

توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لمراقبة

وجدولة فعاليات مشاريع وزارة الشباب

الباحث

فَيْصَلُ عَبْدِ الإِلهِ فَاهِمُ الفَرْهُودُ

كلية الإدارة والإقتصاد

جامعة بغداد

الاستاذ المساعد

د. عبد الجبار خضر بخيت

قسم الإحصاء- كلية الإدارة والإقتصاد

جامعة بغداد

المستخلص

رغم بلوغنا الألفية الثالثة لازالت إدارة المشاريع لا تتبع الأساليب العلمية الحديثة في أداء مهامها والتي تُساعد مدراء المشاريع إنجاز مشاريعهم ضمن الفترة الزمنية المحددة لها مما يجعلهم يستفيدون من عملي الوقت والكلفة للانتقال الى تنفيذ مشاريع أخرى خصوصاً في المرحلة التي يمر بها العراق من حيث الحاجة لإنشاء واعادة تأهيل الكثير من المنشآت. في هذا البحث يهدف الباحث الى استخدام الأساليب العلمية الحديثة في بناء المشاريع لثُمَّكُنْ مدراء المشاريع من مراقبة وإنجاز مشاريعهم ضمن المدة المخصصة لإنجاز المشروع، وسيستخدم الباحث أسلوب المخططات الشبكية في مراقبة وجدولة فعاليات المشاريع بالإضافة الى توظيف الباحث لإسلوب البرمجة الخطية في إيجاد طول المسار الحرج والذي يُمكن إدارة المشروع من تحديد الفعاليات الحرجة والفعاليات الغير حرجة وتنفيذها في أوقاتها المحددة من خلال تحديد الأوقات المبكرة والأوقات المتأخرة، ثم القيام بحساب كلفة ضغط وقت تنفيذ هذه الفعاليات وإيجاد أقل كلفة ممكنة لإنجاز المشروع مما يوفر مرونة لصاحب القرار في إتخاذ ما يراه مناسباً وفقاً للميزانية المتوفرة لإدارة المشروع وذلك من خلال بناء نماذج خطية رياضية وباستخدام برامجيات خاصة (WinQsb) مع بيان أقصر مدة ممكنة للمشروع.

الكلمات المفتاحية: البرمجة الخطية، المسار الحرج، جدولة المشاريع، تعجيل الوقت والكلفة.

1. المقدمة Introduction :

في ظل الظروف الحالية يمر العراق بمرحلة إنشاء وإعادة تأهيل لكثير من المباني على مستوى كافة القطاعات في وزارات الدولة وإن أهمية الوقت في ظل هكذا ظروف تحظى بأهمية عالية من لدن أصحاب القرار في جميع مفاصل الدولة، وقد إهتم الباحث بدراسة المشاريع العمرانية لما لها من أهمية بالغة في مجال الإعمار، ولكن في الغالب ولعدم إعتداد الأساليب العلمية الحديثة في تخطيط وإدارة مثل هذا النوع من المشاريع فإنها لا تنتهي وفق المدة الزمنية المخطط لها ولا بنفس الكلفة المحسوبة لتنفيذها.

في هذا البحث إهتم الباحث على إعتداد أسلوب بحوث العمليات (Operations Research) وهو أحد العلوم التطبيقية الحديثة والذي يمكن إستخدامه في مجالات متعددة، فهو يعتمد على مجموعة من الأساليب

التي تساعد أصحاب القرار على اختيار القرار الأمثل لحل المشكلة من بين الحلول المتعددة لها، ومن بين هذه الأساليب أسلوب المخططات الشبكية (Network Diagrams) والذي يؤدي تطبيقها الى تحقيق أفضل النتائج في إدارة المشاريع من حيث إسهامها في توضيح مفاهيم العمل ونسب الإنجاز من خلال مراقبة وجدولة فعاليات المشروع وذلك باستعمال بعض العمليات الحسابية التي بواسطتها تتم معرفة الأوقات المبكرة والأوقات المتأخرة لفعاليات المشروع، ومن خلال تحديد هذه الأوقات يوفر أسلوب المخططات الشبكية العامل الرقابي، حيث أن الجدولة المُعدة من قبل إدارات المشاريع من خلال حساب الأوقات المبكرة والمتأخرة لفعاليات المشروع، تُمكن مدراء المشاريع من مراقبة تأخير أي فعالية من فعاليات المشروع ودراسة أسباب التأخير ومعالجته قبل أن يتسبب في تأخير مدة تنفيذ المشروع بأكمله وبهذا يتمكن مدراء المشاريع بدورهم من إنجاز مشاريعهم ضمن المدة المحددة أو ربما بمدة أقصر بعد إبداء إدارات المشاريع حاجتها لذلك من خلال ضغط العامل الزمني لتنفيذ الفعاليات.

وقد إستخدم الباحث أسلوب البرمجة الخطية (Linear Programming) والذي يُمكن من خلاله إيجاد طول المسار الحرج (Critical Path) والذي يُمثل أطول مدة لإنجاز المشروع وذلك ببناء نماذج رياضية خاصة بشبكة المشروع، ثم يتم تحديد الفعاليات الحرجة (Critical Activities) وهي الفعاليات التي ينجم عن تأخير يوم واحد في أي منها الى تأخير المشروع بأكمله، لذلك يحرص مدراء المشاريع على مراقبة إنجاز هذه الفعاليات في أوقاتها المحددة.

ولتوظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية دور مهم في إنجاز المشاريع بمدة أقصر من المدة المحددة لها، وذلك في حالة إبداء إدارات المشاريع حاجتهم لذلك من خلال إهتمامها بالعامل الزمني بسبب كثرة المشاريع المزمع تنفيذها لدى دوائرهم، يتم ذلك بضغط زمن تنفيذ الفعاليات الحرجة وحساب الكلفة الجديدة الناجمة عن ذلك، حيث يُقدّم الباحث لإدارة المشروع أقل كلفة ممكنة لإنجاز المشروع وبأقصر مدة ممكنة وفقاً للميزانية المتوفرة لإدارة المشروع وباستخدام الحاسوب، وبذلك يمكن لمدراء المشاريع من مراقبة إنجاز الفعاليات بمواعيدها المحددة ومحاسبة المقصرين خلاف ذلك، مما يُمكن مدراء المشاريع من إنهاء مهامهم في الوقت المناسب وكذلك يُمكنهم من القضاء على ظاهرة الفساد والتي بدأت تستشري في الكثير من المجتمعات ومراقبة تنفيذ المشروع بأكمل وجه.

2. هدف البحث : Aim of the Research

يهدف الباحث الى جدولة ومراقبة فعاليات مشروع منتدى ثقافة وفنون وهو إحدى مشاريع وزارة الشباب والرياضة، من خلال إستخدام أسلوب المخططات الشبكية في مراقبة وجدولة فعاليات المشاريع وذلك برسم شبكة أعمال خاصة بالمشروع والتي تمتاز بعرض نسبة كبيرة من تداخل العلاقات بين فعاليات المشروع وكذلك تحديد الأوقات المبكرة والأوقات المتأخرة لفعاليات المشروع، وسيوظف الباحث أسلوب البرمجة الخطية كونها لها الفاعلية في تحقيق درجة أعلى من الدقة وإمكانية الرقابة على تنفيذ الفعاليات ولما تتمتع به من عدم محدودية القيود وكثرة البرامج الخاصة بها وسهولة تطبيقها، في تحويل المخطط الشبكي الى برنامج خطي لإيجاد المسار الحرج وتحديد الفعاليات الحرجة والفعاليات غير الحرجة وتنفيذ الحرجة منها في أوقاتها المحددة والتي تكون أوقات المرنة فيها مقدارها صفر، ثم يتم ضغط تنفيذ هذه الفعاليات وإيجاد أقل كلفة ممكنة لإنجاز المشروع مما يوفر مرونة لصاحب القرار في إتخاذ ما يراه مناسباً وفقاً للميزانية المتوفرة لإدارة المشروع وذلك ببناء نماذج رياضية خاصة باستخدام أسلوب البرمجة الخطية وباستخدام الحاسوب مع بيان أقصر مدة ممكنة للمشروع.

كما يهدف الباحث لعمل تحليل الحساسية (تحليل مابعد الأمثلية Post-Optimality) والذي يزود إدارات المشاريع بالحدود الدنيا والعليا لتكاليف هذه الفعاليات وأوقات تنفيذها من أجل السيطرة على ابقاء أداء المشاريع ضمن حالة الأمثلية، خصوصاً في بيئة العمل الحالية في العراق والتي تتصف بأنها بيئة ديناميكية مما يُمكن متخذي القرار من مراقبة تقلبات الأسعار التي تحدث خلال فترة إنجاز المشاريع ومعالجتها حفاظاً على إنهاء مشاريعهم ضمن المدة المحددة، وبهذا يصبح توظيف أسلوب البرمجة الخطية يوفر مالا توفره الطرق الأخرى في إدارة المشاريع مثل طريقة المسار الحرج CPM وطريقة تقويم ومراجعة البرامج PERT.

3. منهجية البحث : Methodology of The Research

إعتمدت منهجية البحث على عرض ما تم كتابته من بحوث ودراسات سابقة عن أسلوب المخططات الشبكية والبرمجة الخطية مع شرح موجز عن أسلوب المخططات الشبكية وإسلوب البرمجة الخطية والصيغة الرياضية لها مع توضيح كيفية توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لمراقبة وجدولة الفعاليات المشاريع من خلال بناء نماذج رياضية خاصة بذلك.

كما إعتمدت منهجية هذا البحث على دراسة تطبيقية لمشروع منتدى ثقافة وفنون، وهو أحد مشاريع الدائرة الهندسية والفنية في وزارة الشباب والرياضة والتي تم التنسيق مع الكادر المتخصص في قسم التصميم والإشراف الهندسي للدائرة أففة الذكر على دراسة هذا النوع من المشاريع نظراً لعزمهم على تعميم إنشاء مثل هذا النوع من المشاريع في مناطق متعددة من بغداد والمحافظات لما مثل هذه المنتديات من أهمية كبيرة في إقامة الفعاليات الفنية والثقافية تماشياً مع نهضة العراق الجديد العلمية والثقافية.

فقد عرض الكادر المتخصص في قسم التصميم والإشراف الهندسي رغبته في تقديم بيانات التخطيط الخاصة بمشروع منتدى ثقافة وفنون للدراسة والتطبيق وفق موضوع البحث ليتسنى لهم الاستفادة من تعميم هذه الفكرة في إنشاء مثل هذا المشروع في مناطق متعددة في بغداد والمحافظات وبنفس المواصفات، وقد لاقى موضوع البحث إهتماماً كبيراً من لدن قسم الأشراف والتصميم الهندسي وذلك كون أغلب المشاريع يتم المباشرة بها ولكن كما هو معتاد عليه لا تنتهي هذه المشاريع بالوقت والكلفة المحددين.

4. البحوث والدراسات السابقة Litreature Review :

لقد تناول الكثير من الباحثين توظيف البرمجة الخطية في إدارة المشاريع وفيما يلي خلاصة موجزة لبعض ما كتب حول هذا الموضوع من بحوث ودراسات سابقة :

في العام 2006 وظف الباحث الزبيدي أسلوب البرمجة الخطية في جدولة المشاريع، وقد افترض الباحث بأن الوقت اللازم لإنجاز بعض الفعاليات يكون متغير عشوائي (غير ثابت)، وتوصل الزبيدي الى أن البرمجة الخطية توفر لمتخذ القرار مرونة في عدة من القرارات حول وقت إنجاز المشروع.⁽¹⁾

وفي العام 2008 قام الباحثون Feylizadeh & Others بتوظيف البرمجة الخطية في دراسة مشاريع تخطيط الإنتاج المتعدد وبفترات متعددة (Multi Period-Multi Product) وتوصل الباحثون الى ان هذا الإسلوب يساعد أصحاب القرار ليس فقط نجاح العامل الرقابي على الإنتاج بل يأخذ بنظر الإعتبار جميع القيود المهمة في عملية الإنتاج.⁽⁶⁾

وفي العام 2009 وظف الباحثان Khalaf & June أسلوب البرمجة الخطية في السيطرة على فعاليات المشروع وذلك من خلال بناء نماذج رياضية، وقد توصل الباحثان من خلال عمل تحليل الحساسية بأن أسلوب البرمجة الخطية يوفر لإدارة المشروع إمكانية تجاوز الكثير من الصعاب والتي تطرأ على السوق أثناء فترة تنفيذ المشروع.⁽⁷⁾

وفي العام 2010 قام الباحثون Khalaf & Others باستخدام أسلوب البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لمراقبة تنفيذ فعاليات المشروع، وتوصل الباحث إلى إنجاز المشروع بفترة (17) أسبوعاً بدلاً من (27) أسبوعاً وبكلفة مقدارها (68750) دولار.⁽⁸⁾

وفي العام 2011 إعتد ELMABROUK البرمجة الخطية في إدارة مشاريع الصيانة وذلك بهدف تحقيق الحالة المثلى في مشروع إستبدال غلاية، وقد توصل الباحث الى إمكانية تقليص الفترة الزمنية لعملية الإستبدال من (110) يوم الى (105) يوم وبأقل كلفة ممكنة بلغت (3500) دولار، مع عمل تحليل الحساسية للنموذجين وذلك لأجل السيطرة على التكاليف وتوفير المرونة لصاحب القرار في الرقابة على فعاليات المشروع.⁽⁵⁾

5. تحليل المخططات الشبكية Network Analysis :

يُعد أسلوب التحليل الشبكي من الأساليب الكمية الحديثة والكفاءة التي ظهرت في إدارة المشاريع في مجال التخطيط والجدولة والسيطرة على المشاريع المختلفة سواء الإنشائية منها أو الصناعية التي تمتاز بصعوبة إدارتها كونها تتكون من مجموعة من الفعاليات المعقدة والمتداخلة نسبياً.⁽⁴⁾

أن عملية التخطيط والمراقبة والتنسيق الدقيق لفعاليات المشروع ذات العلاقات المتداخلة دوراً مهماً وبارزاً في نجاح المشاريع، ولا تقتصر أهمية المخططات الشبكية على المشاريع فقط حيث أنها ذات فائدة كبيرة جداً في مجالات متعددة أخرى مثل نظرية المعلومات وعلم الإتصال وفي دراسة نظم النقل والسيطرة على مشاريع البحوث والتطوير.

يتألف المخطط الشبكي من مجموعة من النقاط المتصلة وتسمى العقد (Nodes)، أما عمليات الإتصال بين العقد تتم بواسطة الأسهم أو التفرعات (Arrows) وأن كل سهم في الشبكة يمثل نشاط معين يستغرق مدة زمنية معينة تُمثل برقم يكتب على السهم.⁽²⁾

6. البرمجة الخطية Linear Programming :

تعتبر البرمجة الخطية من المواضيع الأساسية والمهمة في بحوث العمليات وتكمن أهميتها في كونها وسيلة لدراسة سلوك عدد كبير من الأنظمة، وتُعرف بأنها أسلوب رياضي لتوزيع مجموعة من الموارد والإمكانات المحدودة ضمن مجموعة من القيود والعوامل الثابتة ليحقق هذا التوزيع أفضل نتيجة ممكنة.

يتكون نموذج البرمجة الخطية من العناصر الأساسية التالية :

1. دالة الهدف Objective Function :

تحدد هذه الدالة الهدف المرجو منها والذي يكون إما تعظيم أرباح (Max) أو تقليل كلف (Min) وتحتوي على متغيرين أو أكثر، أما معاملات المتغيرات فتُمثل إما أرباح أو كلف.

2. القيود Constraints :

يتكون النموذج من مجموعة من القيود مثل عدد العمال، ساعات العمل أو المواد الأولية... الخ. ويعبر عن القيود بمتساويات أو مترجمات.

3. شرط عدم السالبية Non-Negativity :

يشترط بالمتغيرات الداخلة في النموذج أن تكون قيم غير سالبة.

أن طرق حل نموذج البرمجة الخطية تتمثل بما يلي :

I. الطريقة البيانية Graphic Method .

II. طريقة السمبلكس Simplex Method⁽³⁾.

أن الصيغة الرياضية العامة لنموذج البرمجة الخطية هي :

$$\text{Max (or Min) } Z = \underline{C} \underline{X}^T \quad \dots\dots\dots(6.1)$$

Subject to

$$\underline{A} \underline{X} (\leq, =, \geq) \underline{B} \quad \dots\dots\dots(6.2)$$

$$\underline{X} \geq 0 \quad \dots\dots\dots(6.3)$$

إذ أن :

C : متجه صفي بمرتبة n .

X : متجه عمودي بمرتبة n.

A : مصفوفة بمرتبة (m,n) .

B : متجه صفي بمرتبة n .

أما الصيغة الرياضية الخاصة بنموذج البرمجة الخطية لإيجاد المسار الحرج لشبكة المشروع فهي كما يلي⁽²⁾ :

$$\text{Min} = \underline{X}_n - \underline{X}_1 \quad \dots\dots\dots(6.4)$$

Subject to

$$\underline{X}_j - \underline{X}_i \geq t_{ij} \quad , \text{ For each } i,j \quad \dots\dots\dots(6.5)$$

$$\underline{X}_i \geq 0 \quad , \quad i = 1,2,\dots,n \quad \dots\dots\dots(6.6)$$

إذ أن :

\underline{X}_n : الوقت الإعتيادي لإنجاز آخر فعالية .

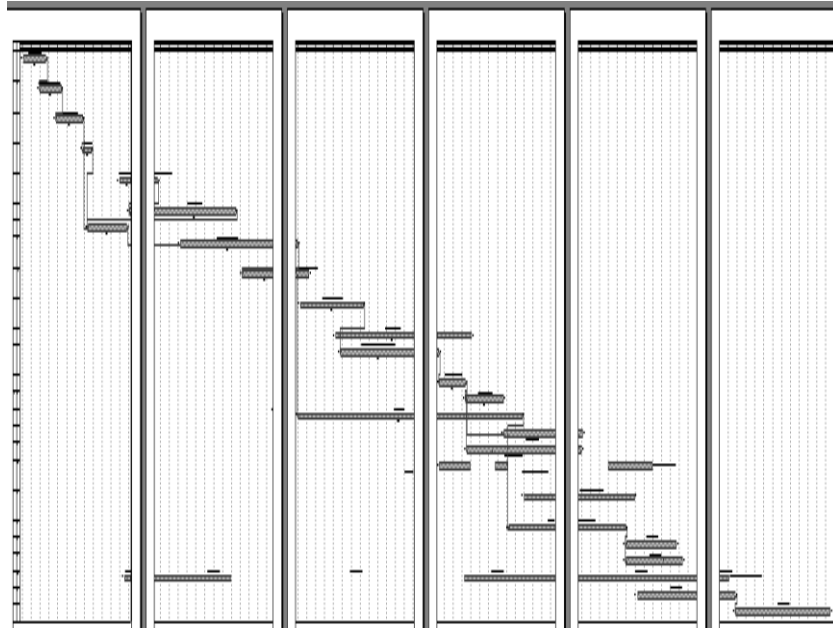
X_j : الوقت الإعتيادي لإنجاز الفعالية (i,j) .

t_{ij} : الفترة الزمنية لإنجاز الفعالية (i,j) .

7. الدراسة التطبيقية Application Study :

يتمثل الجانب التطبيقي للبحث بدراسة مشروع منتدى ثقافة وفنون وهو إحدى مشاريع الدائرة الهندسية والفنية في وزارة الشباب والرياضة والتي تعتمزم الدائرة بدورها إنشاء منتديات الثقافة والفنون في مناطق متعددة في بغداد والمحافظات وبنفس المواصفات الفنية من حيث التصميم والمساحة... الخ من المواصفات.

فقد جاءت رغبة الدائرة في تطبيق فكرة البحث في دراسة مشروع منتدى ثقافة وفنون بعد شرح مفصل للباحث عن فكرة البحث مع قسم التصميم والإشراف الهندسي في الدائرة الهندسية والفنية في وزارة الشباب والرياضة وكيفية توظيف الأساليب العلمية الحديثة في إدارة المشاريع، وقد سلم قسم الإشراف الهندسي الباحث بيانات التخطيط الخاصة بالمشروع بالإضافة الى مخطط جاننت والمبين في الشكل رقم 1 :

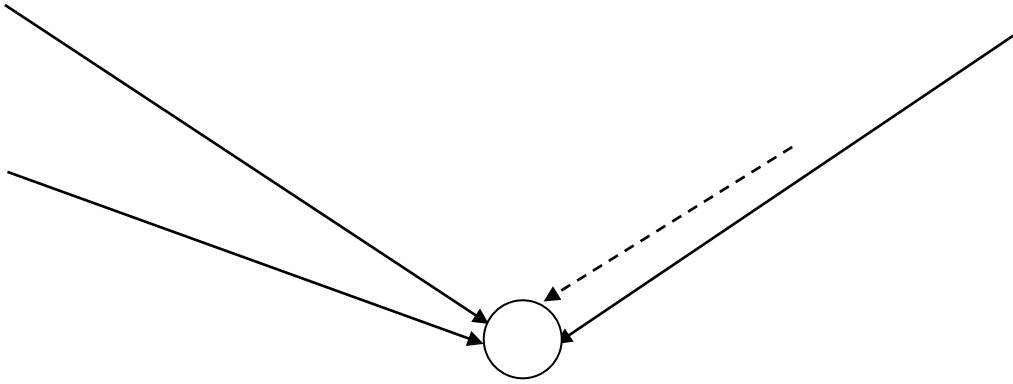


الشكل رقم 1 (مخطط جاننت Gantt Chart)

ومن خلال ما تم عرضه أعلاه فقد أعدَّ الباحث جدولاً يبين فيه فعاليات المشروع السابقة واللاحقة وفق أسبقية العمل من خلال البيانات الخاصة بالمشروع وكما مبين في الجدول رقم 1 :

رمز الفعالية	اسم الفعالية	الفعالية السابقة	الوقت الطبيعي (يوم)	الكلفة الطبيعية (مليون دينار)
A	اعمال تخطيط ورفع أنقاض واعمال مساحة	—————	18	11

			للموقع	
93.27	17	A	حفر قنوات الأسس مع صب كونكريت ضعيف لغرض فرش الحديد	B
284.25	21	B	اعمال فرش حديد الاسس ووضع قالب الأسس مع صب أساس البناية	C
15.68	7	C	اعمال صب الجسور الارضية قياس 40 سم	D
54.18	31	D	اعمال صب اعمدة الطابق الارضي	E
91.89	12	E	اعمال البناء بالطابوق الى حد مستوى البادلو مع صب البادلو	F
262.29	66	F	البناء بالطابوق فوق مستوى البادلو للطابق الارضي	G
205.91	75	F	اعمال صب سقف الطابق الارضي	H
26.21	35	H	اعمال تخطيط وصب ككرات اعمدة الطابق الاول مع صب الاعمدة	I
86.76	50	I	اعمال البناء بالطابوق للطابق الاول الى مستوى أسفل سقف الطابق الاول	J
205	90	G	الاعمال الحديدية للابواب والشبابيك والاعمال الخشبية	K
120.7	60	J	اعمال نصب القالب الخشبي وصب سقف الطابق الأول مع اعمال الحدادة	L
53.38	21	L	اعمال البناء لستارة السطح واكمال القواطع الداخلية بالطابوق	M
39.2	30	M	اعمال لبخ ستارة السطح وجوانب البناية	N
68.2	160	H	اعمال البياض للطابقين الارضي والاول	O
42.18	45	N	اعمال التسطیح ومفاصل التمدد	P
272.78	73	M	اعمال الحجر لواجهة البناية والمناور الوسطية واعمال الكوبوند	Q
40.21	70	G,H	اعمال مد الانابيب الصحية والمجاري	R
52.28	70	O,R	اعمال التطبيق لسيراميك الجدران للحمامات	S



الشكل رقم 2 (الشبكة من اعداد الباحث)

شبكة أعمال مشروع منتدى ثقافة وفنون

وبتوظيف أسلوب البرمجة الخطية يقوم الباحث بتحويل المخطط الشبكي للمشروع الى نموذج برمجة خطية لحساب طول المسار الحرج للمشروع وكما يلي :

$$\text{Min } Z = X_{21} - X_1 \quad \dots\dots\dots(7.1)$$

Subject to

$$X_2 - X_1 \geq 18 \quad \dots\dots\dots(7.2)$$

$$\dots\dots\dots(7.3) \quad X_3 - X_2 \geq 17$$

$$\dots\dots\dots(7.4) \quad X_4 - X_3 \geq 21$$

$$\dots\dots\dots(7.5) \quad X_5 - X_4 \geq 7$$

$$\dots\dots\dots(7.6) \quad X_6 - X_5 \geq 31$$

$$\dots\dots\dots(7.7) \quad X_7 - X_6 \geq 12$$

$$\dots\dots\dots(7.8) \quad X_8 - X_7 \geq 66$$

$$\dots\dots\dots(7.9) \quad X_9 - X_7 \geq 75$$

$$\dots\dots\dots(7.10) \quad X_{10} - X_9 \geq 35$$

$$\dots\dots\dots(7.11) \quad X_{11} - X_{10} \geq 50$$

$$\dots\dots\dots(7.12) \quad X_{12} - X_8 \geq 0$$

$$\dots\dots\dots(7.13) \quad X_{12} - X_9 \geq 0$$

$$\begin{aligned}
&\dots\dots\dots(7.14) \quad X_{13} - X_8 \geq 240 \\
&\dots\dots\dots(7.15) \quad X_{14} - X_{11} \geq 60 \\
&\dots\dots\dots(7.16) \quad X_{15} - X_9 \geq 160 \\
&\dots\dots\dots(7.17) \quad X_{15} - X_{12} \geq 70 \\
&\dots\dots\dots(7.18) \quad X_{16} - X_{15} \geq 75 \\
&\dots\dots\dots(7.19) \quad X_{17} - X_{14} \geq 21 \\
&\dots\dots\dots(7.20) \quad X_{18} - X_8 \geq 90 \\
&\dots\dots\dots(7.21) \quad X_{18} - X_{13} \geq 60 \\
&\dots\dots\dots(7.22) \quad X_{19} - X_{16} \geq 40 \\
&\dots\dots\dots(7.23) \quad X_{20} - X_{17} \geq 30 \\
&\dots\dots\dots(7.24) \quad X_{21} - X_{15} \geq 70 \\
&\dots\dots\dots(7.25) \quad X_{21} - X_{16} \geq 45 \\
&\dots\dots\dots(7.26) \quad X_{21} - X_{17} \geq 73 \\
&\dots\dots\dots(7.27) \quad X_{21} - X_{18} \geq 75 \\
&\dots\dots\dots(7.28) \quad X_{21} - X_{19} \geq 0 \\
&\dots\dots\dots(7.29) \quad X_{21} - X_{20} \geq 45 \\
&\dots\dots\dots(7.30) \quad , \quad j = 1,2,3,\dots,21 \quad X_j \geq 0
\end{aligned}$$

حيث أن :

X_j : تمثل الوقت الإعتيادي لإنجاز الفعالية (i,j) .

وبحل نموذج البرمجة الخطية أعلاه وباستخدام الحاسوب تظهر لدينا النتائج التالية والمبين في الجدول رقم 2

:

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	0	-1.0000	0	0	at bound	-1.0000	M
2	X2	18.0000	0	0	0	basic	0	M
3	X3	35.0000	0	0	0	basic	0	M
4	X4	56.0000	0	0	0	basic	0	M
5	X5	63.0000	0	0	0	basic	0	M
6	X6	94.0000	0	0	0	basic	0	M
7	X7	106.0000	0	0	0	basic	0	M
8	X8	172.0000	0	0	0	basic	0	M
9	X9	267.0000	0	0	0	basic	0	0
10	X10	341.0000	0	0	0	basic	0	0
11	X11	391.0000	0	0	0	basic	0	0
12	X12	357.0000	0	0	0	basic	0	0
13	X13	412.0000	0	0	0	basic	0	M
14	X14	451.0000	0	0	0	basic	0	0
15	X15	427.0000	0	0	0	basic	0	0
16	X16	502.0000	0	0	0	basic	0	0
17	X17	472.0000	0	0	0	basic	0	0
18	X18	472.0000	0	0	0	basic	0	M
19	X19	542.0000	0	0	0	basic	0	0
20	X20	502.0000	0	0	0	basic	0	0
21	XFINISH	547.0000	1.0000	547.0000	0	basic	1.0000	M
	Objective	Function	(Min.) =	547.0000	(Note:	Alternate	Solution	Exists!!)

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	18.0000	>=	18.0000	0	1.0000	0	M
2	C2	17.0000	>=	17.0000	0	1.0000	-18.0000	M
3	C3	21.0000	>=	21.0000	0	1.0000	-35.0000	M
4	C4	7.0000	>=	7.0000	0	1.0000	-56.0000	M
5	C5	31.0000	>=	31.0000	0	1.0000	-63.0000	M
6	C6	12.0000	>=	12.0000	0	1.0000	-94.0000	M
7	C7	66.0000	>=	66.0000	0	1.0000	-20.0000	M
8	C8	161.0000	>=	75.0000	86.0000	0	-M	161.0000
9	C9	74.0000	>=	35.0000	39.0000	0	-M	74.0000
10	C10	50.0000	>=	50.0000	0	0	-M	89.0000
11	C11	185.0000	>=	0	185.0000	0	-M	185.0000
12	C12	90.0000	>=	0	90.0000	0	-M	90.0000
13	C13	240.0000	>=	240.0000	0	1.0000	154.0000	M
14	C14	60.0000	>=	60.0000	0	0	-M	99.0000
15	C15	160.0000	>=	160.0000	0	0	121.0000	246.0000
16	C16	70.0000	>=	70.0000	0	0	-M	160.0000
17	C17	75.0000	>=	75.0000	0	0	36.0000	161.0000
18	C18	21.0000	>=	21.0000	0	0	-M	60.0000
19	C19	300.0000	>=	90.0000	210.0000	0	-M	300.0000
20	C20	60.0000	>=	60.0000	0	1.0000	-26.0000	M
21	C21	40.0000	>=	40.0000	0	0	-502.0000	45.0000
22	C22	30.0000	>=	30.0000	0	0	28.0000	69.0000
23	C23	120.0000	>=	70.0000	50.0000	0	-M	120.0000
24	C24	45.0000	>=	45.0000	0	0	40.0000	131.0000
25	C25	75.0000	>=	73.0000	2.0000	0	-M	75.0000
26	C26	75.0000	>=	75.0000	0	1.0000	-11.0000	M
27	C27	5.0000	>=	0	5.0000	0	-M	5.0000
28	C28	45.0000	>=	45.0000	0	0	43.0000	84.0000

الجدول رقم (2) (جدول نتائج حل النموذج الخطي لحساب طول المسار الحرج)

من النتائج أعلاه تبين أن طول المسار الحرج بلغ 547 يوماً وأن المسار الحرج هو :

A – B – C – D – E – F – G – W – X – Y

حيث أن الفعاليات أعلاه هي فعاليات حرجة.

علماً أن الباحث الآن في طور حساب الكلف الخاصة بضغط العامل الزمني لفعاليات المشروع مع بيان أعلى وقت ممكن ضغطه لكل فعالية ليقوم بعد جاهزية البيانات ببناء نموذج برمجة خطية يقوم فيه بحساب أقل كلفة ممكنة لإنجاز مشروع المنتدى وبأقصر مدة ممكنة، مع عمل تحليل الحساسية للنموذج لبيان الحدود الدنيا والعليا لتكاليف إنجاز فعاليات المشروع وإمكانية الرقابة على الأسعار وليؤقر الباحث لإدارة المشروع مرونة في عدة من القرارات حول وقت إنجاز المشروع وفقاً للميزانية المتوفرة لإدارة المشروع. ولعدم إكتمال بيانات كلفة الضغط حالياً سيكتفي الباحث بعرض نموذج البرمجة الخطية الخاص بحساب أقل كلفة ممكنة للمشروع فيما يأتي :

$$\text{Min } Z = \sum_{k=A}^Y C_k Y_k \quad \dots\dots\dots(7.31)$$

Subject to

1) Maximum Reduction Constraints قيود أعلى مدة ضغط لكل فعالية

$$Y_A \leq R_A, Y_B \leq R_B, \dots\dots\dots, Y_Y \leq R_Y \quad k = A, B, \dots\dots\dots, Y \quad \dots\dots(7.32)$$

2) Start – Time constraints قيود وقت بداية كل فعالية

$$i = 1, 2, \dots, 20, j = 2, 3, \dots, 21 \quad \dots(7.33) \quad X_j \geq X_i - t_{ij} - Y_K$$

3) Nonnegativity Constraints قيود عدم السالبة

$$\dots\dots\dots(7.34) \quad X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots\dots\dots, X_{21} \geq 0$$

$$\dots\dots\dots(7.35) \quad Y_A \geq 0, Y_B \geq 0, \dots\dots\dots, Y_Y \geq 0$$

4) Project Completion Constraint قيد إكمال المشروع

$$\dots\dots(7.36) \quad X_{21(\text{Finish})} \leq T$$

إذ أن : X_j : الوقت الإعتيادي للفعالية (i,j).

t_{ij} : الفترة الزمنية لإنجاز الفعالية (i,j) .

Y_k : متغير القرار لضغط الفعالية k

R_k : أعلى وقت ضغط للفعالية k

C_k : ميل الكلفة للفعالية K ، T : الوقت المطلوب لإكمال المشروع.

8. الإستنتاجات Conclusions :

توصل الباحث الى جملة من الإستنتاجات أهمها :

1. بلغت مدة المشروع 547 يوماً أي ثمانية عشر شهراً وأن كلفة إنجاز المشروع مقدارها 2,667,430,000 (ملياران وستمائة وسبعة وستون مليوناً وأربعمائة وثلاثون ألف) دينار عراقي.
2. ظهر أن المشروع يحتوي على مسار حرج واحد يتكون من الفعاليات الحرجة والتي وقت المرونة لها مقداره صفر وهو :

A – B – C – D – E – F – G – W – X – Y .

3. لتوظيف البرمجة الخطية في إدارة المشاريع دور فاعل في إنهاء المشروع في موعده المحدد من خلال الإلتزام باوقات الفعاليات المحددة وبالأخص الحرجة منها.
4. ان وفرة الموارد والخدمات والملاكات الفنية لها تأثير مباشر في إنجاز المشروع بالموعد المحدد.
5. حساب الأوقات الفائضة للفعاليات غير الحرجة يمكن إدارة المشروع من إستغلالها في تحويل الجهد الهندسي الى الفعاليات الحرجة لتدارك أي تأخير في تنفيذ هذه الفعاليات حفاظاً على الإلتزام بالمدة المحددة للمشروع.
6. إن التأخير في فحص المواد الإنشائية الداخلة في المشروع كفحص التربة والأسمت وحديد التسليح والمرمر والصب الكونكريتي... الخ وتأخير ظهور النتائج لها تأثير على عامل الوقت.
7. لقد ثبت بأن إستخدام الحاسوب والبرامجيات في التطبيقات العلمية لها دور فاعل في نجاح مهمة الكادر الإداري.
8. منح الصلاحيات الإدارية والمالية لإدارة المشروع لتتمكن من مواجهة أي قرار يتم أخذه من أجل الإلتزام بإكمال المشروع في موعده المحدد.

9. المصادر References :

1. الزبيدي، علي خليل، " التصادفية في شبكات الأعمال"،مجلة الإدارة والإقتصاد-كلية الإدارة والإقتصاد- الجامعة المستنصرية، العدد التاسع والخمسون 2006.
2. الشمرتي والزبيدي، أ.د.حامد سعد الشمرتي وعلي خليل الزبيدي، مدخل الى بحوث العمليات، عمان-الأردن دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى 2007.
3. حمدان، فتحي خليل — جامعة البترا، بحوث العمليات مع تطبيقات بإستخدام الحاسوب، عمان — الأردن، دار وائل للنشر الطبعة الأولى 2010.
4. شعبان، أ.م. عبد الكريم هادي كلية الإدارة والإقتصاد — جامعة الكوفة، تطبيقات في الأساليب الكمية وبحوث العمليات مشاكل.. وحلول، مطبعة الغري الحديثة -العراق 2008.
5. ELMABROUK, Omar M. ,” A Linear Programming Approach for the Optimization of the Activities in Maitenance Projects”, Internationl Journal of Engineering & Technology IJES-IJENS Vol 11 :No:01, February 2011 .
6. Feylizadeh, Mohammad Reza, Mohammad Modarres and Morteza Bagherpour, ”Optimal Crashing of Multi Period-Multi product Production Plannig Problems”, World Applied Sciences Journal 4(4) :499-505, 2008 .
7. Khalaf and June, Wakas S., Leong Wah, ”A Linear Programming for the Project Controlling”, Research Journal of Applied Sciences 4(5):202-212, 2009 .

8. Khalaf and Suon, Wakas S., Leong Wah June, Mohd Rizam Abu Baker, Lee Lai Suon, "A Linear Programming Approach to Maximize Savings by Stretching Noncritical Activities", Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4(11):5649-5657, 2010 .