Studding effect of loading on human resources allocation and smoothing for Building Project of scientific departments , practical application in TechnicalInstitute of Babylon

دراسة تأثير التحميل على تخصيص وتسوية الموارد البشرية لمشروع بناية الأقسام العلمية حالة تطبيقية في المعهد التقني – بابل

م.زهير حسن عبدا لله
المعهد التقني-بابل

الخلاصـــة

تناول البحث دراسة وتحليل مخطط شبكي سهمي لمشروع إنشاء بناية الأقسام العلمية في المعهد التقني- بابل مستخدماً طريقة المسار الحرج عن طريق تحديد الفعاليات والأزمنة التخمينية اللازمة لتنفيذها مستخدماً عدد العمال كمورد وحيد للتحميل والتي تم التوصل إليها عن طريق الاستعانة بالفريق الهندسي المشرف على تلك البناية بغية الوصول إلى المسار الحرج الذي يحدد الفترة الزمنية الكلية لتنفيذ المشروع .

يهدف البحث إلى أولاً, استخدام مخطط كانت لتمثيل خطة التحميل الابتدائية للأزمنة التخمينية من اجل الوصول إلى الفترات الزمنية المميزة وعدد العمال المطلوب لكل فترة زمنية. ثانياً, استخدام المدرج التكراري لتمثيل معدل التحميل وخطة التحميل الابتدائية للأزمنة المميزة لتحليل نوع التحميل فيما إذا كان التحميل زائداً أم ناقصاً أم متكافئاً بهدف الوصول إلى خطة التحميل المثلى وذلك من خلال دراسة إمكانية إعادة التحميل للفعاليات المرنة خلال فترة انجاز المشروع. أظهرت النتائج ان زمن انجاز المشروع يساوي (495 يوم) ومعدل التحميل خلال عملية التخصيص و التسوية يساوي (60 عامل/يوم) ومعامل الاختلافية قبل التسوية تساوي (56%) ومعامل الاختلافية بعد التسوية تساوي (40%).

الكلمات الدالة: معدل التحميل, التخصيص, التسوية, الاختلافية.

Abstract

This research dealt studding and analyzing networks of the constructing building one scientific department project in the technical institute of Babylon with using the critical path method by determination of required activities and guessed work times for carrying out it, with using number of workers as another resource of loading which was arriving it by seeking of help from engineering staff supervisor on that building with purpose arriving for critical path that determination total duration of time to carry out of the project.

This research aims to first, use Gantt chart to present initial loading planning for estimated durations so as to arrive distinguished durations and number of labors which required for every duration. Second, use histogram to present loading mean and initial loading planning of distinguished durations to analyze the type of loading if excess or deficient or equivalent loading with the aim of arriving to an optimal loading planning and this through studding possibility of reloading to elastic activities during of final duration of time to carry out of project. Results appear final duration of time to carry out of project is equal (495 day) and loading mean during allocation and smoothing is (60 labor/day) and value of variance before smoothing is equal (56 %) and after smoothing is equal (40 %).

Keywords: loading mean, allocation, smoothing, variance.

1- المقدمة

يعتبر أسلوب تحليل المخططات الشبكية من الأساليب الحديثة والكفوءة لإغراض الإدارة والتخطيط والسيطرة أو مراقبة تنفيذ المشاريع الكبيرة والمعقدة لانجاز المشروع الإنشائي ضمن الوقت المحدد وبأقل التكاليف الممكنة ووفق الموارد المتاحة . يستعمل

في تحليل المخططات الشبكية العديد من الأساليب الفنية للتخطيط للمشاريع والسيطرة عليها وإدارتها وخاصة تلك المشاريع المعقدة التي تحتوي على العديد من الفعاليات ولكن جوهر الموضوع هو الوصول إلى مخطط شبكي مكون من مجموعة من الأشكال الهندسية (دائرة أو مربع أو مثلث أو مستطيل) ومن خطوط وهمية. وتعبر الأشكال والخطوط السهمية عن الفعاليات أو الأحداث أو العلاقات المنطقية تبعاً لأسلوب التخطيط المستعمل حيث هنالك العديد من الأساليب المستعملة كأسلوب المسار الحرج وأسلوب بيرت وغيرها. ان تحليل المخططات هو أسلوب عددي يستخدم إستراتيجية شبكية للتخطيط ومتابعة التنفيذ معتمداً على ما يلي [1]:-

1- هدف أو غاية الإدارة.
2- مدى الرغبة في السيطرة أو المراقبة (المتابعة).
3- توفير الوسائل العلمية التي تساعد على إجراء العمليات الحسابية.
4- ان إدارة المشروع تعرف بأنها مجموعة الأعمال والقرارات التي تستخدم في التخطيط للمشروع والسيطرة عليه كذالك في التنسيق بين مهامه وفي إكمال واجباته ومهامه المختلفة .

يحتاج انجاز المشروع الإنشائي في الوقت المحدد إلى موارد تمثل العناصر الضرورية من القوى العاملة وتكتب تلك الموارد أسفل كل نشاط بالكميات المطلوبة, كما يتغير زمن فاعلية كل نشاط بتغير معدل الموارد المستخدمة ولتنظيم وتسهيل عمل الجهة المنفذة في متابعة الأعمال تعرض جميع الموارد المستخدمة في جدول يسمى جدول تحليل الموارد.

أن تحديد كمية العمل يجب ان يكون تحديدا كمياً لا وصفياً ويكون بوحدات معلومة ودقيقة عن طريق الحساب أو استعمال الجداول القياسية الخاصة بتخمين (تقدير) الزمن القياسي لانجاز الأعمال المختلفة [2].

2- أهداف البحث

1 - بيان كيفية إيجاد المسار الحرج من خلال المخطط الشبكي.
2- بيان خطة التحميل الابتدائية المبنية على تنفيذ الفعاليات في أوقاتها المبكرة باستخدام مخطط كانت.
3- تحليل التحميل للموارد البشرية خلال الفترة الزمنية الكلية لانجاز المشروع باستخدام المدرج التكراري.
4- تسوية الموارد البشرية لغرض الوصول بتخصيص الموارد إلى خطة التحميل المثلى من خلال المدرج التكراري.
5- أيجاد معامل الاختلافية قبل وبعد تسوية الموارد البشرية.

3- مبررات البحث

1- إن أغلب الأبنية يتم تشيدها دون أن تخضع إلى دراسة علمية لذلك نلاحظ حصول التوقفات خلال عملية الإنشاء مما يسهم في إطالة زمن إنجاز المشروع وهذا ما حصل لمشروع بناية الأقسام العلمية قيد البحث.
2- التخمينات الغير دقيقة لعدد العمال وزمن تنفيذ كل فعالية أسهمت في وجود التحميل الزائد والناقص في الأغلب وعدم وجود التحميل المتكافئ نتيجة عدم اعتماد العمليات الحسابية أو الجداول القياسية الخاصة بدراسة الزمن والعمل.
3- نظراً لعدم استقلالية الأقسام العلمية في المعهد التقني-بابل نتيجة وجود التداخل بين تلك الأقسام من ناحية المختبرات والقاعات الدراسية بالإضافة إلى ابتعاد تلك المختبرات والقاعات الدراسية عن توفير مستلزمات إدارة الجودة الشاملة أصبح من الضروري إنشاء أبنية حديثة تلبي شروط إدارة الجودة الشاملة من اجل مواكبة التقدم العلمي.

4- أهمية البحث

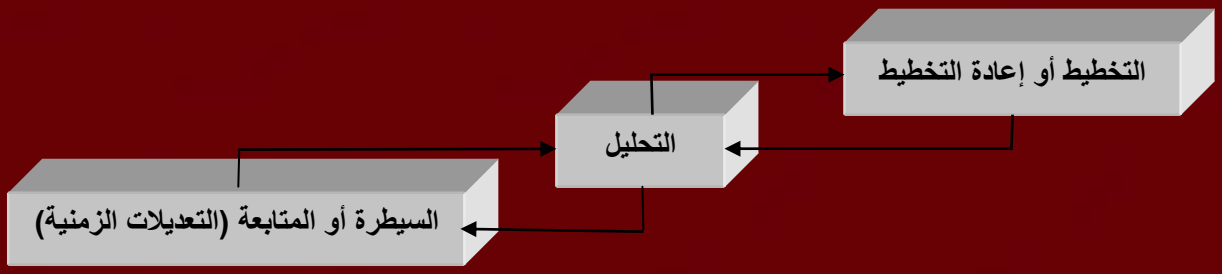
1- بيان التسلسل المنطقي للفعاليات السابقة واللاحقة مما يسهم في الحصول على تمثيل تخطيطي للمشروع.
2- التنبؤ بالوقت اللازم لإنهاء المشروع.
3- التعرف على الأنشطة الحرجة ومروناتها لإتاحة الفرصة لنقل الموارد إلى الأنشطة الحرجة مما يسهم في خفض زمن انجاز المشروع.
4- التعرف على الأزمنة المبكرة والمتأخرة لانتهاء المشروع.
5- إيجاد الفترات الزمنية المميزة والفعاليات التي تنجز خلالها وعدد العمال لكل فترة زمنية.
6- أيجاد التوزيع الأمثل للموارد البشرية.

الجانب النظري

5- تكوين المخططات الشبكية

يعرف المخطط الشبكي بأنه تمثيل بياني للعلاقات المنطقية المتبادلة بين فعاليات مشروع معين , يمكن وصف هذا المشروع بأنه هدف يعتمد تحقيقه على قيود محددة ممثلة بالزمن المتاح للمشروع والإمكانيات المتاحة أثناء انجاز العمل ويكون التخطيط العلمي الصحيح عاملا هاماً في تحقيق هذا الهدف . ولغرض الاستفادة الكاملة من استعمال المخططات الشبكية في إدارة المشاريع يجب

القيام بعمليات ثلاث الأولى هي التخطيط أو إعادة التخطيط والثانية هي التحليل والثالثة السيطرة أو المتابعة كما في الشكل (1) [3].



شكل (1) العمليات الأساس في تكوين المخططات الشبكية [3]

ان تكوين المخططات الشبكية هي إحدى مراحل التخطيط التي تعقبها عملية تمثيل المخططات الشبكية ثم تحليلها,فإذا كانت نتائج التحليل مقنعة اعد المخطط للتنفيذ أما إذا كانت غير مقنعة فيعاد تخطيط المشروع وتستمر هذه الدورة حتى نصل إلى النتائج المقنعة وبعد البدء في تنفيذ المشروع تمارس السيطرة والمتابعة وذالك بإجراء عملية التعديلات الزمنية ومن ثم يتم تحليل البيانات ويعاد التخطيط وهكذا حتى نهاية المشروع. يمكن ان نوجز مراحل استخدام أي من أساليب المخططات الشبكية في التخطيط لمشروع معين بما يلي [4] :-

1- دراسة المشروع لتحديد أهدافه وإيجاد طريقة التنفيذ المطلوبة لانجاز العمل.
2- تحليل المشروع إلى الفعاليات التي تعتبر أساسية لانجاز جميع العمل.
3- تحديد العلاقات المنطقية المتبادلة بين الفعاليات.
4- تحديد التسلسل المنطقي الذي يجب ان يتبع خلال التنفيذ.
5- تحديد القيود - الفترات الزمنية والموارد المتاحة للفعاليات.
6- حساب الأزمنة (المبكرة لبداية ونهاية الفعالية ES, EF والمتأخرة لبداية ونهاية الفعالية LS, LF) وتحليل المخططات الشبكية وبرمجة الموارد أي مرحلة التحليل والبرمجة .
7- فحص النتائج فيما إذا كانت مقنعة أم لا ؟ فإذا كانت مقنعة يعني ذلك انتهاء مرحلة التخطيط وتسليم الخطة لغرض البدء بالتنفيذ وقد تكون هذه المرحلة هي إعادة التخطيط عند إجراء المتابعة . أما إذا كانت النتائج غير مقنعة فيعني ذلك وجود خطأ أو قصور في إحدى الخطوات أعلاه لذلك يجب مراجعة كل من الخطوات بدقة لتحديد نقاط الضعف أو الأخطاء كما مبين في الشكل (2) [5].

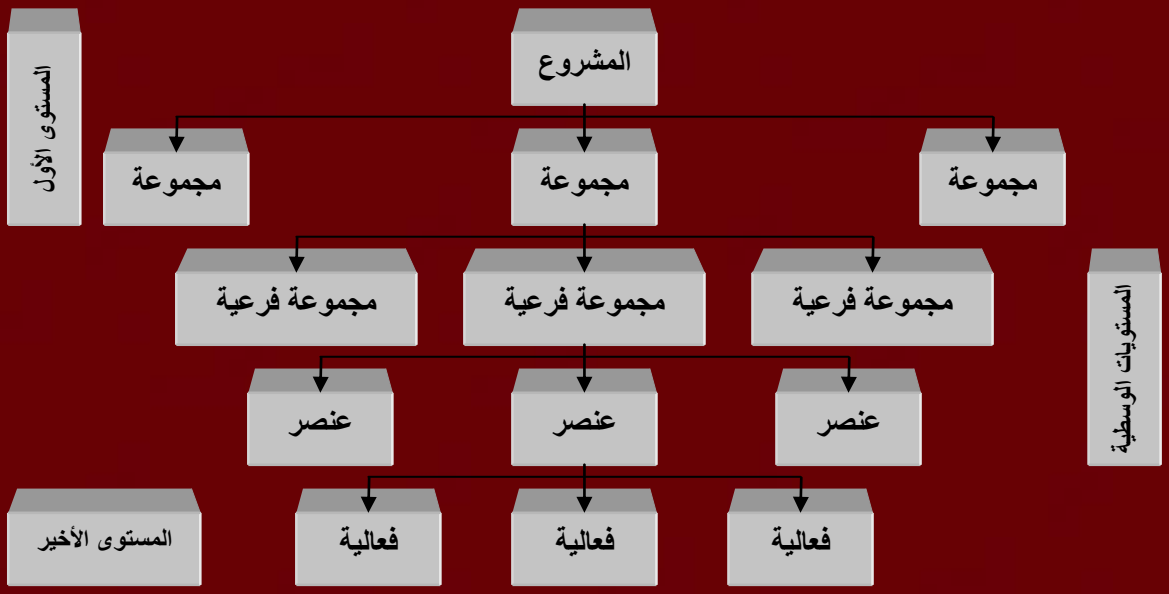
شكل (2) مراحل استخدام المخططات الشبكية [4]

1-5 دراسة المشروع وتحديد أهدافه

تتوقف الكثير من القرارات التي تتخذ في إيجاد الأسلوب المناسب الذي يجب إتباعه في تخطيط المشروع وكذلك الطرق التي تتبع في التنفيذ لضمان أفضل الوسائل للتنفيذ على دراسة المشروع وتحديد أهدافه وإعطاء هذه الأهداف أسبقيات أي التسلسل الطبيعي للفعاليات فعمل الأرضية يجب ان يتم قبل وضع الرمل والبلاط, كما ان الجدران يجب ان تبنى قبل ان يبدأ الطلاء. تحدد الأهداف الجوهرية بعد إجراء مناقشات مستفيضة مع صاحب العمل لمعرفة متطلباته والأهداف المتوخاة من تنفيذ المشروع إضافة إلى معرفة مكوناته الأساسية وصفاته بصورة عامة . إن دراسة المشروع وتحديد أهدافه يساعدان في جعل عملية اختيار أسلوب التخطيط وطرق التنفيذ واضحة كما إنها توضح أيضا أهمية العوامل التي ترجح الاختيار [6].

2-5 تحليل المشروع

ان مخطط المسار الحرج يبدأ بتحليل الأنشطة التي يتكون منها المشروع ثم ينتقل إلى عمل قائمة بهذه الأنشطة مع أسبقيات حدوثها والزمن اللازم لتنفيذ كل منهما, أما مستوى التفاصيل في التحليل والمخططات الشبكية اللاحقة فهي لحد ما قرار اختياري متروك للمخطط, وكما يتوقف ذالك على حجم المشروع والموارد المتاحة. فالمشروعات الكبيرة جداً يمكن تمثيلها بواسطة مخطط شبكي يظهر الأنشطة المختلفة, وكل هذه الأنشطة التي تشكل المخطط الشبكي العام يمكن تحليله إلى مكوناته الفرعية باستخدام مخططات شبكية إضافية, ليكون الناتج في هذه الحالة مستويات متعددة من المخططات الشبكية كما في الشكل (3)[7].



شكل (3) مستويات التحليل [7]

ان تحليل الأنشطة بهدف إعداد المخطط الشبكي له أهمية كبيرة في تحديد مدى توافق عناصر الشبكة مع بعضها, فترتيب الأنشطة بالنسبة لبعضها يعتمد لحد كبير على كيفية تعريف هذه الأنشطة, ولكن تقسيم المشروع إلى عدد كبير من العناصر قد يؤدي إلى إهمال بعض هذه العناصر أو عدم ترتيبها بالشكل الصحيح [5].

3-5 تحديد العلاقات المنطقية المتبادلة

يتم في هذه المرحلة حصر جميع الفعاليات وإعطاؤها أولويات في التنفيذ حيث يكون انجاز إحدى الفعاليات متوقفاً على انجاز فعالية أو فعاليات أخرى ويتم تحديد هذا في جداول تحتوي على وصف للفعالية كما تحتوي على الفعاليات التي يجب أن تسبقها والتي تتبعها ويتم هذا التحديد وفقا لمنطق العمل وطبيعة المشروع [8].

4-5 -تحديد التسلسل المنطقي للفعاليات

يتم في هذه المرحلة جدولة الفعاليات بترتيب متتابع وفقا لبدايتها مع ذكر حدث البداية وحدث النهاية لكل منها.تعتمد هذه المرحلة كليا على المرحلة السابقة [1].

5-5 تحديد القيود

يتم في هذه المرحلة تحديد الفترات الزمنية المضمنة لانجاز كل فعالية من الفعاليات (مدة الفعالية) تبعا للموارد المخصصة لها . كما يحدد هذا التخصيص ويسجل في جداول خاصة للرجوع إليه . ويمكن ان يكون تحديد الفترات الزمنية بأية وحدات زمنية تناسب الزمن المطلوب للانجاز (ساعة أو يوم أو أسبوع أو شهر .... الخ) يجب ان يكون هذا التحديد الزمني ملائماً للتقنية فعند استعمال طريقة (المسار الحرج) يكون التحديد أكيداً ومفرداً وعند استعمال طريقة (بيرت) يكون التحديد احتماليا ثلاثياً إما (متفائلا أو أكثر احتمالاً أو متشائماً) [9].

6-5 تحليل المخططات الشبكية وبرمجة الموارد

يتم في هذه المرحلة إجراء العمليات الحسابية البسيطة التي يمكن بواسطتها معرفة الأوقات المبكرة والمتأخرة للإحداث ولبدايات ونهايات الفعاليات والمرونة لكل من الحدث أو الفعالية وتسمى هذه العمليات بتحليل المخططات الشبكية تسهم هذه المخططات في توفير البيانات الضرورية وخاصة المسار الحرج للإدارات المختلفة سواء كانت التنفيذية أو المشرفة. كذلك يعتبر ضروري لمواصلة الانتفاع من المخططات الشبكية سواءً في تحليل الكلفة أو في السيطرة والمتابعة وإجراء التعديلات أو تخصيص الموارد (برمجة الموارد). كذلك تخصيص الموارد يساعد في صنع أوقات بدايات وأوقات نهايات محددة ثابتة لتنفيذ الفعاليات المختلفة للمشروع والتي تعرف بالبرمجة أو الجدولة الزمنية . كذلك تجري العمليات اللازمة لحساب جميع الموارد التي تتطلبها جميع الفعاليات لغرض تنفيذها أو تنفيذ جزء منها في وقت واحد حيث تسمى هذه العملية بالتحميل وذلك لمقارنة ما يتطلبه التنفيذ من موارد بما هو متاح منها فعلاً أي مقارنة الطلب لما هو متاح فعلاً. وفي كثير من الأحيان تكون الموارد اللازمة للتنفيذ عاملاً مهماً يفوق في أهميته العوامل الأخرى التي تؤثر في بناء المخططات الشبكية [6].

6- التخصيص وتسوية الموارد

على الرغم من ان عملية التخصيص وتسوية الموارد يختلف التعامل معها تبعا لعدد الفعاليات المرنة في المخطط الشبكي ولعدد الموارد اللازمة للتنفيذ إلا ان هناك خطوات عامة يجب إتباعها عند إجراء العملية ويكون الإختلاف في الخطوات الثانوية للتفاصيل ومع ذلك فان عملية التخصيص والتسوية يمكن ان تنقسم إلى عمليتين أساسيتين الأولى هي التحميل والثانية هي إعادة التحميل أو التسوية للوصول إلى أفضل الحلول الممكنة **[10]**.

1-6 التحميل

تتكون عملية التحميل من خطوتين أساسيتين الأولى هي تقدير العمل المطلوب والثانية هي تمثيل التحميل لذلك يمكن تعريف عملية التحميل بأنها توظيف موارد محددة ومعينة (عمال أو مكائن أو معدات أو مواد---الخ) لأداء المهام المطلوبة وتعتبر هذه الخطوة من أهم الخطوات في تخصيص الموارد حيث تستخلص منها الجداول الزمنية التي تتبع أثناء انجاز العمل المطلوب وحين تتم عملية التحميل يمكن دراسة ومناقشة نتائجها والتي تقود إلى المفاهيم الأساسية الثلاث التالية **[11]**:

1- يحتاج العمل المطلوب انجازه إلى موارد أكثر من الموارد المتاحة وفي هذه الحالة يقال تحميل زائد.
2- لا يحتاج العمل المطلوب انجازه إلى جميع الموارد المتاحة بل يحتاج إلى اقل منها ويقال في هذه الحالة تحميل ناقص.
3- يحتاج العمل المطلوب انجازه إلى موارد مساوية تماماً للموارد المتاحة وفي هذه يقال تحميل متكافئ .

ويعتمد تحديد نوع التحميل على قيمة متوسط التحميل والتي تساوي مجموع حاصل ضرب المورد في الفترة الزمنية المخمنة مقسوماً على الزمن الكلي اللازم لانجاز المشروع. .ويمكن احتسابه من خلال المعادلة (1) وكما يلي **[9]**:-

$$\text{متوسط التحميل} = \frac{\text{كمية العمل المطلوب}}{\text{زمن انجاز المشروع}} \quad \text{---------(1)}$$

1-1-6 التحميل باستخدام مخطط كانت

يمكن اعتبار أسلوب المخططات الشبكية تطويراً لاستعمال مخطط كانت في إدارة المشروع وتحديد أزمنة فعالياته .ان مخطط كانت هو نظام تقويم خطي بسيط يبنى عليه توزيع الفترات الزمنية للفعاليات على طول الاحداثي الأفقي والفعاليات على طول الاحداثي العمودي. ان مخطط كانت يساعد على وضع خطط للعمل ومتابعة تقدم العمل وحل العقبات خلال مرحلة إعادة التخطيط **[10]**.

2-1-6 التحميل باستخدام المدرج التكراري

يستعمل المدرج التكراري الأعمدة الرأسية كتعبير عن كمية العمل المطلوبة ويقسم التدريج الأفقي الممثل للزمن إلى الفترات الزمنية المميزة ثم يكون ارتفاع العمود الراسي أو المستطيل الرأسي ممثلاً للقيمة المطلوبة من المورد المحدد، أي ان لكل فترة زمنية مميزة تمثيلاً للشكل المرسوم على شكل مستطيل احد أضلاعه (على المحور الأفقي) يمثل الفترة الزمنية المميزة والضلع الآخر (على المحور الشاقولي أو الرأسي) يمثل القيمة المطلوبة من المورد المحدد وتكون بداية الضلع الأفقي هي وقت بداية الفترة الزمنية المميزة ونهاية الضلع الأفقي هي وقت نهاية الفترة الزمنية المميزة وهكذا من وقت بداية المشروع ذات المورد الوحيد وهو العمال إلى وقت نهايته **[11]**.

2-6 تسوية الموارد

يعني بتسوية الموارد استعمال مرونة الفعاليات لغرض الوصول بتخصيص الموارد إلى خطة تحميل مثلى أو خطة قريبة من المثلى، ويقصد بخطة التحميل المثلى هي خطة التحميل التي يكون فيها التحميل متكافئ خلال الفترة الزمنية الكلية لتنفيذ المشروع. ويمكن القول ايضاً بان تحميل أي مورد من الموارد يكون متساوٍ لجميع فترات تنفيذ المشروع .والمدرج التكراري سوف يعتمد كوسيلة لإجراء عملية التسوية للمشروع ذات المورد الوحيد. ولتدقيق مدى كفاءة عملية التسوية وكذلك الخطوات المتبعة في التسوية, هناك بعض المؤشرات التي تدل على مدى التقدم في التسوية وكما يلي **[9]**:-

1- كلما اقترب الحد الأدنى والحد الأعلى للموارد المطلوبة من القيمة المتوسطة كلما كانت التسوية أفضل.
2- إذا أخذت القيمة المتوسطة كخط في المدرج التكراري فان مجموع المساحات التي تقع أعلى هذا الخط وتقع ايضاً في المدرج التكراري مضافاً إليها مجموع المساحات التي تقع أسفل الخط ولا تقع ضمن المدرج التكراري تعبر عن انحراف (اختلاف) التسوية عن التسوية المثلى التي تكون فيها الموارد المطلوبة مساوية تماماً للقيمة المتوسطة للموارد. يمكن تسمية هذه القيمة بالانحراف المتوسط (الاختلافية) وتعريفها بأنها مدى اختلاف أي انحراف التسوية عن التسوية المثلى وهي في الحقيقة مساوية للانحراف المتوسط أو متوسط الانحرافات للقيم العددية أي انحراف القيم العددية عن قيمتها المتوسطة والتي يمكن حسابها من خلال المعادلة (2) وكما يلي **[12]**:-

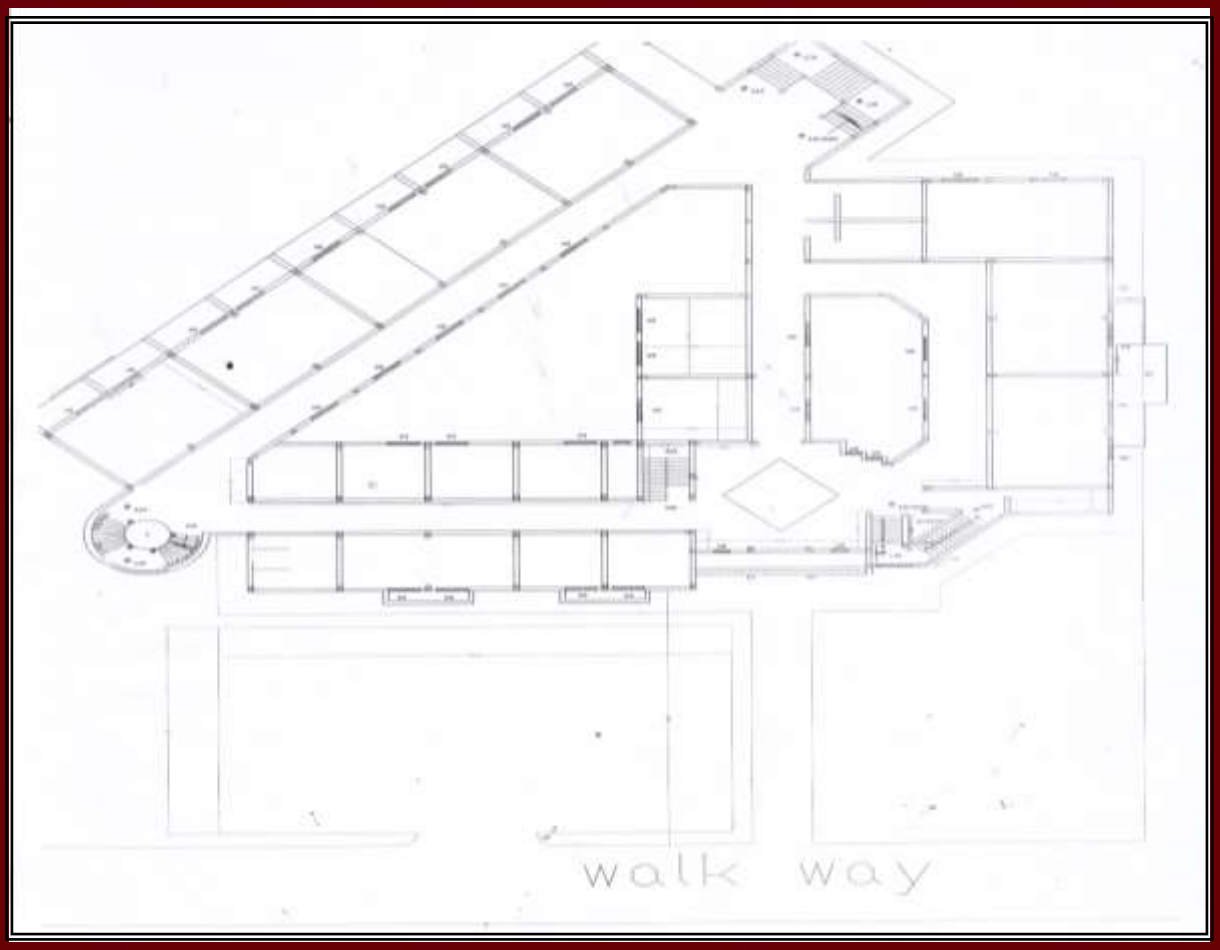
$$\text{معامل الاختلافية} = \frac{\text{مجموع [(الموارد المطلوبة – القيم المتوسطة) } \times \text{ الفترة الزمنية]}}{\text{متوسط الموارد المطلوبة } \times \text{ زمن انجاز المشروع}} \times 100\% \quad \text{-------(2)}$$

الجانب التطبيقي

7- مشروع بناية الأقسام العلمية

تقع بناية الأقسام العلمية المشيدة حديثاً داخل حرم المعهد التقني- بابل تمتلك مساحة بناء تساوي $(1450m^2)$ ومساحة الحدائق والممرات تساوي $(550m^2)$ حيث تتكون البناية من طابقين متماثلين يضم كل طابق سبعة قاعات وتسعة غرف للكادر التدريسي بالإضافة إلى ثلاث مجاميع صحية كما مبين في الشكل (4) . لقد تم اختيار مشروع إنشاء بناية الأقسام العلمية في المعهد التقني- بابل كحالة تطبيقية للبحث من اجل تحديد نوع التحميل لتلك البناية بالإضافة إلى دراسة إمكانية إعادة التحميل خلال فترة انجاز المشروع حيث وضعت صيغة مبسطة للمراحل والفعاليات المتضمنة في المشروع . لقد وضعت الفترات الزمنية المخمنة لانجاز الفعاليات بالأيام والجدول (1) يوضح تتابع الفعاليات وعلاقاتها ببعضها والفترات الزمنية المخمنة لانجاز كل منها اعتماداً على الأيدي العاملة المتوفرة وكذلك الموارد الأخرى. ويتضمن تنفيذ المشروع الخطوات التالية:-

1- رسم المخطط الشبكي السهمي للبيانات المبوبة في الجدول (1).
2- حساب قيمة الأوقات المبكرة والمتأخرة للفعاليات.
3- حساب مرونة للفعاليات.
4- تحديد المسار الحرج أي الزمن اللازم لتنفيذ المشروع.



شكل (4) مخطط بناية الأقسام العلمية

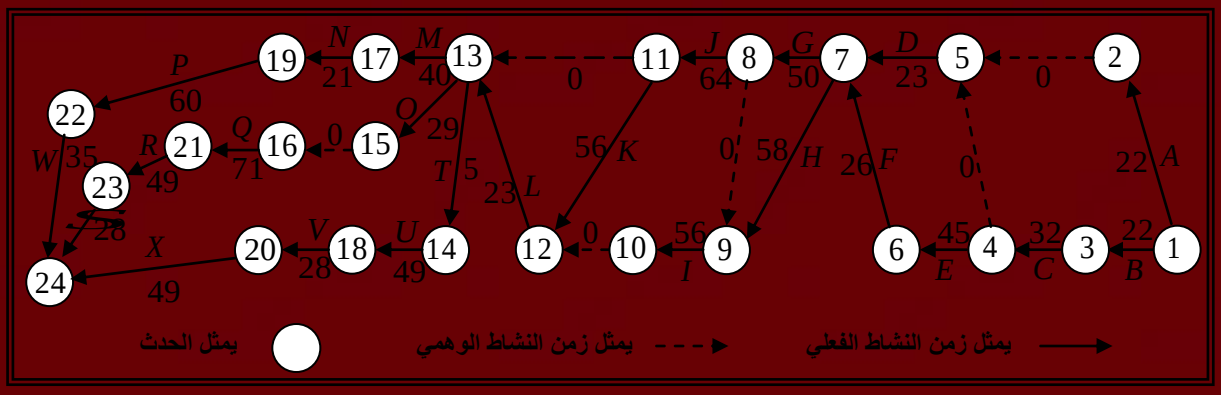
جدول (1) يوضح تتابع الفعاليات اللازمة لانجاز مشروع إنشاء بناية الأقسام العلمية خلال الأوقات المخمنة وعدد العمال اللازمين

الفعالية	وصف الفعالية	الفعاليات السابقة	الفعاليات اللاحقة	الزمن المخمن بالأيام	عدد العمال
A	أعمال تهيئة الموقع وتجهيزه بمستلزمات البناء (الطابوق, الحديد, الاسمنت, الرمل, الحصى, الجلمود, السبيس---الخ)	———	D	22	10 مع الآليات
B	أعمال الحفريات الترابية	———	C	22	9 مع الآليات
C	أعمال فرش وحدل طبقة الجلمود	B	D,E	32	10 مع الآليات
D	أعمال فرش وحدل طبقة السبيس	A,C	G,H	23	20 مع الآليات
E	أعمال صب طبقة الكونكريت الضعيف	C	F	45	20 مع الآليات
F	أعمال صب الأسس والرباط الأرضي للبناية	E	G,H	26	70
G	أعمال بناء الجدران بالطابوق تحت البادلو	D,F	I,J	50	80
H	أعمال الدفن للبناية الرئيسية	D,F	I	58	12 مع الآليات
I	أعمال البناء فوق البادلو	G,H	L	56	80
J	أعمال تسليح وصب سقف الطابق الأرضي والجسور	G	K	64	25
K	أعمال البناء بالطابوق وصب أعمدة الطابق الأول	J	L	56	80
L	أعمال تسليح وصب سقف الطابق الأول والجسور والمردات	K,I	M,O,T	23	90
M	أعمال التاسيسات الكهربائية ومد الأنابيب	J,L	N	40	10
N	أعمال صب أرضية البناية	M	P	21	80
O	أعمال مد أنابيب التأسيسات الصحية	J,L	Q	29	20
P	أعمال اللبخ والبياض للجدران الداخلية والسقوف للبناية	N	Q	60	15
Q	أعمال الإنهاءات للواجهات	P	W	71	25
R	أعمال تطبيق الكاشي والبايات للمداخل	Q	S	49	15
S	أعمال التسطيح	R	———	28	10
T	أعمال تثبيت إطارات الأبواب والشبابيك	J,L	U	5	12
U	أعمال تثبيت الفتنك الكهربائي	T	V	49	10
V	أعمال تثبيت الفتنك للصحيات	U	X	28	10
W	أعمال الطلاء	P	———	35	15
X	أعمال تجهيز ونصب المولدة	V	———	49	10

8- النتائج والمناقشة

8-1 المخطط الشبكي السهمي

لرسم المخطط الشبكي السهمي نلاحظ من الجدول (1) ان هناك فعاليات يمكن المباشرة بتنفيذها بشكل متزامن دون التأثير على العمل في المشروع حيث ان حدث البداية يرقم بالرقم (1) وهو حدث اتخاذ قرار المباشرة بإنشاء البناية وتبدأ منه فعاليتي البداية وتنتهي الفعالية A بالحدث رقم (2) والفعالية B بالحدث (3) ويلاحظ ان الفعاليات الغير متزامنة تتبعها نفس الفعاليات وتنتهي بنفس الرقم إلا في حالة التوازي فإننا نعطي لنهاية كل فعالية رقماً مختلفاً ونصل بين هذه الأرقام (الأحداث) بفعاليات وهمية ثم نستمر بنفس الأسلوب حتى نحصل على المخطط الشبكي السهمي المبين في الشكل (5).



شكل (5) المخطط الشبكي السهمي لمشروع إنشاء بناية الأقسام العلمية

بعد إنهاء رسم المخطط الشبكي تبدأ عملية التحليل الزمني لانجاز المشروع وذلك بإيجاد الأوقات المبكرة والمتأخرة والفعاليات ومرونة الأحداث.

8-2 الوقت المبكر للأحداث

لإيجاد الأوقات المبكرة للأحداث الموضحة في الجدول (2) نبدأ بفرض الوقت المبكر لحدث البداية مساوياً للصفر $E_1 = 0$ ثم نتبع خطوة المسار إلى الأمام مبتدأً بالحدث 2 وكما يلي:-

$$E_2 = Max(E_1 + D_{12}) = (0 + 22) = 22$$
$$E_3 = Max(E_1 + D_{13}) = (0 + 22) = 22$$
$$E_4 = Max(E_3 + D_{34}) = (22 + 32) = 54$$

8-3 الوقت المتأخر ومرونة الأحداث

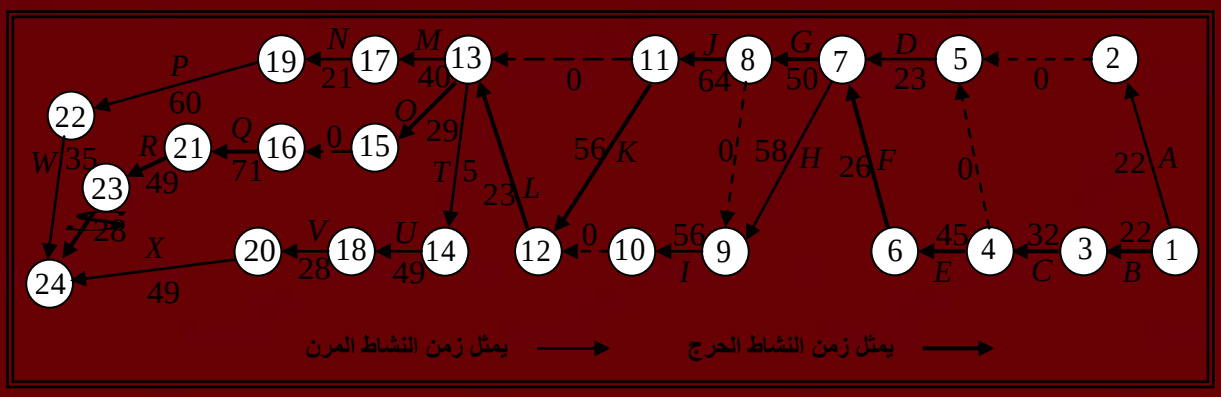
لحساب الأوقات المتأخرة للأحداث الموضحة في الجدول (2) نبدأ بفرض أن الوقت المتأخر لحدث النهاية مساوٍ للوقت المبكر لحدث النهاية ثم نتبع جميع المسارات إلى الخلف حتى نصل حدث البداية وبعد استخراج الأوقات المبكرة والمتأخرة لأحداث المشروع بعدها يتم حساب مرونة كل حدث وذلك من اجل تحديد المسار الحرج المبين في الشكل (6) وكما يلي:

$$L_{24} = 495 \qquad S = L_{24} - E_{24} = 495 - 495 = 0$$
$$L_{23} = Min(L_{24} - D_{2324}) = (495 - 28) = 467 \qquad S = L_{23} - E_{23} = 467 - 467 = 0$$
$$L_{22} = Min(L_{24} - D_{2224}) = (495035) = 460 \qquad S = L_{22} - E_{22} = 460 - 439 = 21$$
$$L_{21} = Min(L_{23} - D_{2123}) = (467 - 49) = 418 \qquad S = L_{21} - E_{21} = 418 - 418 = 0$$

جدول (2) الأوقات المبكرة والمتأخرة ومرونة الأحداث

رقم الحدث	وقت البداية المبكرة	وقت النهاية المبكرة	المرونة	رقم الحدث	وقت البداية المبكرة	وقت النهاية المبكرة	المرونة
1	0	0	0	13	318	318	0
2	22	102	80	14	323	369	46
3	22	22	0	15	347	347	0
4	54	54	0	16	347	347	0
5	54	102	48	17	358	379	21
6	99	99	0	18	372	418	46
7	125	125	0	19	379	400	21
8	175	175	0	20	400	446	46
9	183	239	56	21	418	418	0
10	239	295	56	22	439	460	21
11	239	239	0	23	467	467	0
12	295	295	0	24	495	495	0

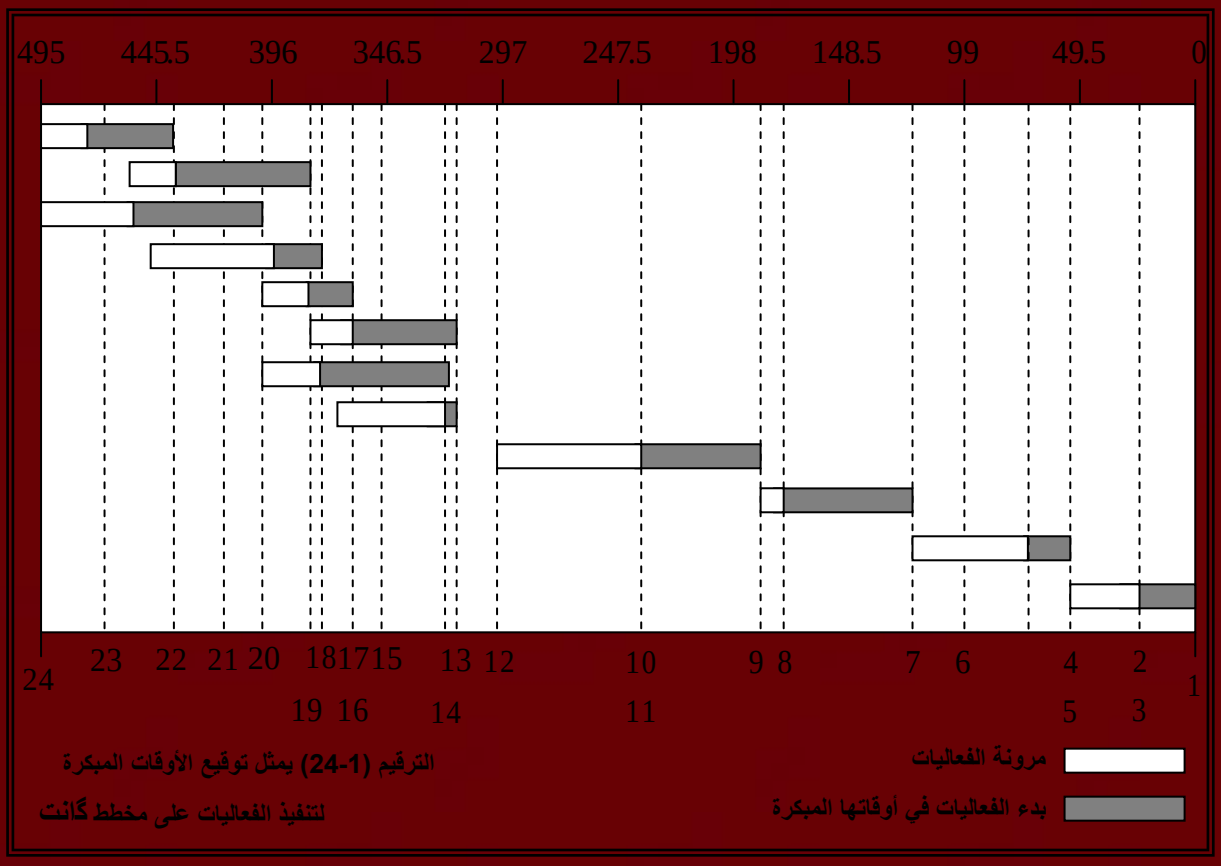
نلاحظ من خلال الشكل (6) أن المسار الحرج لمشروع إنشاء بناية الأقسام العلمية يتكون من الفعاليات (1-3, 3-4, 4-6, 6-7, 7-8, 8-11, 11-12, 12-13,13-15, 15-16, 16-21, 21-23, 23-24). وان الوقت الكلي اللازم لانجاز فعاليات المسار الحرج أي المشروع ككل هو مجموع الفترات الزمنية لتلك الفعاليات والذي يساوي (495) يوم.



شكل (6) المسار الحرج لمشروع إنشاء بناية الأقسام العلمية

4-8 تمثيل خطة التحميل الابتدائية باستخدام مخطط كانت

يتم تمثيل خطة التحميل الابتدائية المأخوذة من المخطط الشبكي السهمي المبين في الشكل (6) والمبني على تنفيذ الفعاليات في أوقاتها المبكرة من خلال رسم مخطط كانت على ان يكون بدء الفعاليات في أوقاتها المبكرة مع تمثيل الفعاليات في أوقاتها المبكرة بمستطيلات مظللة ومروناتها بمستطيلات فارغة كما مبين في الشكل (7).



شكل (7) مخطط گانت يبين بدء الفعاليات في أوقاتها المبكرة

5-8 الوقت المبكر والمتأخر لبداية الفعالية

يمكن حساب الوقت المبكر والمتأخر لبداية الفعاليات المبينة في الجدول (3) وكما يلي:-

$$ES_{12} = 0 \qquad LS_{12} = LF_{12} - D_{12} = 102 - 22 = 80$$
$$ES_{13} = 0 \qquad LS_{13} = LF_{13} - D_{13} = 22 - 22 = 0$$
$$ES_{25} = 22 \qquad LS_{25} = LF_{25} - D_{25} = 102 - 0 = 102$$

6-8 الوقت المبكر والمتأخر لنهاية الفعالية

يمكن حساب الوقت المبكر والمتأخر لنهاية الفعاليات المبينة في الجدول (3) وكما يلي:-

$$EF_{12} = ES_{12} + D_{12} = 0 + 22 = 22 \qquad LF_{12} = 102$$
$$EF_{13} = ES_{13} + D_{13} = 0 + 22 = 22 \qquad LF_{13} = 22$$
$$EF_{25} = ES_{25} + D_{25} = 22 + 0 = 22 \qquad LF_{25} = 102$$

جدول (3) الأوقات المبكرة والمتأخرة لبداية ونهاية الفعاليات

الفعاليات	أوقات بداية الفعالية		أوقات نهاية الفعالية		الفعاليات	أوقات بداية الفعالية		أوقات نهاية الفعالية	
	الوقت المبكر	الوقت المتأخر	الوقت المبكر	الوقت المبكر		الوقت المبكر	الوقت المتأخر	الوقت المبكر	الوقت المبكر
2-1	0	80	22	102	12-13	295	295	318	318
3-1	0	0	22	22	13-14	318	364	323	369
5-2	22	102	22	102	13-15	318	318	347	347
3-4	22	22	54	54	13-17	318	339	358	379
4-6	54	54	99	99	14-18	323	369	372	418
5-7	54	102	77	125	15-16	347	347	347	347
6-7	99	99	125	125	16-21	347	347	418	418
7-8	125	125	175	175	17-19	358	379	379	400
7-9	125	181	183	239	18-20	372	418	400	446
8-9	175	239	175	239	19-22	379	400	439	460
8-11	175	175	239	239	20-24	400	446	449	495
9-10	183	239	239	295	21-23	418	418	467	467
10-12	239	295	239	295	22-24	439	460	474	495
11-12	239	239	295	295	23-24	467	467	495	495
11-13	239	318	239	318					

7-8 طريقة تمثيل الموارد البشرية اللازمة لأداء الفعاليات المطلوبة خلال الفترات الزمنية المميزة

بعد حساب أوقات البداية المبكرة والمتأخرة لكل الفعاليات وأوقات النهاية المبكرة والماخرة لكل فعالية نبدأ بتحديد الفترات الزمنية على مخطط كانت المبين في الشكل (7) ثم ترتيبها ترتيباً تصاعدياً كما مبين في الجدول (4) ثم تحدد الفترات بين كل واحدة والتي تليها ثم نحسب ما تحتاجه من عدد العمال المطلوب للفترة الزمنية عن طريق جمع عدد العمال المطلوب لجميع الفعاليات التي يفترض تنفيذها خلال تلك الفترة الزمنية المميزة ليتم ترتيبها في الجدول (5) بعدها يتم حساب قيمة متوسط التحميل من خلال المعادلة (1).

جدول (4) تحديد الفترات الزمنية المميزة على مخطط كانت تصاعدياً

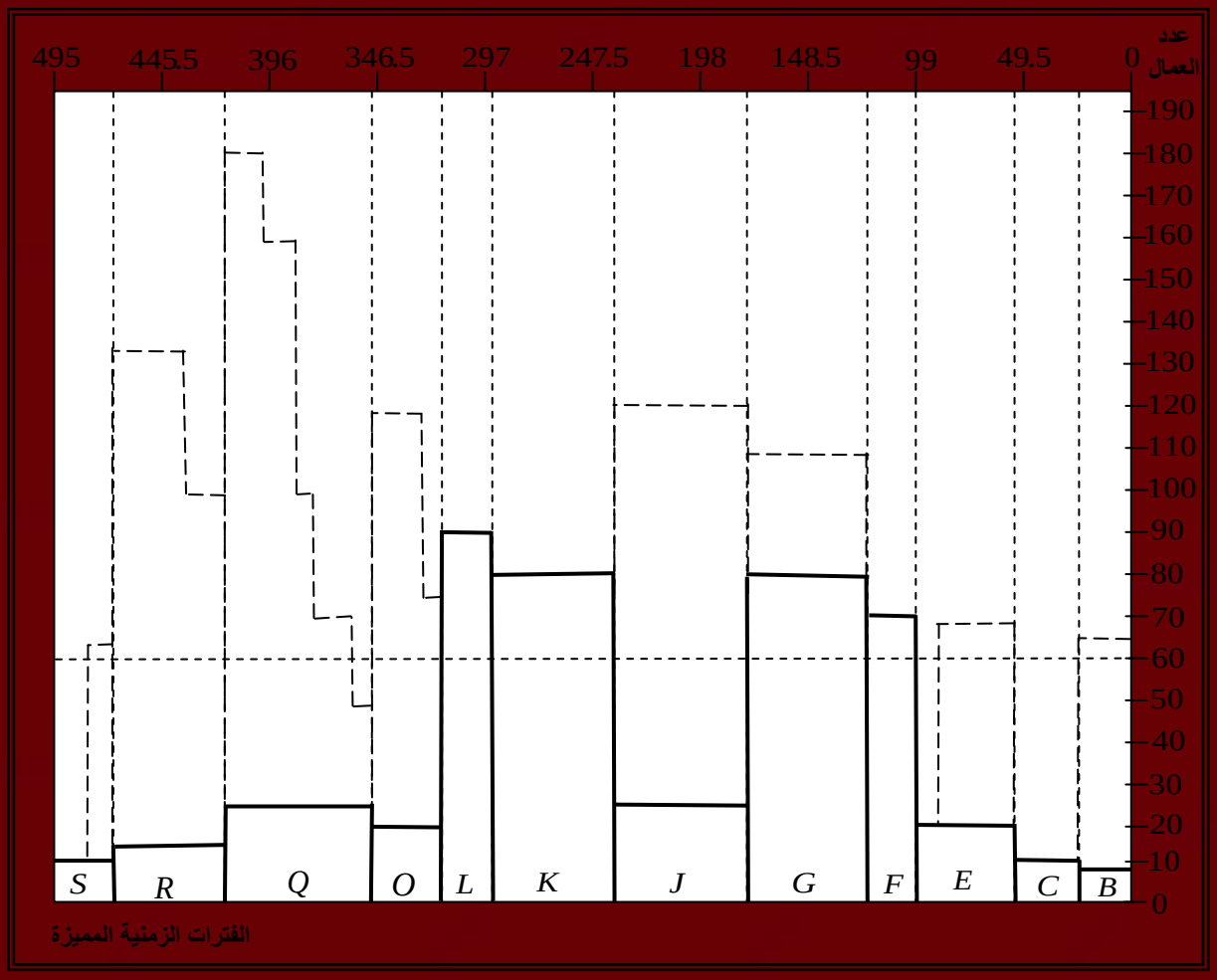
الفترات الزمنية المميزة								
22-0	54-22	77-54	80-77	99-80	102-99	-102 125	-125 175	-175 181
-181 183	-183 239	-239 295	-295 318	-318 323	-323 339	-339 347	-347 358	-358 369
-369 372	-372 379	-379 400	-400 418	-418 439	-439 446	-446 460	-460 467	-467 495

جدول (5) يوضح الفعاليات التي تنفذ خلال كل فترة زمنية وعدد العمال اللازمين

الفترات الزمنية المميزة	الفعاليات	عدد العمال	الفترات الزمنية المميزة	الفعاليات	عدد العمال
22-0	3-1 , 2-1	44	339-323	17-13 , 15-13, 18-14	118
54-22	4-3	32	347-339	17-13 , 15-13, 18-14	118
77-54	7-5 , 6-4	68	358-347	16-15 , 18-14	49
80-77	7-5 , 6-4	68	369-358	16-15 , 18-14, 19-17	70
99-80	6-4	23	372-369	16-15 , 18-14, 19-17	70
102-99	7-6	26	379-372	20-18 , 21-16	99
125-102	7-6	26	400-379	20-18 , 21-16 , 22-19	159
175-125	9-7 , 8-7	108	418-400	22-19 , 21-16 , 24-20	180
181-175	9-7 , 8-7	108	439-418	23-21 , 24-20	98
183-181	9-7 , 8-7	108	446-439	23-21 , 24-20 , 24-22	133
239-183	11-8 , 10-9	120	467-446	23-21 , 24-20 , 24-22	133
295-239	12-11	56	474-467	24-23 , 24-22	63
318-295	13-12	23	495-474	24-23	28
323-318	14-13 , 13-17 , 15	74	متوسط التحميل = كمية العمل المطلوب / زمن انجاز المشروع = 29439 / 495 = 60 عامل/يوم		

8-8 تمثيل خطة التحميل الابتدائية باستخدام المدرج التكراري

يمكن رسم المدرج التكراري بإنشاء محورين احدهما أفقي يمثل الزمن والآخر عمودي يمثل عدد العمال لكل فترة زمنية, ثم يقسم التدريج الزمني إلى الفترات المميزة وتحدد عليها أولاً عدد العمال اللازم للفعاليات الحرجة ثم تضاف إليها عدد العمال اللازم للفعاليات الغير الحرجة التي تتمتع بمرونة. بعد ذلك تحدد قيمة متوسط التحميل التي تسهم في تحديد نوع التحميل المتوقع من بداية المشروع إلى نهايته بخط متقطع كما مبين في الشكل (8).



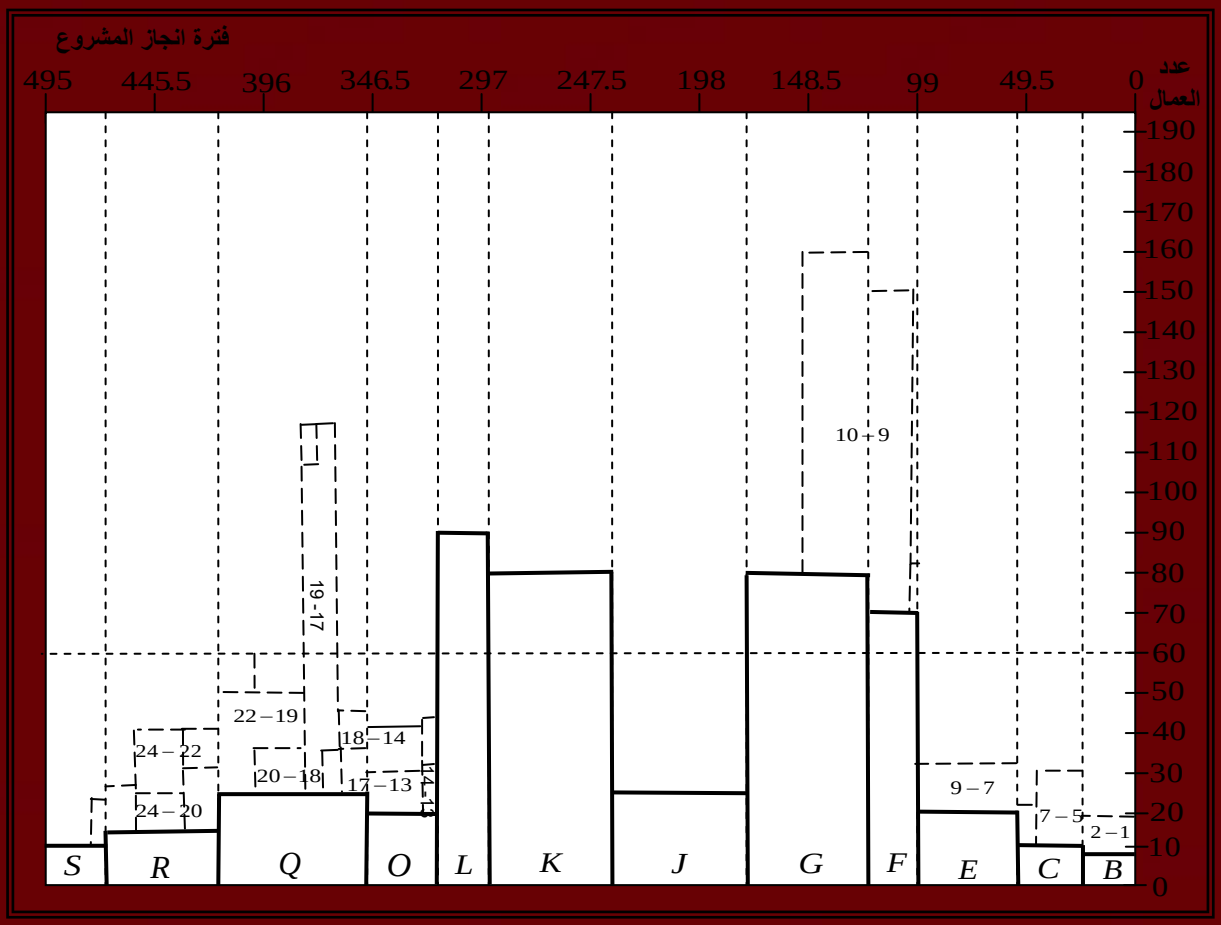
شكل (8) المدرج التكراري لتحميل عدد العمال خلال الفترات الزمنية المميزة

نلاحظ من الشكل (8) ان للمدرج التكراري قيمة متوسطة مساوية إلى (60) عامل/يوم في كل يوم من أيام تنفيذ المشروع ,أي التحميل الأمثل لهذا المشروع, وهو التحميل الذي يحتاج فيه طوال فترة تنفيذ المشروع إلى مورد ثابت مساوي إلى (60)عامل/يوم, وبناءاً على ذلك يمكن القول بان التحميل كما يلي:

1- للفترة من بداية اليوم الأول وحتى نهاية اليوم (22) زائداً.
2- ومن بداية اليوم (23) وحتى نهاية اليوم (54) ناقصاً.
3- ومن بداية اليوم (55) وحتى نهاية اليوم (77) زائداً.
4- ومن بداية اليوم (78) وحتى نهاية اليوم (99) ناقصاً.
5- ومن بداية اليوم (100) وحتى نهاية اليوم (347) زائداً.
6- ومن بداية اليوم (348) وحتى نهاية اليوم (358) ناقصاً.
7- ومن بداية اليوم (359) وحتى نهاية اليوم (474) زائداً.
8- ومن بداية اليوم (375) وحتى نهاية اليوم (495) ناقصاً.

9-8 تسوية عدد العمال في المشروع

بعد تحميل المشروع بمدرج تكراري كما مبين في الشكل (9) نبدأ بدراسة توزيع عدد العمال خلال فترة انجاز المشروع, نجد ان توزيع عدد العمال ناقص عن الحمل المتوسط عند بداية المشروع ولغاية الوحدة الزمنية (99 يوم) ثم يزداد إلى (82 عامل) من عدد العمال بعدها يصل عدد العمال المطلوب إلى (160 عامل) أي بزيادة (100 عامل) عن المتوسط وهو الحد الأعلى من عدد العمال المطلوب حيث عدد القمم يساوي (3) قبل تسوية الموارد البشرية . من خلال الجدول (3) والمعادلة (2) يمكن حساب الاختلافية الابتدائية (متوسط الانحراف الابتدائي) حيث سوف نرمز لكل من عدد العمال بالرمز (r) والفترة الزمنية بالرمز (t).



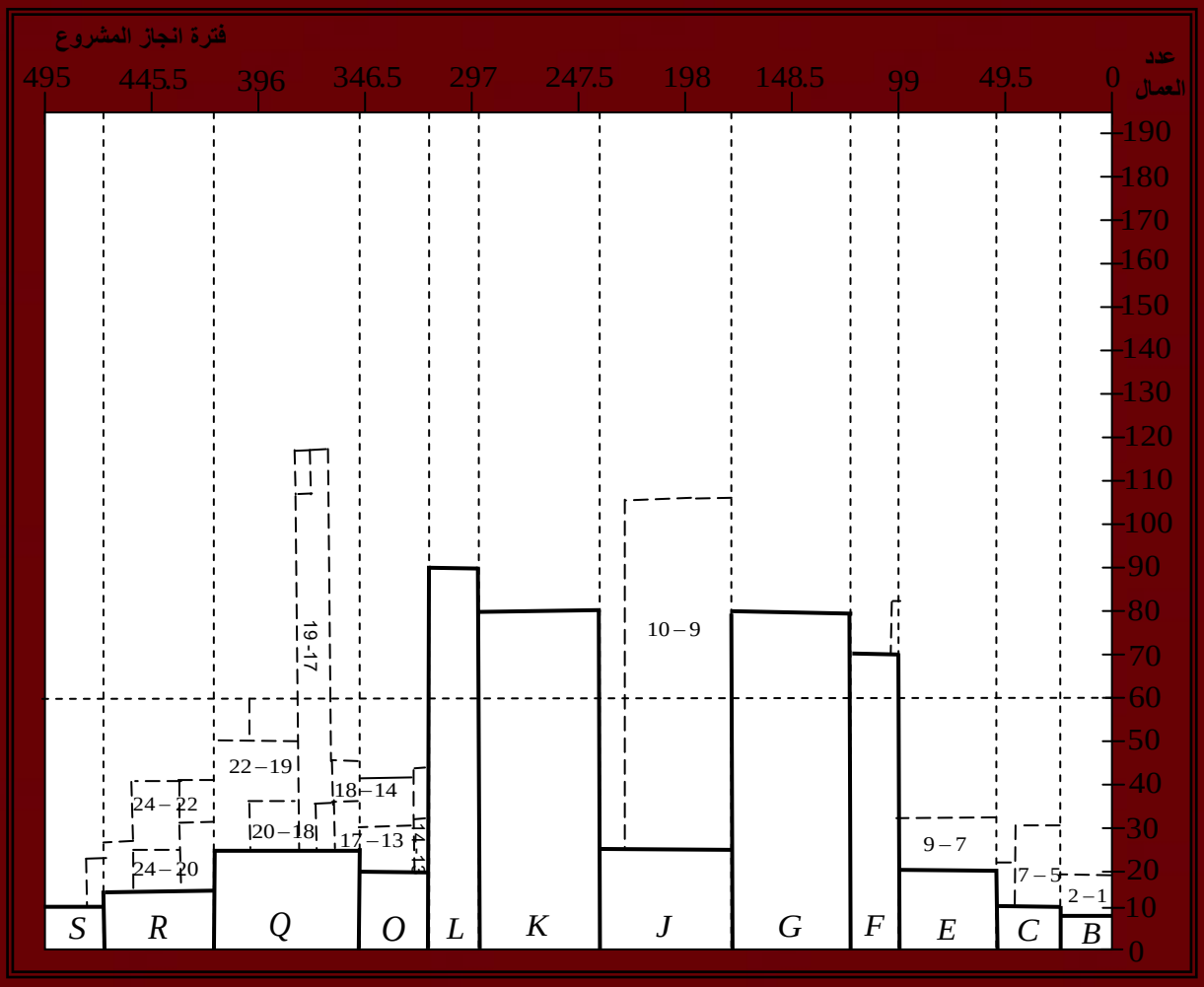
شكل (9) المدرج التكراري لتحميل عدد العمال اللازم لانجاز المشروع في المخطط الشبكي السهمي

جدول (3) كيفية احتساب الاختلافية قبل التسوية

r	19	30	22	32	82	150	160	80	25	80	90	42	40	45	105	60	50	40	30	25
r-60	41	30	38	28	22	90	100	20	35	20	30	18	20	15	45	0	10	20	30	35
t	22	23	9	45	4	22	34	16	64	56	23	5	24	20	21	0	21	31	18	7

$$\text{الاختلافية (الانحراف المتوسط)} = \frac{\text{مجموع [الموارد المطلوبة – القيم المتوسطة) × الفترة الزمنية]}}{\text{متوسط الموارد المطلوبة × زمن انجاز المشروع}} \times 100\% = \frac{16462}{29439} = 56\%$$

بعدها تجري عملية التسوية وذلك بتحريك الفعالية (7-9) لتبدأ بعد الوحدة الزمنية (175 يوم) وتحريك الفعالية (9-10) لتبدأ بعد الوحدة الزمنية (179 يوم) مما يسهم في تقليص عدد القمم إلى (2) بعد تسوية الموارد البشرية مع جزء بسيط من الفعالية (7-9) حيث أن عدد العمال في أعلى قمة قد وصل إلى (118 عامل) أي بزيادة (58 عامل) عن المتوسط كما مبين في الشكل (10). بعدها يتم حساب قيمة الاختلافية بعد عملية التسوية وذلك من خلال الجدول (4) والمعادلة (2) لمقارنتها مع قيمتها قبل التسوية وملاحظة مدى التحسن الحاصل.



شكل (10) التسوية عل شكل مدرج تكراري

جدول (3) كيفية احتساب الاختلافية بعد التسوية

r	19	30	22	32	82	70	80	105	25	80	90	42	40	45	105	21	60	50	40	30	25
r-60	41	30	38	28	22	10	20	45	35	20	30	18	20	15	45	45	0	10	20	30	35
t	22	23	9	45	4	22	50	56	8	56	23	5	24	20	21	21	0	21	31	18	7

$$\text{الاختلافية (الانحراف المتوسط)} = \frac{\text{مجموع [الموارد المطلوبة – القيم المتوسطة) × الفترة الزمنية]}}{\text{متوسط الموارد المطلوبة × زمن انجاز المشروع}} \times 100\% = \frac{11924}{29439} = 40\%$$

9- الاستنتاجات

1- عدم وجود تحميل متكافئ لعدد العمال خلال خطة التحميل الابتدائية خلال الفترات الزمنية المميزة.

2- التحميل في الأغلب يكون تحميلاً متزايداً وبنسبة (61%) ونسبة التحميل الناقص تساوي (39%) من خطة التحميل الابتدائية خلال الفترات الزمنية المميزة.

3- إتمام عملية التسوية لعدد العمال دون ان يؤثر ذلك على الزمن الكلي اللازم لانجاز المشروع.
4- من خلال مقارنة قيمة الاختلافية الابتدائية قبل التسوية وبعد التسوية نلاحظ وجود نقصان في قيمة الاختلافية من (56%) إلى (40%) وهذا يعتبر مقياس جيد لكفاءة عملية التسوية.

10- التوصيات

تطبيق هذه الدراسة على كافة المشاريع الإنشائية بهدف التخلص من التحميل الزائد والتحميل الناقص من اجل الوصول إلى التحميل المتكافئ الذي يحقق خطة التحميل المثلى خلال عملية تخصيص وتسوية الموارد.

11- المصادر

1- Angus, Robert B., Norman A.Gundersen, and Thomas P. Cullinance," Planning, Performing, and Controlling Projects: Principles and applications ", Upper Saddle River, NJ: Printice Hall, 2nd Edition, 2000.
2- Chase, Richard.," Operations Management", McGraw-Hill, New Delhi, 2006.
3- Kerzner, Harold.," Project Management: systems Approach for Planning, Scheduling and controlling", New York: Wiley, 7th Edition, 2001.
4- William J. Stevenson," Operations Management", McGraw-Hill / Irwin, New York, 8th Edition, 2005.
5- Cleland, David I.,"Project Manager's Portable Handbook", New York, McGraw-Hill, 2000.
6- Davis, Mark M.," Fundamentals of Operations Management", McGraw-Hill, North America, 2003.
7- الكواز,أحمد," أسلوب متابعة تنفيذ المشروعات " , برنامج تدريبي , المعهد العربي للتخطيط , 1998.
8- Krajweski Lee and Ritzman Larry P.,"Operation Management Processes and Value Chance", Westly Publishing Com. Inc U.S.A, 7th ed, 2005
9- Evans James R. and Raturi Amitabh J.,"Principles of Operations Management", South-Western of Thomson, 2008.
10- Ghattas, R.G., and Sandra L. McKee," Practical Project Management", Upper Saddle River, NJ: Printice Hall, 2001.
11- Gray, Clifford F., and Erik W. Larson," Project Management: The Managerial Process", McGraw-Hill / Irwin, New York, 2nd Edition, 2003.
12- Mantel, Samuel, Jack R. Meredith, Scott M. Shafer, and Margaret Sutton," Project Management in Practice", New York, Wiley, 2009.