تخفيض الكلفة والزمن باستخدام البرمجة الخطية

(مشروع كلية طب الاسنان / جامعة بابل)

م.م جاسم محمد حسين

الخلاصة

تتطلب وظيفة الجدولة كوظيفة ادارية تضاف إلى الوظائف الادارية الاخرى في التوجيه و التنظيم و التخطيط و الرقابة إلى استخدام اساليب تخطيطية اكثر كفاءة للوصول إلى الزمن الامثل والكلفة المثلى لتنفيذ المشروع ضمن الشروط المقبولة اقتصاديا وضمن حدود الموارد المتاحة

لقد تم استخدام نموذج البرمجة الخطية والبرمجة العددية (اسلوب التفريع والتحديد) لتحديد الزمن الامثل والكلفة المثلى لمشروع كلية طب الاسنان / جامعة بابل ، كمشروع هندسي مهم ، تأخر تنفيذه بعض الوقت ، كما تم مقارنة نتائج البرمجة الخطبة باسلوب CPM .

Abstract

Job scheduling requires an administrative ranking that should be added to the other management functions that entail guidance , regulation , planning and quality control which in turn utilizes further efficient methods of planning to live up to the optimal time and cost effect that would be implemented in projects execution within the pre-set economic limits and funds f the project's scope of work .

I have been using a liner numerical program system of branching and specificity t determine the optimal time and cost entailed in excuting the dentistry-medical college / Babylon university as a project that underwent a great delay while company the results of liner numerical program system using the CMP .

المقدمة

تُعدّ جدولة المشاريع من الوظائف الادارية المهمة التي تضاف إلى الوظائف الأخرى في التوجيه و التنظيم و التخطيط و الرقابة ، فالجدولة هي ضبط توقيت تنفيذ المشروع .

المشروع مجموعة من الانشطة المترابطة فيما بينها منطقياً التي يجب ان تنفذ في توقيت زمني معين . اما النشاط فهو العمل الذي يستغرق وقت وكلفة لتنفيذه .

ان جدولة المشروع كانت في السابق تتم باستخدام ادوات تخطيطية بسيطة ثم تطورت بعد ذلك باستخدام مخططات جانت التي تحدد وقت بداية ونهاية تنفيذ كل نشاط من أنشطة المشروع ولكن لا تبين علاقة التداخل المنطقي بين الانشطة .

ان الجدولة تتطلب استخدام أساليب تخطيطية اكثر كفاءة وفاعلية بهدف تحقيق الكفاءة المثلى عند التنفيذ وهي امكانية تخصيص الوقت المطلوب لانجاز المشروع ضمن شروط مقبولة اقتصاديا من خلال استخدام الموارد المتاحة .

لقد تطورت الجدولة باستخدام المسار الحرج CPM وأسلوب تقييم ومراجعة البرامج PERT في التحليل والتخطيط بالاعتماد على المخطط الشبكي Network الذي يبين مراحل تنفيذ المشروع وجدولة العمليات وتحليلها لتحقيق الرقابة التامة على استخدام الموارد وخاصة الايدي العاملة والمواد الاولية وغيرها من المستلزمات حيث يعتبر هذا الاسلوب مكملا لأعمال الادارة في الرقابة والتوجيه والتنظيم والتخطيط لتحقيق هدف معين .اذ اسلوب CPM و PERT تعدُّ اساسات سليمة لبناء خطة متناسقة للمشروع من خلال مراقبة تنفيذ المشروع الذي يتكون من عدة انشطة وتحديد الانشطة التي تحتاج إلى مراقبة مستمرة لانها تتسبب بتأخير تنفيذ المشروع .

منهجية البحث

مشكلة البحث

دراسة علمية لجدولة احد المشاريع الهندسية المهمة (مشروع كلية طب الاسنان / جامعة بابل) لما لهذا المشروع من اهمية لعدم وجود بناء مستقل لهذة الكلية ،ونتيجة لتاخر تنفيذة قمنا بدراسة جدولتة لتحديد زمن تنفيذة الامثل وكلفتة المثلى.

هدف البحث

١- استخدام نموذج البرمجة الخطية كاسلوب متقدم عن اسلوب CPM و PERT بعد صياغة المشكلة رياضيا .
٢- استخدام البرمجة العددية integer programming (اسلوب التفريع والتحديد branch and buund) لحل النموذج .
٣- تحديد الزمن الامثل والكلفة المثلى .
٤- مقارنة نتائج البرمجة الخطية مع اسلوب CPM .

١. المخطط الشبكي

مجموعة من الخطوط المتصلة ببعضها بدوائر (عقد Nodes) حيث تمثل هذه الدوائر الحوادث events أي النقاط الزمنية التي تحدد بداية ونهاية العمل . اما الخطوط المتجهه أو الاسهم فتمثل الانشطة activities اللازمة لإنجاز عمليات المشروع .

ترقم العقد (الدوائر) حسب تسلسل الاعداد الطبيعية بحيث تتجه الاسهم من رقم اقل إلى رقم أعلى للحفاظ على التسلسل المنطقي لأنشطة المشروع .

والامثلة كثيرة على شبكات الاعمال منها خطوط سكك الحديد ، خطوط الاتصالات ، شبكات الانابيب ، شبكات الطيران وغيرها .

وفيما يلي القواعد الخاصة برسم المخططات الشبكية :

١- كل نشاط يجب ان يمثل بسهم واحد فقط على المخطط الشبكي .
٢- كل نشاط يجب ان يبدأ وينتهي بحدث event .

٣- لايجوز اشتراك اكثر من نشاط واحد بحدثيّ البداية والنهاية لان ذلك يؤدي إلى تداخل انشطة المشروع ولمعالجة ذلك نستخدم نشاط وهمي بزمن يساوي صفر (النشاط الوهمي عبارة عن قيد معين يمثل اعتماد واقعة معينة على واقعة اخرى ولا يتطلب زمن لانه يمثل وقت اعداد أو وقت انتظار ، مثال عن ذلك جفاف السمنت قبل البدء بعملية البناء .

٤-للحفاظ على العلاقة المنطقية لتتابع الانشطة يتم تحديد الانشطة التي يجب ان تنفذ قبل البدء بتنفيذ نشاط معين وما هي الانشطة اللاحقة وكذلك تحديد الانشطة المتزامنة (المستقلة) .

٢. طريقة المسار الحرج CPM Critical path method

المسار الحرج سلسلة من الانشطة الحرجة التي تربط نقطة البداية والنهاية في المخطط الشبكي،سميت بالحرجة ؛لأن أي تأخير في تنفيذها يؤدي إلى تاخير تنفيذ المشروع ولأن الوقت الفائض لها يساوي صفراً .

تتضمن حسابات المسار الحرج تطبيق نوعين من الحسابات الاولى تسمى بالحسابات الامامية Forward وهذه تبدأ من اول نقطة زمنية في المخطط الشبكي وتتجه بشكل تصاعدي متسلسل إلى النقطة الزمنية الاخيرةفي المخطط الشبكي وعند كل نقطة زمنية يتم حساب رقم يمثل وقت البداية المبكر Earliest يرمز له Es_i للأنشطة التي تبدأ بالحدث i حيث يوضع هذا الرقم داخل مربع .

اذا كانت $i = 1$ (أول نقطة زمنية)

$$Es_1 = 0$$

وعليه فإن

$$Es_j = Max\ (Es_i + D_{ij})$$

حيث D_{ij} وقت تنفيذ النشاط (i , j) أو i-j ، i<j .

اما النوع الثاني من الحسابات فيسمى بالحسابات العكسية Backward وهذه تبدأ من النقطة الزمنية الاخيرة للمخطط الشبكي ثم تتجه بشكل تنازلي متسلسل إلى النقطة الزمنية الاولى في المخطط الشبكي وعند كل نقطة زمنية يتم حساب رقم يمثل وقت الانجاز المتأخر Latest يرمز له Lc_i حيث يوضع هذا الرقم داخل مثلث .

فإذا كانت $i = n$ (الحدث الاخير)

$$\Delta\ Lc_n = Es_n$$

وعليه فإن

$$Lc_n = Min\ (Lc_j - D_{ij})$$

يقال للنشاط (i ، j) بأنه نشاط حرج اذا حقق الشروط الثلاث الاتية :

1. $Es_i = Lc_i$
2. $Es_j = Lc_j$
3. $Es_j - Es_i = Lc_j - Lc_i = D_{ij}$

كذلك ، يمكن تحديد المسار الحرج من تحديد الوقت الفائض للأنشطة من خلال تعريف ما يلي :

زمن الانجاز المبكر ويرز له Ec_{ij}

$$Ec_{ij} = Es_i + D_{ij}$$

زمن البداية المتأخر Ls_{ij}

$$Ls_{ij} = Lc_j - D_{ij}$$

لذا فإن وقت الفائض الكلي TFij

$$TF_{ij} = Lc_j - Ec_{ij} \qquad \text{Or} \qquad TF_{ij} = Ls_{ij} - Es_i$$

٣. البرمجة الخطية في جدولة المشروع :

إن أسلوب البرمجة الخطية ذو كفاءة عالية في تحديد التركيب والتوقيت الامثل لأنشطة المشروع .

ليكن

Kij الزمن الطبيعي لتنفيذ النشاط i – j .

Lij الزمن التعجيلي لتنفيذ النشاط i – j .

Cij الميل او كلفة تخفيض النشاط بوحدة زمنية واحدة .

Tij متغير عشوائي يمثل مدة تنفيذ النشاط وتقع بين Lij و Kij (غير معروفة)

ti وقت تنفيذ الحادثة حيث $i = 1,2,3 \ldots\ldots n$

بحيث $tn - t1$ يمثل طول المشروع .

Z تكلفة المشروع .

T زمن تنفيذ المشروع .

F تكلفة غير مباشرة لكل وحدة زمنية .

وعليه يمكن تحديد الفترة الزمنية الصغرى للمشروع T والتوقيت الامثل للأنشطة .

لذا فإن نموذج البرمجة الخطية يكتب بالشكل :

$$\text{Min } Z = F(tn - t1) + \sum_{i,j} Cij\ (Kij - tij)$$

Subject to :

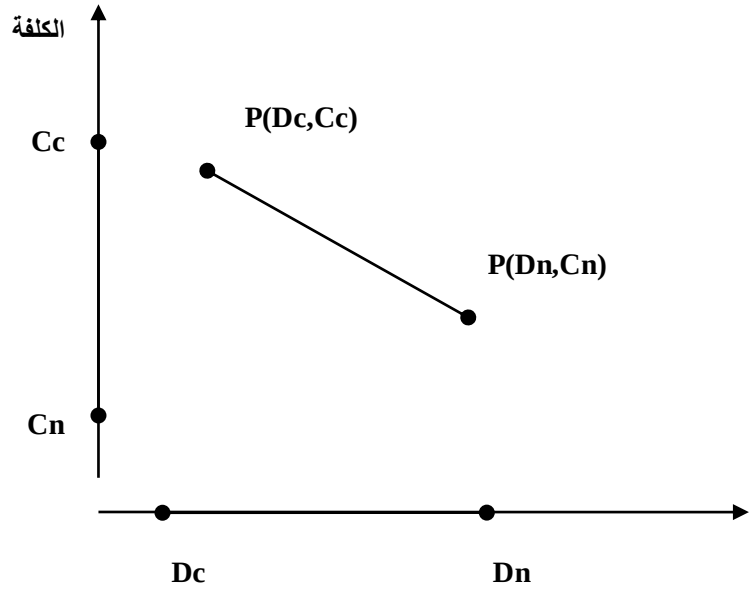
$$t_j - t_i \geq t_{ij}$$

$$l_{ij} \leq t_{ij} \leq k_{ij} \qquad \forall \text{ i and j}$$

$$t_i \geq 0$$

٤. اعتبارات الكلفة في جدولة المشاروع :

هناك علاقة خط مستقيم بين الزمن والكلفة على اساس وجود علاقتين للزمن والكلفة احدهما النقطة الطبيعية Natural point P(Cn,Dn) والثانية حالة الضغط او التقليص (التعجيل) P(Dc,Cc) Crash point فإذا خفض الزمن زادت التكاليف .



اما الميل slop هو كلفة تخفيض النشاط بوحدة زمنية واحدة حيث :

$$Slop = \frac{\Delta Cost}{\Delta Duration} = \frac{Cc-Cn}{Dn-Dc}$$

اما خطوات التخفيض :

١. نرسم المخطط الشبكي ونحدد المسار الحرج في ظل الظروف الطبيعية للمشروع .
٢. نبدأ بتقليص وقت التنفيذ وذلك بتقليص الانشطة الحرجة المكونة للمسارالحرج (لان الوقت الفائض في تنفيذها يساوي صفر) ولكي نحصل على التقليص بأقل كلفة ممكنة نختارالنشاط الحرج ذات اقل ميل (أقل تكلفة) .
٣. في حالة وجود اكثر من سار حرج في المخطط الشبكي ، نختار نشاط حرج ذات اقل ميل من كل مسار حرج نخفضهما في آن واحد بوحدة زمنية واحدة ثم نضيف ميلهما على الكلفة السابقة .
٥. الجانب التطبيقي :

اولا : الطريقة الاولى :

من اجل الحصول على الوقت الامثل لتنفيذ المشروع بأقل كلفة ممكنة ، تم تقليص (تخفيض) الانشطة الحرجة إلى اوقاتها التعجيلية بعد ان تم تحديد المسار الحرج في ظل الظروف الطبيعية

ثانيا : الطريقة الثانية :

لتحقيق هدف البحث في الحصول على زمن بداية النشاط وزمن تنفيذ النشاط والكلفة الكلية للمشروع ، تم صياغة نموذج برمجة خطية وكما يلي :

$$Min\ Z = 286511(52-t_{12}) + 396{,}045(62-t_{23}) + 4{,}861{,}393(55-t_{35}) + 848{,}305(104-t_{24}) + 2{,}373{,}587(100-t_{57}) + 10{,}298{,}465(120-t_{68}) + 584{,}180(134-t_{67}) + 904{,}361(195-t_{811}) + 1{,}756{,}012\ (165-t_{9,10}) 72{,}796{,}030(165-t_{10,11})$$

$s.t_0$:

$t_2 - t_1 \geq t12$

$t_3 - t_2 \geq t23$

$t_5 - t_3 \geq t35$

$t_4 - t_2 \geq t24$

$t_7 - t_5 \geq t57$

$t_8 - t_6 \geq t68$

$t_7 - t_6 \geq t67$

$t_{11} - t_8 \geq t8,11$

$t_{10} - t_9 \geq t8,10$

$t11 - t10 \geq t10,11$

$48 \leq t12 \leq 52$

$61 \leq t23 \leq 62$

$40 \leq t35 \leq 55$

$97 \leq t24 \leq 104$

$86 \leq t57 \leq 100$

$113 \leq t68 \leq 120$

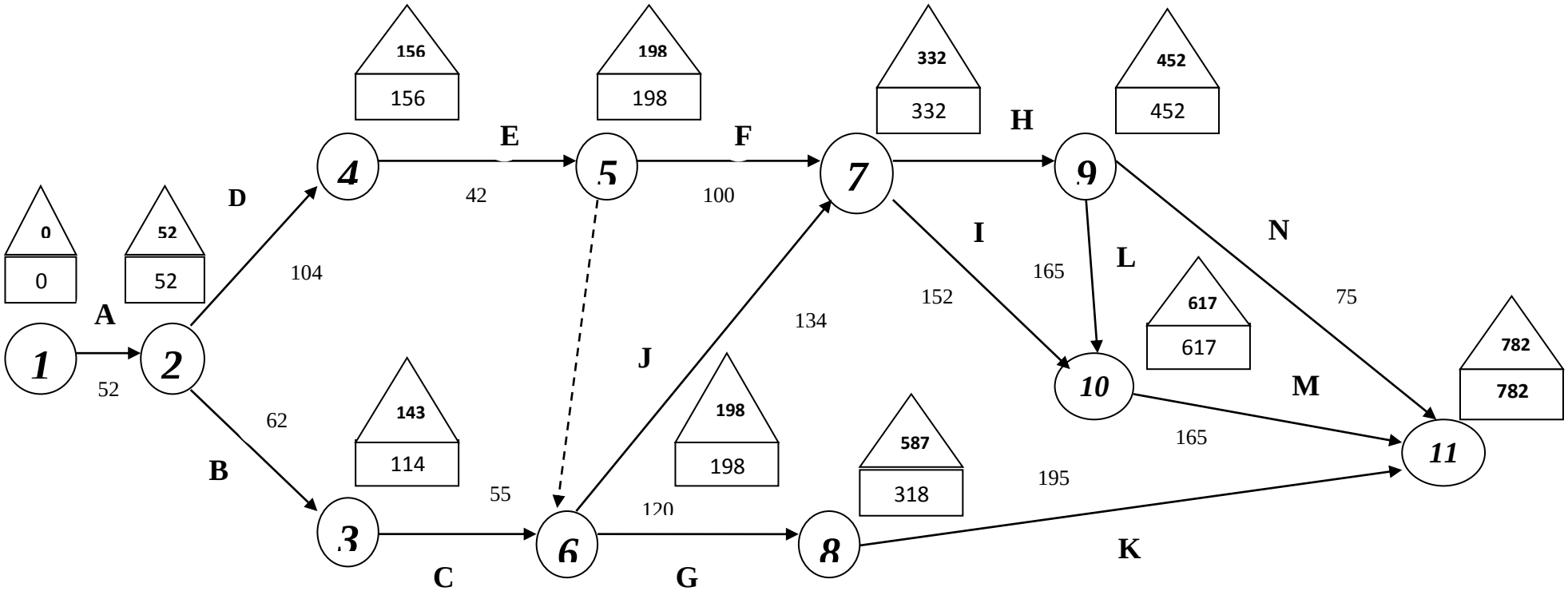
$133 \leq t67 \leq 137$

$183 \leq t8,11 \leq 195$

$158 \leq t9,10 \leq 165$

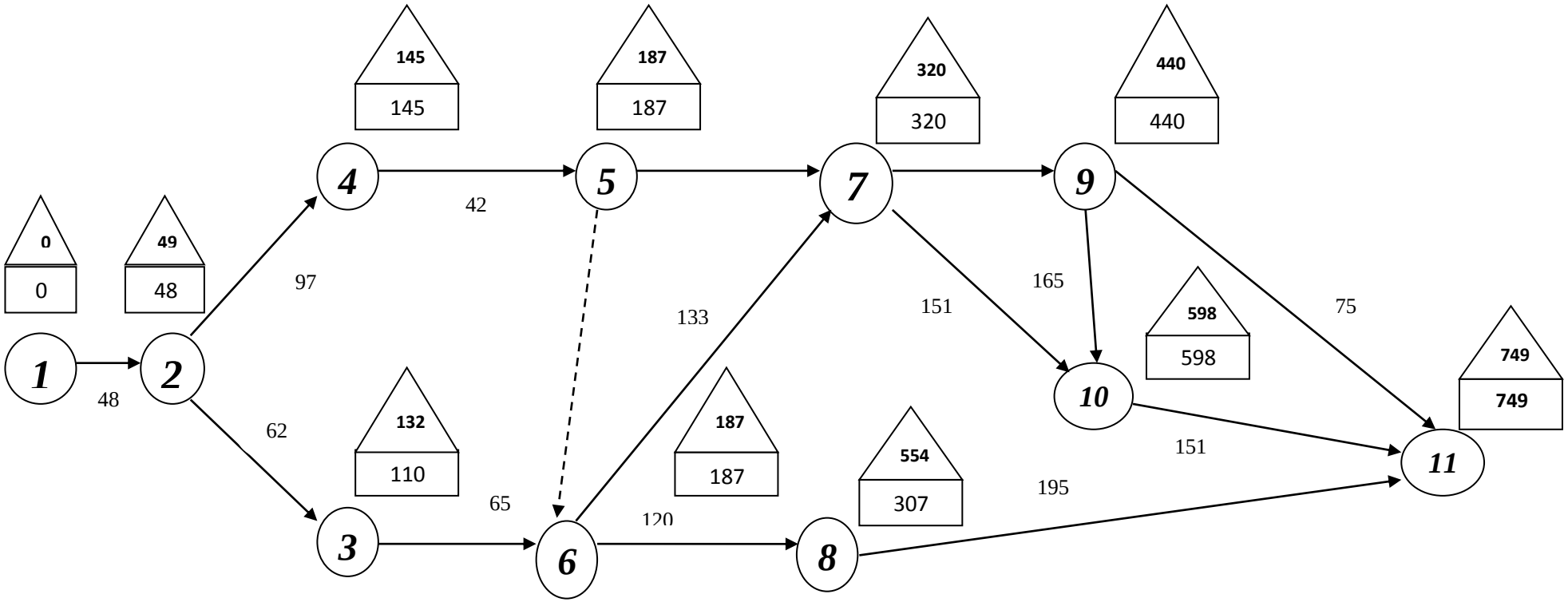
$151 \leq t10,11 \leq 165$

$T1,t2, \ldots, t11 \geq 0$



Time : 782

Cost : 14513560460



Time : 749

Cost : 15551665323

	D	Earliest Ec_{ij}		Latest Lc_j		Total float TF_{ij}
		Start	Completion	Start	Competion	
A 1 – 2	52	0	52	0	52	0
B 2 – 3	62	52	114	81	143	29
C 3 – 6	55	114	164	143	198	29
D 2 – 4	104	52	156	52	156	0
E 4 – 5	42	156	198	156	198	0
وهمي 5 – 6	0	198	198	198	198	0
F 5 – 7	100	198	298	232	332	34
G 6 – 8	120	198	318	467	587	269
H 7 – 9	120	332	452	332	452	0
I 7 – 10	151	332	483	466	617	134
J 6 – 7	134	198	332	198	332	0
K 8 – 11	195	318	513	587	782	269
L 9 – 10	165	452	617	452	617	0
M 10 – 11	165	617	782	617	782	0
N 9 – 11	175	452	527	707	782	255

Cp : 1-2-4-5-6-7-9-10-11

52+104+42+0+134+120+165+165 = 782 يوم

ولحل هذا النموذج تم استخدام البرمجة الخطية العددية liner and integer programming حيث تم الحصول على النتائج التالية في 30 iteration وكما في الجدول أدناه :

جدول رقم (١) يمثل زمن تنفيذ المشروع

$t_{12}=52$	$t_{23}=62$	$t_{35}=55$	$t_{24}=104$	$t_{57}=100$
$t_{68}=120$	$t_{67}=134$	$t_{811}=195$	$t_{910}=165$	$t_{1011}=0$

جدول رقم (٢) يمثل زمن بداية النشاط

$t_1=0$	$t_2=52$	$t_3=114$	$t_4=156$	$t_5=169$
$t_6=135$	$t_7=269$	$t_8=255$	$t_9=285$	$t_{10}=450$

وأن الكلفة الكلية للمشروع = 14,410,529,642

الاستنتاجات :

لقد استخدمنا طريقتين لجدولة المشروع فتوصلنا الى النتائج التالية :

١- من تخفيض زمن – كلفة المشروع توصلنا بالخطوة (الحسابات التكرارية) رقم ٣٣ الى ان :

زمن تنفيذ المشروع ٧٤٩ يوم

الكلفة الكلية للمشروع = ١٤،٥١٣،٥٦٠،٤٦٠ دينار

٢- من نموذج البرمجة الخطية العددية توصلنا بالخطوة رقم ٣٠ الى ان :

الكلفة الكلية للمشروع = ١٤،٤١٠،٥٢٩،٦٤٢ دينار

كما توصلنا الى ان زمن تنفيذ وزمن بداية كل نشاط من انشطة المشروع وكما مبين في الجدول رقم (١) (٢) .

٣- يوصي الباحث بأن يستخدم طريقة البرمجة الخطية لجدولة المشروع؛ لانها تؤدي الى اقل التكاليف .

المصادر :

1. *Gapta p.k and hair D.s , operation research ,LTD newdelhi 1979 .*
2. *Hamdy A. Taha , operation research an introduction , 3rd ed Macemillian 1982 .*
3. *Philips , operation research principles and practice , joh wily , new York 1976 .*
4. *Skalavathy , operating research , 3rd ed , vikas puplishing house LTD 2005 .*
5. *جابر ، عدنان وسلمان ضوية ، مقدمة في بحوث العمليات ، بيت الحكمة ١٩٨٨ .*

الفقرة	النشاط	Dn	Dc	Cn	Cc	slope
اعمال التسوية والتخطيط والحفرياتالترابية لأسس وحفريات اسس المماشي	A	52	48	56 353 955	57 500 000	286 511
اعمال الدفن بالجلمود السبيس تحت الاسس	B	62	61			396 045
الاملانيات الترابية مع الدفن بالسبيس تحت الارضيات الداخلية والمماشي الخارجية مع الاملانيات الترابية للحديقة الوسطية مع الرش بمادة الكلوردين	C	55	40			4 861 393
صب خرسانة التعمية تحت الاسس وعلى شكل طبقتين بينهما طبقة من القير مع صب خرسانة مسلحة للاسس	D	104	97			848 305
صب خرسانة غير مسلحة تحت الارضيات الداخلية والمماشي الخارجية وخرسانة سكة المماشي مع خرسانة لاسس القواطع الداخلية وطبقة التسوية بالارضية المحيطة بالحديقة	E	42	42			0/0
صب خرسانة مسلحة للاعمدة للطابق الارضي والاول	F	100	86			2 373 587
صب خرسانة مسلحة للسقوف والاعتاب والسلالم والاعتاب فوق الفتحات للطابق الارضي والاول	G	120	113			10 298 465
البناء بالطابوق تحت البادلو وصب غير مسلحة لمانع الرطوبة	H	120	120			0/0
البناء بالطابوق فوق ستوى مانع الرطوبة للجدران الرئيسية والقواطع والطابق الارضي والاول والساتر	I	151	151			0/0
الاعمال المعدنية والخشبية	J	134	133			584 180
اعمال التطبيق والانهاءات والتسطيح	K	195	183			904 361
الاعمال الصحية	L	165	158			1 756 012
الاعمال الكهربائية	M	165	151			72 796 030
اعمال التكييف	N	75	75			0/0