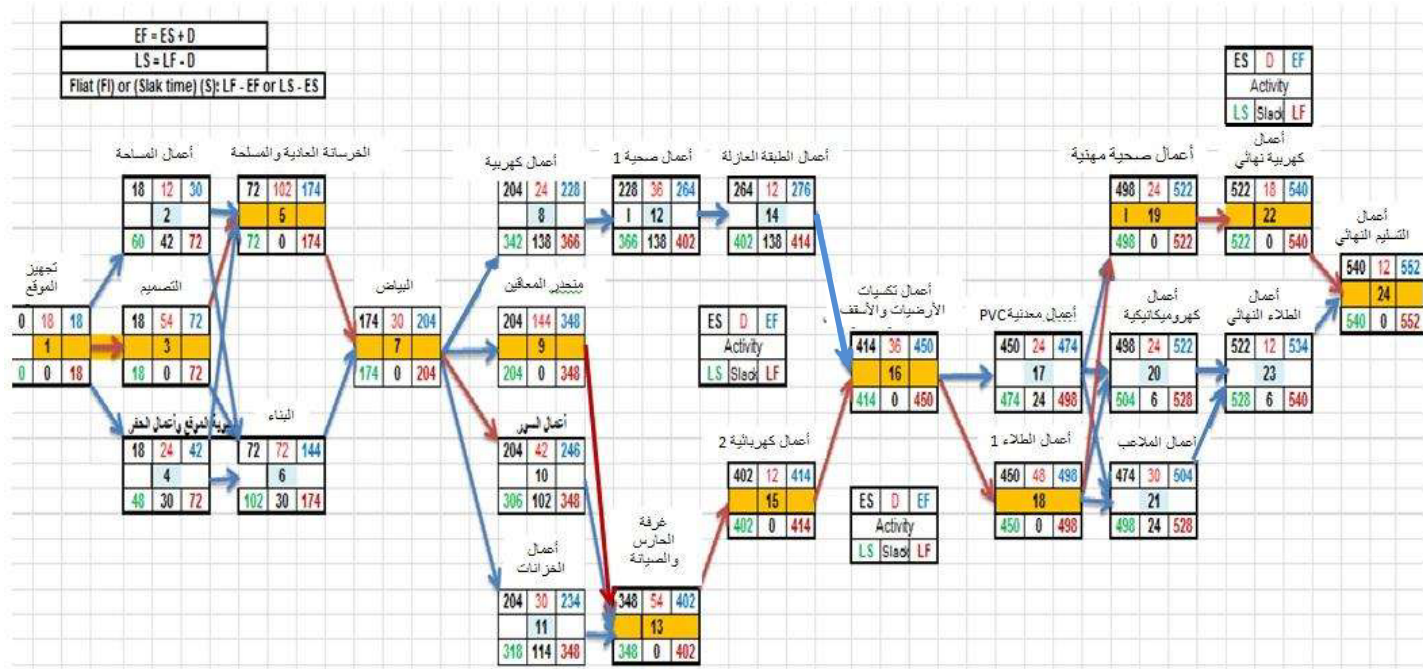
اعتمدت إدارة المشروع في تقديراتها للمشروع الأصلي محل البحث على التخطيط العشوائي ولم تستخدم فيها تقنيات إدارة المشروع. فقد قدر الزمن الكلي لإتمام المشروع بزم من قدره (8 شهراً) أي بواقع (8 شهر × 4 أسابيع × 6 أيام) 624 يوماً فعلياً، فما كان مستخدماً هو شكل يعبر عن تخطيط لفعاليات المشروع بطريقة تقليدية أشبه ما تكون مخطط Gantt chart .

ويعزى التقدير غير الدقيق لإتمام أعمال المشروع إلى نقص الخبرة في استخدام تقنيات المشروع واعتماد علاقات الأنشطة على (الانتهاء من النشاط والبدء في النشاط الآخر) وهو ما يسمى (Finish to Start) أي يعني لا يبدأ النشاط اللاحق حتى ينتهي النشاط الحالي وهو ما أدى إلى المبالغة في التقدير الزمني لبعض الأنشطة ومن ثم سوء تقدير إنجاز المشروع وبالتالي زيادة تكاليفه فضلاً عن عدم استفادة المجتمع من المشاريع التعليمية.

في هذه الورقة تم استخدام أساليب الإدارة الهندسية المختلفة كبرنامج تخطيط المشروعات (Primavera) وكذلك برنامج الجداول الإلكترونية (الإكسل) لتخطيط أعمال المشروع وفق منهجية إدارة المشاريع وحساب البرنامج الزمني لتنفيذ الأعمال بالمشروع والذي بلغ (552 يوم) فعلياً طبقاً لأسلوب المسار الحرج (CPM)، وليس كما جاء في تقديرات عقد المشروع

الأصلي والذي اعتمد في أكثر تقديراته الزمنية على الخبرة غير الكافية والذي بين تقديرات إنجاز أنشطة مشروعه في (8 شهرًا) وبالتالي زيادة التكاليف.

يتضح من الشكل (1) أن الأنشطة التالية (1-3-5-7-9-13-15-16-18-19-22-24) تقع على المسار الحرج، وأن زمن إنجاز المشروع المخطط بلغ (552 يوماً).



شكل 1 المخطط الزمني للمشروع

الأنشطة (1-3-5-7-9-13-15-16-18-19-22-24)، وأن زمن إتمام المشروع هو (552 يوماً)، وليس كما جاء في الزمن المقدر في العقد المبرم للمشروع والذي قدر بـ (8 شهراً).

الجدول (2) يبين أوقات البداية والنهاية المبكرة وأوقات الفأض لمشروع البحث باستخدام برنامج الجداول الالكترونية؛ حيث يتضح أن الأنشطة الحرجة أي التي تقع على المسار الحرج وتحكم وقت إتمام المشروع هي



جدول 2 أوقات البداية والنهائية المبكرة وأوقات الفائض للمشروع

النشاط Activity (A)	الفترة الزمنية (t) بالأيام	الفترة الزمنية (t) بالأسابيع	أول وقت بدء ممكن (ES) بالأسبوع	آخر وقت بدء ممكن (LS) بالأسبوع	أول وقت إتمام ممكن (EF) بالأسبوع	آخر وقت إتمام مسموح (LF) بالأسبوع	الفائض الوقت (S)	المسار الحرج Critical Path
1	18	3	0	0	3	3	0	*
2	12	2	3	5	5	7	7	
3	54	9	3	5	5	7	7	
4	24	4	3	3	7	3	7	
5	102	17	7	7	24	24	0	*
6	72	12	7	12	19	24	5	
7	30	5	24	24	29	29	0	*
8	24	4	29	52	33	56	23	
9	144	24	29	29	53	53	0	*
10	42	7	29	46	36	53	17	
11	30	5	29	48	34	53	19	
12	36	6	33	56	39	62	23	
13	54	9	53	53	62	62	0	*
14	12	2	39	62	41	64	23	
15	12	2	62	62	64	64	0	*
16	36	6	64	64	70	70	0	*
17	24	4	70	74	74	78	4	
18	48	8	70	70	78	78	0	*
19	24	4	78	78	82	82	0	*
20	24	4	78	79	82	83	1	
21	30	5	74	78	79	83	4	
22	18	3	82	82	85	85	0	*
23	12	2	82	83	84	85	1	
24	12	2	85	85	87	87	0	*

2.2.4 ضبط التكاليف بمشروعات التشييد في ظل أسلوب تقييم ومراجعة المشروعات Pert/Cost :

لم يكن ممكناً حساب موارد المشروع وإنزال تكلفة الموارد التي تتضمن (العمل، المواد، المعدات) لكل نشاط؛ وذلك بسبب أن تكاليف المشروع (أسعار العمال ومواد ومعدات التشييد) قد ازدادت أكثر من خمسة أضعاف حين التعاقد على المشروع مقارنة مع بداية تنفيذه عام 2009م. وبالتالي يصعب تقدير التكاليف الحالية ومقارنتها بتكاليف المشروع وفق العقد المبرم، وإنما تم الاستفادة من تكاليف أنشطة المشروع حين التعاقد وتبيان كيفية ضبط المشروع من خلال الاطلاع على تفاصيل التكاليف ومعرفة التدفقات النقدية للمشروع وفحص كل الوثائق المتعلقة بالإنفاق ومعرفة التقديرات الأولية لكل نشاط من أنشطة المشروع.



تم تحديد الميزانية التقديرية للإنفاق للمشروع خلال مدة التنفيذ، والبيانات بالجدول (3) توضح بأن الميزانية الإجمالية المقدرة للمشروع هي (1,357,305 د.ل) موزعة على الأنشطة المختلفة. وبافتراض أن المقطوعة (النشاط) يتم تنفيذها بمعدلات ثابتة خلال فترة الإنجاز المقدرة، فإنه يمكن تقدير متوسط التكاليف المقدرة للوحدة الزمنية من خلال فترة الإنجاز كما في العمود الأخير من الجدول 3. ويكون ذلك عن طريق قسمة إجمالي التكاليف المقدرة بالدينار على النشاط الواحد على الوقت

المتوقع بالأسبوع. ومثال ذلك، التكاليف المقدرة للأسبوع بالنسبة للنشاط رقم (1) تساوي $15,614.00 \div 3 = 5,205$ دينار، والتكاليف المقدرة للأسبوع بالنسبة للنشاط (2) تساوي $4,800.00 \div 2 = 2,400$ دينار، وهكذا بالنسبة لباقي الأنشطة. ويجب التوضيح أن شرط التنفيذ بمعدلات ثابتة، والذي يُطلق عليه شرط الخطية **Linearity** في النماذج الرياضية، ليس شرطاً ضرورياً، فقد يقتضي الأمر تخصيص جزء من ميزانية النشاط للأسبوع الأول نظراً لأنه يتطلب استعداداً خاصاً لا يتكرر في الأسابيع التالية. ومع استخدام الحاسب الآلي يمكن توزيع الملأئم الذي يراه القائم على كل تكلفة حسب معدلات التنفيذ المتوقعة. وكما هو الحال بالنسبة للأسلوب الأصلي PERT/CPM يمكن تحديد الأوقات المبكرة والمتأخرة للبدء والانتهاؤ وأوقات الفائض بالنسبة لكل نشاط كما مبين بالجدول (2). وتم ضبط ميزانية التكاليف التقديرية للمشروع على أساس أول وقت بدء ممكن عن جميع الأشهر.

جدول 3 شبكة أعمال خاصة بالوقت المتوقع والتكاليف المحددة في العقد لكل نشاط

النشاط	الوقت المتوقع بالأيام	الوقت المتوقع بالأسابيع	الميزانية المقدرة للأسبوع (محسوب)	التكاليف المقدرة للنشاط بالدينار
1.	18	3	15,614.00	5,205
2.	12	2	4,800.00	2,400
3.	54	9	12,980.00	1,442
4.	24	4	44,210.00	11,053
5.	102	17	660,060.00	3,883
6.	72	12	01,230.00	25,103
7.	30	5	1,521.00	14,304
8.	24	4	1,645.00	7,911
9.	144	24	8,216.00	4,092
10.	42	7	8,650.00	12,664
11.	30	5	48,347,000.00	9,669
12.	36	6	55,218.00	9,203
13.	54	9	42,512.00	4,724
14.	12	2	42,256.00	21,128
15.	12	2	18,512.00	9,256
16.	36	6	99,400.00	16,567
17.	24	4	10,800.00	2,700
18.	48	8	11,875.00	1,484
19.	24	4	63,936.00	15,984
20.	24	4	114,516.00	28,629
21.	30	5	88,218.00	17,644
22.	18	3	4,880.00	1,627
23.	12	2	6,542.00	3,271
24.	12	2	15,416.00	7,708
التكاليف المقدرة			1,357,305 د.ل	

تم الاطلاع على التقارير الفنية ومقابلة بعض مهندسي المشروع والتباحث معهم بشأن التكاليف المقدرة للمشروع وكيفية تحليل الإنفاقات والتدفقات المالية للمشروع بشكل مفصل ودقيق، ومن ثم معالجة البيانات المالية باستخدام برنامج الجداول الإلكترونية. كذلك يمكن تقدير التكاليف الأسبوعية المتوقعة للمشروع ككل، كما يمكن حساب التكلفة التراكمية أو الإنفاق المتراكم. هذا وقد تم أخذ البديل الثاني، وهو بدء الأنشطة في آخر وقت بدء مسموح به، وتم تحليل الميزانية اللازمة في هذه الحالة.

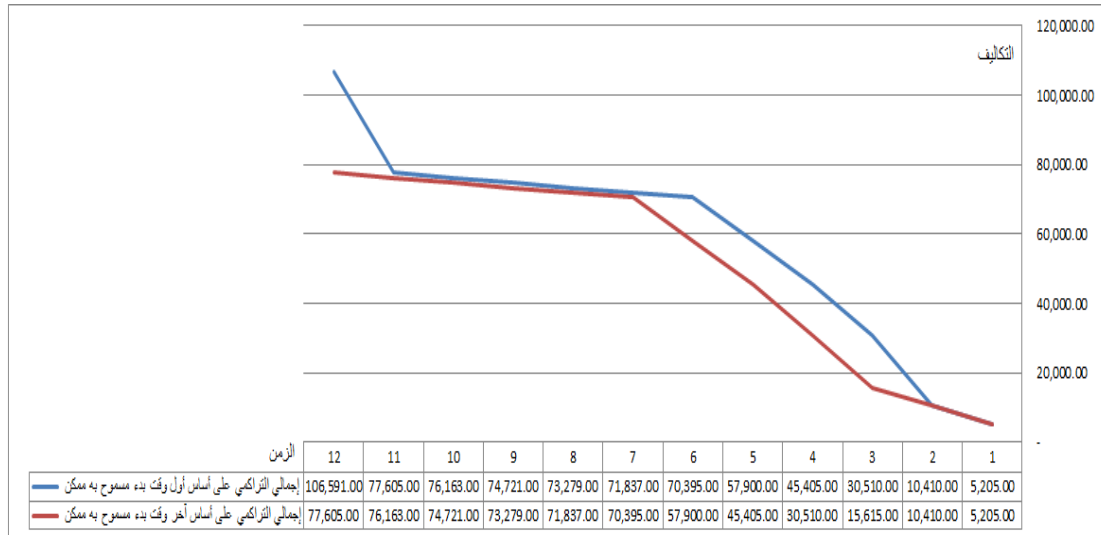
لو تمعنا النظر في حال اسقاط خط عمودي كما في الجدول (4) لأحد أوقات المشروع بشكل عشوائي ونظرنا إلى إجمالي الإنفاق لكل منهما وقارنا بينهما (على افتراض أخذ الأسبوع السادس)، يقتضي أن يتم إنفاق **70,350** دينار في الأسبوع السادس؛ أي عندما بدء النشاط في أول وقت ممكن. أما إذا كان الإنفاق على أساس آخر وقت ممكن فإن المبلغ التراكمي للإنفاق في الأسبوع السادس سيكون **57,900** دينار؛ أي بفارق **12,495** دينار، وتزداد القيمة كلما تقدم المشروع. فمثلاً لو أسقطنا ذلك على المبلغ التراكمي المنفق للأسبوع 32 نجد أنه **502,068** دينار؛ هذا على أساس أول وقت بدء مسموح به ممكن، وبمقارنته من نفس الأسبوع على أساس آخر وقت بدء مسموح به ممكن نجده قد بلغ **487,764** دينار؛ أي بفارق **14,304** دينار، ولهذا يمكن استخدام هذا المبلغ في إنفاقه لإدارة أي نشاط آخر

جدول 4 مقارنة بين المبلغ التراكمي على أساس (أول وآخر) وقت بدء ممكن

الشهر الثاني				الشهر الأول			
8	7	6	5	4	3	2	1
				2,400	5,205	5,205	5,205
1,442	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442		
		11,053	11,053	11,053	11,053		
1,442.00	1,442.00	12,495.00	12,495.00	14,895.00	20,100.00	5,205.00	5,205.00
73,279.00	71,837.00	70,395.00	57,900.00	45,405.00	30,510.00	10,410.00	5,205.00
الشهر الثاني				الشهر الأول			
8	7	3	3	3	3	2	1
			2400	2400	5205	5205	5205
1442	1442	1442	1442	1442			
	11,053	11,053	11,053	11,053			
1442	12495	12495	14895	14895	5205	5205	5205
71837	70395	57900	45405	30510	15615	10410	5205



والشكل (2) يوضح جلياً الفرق بين إجمالي التراكمي على أساس أول وقت بدء ممكن وإجمالي التراكمي على أساس آخر وقت بدء ممكن، ولكي يعطي الشكل الصورة الكاملة اقتصرنا المقارنة على الإثنى عشر أسبوعاً الأولى للمشروع. ويتضح من الشكل (2) أن إجمالي الإنفاق على أساس أول وقت بدء مسموح به ممكن في الأسبوع 12 بلغ 106,591 دينار، في حين بلغ إجمالي التراكمي من نفس الأسبوع على أساس آخر وقت بدء مسموح به ممكن 77,605 دينار.



شكل 2 مقارنة بين إجمالي التراكمات

3.2.4 التحليل الاحتمالي لإنهاء المشروع بأسلوب بيرت

يؤدي استعمال أسلوب تقييم ومراجعة المشروعات PERT إلى تخفيض التكاليف، حيث أن هذا الأسلوب يأخذ بنظر الاعتبار الاحتمالات المتعددة للمدة الزمنية اللازمة لتنفيذ كل نشاط؛ وتمثل هذه الاحتمالات التخمينات للزمن اللازم.

وفقاً لأسلوب بيرت وطبقاً للمعادلات الرياضية المذكورة أدناه، يوجد ثلاثة تقديرات تستخدم لتقدير المتوسط (Mean) والتباين لتوزيع β (Variance) كما يلي:

المتوسط (الزمن المتوقع لإتمام النشاط)، ويرمز له بالرمز (t) ومعادلته هي:

$$Mean(t) = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (1)$$

التباين ويرمز له بالرمز σ^2 ومعادلته هي :

$$Variance(\sigma^2) = \left[\frac{b - a}{6} \right]^2 \quad (2)$$



حيث أن:

(a): الزمن التفاولي (**Optimistic Time Estimate**): وهو التقدير الأفضل في مدة زمنية ممكنة لإنجاز النشاط في ظل الظروف الطبيعية، وهو الأقصر في فترة زمنية ممكنة لإنجاز النشاط إذا كان كل شيء في المشروع يسير وفق الخطة المرسومة.

(m): الزمن الأكثر حدوثاً (**Most Likely Estimate**): وهو التقدير الأفضل في مدة زمنية ممكنة لإنجاز النشاط في ظل الظروف الطبيعية.

(b): الزمن التشاؤمي (**Pessimistic Time Estimate**): وهو التقدير الأطول في مدة زمنية مطلوبة لإنجاز تنفيذ النشاط في ظل الظروف الأسوأ مثل عطل في معدات التشييد ومشاكل العمال وما شابه ذلك .

تم الاعتماد على تخطيط تكاليف أنشطة المشروع بأسلوب بيرت الذي يعد من الأساليب الحديثة والمهمة في تقدير التكاليف للأنشطة المختلفة، وعامل الخبرة يعتبر من العوامل الهامة التي تؤثر على تقديرات التكلفة، كما أن هذا الأسلوب يعتمد على ثلاثة أوقات هي (الوقت التفاولي، والوقت التشاؤمي، والوقت الأكثر حدوثاً)، فبالرجوع إلى بيانات المشروع ولتقدير الأنشطة بأسلوب بيرت تم حسابها كما هي مبينة بالجدول (5).

طالما أن الرقم الذي توصلنا إليه (75 أسبوعاً)، وهو مجموع القيم المتوقعة لوقت الأنشطة الحرجة، فإن هذا الرقم في حد ذاته يمثل مجرد المتوسط أو القيمة المتوقعة لوقت إتمام المشروع. ويعني ذلك أن وقت إتمام المشروع هو متغير عشوائي **Random Variable** له توزيع إحصائي، وأن الرقم (75) ما هو إلا متوسط التوزيع. ويعد ذلك صحيحاً طالما أن القيم المقدرة لكل الأنشطة من المفترض أنها مستقلة إحصائياً **Uncorrelated**. ولحساب أقل وقت ممكن متوقع لإتمام المشروع وباستخدام أسلوب بيرت يحسب عدد الأسابيع الواقعة على المسار الحرج، والتي بلغت (75 أسبوعاً).

والسؤال هنا ما هو احتمال إتمام المشروع بين (75 - 80 أسبوعاً)؟. ولمعرفة ذلك يتطلب الأمر حساب التباين والانحراف المعياري لأنشطة المشروع من خلال استخدام المعادلتين (3،4) أدناه، والتي تم حسابها وموضحة بالجدول (6).

$$\sigma^2 = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2 \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum \sigma^2_{ij}} \quad (4)$$

حيث أن: σ^2 : هي تباين الأنشطة الواقعة على المسار الحرج، σ : الانحراف المعياري.



جدول 5 التقديرات الزمنية لأنشطة مشروع البحث بأسلوب بيرت (الأسابيع)

تسلسل الأنشطة	الزمن التفاولي (a)	الزمن الأكثر حدوثاً (m)	الزمن التشاؤمي (b)	الزمن المتوقع (M)
1.	2	3	10	4
2.	1	2	6	3
3.	4	9	14	9
4.	2	4	7	4
5.	10	17	24	17
6.	6	12	18	12
7.	2	5	8	5
8.	2	4	6	4
9.	18	24	30	24
10.	5	7	9	7
11.	3	5	7	5
12.	4	6	8	6
13.	7	9	11	9
14.	1	2	3	2
15.	1	2	3	2
16.	3	6	9	6
17.	2	4	6	4
18.	3	8	13	8
19.	1	4	7	4
20.	2	4	6	4
21.	3	5	7	5
22.	2	3	4	3
23.	2	2	6	3
24.	1	2	3	2

يوضح الجدول (6) أن مجموع التباينات الواقعة على المسار الحرج هي (3.8)، وأن الانحراف المعياري هو (1.94). ويوضح كل هذه المعلومات في العلاقة الخاصة بنقطة الحد الأعلى وهو احتمال إتمام المشروع في (80 أسبوعاً) يمكننا تحديد قيمة (Z) وفقاً للمعادلة التالية:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

حيث أن:

Z : التوزيع المعتدل، μ : هي القيمة أو الزمن المتوقع لإتمام المشروع وهي (75 أسبوعاً).

X : هي القيمة التي نسعى لها لمعرفة احتمال انتهاء المشروع سواء في التقديم أم التأخير؟

وبالتالي فإن احتمال أن ينتهي المشروع قبل الوقت المتوقع لإنهاء المشروع يساوي 79.67%. وأن نسبة احتمال أن ينتهي المشروع بعد الزمن المتوقع للمشروع على فرض أن الوقت المطلوب هو (90 أسبوعاً) هو 99.38%. وتفيد النتائج أن يقوم القائم على تخطيط المشروع بتقييم ما إذا كانت جداول التشغيل المقترحة مقبولة أم لا. فعلى سبيل المثال هذا التقييم يفيد إدارة المشروع في حال تأخر المشروع عن الزمن المخطط له (المتوقع إنجازه) فلا يبالغ المتعهد بالتنفيذ في زيادة مدة إضافية طويلة فيكفيه مثلاً زيادة (15 أسبوعاً) فقط لتوقع إنجاز المشروع بنسبة 99.38%. وتجدر الإشارة إلى أن على المتعهد توظيف كل إمكانياته المادية والموارد المتاحة لإتمام المشروع في الوقت المحتمل إنجازه. وبهذا سوف يؤدي هذا الإجراء إلى تخفيض وقت الإتمام والتباين للمشروع بشكل يزيد احتمال إنهاء المشروع خلال (75 أسبوعاً).



جدول 6 التقديرات الزمنية لأنشطة مشروع البحث بأسلوب بيرت (الأسابيع)

الانحراف المعياري σ	التباين σ^2	الزمن المتوقع (M)	الزمن التشاؤمي (b)	الزمن الأكثر حدوثاً (m)	الزمن التفاولي (a)	تسلسل الأنشطة
	0.0	4	10	3	2	1
	0.0	3	6	2	1	2
	0.7	9	14	9	4	3
	0.1	4	7	4	2	4
	1.4	17	2	17	10	5
	1.0	12	18	12	6	6
	0.3	5	8	5	2	7
	0.1	4	6	4	2	8
	1.0	24	30	24	18	9
	0.1	7	9	7	5	10
	0.1	5	7	5	3	11
	0.1	6	8	6	4	12
	0.1	9	11	9	7	13
	0.0	2	3	2	1	14
	0.0	2	3	2	1	15
	0.3	6	9	6	3	16
	0.1	4	6	4	2	17
	0.7	8	13	8	3	18
	0.3	4	7	4	1	19
	0.1	4	6	4	2	20
	0.1	5	7	5	3	21
	0.0	3	4	3	2	22
	0.0	3	6	2	2	23
	0.0	2	3	2	1	24
94	3.8	مجموع التباينات الواقعة على المسار الحرج والانحراف المعياري				

مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية
العدد العاشر - سبتمبر 2022 (هون - ليبيا)



تم استخدام برنامج الجداول الإلكترونية وتصميم قالب إلكتروني يستوعب مئات الأنشطة وتحليل القيمة المكتسبة، يبين الشكل (3) عدداً من المقاييس التي تم تحليلها من خلال ضبط التكلفة عند تاريخ الأسبوع الثالث وكانت نتائج تحليل التكاليف كما يلي:

- إجمالي التراكمي للتكلفة المخططة (Value Planning (PV) عند نهاية تاريخ تقرير الأسبوع الثالث بلغت 30,508.72 دينار. حيث تم إدخال بيانات التكلفة المخططة لبرنامج الإكسل من الميزانية المخططة للمشروع وهو حاصل جمع جميع الأنشطة الواقعة في نهاية تقرير الأسبوع الثالث.
- إجمالي التراكمي للتكلفة الفعلية (Actual Cost (AC لجميع الأنشطة عند نهاية اليوم الثالث

بلغت 95,080 دينار، فقد تم جمع إجمالي التراكمي للتكلفة الفعلية لجميع الأنشطة التي أنفقت فعلاً في الأسبوع الثالث؛ حيث تم الحصول على هذه البيانات من التقارير الفنية للمشروع ومن ثم معالجتها للحصول على المعلومات المطلوبة لتحليل القيمة المكتسبة.

- إجمالي التراكمي للقيمة المكتسبة (Earned Value (EV عند نهاية الأسبوع الثالث بلغت 13,597 دينار. حيث تم الحصول على هذه القيمة من خلال تطبيق المعادلة الآتية:

$$EV_3 = \sum PV \times \% (WorkPerformed / Activity_3)$$

$$EV_3 = \sum 15,614 \times 50\% + 4800 \times 15\% + 12,980 \times 5\% + 44210 \times 10\% = 13.597 LD$$

Planned Value (PV) or Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS)						
WBS	Task Name	TBC	1	2	3	4
1	A	15614	5205	5205	5205	
2	B	4800			2400	2400
3	C	12980			1442	1442
4	D	44210			11053	11053
5	E	66006				
6	F	301230				
7	G	0				
8	H					
9	I					
10	J					
11	K					
12	L					
13	M					
14	N					
15	O					
16	P					
17	Q					
18	R					
19	S					
20	T					
21	U					
22	V					
23	W					
24	X	0				
Insert new rows above this one						
Total Budgeted Cost		444840	5204.667	5204.667	20099.39	14894.72
Cumulative Planned Value (PV)			5204.667	10409.33	30508.72	45403.44
Actual Cost and Earned Value						
Cumulative Actual Cost (AC)			3500	69390	95080	113005
Cumulative Earned Value (EV)			2342.1	5464.9	13597	6030
Project Performance Metrics						
Cost Variance (CV = EV - AC)			-1157.9	-63925.1	-81483	-106975
Schedule Variance (SV = EV - PV)			-2862.57	-4944.43	-16911.7	-39373.4
Cost Performance Index (CPI = EV/AC)			0.67	0.08	0.14	0.05
Schedule Performance Index (SPI = EV/PV)			0.45	0.53	0.45	0.13
Estimated Cost at Completion (EAC)			664762	5648310	3110641	8336508

شكل 3 التحليل الإحصائي للتكاليف والقيمة المكتسبة



ويوضح الشكل (4) طريقة حساب القيمة التراكمية باستخدام برنامج الجداول الإلكترونية.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Earned Value Worksheet																
2																	
3	This worksheet is used to help calculate the Earned Value (EV) or Budgeted Cost of Work Performed (BCWP).																
4	Make sure that the WBS, Task Name, and TBC are identical to the table in the Report worksheet.																
5	Enter the % Complete for each task to calculate the cumulative earned value.																
6																	
7	Cumulative Earned Value (EV)																
8	WBS	Task Name	TBC	Wk 1	Wk 2	Wk 3	Wk 4	Wk 5	Wk 6	Wk 7	Wk 8	Wk 9	Wk 10	Wk 11	Wk 12	Wk 13	Wk 14
9	1	A	15614	15%	35%	50%											
10	2	B	4800			15%	20%										
11	3	C	12980			5%	5%	25%	30%	40%	42%	50%	50%	60%			
12	4	D	44210			10%	10%	25%	40%								
13															5%	7%	40%
14																	
15																	
16																	
17	Insert new rows above this one																
18		Cumulative EV	2342.1	5464.9	13597	6030	14297.5	21578	5192	5451.6	6490	6490	7788	0	0	0	0
19																	
20																	

شكل 4 طريقة حساب القيمة التراكمية على الإكسل

أما تباين التكلفة **Cost Variance (CV)** فقد بلغ عند انتهاء الأسبوع الثالث (-81,483) دينار، وهذا يعني أن التكلفة تجاوزت الميزانية المخططة لها وقد تم احتسابها وفق المعادلة الآتية:

$$CV = (EV - AC) = 13,597 - 95,080 = -81,483 \text{ LD.}$$

وفيما يتعلق ما إذا كان هناك تباين في الجدولة **Scheduling Value (SV)**، حيث بلغ التباين في التكلفة بين القيمة المكتسبة والمخطط حسب الجدولة 16911.7 دينار، وهذا يعني أن المشروع قد تجاوز الميزانية المجدولة. ويمكن معرفة ذلك من خلال المعادلة التالية:

$$SV = (EV - PV) = 13,597 - 30,508.7 = -16911.7 \text{ LD}$$

ولمعرفة مؤشر أداء التكلفة **Cost Planning Index (CPI)** عند انتهاء الأسبوع الثالث فقد تم حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$CPI = \frac{EV}{AC} = \frac{13,597}{95,080} = 0.14$$

ولتفسير هذه النتيجة:

- إذا كان مؤشر أداء التكلفة أكبر من الواحد فإن ذلك يعني أن تكلفة المشروع متدققة وفق ميزانية المشروع المخططة.
- أما إذا كان مؤشر أداء التكلفة أقل من الواحد فإن ذلك يعني أن ميزانية المشروع تجاوزت ميزانية المشروع المخططة.



وبما أن مؤشر أداء التكلفة $CPI > 1$ فهذا يعني أن المشروع تجاوز ميزانية المشروع المخططة. ولمعرفة مؤشر أداء الجدول **Scheduling Planning Index (SPI)** عند انتهاء الأسبوع الثالث تم حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$SPI = \frac{EV}{PV} = \frac{13,597}{30,508.7} = 0.45 < 1$$

وهذا يعني أن المشروع تأخر عن الجدولة المخطط لها.

إذا كان مؤشر أداء الجدولة أكبر من الواحد فإن ذلك يعني أن تكلفة المشروع متدقة وفق ميزانية المشروع المخططة. وقد خلصت التحاليل إلى إيجاد القيم المبينة بالشكل (5).

أما تباين التكلفة **Cost Variance (CV)** فقد بلغ عند انتهاء الأسبوع الثالث (-81,483) دينار، وهذا يعني أن التكلفة تجاوزت الميزانية المخططة لها وقد تم احتسابها وفق المعادلة الآتية:

$$CV = (EV - AC) = 13,597 - 95,080 = -81,483 \text{ LD.}$$

وفيما يتعلق ما إذا كان هناك تباين في الجدولة **Scheduling Value (SV)**، حيث بلغ التباين في التكلفة بين القيمة المكتسبة والمخطط حسب الجدولة 16911.7 دينار، وهذا يعني أن المشروع قد تجاوز الميزانية المجدولة. ويمكن معرفة ذلك من خلال المعادلة التالية:

$$SV = (EV - PV) = 13,597 - 30,508.7 = -16911.7 \text{ LD}$$

ولمعرفة مؤشر أداء التكلفة **Cost Planning Index (CPI)** عند انتهاء الأسبوع الثالث فقد تم حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$CPI = \frac{EV}{AC} = \frac{13,597}{95,080} = 0.14$$

ولتفسير هذه النتيجة:

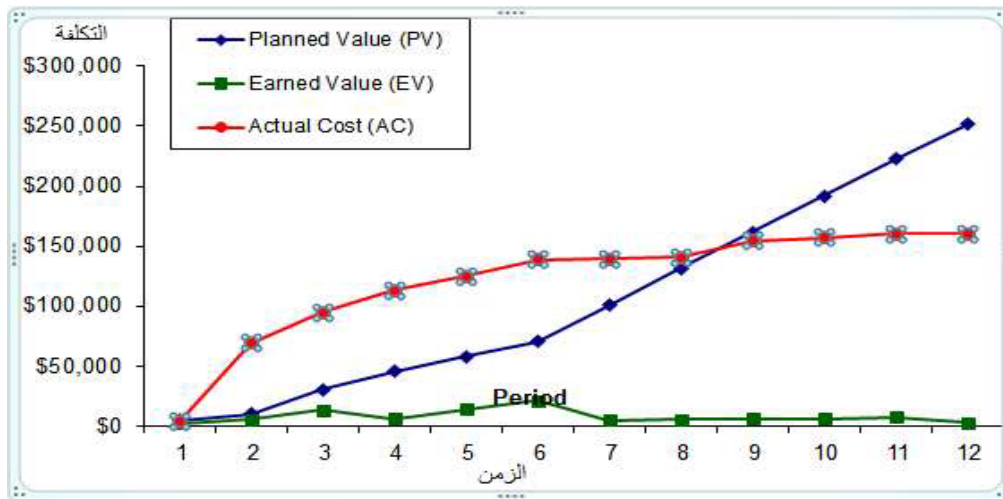
- إذا كان مؤشر أداء التكلفة أكبر من الواحد فإن ذلك يعني أن تكلفة المشروع متدقة وفق ميزانية المشروع المخططة.
- أما إذا كان مؤشر أداء التكلفة أقل من الواحد فإن ذلك يعني أن ميزانية المشروع تجاوزت ميزانية المشروع المخططة.

وبما أن مؤشر أداء التكلفة $CPI > 1$ فهذا يعني أن المشروع تجاوز ميزانية المشروع المخططة. ولمعرفة مؤشر أداء الجدول **Scheduling Planning Index (SPI)** عند انتهاء الأسبوع الثالث تم حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$SPI = \frac{EV}{PV} = \frac{13,597}{30,508.7} = 0.45 < 1$$

وهذا يعني أن المشروع تأخر عن الجدولة المخطط لها.

إذا كان مؤشر أداء الجدولة أكبر من الواحد فإن ذلك يعني أن تكلفة المشروع متدقة وفق ميزانية المشروع المخططة. وقد خلصت التحاليل إلى إيجاد القيم المبينة بالشكل (5).



شكل 5 منحني القيمة المكتسبة

يوضح الشكل (5) أن منحني التكاليف الفعلية (اللون الأحمر) قيمها مرتفعة عن المخطط والذي يمثل المنحنى ذو اللون الأزرق. أما القيمة المكتسبة فهي أقل بكثير من المخطط وبالتالي يمكن تفسير هذه النتائج في ضوء التحليلات المبينة بالشكل (4).

3.4 النموذج المقترح لتطوير ضبط التكاليف في مشاريع صيانة المرافق التعليمية بمدينة الخمس

بعدما أصبح لدينا ما يسمى بالميزانية التقديرية للإنفاق الخاصة بمراحل المشروع المختلفة (أو أنشطته) خلال فترات الإنجاز، يجب أن يكون لدينا نظاماً لمتابعة الإنفاق الفعلي خلال تلك الفترات. وعن طريق ذلك يمكن أن نحدد في أي لحظة مدى تطابق المبالغ التي يتم إنفاقها فعلاً مع المبالغ المخطط لها في الميزانية التقديرية لكل نشاط وللمشروع ككل. كذلك فإن هذا النظام يُمكن من متابعة مدى تناسب المبالغ المنفقة مع مقدار الإنجاز الذي تحقق من كل نشاط، وسواء كانت هذه المبالغ التي تم إنفاقها أعلى **Cost Overrun** أو أقل **Cost Underrun** منها. فإنه يتم تحليل الأسباب واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة، ويكون ذلك عادةً عن طريق تحديد الأنشطة التي تسببت في هذا التجاوز أو الوفرة.

ويستلزم تصميم هذا النظام أن يعامل كل نشاط أو مرحلة على أنه مركز تكاليف (**Cost Centre**) مستقل. ومن خلال نظام واضح ومحكم للتكاليف يتم تخصيص بنود الإنفاق المختلفة من مواد وعمالة وخدمات على كل من هذه المراكز، كذلك فإن تنفيذ هذا النظام يقضي بأن يحصل المدير بشكل دوري ودائم على تقرير خاص بكل نشاط يوفر عدة بيانات أساسية أهمها:

- إجمالي المبالغ الفعلية التي تم إنفاقها على النشاط حتى هذا التاريخ.
- نسبة الإنجاز التي تحقق إلى حجم العمل الكلي اللازم لكل نشاط.
- وقت الإنجاز الأصلي المقدر ووقت الإنجاز المعدل لكل نشاط.
- المبالغ الأصلية التقديرية والمبالغ الفعلية لكل نشاط.
- بيانات إجمالية عن الإنفاق الفعلي والمقدر للمشروع.

وتكون الخطوة التالية هي استخدام هذه البيانات لإجراء كافة أنواع التحليلات اللازمة، والتي تقوم أساساً على مقارنة المبالغ المنفقة مع الميزانية المخططة على أن تؤخذ نسبة الإنجاز الفعلية في الحسبان. ويمكن تطبيق الفكرة على مشروع البحث في الأنشطة الأربعة الأولى التي كانت متاحة بأرشيف مكتب المشروعات التعليمية بالخمس، والتي بلغ مدة إنجازها ما يزيد عن ثلاثة أشهر، وتعتبر هذه الأنشطة محاكاة كل الأنشطة الباقية؛ حيث يمكن تطبيق نفس الأسلوب على الأنشطة الأخرى إذا ما أتيت توافرها.



من خلال الاطلاع على بيانات تدفق المشروع، وكذلك الاطلاع على التقارير الفنية المتاحة بقسم المشروعات لمشروع البحث، وبعد التفحص والتدقيق، أمكن استخلاص ومعرفة المعلومات عن التكاليف الفعلية ونسبة الإنجاز التي تحققت في ثمانية عشر أسبوعاً فقط، والتي قد اعتمدت كمجال تطبيقي وتحليلي واضح يساعد على ضبط التكاليف للمشروع. أما باقي البيانات فقد استعصى الحصول عليها بسبب تعرض مبنى المشروعات للانتقال من مكان لآخر وتلف بعض وثائق المشاريع المختلفة نتيجة لأعمال الصيانة لمبنى المشروعات. والجدول (8) يبين المعلومات التي تم الحصول عليها والمتعلقة بالتكاليف التقديرية والفعلية ونسبة إنجاز كل نشاط.

جدول 8 التكاليف التقديرية والفعلية ونسبة الإنجاز لبعض أنشطة المشروع

النشاط	الأسبوع	التكاليف	التكاليف الفعلية	نسبة الإنجاز
1	1	5200	7500	%100
	2	5200	8420	%100
	3	5200	3200	%50
2	4	200	285	%33
	5	200	3120	%2
3	6	1442	300	%0
	7	1442	0	%1
	8	1442	120	%15
	9	1442	200	%12
	10	1442	5000	%22
	11	1442	1000	%11
	12	1442	1235	%1
	13	1442	200	%10
	14	1442	543	%20
	15	11053	6420	%2
	16	11053	8000	%35
4	17	11053	1500	%5
	18	11053	200	%15

وقد يتم العرض في شكل جداول تفصيلية يتم إعدادها يدوياً أو في شكل جداول تقارير يتم استخراجها باستخدام الحاسب الآلي. وتمتاز تلك الأخيرة بالدقة والشمول والسرعة. كذلك من الممكن أن يتم عرض هذه البيانات في شكل خرائط ورسوم بيانية تعطي فكرة سريعة بمجرد النظر. ويوضح الشكل (6) مثلاً على مثل هذه الخرائط التي تستخدم لمتابعة كل من الوقت والتكاليف.

توضح الخريطة المبينة بالشكل (6) أن المشروع في أسبوعه الثامن عشر يعتبر متأخراً، وهذا ما تشير إليه نسبة التأخير في الإنجاز لبعض الأنشطة. كما أن الإنفاق الفعلي المتراكم يزيد على الإنفاق التقديري. علاوة على ذلك، فإنه يلاحظ أن هذا التجاوز المالي قد بدأ يظهر تدريجياً من أول أسبوع. وعلى الرغم من المزايا التي تقدمها الخرائط خصوصاً في طريقة العرض، إلا أنه يعاب عليها الإجمال وعدم التفصيل، فهي عادةً ما تصور الأداء العام للمشروع ولا تعطي بيانات عن الأنشطة، فعلى الرغم من أنه يمكن عمل خرائط للأنشطة والمراحل إلا أن إعدادها بشكل دوري يكون عملية مكلفة. وحتى يمكننا عمل تقرير عن موقف التكاليف يجب إضافة البيانات الخاصة بالتكاليف المقدرة حسب الميزانية الموضوعة، كذلك حساب قيمة الأعمال التي تم إنجازها بالنسبة لكل نشاط حتى هذا التاريخ. ويكون ذلك باستخدام المعادلة التالية^[12]:

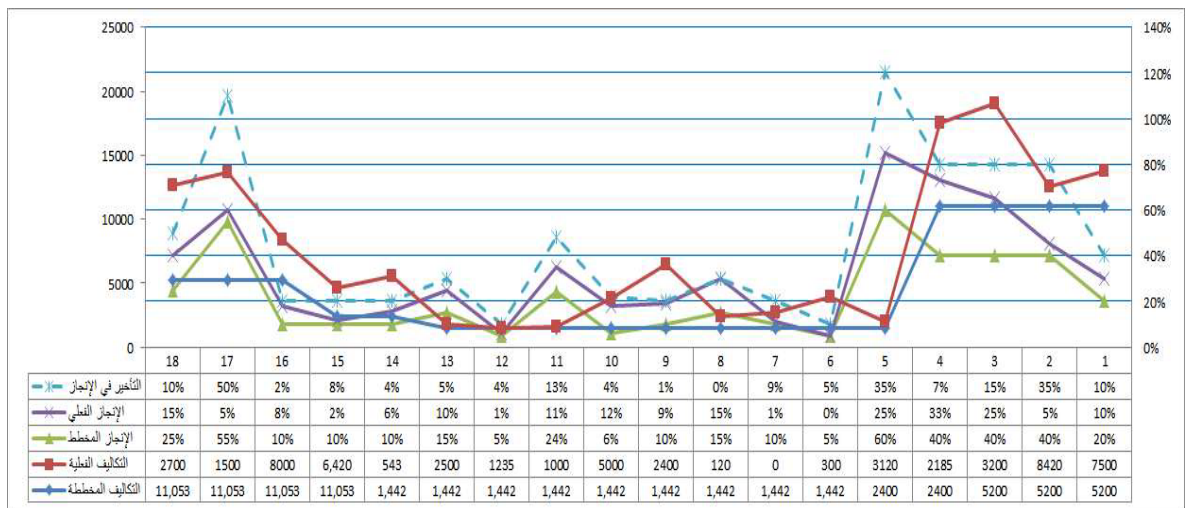
$$\text{قيمة الإنجاز} = \text{نسبة الإنجاز} \times \text{التكاليف المقدرة للنشاط} \quad (6)$$



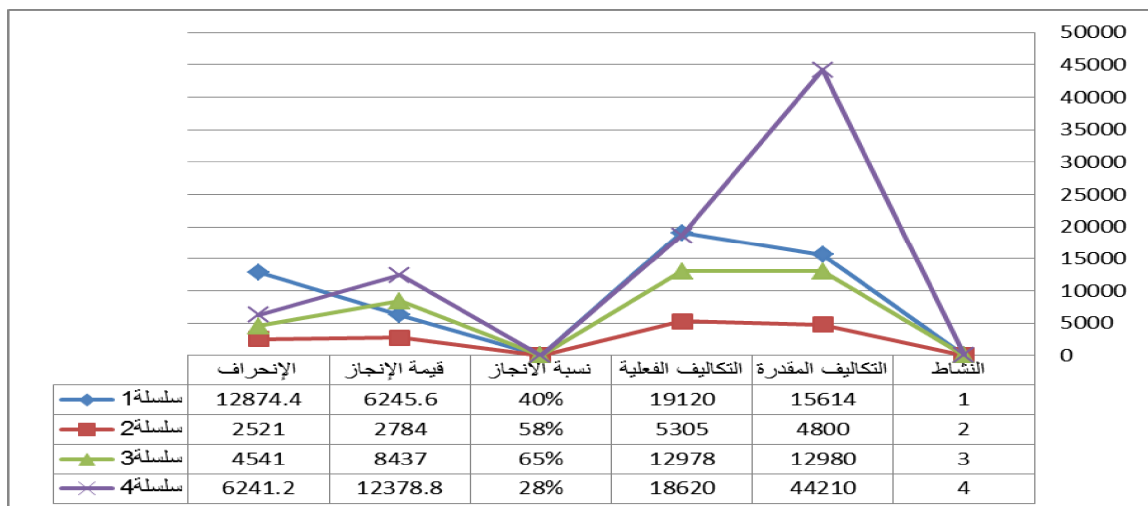
وعلى ذلك فإن قيمة الإنجاز الخاصة بالنشاط (1) = 40% = 15614 = 6245.6 دينار. كما أن قيمة الإنجاز الخاصة بالنشاط (2) = 58% × 4800 = 284 دينار. وهكذا لباقي الأنشطة. أما الخطوة التالية فتكون هي حساب مقدار الانحرافات بين قيمة الإنجاز والتكاليف الفعلية حتى هذا التاريخ لكل نشاط كما في المعادلة التالية [12]:

$$\text{الانحراف} = \text{التكاليف الفعلية} - \text{قيمة الإنجاز} \quad (7)$$

وعن ذلك فإن الانحراف الخاص بالنشاط (1) = 19120 - 6245.6 = 12874.4 دينار (تجاوز). وهكذا يتم حساب الانحرافات لكل الأنشطة كما موضح بالشكل (7). كما يوضح الشكل الموقف بالنسبة لأنشطة المشروع الثلاثة الأولى .



شكل 6 خريطة متابعة الأداء الدورية



شكل 7 تقرير عن أداء المشروع لأنشطة الثلاثة الأولى



يوضح الشكل (7) تقريراً عن أداء المشروع للأنشطة الثلاثة الأولى، والذي يبين أن هناك أنشطة لم يتم إنجازها وهناك انحرافاً في التكاليف أو ما يقصد به تجاوز في التكاليف؛ وبالتالي يتطلب الأمر من مدير المشروع إعادة النظر في الإنفاق أو التدفقات النقدية للمشروع وكذلك إدارة تكاليف الأنشطة الأخرى حتى يمكن الوصول بإجمالي تكاليف المشروع إلى حدودها المقررة. وحتى يكون التحليل أكثر عمقاً فمن الممكن أن يتم تحليل عناصر التكلفة الزائدة في الأنشطة الثلاثة المذكورة إلى مكوناتها الرئيسية. ويقصد بذلك تكلفة العمالة وتكلفة المواد والخدمات والتكاليف غير المباشرة، فذلك يسهل من تشخيص أسباب التجاوز والعمل على ضبطها في حدود الميزانية الموضوعية.

5. الاستنتاجات

خلصت الدراسة إلى الاستنتاجات التالية:

- اعتماد القائمين على التخطيط في مشاريع المرافق التعليمية على الطرق التقليدية في إدارة المشاريع.
- الجدولة وفق البداية المبكرة والبداية المتأخرة تسمح بظهور منطقة تعرف بمنطقة الوفرة المالية.
- هناك مبالغة في التقديرات الأولية لمدة إنجاز المشروع والتي بلغت (624 يوماً).
- عند تطبيق التخطيط الشبكي وأسلوب المسار الحرج بلغت مدة إنجاز المشروع (552) يوماً فقط.
- اعتمد القائمون على التخطيط في عقد مشروع البحث على العلاقة التساقية (Finish-to Start)، مما أدى إلى زيادة مدة المشروع.
- نظام التكاليف على أساس آخر وقت بدء يقلل من متوسط الإنفاق التراكمي على المشروع.
- أشار تطبيق نظام التكلفة بأسلوب PERT/COST إلى وجود انحراف (بمعنى تجاوز) في التكلفة منذ بدايات الأنشطة الأربعة الأولى من مراحل المشروع.
- استخدام الأساليب الكمية العلمية الحديثة في تخصيص الموارد وإعادة تخصيصها يضمن الاستخدام الأمثل وتحسين عمليات الأداء بتقليل وقت تنفيذ المشروع وبالتالي التكلفة.

6. التوصيات

بناء على الاستنتاجات السابقة توصي الدراسة بالآتي:

- العمل على تطبيق الأساليب الهندسية الحديثة في مجال إدارة مشروعات التشييد كأسلوب التحليل الشبكي وأسلوب المسار الحرج وأسلوب تقييم ومراجعة المشروعات.
- تأهيل العاملين تأهيلاً أكاديمياً وذلك بإدخال متطلبات إدارة المشاريع ضمن المقررات الدراسية للكليات والمعاهد الهندسية.
- التركيز على البرامج الهندسية في إدارة تكاليف المشروعات من خلال الاعتماد على برامج الحاسوب في إدارة المشاريع كبرنامج Primavera و Ms Project و Microsoft Excel، والتي توفر الجهد والمال والوقت.
- إعطاء أهمية كبير للتخطيط والرقابة في جدولة الموارد المالية والبشرية باستخدام التحليل الشبكي.
- العمل على زيادة الوعي بأهمية إدارة المشاريع كميزة تنافسية وقيمة مضافة للشركات.
- تشجيع العمل على استخدام أفضل الممارسات العالمية في مجال إدارة المشاريع.
- استخدام مؤشرات دقيقة (فنية ومالية) لقياس مستوى جودة المشاريع.



7. المراجع

- [1] Chase, Richard., Operations Management, MC Graw – Hill, New Delhi 2006.
- [2] خير الدين، موسى أحمد، "إدارة المشاريع المعاصرة: منهج متكامل في دراسة إدارة المشاريع"، عمان: دار وائل للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، 20.
- [3] ديوان المحاسبة الليبي، "تقرير ديوان المحاسبة لعام 20"، طرابلس، 20.
- [4] الزطمة، حسام الدين بشير، "نظام مقترح لتطوير عملية تسعير العطاءات وفقاً لنظام تكاليف الأنشطة في صناعة الإنشاءات"، رسالة ماجستير في إدارة الأعمال، عمادة الدراسات العليا، جامعة غزة، 200.
- [5] Olawale, Y., and Sun M. (2010). "Cost and time control of construction projects: Inhibiting factors and mitigating measures in practice." Construction Management and Economics, 28 (5).
- [6] Wiriya Chongruksut , (2002), "The Adoption of Activity Based Costing in Thailand", A Master Thesis in Business Administration University of Thailand.
- [7] الطائي، مرفت رزاق، وساكو، زهير ميخائيل، "إدارة وتخطيط الكلف في مشاريع التشييد"، مجلة الهندسة، المجلد 15، العدد (49)، جامعة بغداد، 200.
- [8] الجزائري، صفاء محمد هادي، "استخدام أساليب جدولة المشروع، بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والتكلفة لإنجاز المشاريع"، مجلة المعهد القني، البصرة، 200.
- [9] Dmaidi, Nabil, (2003), " Resource Significant Cost and Time Models for Building Projects", Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, An-Najah National University, Nablus, Palestine, (N. Sc), Vol. 17(2).
- [10] Cong Ji and Niluka Domingo, (2009), " Critical determinants of construction tendering costs in New Zealand: Quantity surveyors' perceptions", School of Engineering and Advanced Technology, Massey University.
- [11] T. Subramani, et. Al, (2014), "Analysis of Cost Controlling In Construction Industries by Earned Value Method Using Primavera", T. Subramani et al Int. Journal of Engineering Research and Applications, ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 6.
- [12] دودين. أحمد يوسف، "إدارة المشاريع، عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 20.
- [13] مصلحة التقنيات وصيانة المرافق التعليمية، "التقرير السنوي لعام 20"، طرابلس: منشورات مصلحة التقنيات وصيانة المرافق التعليمية، 20.
- [14] الموقع الإلكتروني لمصلحة التقنيات وصيانة المرافق التعليمية: متاح على الرابط: <http://eatfm.edu.ly/>. تاريخ الدخول : 20.09.08.