مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

برمجة مونوغرامات العمليات البنائية غير المتجانسة المنجزة بطريقة التنفيذ المتتابع

الدكتور المهندس : علي جنّود *

(قبل للنشر في 1998/12/29)

□ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى تقديم اقتراح لطريقة التنفيذ المتتابع لتنظيم العمل البنائي،وقد ركز في تضاعيفه على عناصر الحالة القرارية إلى حين إعداده. وبغية تقييم فعالية حلول الطرق التنظيمية اعتمد مبدأ الزمن – الكلفة ، كما أولى البحث اهتمامه بالخصائص التركيبية للمشكلة (نظرية التركيب) التي تم بحثها و مناقشتها في خطوات البحث ، من خلال إيجاد حل لها بالاعتماد على طريقة التقسيم والتحديد المدعمة بالطريقة التقريبية.

* مدرس في قسم الإدارة الهندسية والانشاء – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

TIMING UNHOMOGENEOUS BUILDING PROCESSES REALIZED USING THE STREAM MRTHOD

Dr. Ali Ganoud*

(accepted 29/12/1998)

❐ ABSTRACT ❐

the paper presents a proposal stream method to organize the building work, which takes into account the elements of decision situation omitted up till now. The time –cost criterion is formulated for the estimation of the efficiency of this method .in view of the characteristics of the problem (the theory of combination) ,it is solved by the branch and bound method, supported by the numerical simulation.

Lecturer in Engineering of management and construction faculty- *University of Tishreen, Faculty of Civil Engineering, Lattakia, Syria.

1 ــ مقدمـــــة:

إن التخصص في عمل المجموعات البنائية وإدخال الصناعة في البناء وزيادة جبهات العمل أدى إلى ضرورة البحث عن صيغ جديدة في التنظيم البنائي، نتج عنه إدخال طريقة التنفيذ المتوازي في عملية تنظـيم البناء نظرياً وعملياً [1,2]. تؤمن هذه الطريقة الاستمرارية والرقابة بالنسبة لفرق العمل المتخصصة، وتتجلى متابعة طريقة التنفيذ المتوازي وتطورها باستخدام الأعمال المتعلقة بتنظيم تخطيط العمليـات البنائيـة غيـر المتجانسة وذلك بوساطة طرق التنفيذ المتتابع [3,4، 5].

وتتشابه المشاريع المنفذة بوساطة طريقة التنفيذ المتتابع مع طريقة التنفيذ المتوازي ، باعتبار أنهمـا يتشابهان في الوسائط التنظيمية اللازمة للعملية الإنتاجية. فمثلاً في حال مبنى أو جملة مباني يتم تقسيمها إلى جبهات عمل ، كما يتم توزيع مراحل العمل على منفذين مختصين، أو مجموعات عمالية مختصة.

وليس ثمة شك أن إيجاد حلول للمسائل التنظيمية بطريقة التنفيذ المتتابع للمشروع المـراد تنفيـذه مرتبطة بشكل مباشر بجبهات العمل ، وبالمجموعات العمالية العاملة فيها ، كما أن طرق تنفيذ العمل المتتابع، والمستفاد منها في التخطيط الإنتاجي البنائي ، تضم أقساما مختلفة من المسائل المثالية، حين يتم البحث مـن خلال هذه الطرق عن الترتيب المثالي للتنفيذ، أو المراحل المثالية لتنفيذ المشروع المراد إقامته، بحيـث يـتم إنجازه في أقل زمن ممكن، مع الإشارة إلى أنه ينبغي أن يتم الربط والتعاون بين جبهات العمل المختلفة مـن أجل تأمين الاستمرارية في عمل المجموعات العمالية والآليات ...

وعلى الرغم من وجود عدد من المزايا في موديلات طرق التنفيذ المتتابع، إلا أنه يمكننـا تسـجيل بعض الملاحظات التالية عليها وهي:

1. لم تلحظ هذه الطريقة مدة وجود وسائط التنفيذ تحت التصرف وذلك أثناء تحليل الزمن، مع التأكيد علـى أنه يفترض أن تكون تحت التصرف بشكل دائم.
2. تساوي حالتي التصرف وعدمه لوسائط الإنتاج والآليات أثناء اعتماد الطريقة.
3. اعتماد معيار وحيد يؤدي إلى التنفيذ بأقل زمن ممكن دون اعتبار سرعة التنفيذ.
4. المرونة غير الكافية لدى التخطيط لاختيار الموديل المثالي.
5. تضييق مجال التحليل، بمعنى أنها تولي أهمية للزمن على حساب استخدام تحليل وسائط الإنتاج.
6.

2 ـ الصيغة العامة للمشكلة:

إن فكرة كل طرق تنظيم العمل المتتابع تتمثل في الموديل التنظيمي التالي:

– المعطيات هي مجموعة المشاريع البنائية المعدة للتنفيذ:

$$\mathbf{O} = \{ O1, O2, \ldots\ldots , Oi, \ldots\ldots, On \} \qquad (1)$$

والتي يفترض لتنفيذها القيام بالعمليات البنائية المشكلة في المجموعة:

$$\mathbf{M} = \{ M1, M2, \ldots\ldots, Mj, \ldots\ldots, Mm \} \qquad (2)$$

كما يجب أن يتم التنفيذ في نظام تكنولوجي محدد:

$$MI \sim M2 \sim \ldots\ldots \sim Mm \qquad (3)$$

أما المعطيات الاستثمارية (مجموعة O) فسيتم تنفيذها عن طريق فرق عمل مختصة وآلات والتي تشكل المجموعة:

$$\mathbf{B} = \{ B1, B2, ..., Bj, ..., Bm \} \quad (4)$$

والمجموعة **M** هي المجموعة المخصصة لتنفيذ كل العمليات البنائية المختلفة.

- إن زمن العمل لتنفيذ المعطيات " **O** " يتمثل بالمصفوفة:

$$\mathbf{T} = \{ t_{ij} \}_{n.m} \quad (5)$$

باعتبار t_{ij} يحدد زمن العملية Mj في المشروع Oi بواسطة وسيلة التنفيذ Bj.

بفرض أن الموديل التنظيمي السابق إلزامي ، وفي حال الموديل التخطيطي يشترط أن زمن توفر فرق العمل بالشكل التالي:

$$T^{db} = \left[T_1^{db} , T_2^{db} , ..., T_j^{db} , ..., T_m^{db} \right] \quad (6)$$

باعتبار T_j^{db} يحدد الزمن الأكثر إيكاراً لإمكانية وصول وسيلة التنفيذ " j " لإنجاز العمل المطلوب في المشروع.

إن المدة اللازمة لوصول فرق العمل والآليات لها أهمية كبيرة بالنسبة للمنفذ العام ، كما لها دور أساسي ومؤثر على مواعيد تنفيذ المهام المطلوبة حسب الهرمونوغرام المعد سابقاً.

كما أن العنصر الهام في المشروع هو المعيار الذي يقيم جودة الحل التنظيمي.

وتأسيساً على ذلكّ فإن جميع طرق تنظيم العمل المتتابع تتخذ كمعيار لها اختصار زمن التنفيذ للمشروع، مع الإشارة إلى أن لهذا المعيار مساوئ هي:

1 - لايؤمن مرونة في التخطيط.

2 - يؤثر على توسيع جبهة العمل.

3 - لايميز بين أهمية الأقسام المنفذة ومختلف وسائط التنفيذ.

لذلك يتم اتخاذ معيار آخر وهو معيار **الزمن ــ الكلفة** ، الذي يسمح لنا بإلغاء بعض مساوئ المعيار السابق.

نفترض أنه معلوم لدينا وحدات تكاليف الخسائر والتي يسببها وقوف وسائط التنفذ عن العمل (نقص في استمرارية العمل):

$$K^b = \left[K_1^b , K_2^b ....., K_j^b , ..., K_m^b \right] \quad (7)$$

ولنفترض أن معيار جودة الحل التنظيمي سيبعد عن الحد الأدنى لمجموع تكاليف الخسائر التي تسببها الاستراحات في عمل وسائط التنفيذ حيث يمكن كتابة ذلك بالعلاقة التالية:

$$\min Z: Z = \sum \left[T_j^{zb} - T_j^{db} - T_j^{eb} \right] . K_j^b \quad (8)$$

باعتبار T_j^{zb} : هي موعد انتهاء العمل لوسيلة التنفيذ **j** للمهمة المطلوبة.

T_j^{eb} : زمن العمل الفعلي لوسيلة التنفيذ **j** .

وكما يلاحظ من العلاقة (8) أن هدفنا هو إيجاد المواعيد T_j^{zb} وذلك لأجل:

$j = 1 , 2 , 3 , ..., m$

ذلك لأن عليها - فقط - تعتمد قيمة التابع Z باعتبار أن بقية المقادير معروفة وثابتة في المسألة.

وكما هو معروف أيضاً، فإن المواعيد في المشاريع غير المتجانسة والمراد القيام بها تعتمد على ترتيب تنفيذ أقسام العمل. لذلك يتوجب علينا أثناء حل التمرين تحديد الترتيب المثالي لتنفيذ الأعمال وإيجاد المواعيد: T_{ij}^{zp} , T_{ij}^{rp} .

والذي يحدد مواعيد بداية ونهاية عملية البناء j في المشروع I، وكما يظهر في طرق تنظيم العمل المتتابع يشترط أيضاً مايلي:

- عدم تجزئة العمليات الأساسية الأولية.
- في مشروع ما وفي لحظة معينة تعمل وسيلة إنتاج واحدة فقط (فريق عمل ، آلية).
- دخول وسائط التنفيذ أو العمل إلى المشاريع المتتالية بترتيب ثابت.
- ترتيب تنفيذ المشاريع يكون حراً وغير ثابت أثناء إعداد الحلول.

إن صياغة المبدأ تعتمد على الخبرة العملية ، وبالتالي فإن هموم المنفذين تنحصر في السيطرة على مجموعاتهم المتخصصة، ويطمحون إلى استمرارية العمل خاصة بالنسبة للمجموعات والآليات التي يعطي عملها ربحاً كبيراً بالنسبة لإدارة المشروع.

3 ــ الموديل الرياضي للمسألة:

يمكن تحديد الموديل الرياضي للمسألة كما يلي:

نجد المتغيرات للمجموعة $O = \{ O1 , O2 , ... , On \}$ للمشاريع ، والتي نستنتج لها:

$$(9)\ \min Z: Z = \sum_{j=1}^{m}\left[T_{nj}^{zb} - T_{j}^{zb} - \sum_{i=1}^{n} t_{ij} \right] . K_{j}^{b}$$

باعتبار أن المتغير T_{nj}^{zb} يعني أقصر موعد لانتهاء التنفيذ للعملية j في المشروع n والذي يكون الأخير في الترتيب لتنفيذ المشاريع ، وحيث يتم إيجاده حسب العلاقات التالية:

$$(10)\ T_{1,1}^{zp} = T_{1}^{zp} + t_{01,1}$$

$$T_{i1}^{zp} = T_{i-1,1}^{zp} + t_{oi,1} \qquad (i = 2,3,.....,n) \qquad (11)$$

$$(12)\ T_{1j}^{zp} = \max\left\{ T_{j}^{db} , t_{1,j-1} \right\} + t_{o1j} \qquad (j = 2,3,.....,m)$$

$$T_{1j}^{zp} = \max\left\{ T_{i-1,j}^{zp} , T_{i,j-1}^{zp} \right\} + t_{oij} \begin{Bmatrix} i = 2,3,.....,n \\ j = 2,3,.....,m \end{Bmatrix} \qquad (13)$$

العلاقتان (10) – (13) تنتج من حدود المسألة المفترضة، وبالاستناد عليها ومن أجل كل متغير في المجموعة O نكون قادرين على تحديد مواعيد انتهاء الأعمال المنفذة بوساطة المجموعات والآليات في كل قسم من الأقسام بشكل منفصل.

أما مواعيد بدء الأعمال المنفذة بوساطة وسائط التنفيذ في أقسام العمل المنفصلة – مع الإفتراض بأنه لايجوز توقف العمل فيها –، نجده من خلال العلاقة التالية:

$$(14)\ T_{i,j}^{rp} = T_{i,j}^{zp} - t_{ij} \qquad \begin{Bmatrix} i = 1,2,.....,n \\ j = 1,2,.....,m \end{Bmatrix}$$

بتحليل موديل الحالة القرارية المعروضة نلاحظ:

$$k_m^b >> K_j^b \qquad (j = 1,2,.....,m-1) \qquad (15)$$

تقودنا هذه المشكلة إلى إيجاد الحل ذي الزمن الأقصر لتنفيذ مجموعة المشاريع أو الأقسام**O** .

4 ــ طريقـــــة الحـــــــل:

إن التجارب العملية تحدد لنا المسألة المعروضة لدينا كما يلي:

لترتيب عينات البضائع على أجهزة الإنتاج [6]، فإن عدد الحلول الممكنة يساوي !n .

إن المسألة المحددة لترتيب العينات المختلفة من البضائع على آلات الإنتاج تم إيجاد حل لها بمعيار الـــزمن، ولهذا لم يؤخذ بعين الاعتبار أثناء حل المسألة مواعيد محددة لاستعمال الآلات، ولذلك لايمكن الاستفادة مـــن ألغوريتمات حل المسألة في صياغة حل لتلك المشكلة، إلا أن التشابه الكبير بين المسألتين يســـهل اســـتخدام طريقة الحل نفسها وهي (**BROOWN - LOMNICKI**) [6]، ولإيجاد حل للمسألة المصوغة تم اعتماد طريقة التقسيم والتحديد المدعمة بطريقة (**MONTE - CARLO**) [2].

وكما هو معلوم فإن طريقة التقسيم والتحديد تعتمد على استبدال الشكل العام للحلول الممكنة بأشـــكال جزئية، حيث يتم إيجاد الحدود الدنيا لتابع الهدف، مع الإشارة إلى أن الحدود الدنيا لتابع الهدف فـــي الحلـــول الجزئية لاتشكّل فائدة كبيرة، لكنها تتطور لتشكل حلولاً مثالية للمسألة.

إن مجموعة الحلول الجزئية تكون محددة بالاستناد إلى قيمة الحدود العليا لتابع الهدف مـــن جهـــة ، ومن جهة ثانية نعلم أن الحدود الدنيا لتابع الهدف تشكل القيمة الحقيقية لهذا التابع الذي يعد أفضل حل ممكن، وكلما كانت هذه القيمة قريبة من المثلى ، كلما كانت مجموعة الحلول الجزئية أفضل وبالتالي فإن عملية إيجاد الحلول للمسألة أسرع، كما أن تحديد مجموعة الحلول الجزئية يعتمد على إقصاء جميع الحلول ذات الحـــدود الدنيا ، والتي فيها قيمة الحد الأدنى لتابع الهدف تتجاوز الحدود الدنيا لذلك التابع.

لنحاول الآن إيجاد الحدود العليا لتابع الهـــدف بوســـاطة طريقـــة (**MONTE - CARLO**) ، ويجري تحديد ترتيب تنفيذ المشاريع بالقرعة، وبمزيد من التجارب الحظية [2].

يتم إيجاد قيمة تابع الهدف لكل مشروع و يحفظ الحل الأفضل في ذاكرة الكمبيـــوتر (قيمـــة تـــابع الهدف والترتيب التنفيذي للمشاريع)، وقيمة تابع الهدف التي نحصل عليها بهذه الطريقة هي نفسها قيمة الحد الأعلى في طريقة التقسيم و التحديد.

إن مجموعة التقسيم لجميع حلول المتغيرات " n " تعين حسب قاعدة LLB التي تعني

(اختر الرأس الفعّال الحالي بأقل ما يمكن من الحدود الدنيا) ، نبدأ بتقسيم المتغيرات ! n إلى مجموعات جزئيةn والتي يحل فيها في المكان الأول المشروع On ، .... ، O2 ، O1 والمجموعات الجزئية هي:

{O1} ،{ O2} ، .... ، { Oi } ، ..... ، { On }

وتكون التقسيمات الأخرى مماثلة، مثلاً: في حال التقسيم يشمل المجموعة {O2} فنقسمها إلـــى (n-1) مجموعة جزئية للمتغيرات تبدأ من O2 . ونحصل بعدها على المجموعات:

{O2,O1} ، {O2,O3}، ..... ، { O2,Oi}، ..... ، {O2,On}

في حال أن مادة التقسيم هي المجموعة {O2,O3 }نقسمها إلى (n-2) مجموعة جزئية للمتغيرات تبدأ مـــن O2,Oi ونحصل على المجموعات:

{ O2,Oi,O1} ، { O2,Oi,O3}، .... ،{O2,Oi,On}

وهكذا ...فإن المجموعات الجزئية هي عبارة عن رؤوس شجرة الحل، وعملية التقسيم إلى مجموعات جزئية تنتهي إذا كانت المجموعة الخاضعة للتقسيم كاملة (أي تملك n-1 عنصر).

يتم إيجاد قيمة الحد الأدنى لتابع الهدف حسب صيغة التابع الحدي، مع اعتبار قيم تابع الهدف المختصرة (التكاليف والخسائر المتوقعة) لكل متغير، والمحددة بمتغير جزئي (تنسيق المشاريع الأولى r).

بفرض أن $Wr=\{ il,i2....,ir\}$ هي عبارة عن المتغيرة الحرة لـ r عنصر من مجموعة المشاريع $O = \{O1,O2,....,On\}$ و $G(Wr)$ مجموعة ! (m-r) متغير تبدأ بـ **Wr**، التابع المحدد يصاغ بالشكل التالي :

$$L\left(G(Wr)\right) = \sum_{j=2}^{m}\left[S_j^t - T_j^{db} - \sum_{i=1}^{n} t_{ij}\right].K_j^b \qquad (16)$$

باعتبار S_j^t : هي الفترة المحددة لانتهاء العمل بواسطة التنفيذ j لمتغيرات المجموعة:

$O = \{ o1,o2,...., on \}$ والتي تبدأ بـ $Wr = \{ I1 , I2 ,.....,ir \}$

والذي يعرف من خلال العلاقات التالية:

$$S_1^t = T_{r1}^{zp} + \sum_{i \notin Wr} t_{il} \qquad (17)$$

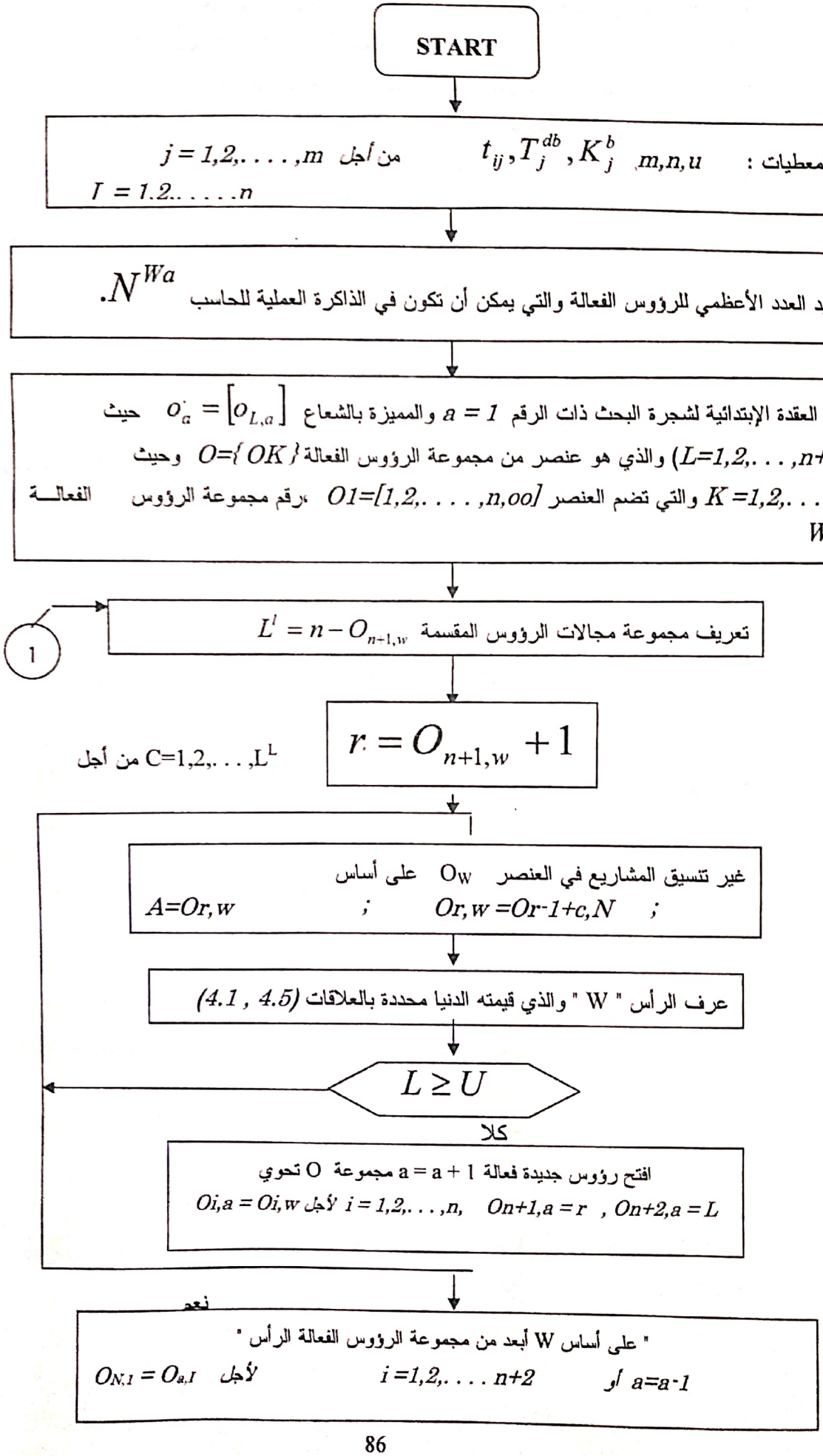
$$S_L^t = \max\left\{A_L\ ,\ B_L\right\} \qquad (L = 2,3,.....,m) \qquad (18)$$

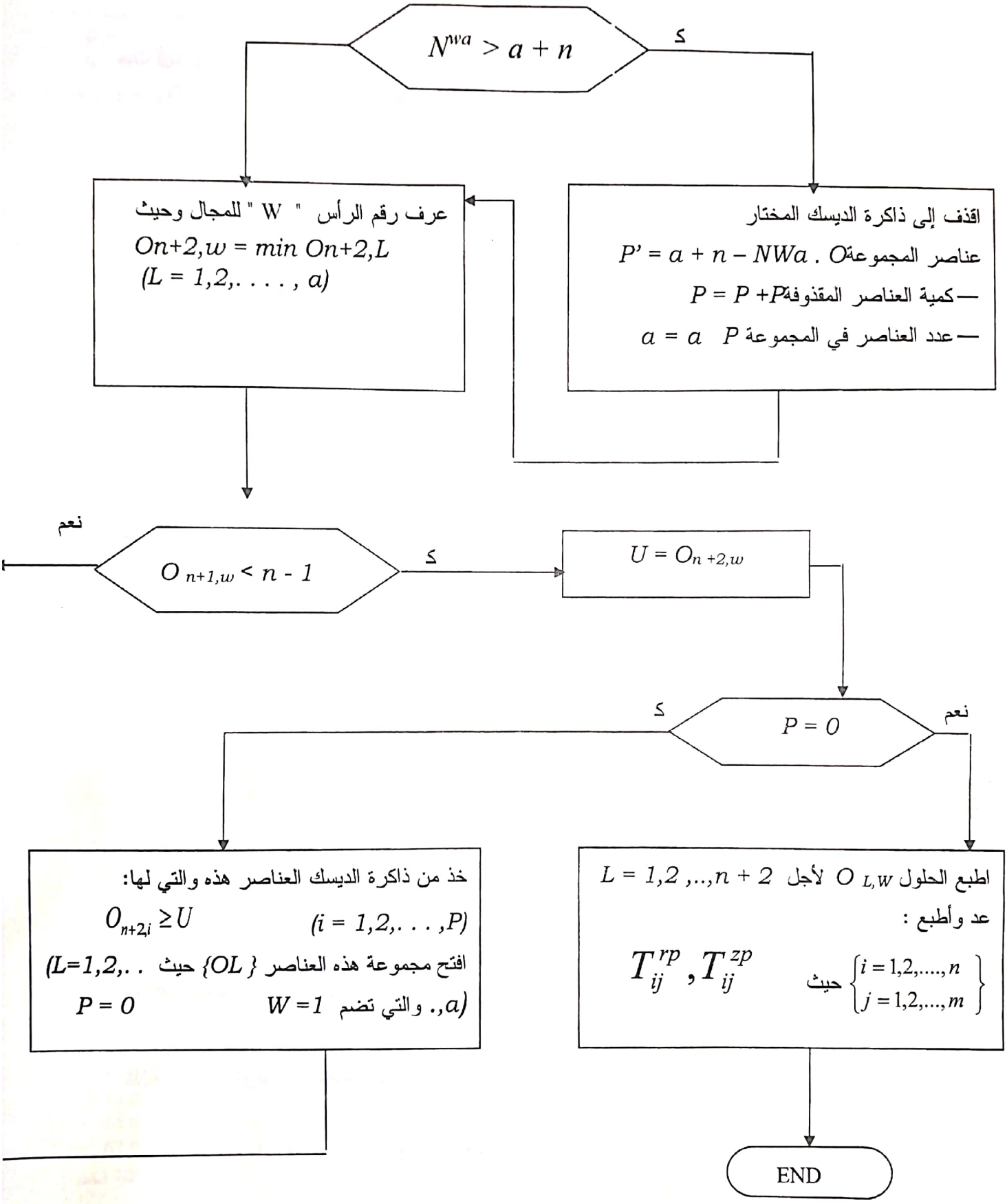
$$A_L = T_{rL}^{zp} + \sum_{i \notin Wr} t_{iL} \qquad (19)$$

$$B_L = \max_k\left[S_k^t + \min_{j \notin Wr} \sum_{j=k+1}^{L} t_{ij}\right] \qquad (K = 1,2,.....,L-1) \qquad (20)$$

باعتبار T_{rL}^{zp} : هي فترة انتهاء العملية L في المشروع irالأخير في المجموعة **WR** .

يبين الشكل (1) المخطط النهجي للبرنامج الذي تم إعداده من قبلنا، والموضح الترتيب المثالي لإنجاز المشاريع بطريقة التقسيم والتحديد.


START
المعطيات : t_{ij}, T_j^{db}, K_j^b m,n,u من أجل $j = 1,2,\ldots,m$
$I = 1.2.\ldots.n$
تحديد العدد الأعظمي للرؤوس الفعالة والتي يمكن أن تكون في الذاكرة العملية للحاسب N^{Wa}.
افتح العقدة الإبتدائية لشجرة البحث ذات الرقم $a = 1$ والمميزة بالشعاع $o_a^{\cdot} = [o_{L,a}]$ حيث
$(L=1,2,\ldots,n+2)$ والذي هو عنصر من مجموعة الرؤوس الفعالة $O=\{OK\}$ وحيث
$K=1,2,\ldots,a)$ والتي تضم العنصر $O1=[1,2,\ldots,n,oo]$ رقم مجموعة الرؤوس الفعالة
$W=1$
1
تعريف مجموعة مجالات الرؤوس المقسمة $L^l = n - O_{n-1,w}$
$r = O_{n+1,w} + 1$
من أجل C=1,2,. . .,L^L
غير تنسيق المشاريع في العنصر O_W على أساس
$A=Or,w$; $Or,w = Or-1+c,N$;
عرف الرأس " W " والذي قيمته الدنيا محددة بالعلاقات (4.1 , 4.5)
$L \geq U$
كلا
افتح رؤوس جديدة فعالة a = a + 1 مجموعة O تحوي
$Oi,a = Oi,w$ لأجل $i = 1,2,\ldots,n$, $On+1,a = r$, $On+2,a = L$
نعم
" على أساس W أبعد من مجموعة الرؤوس الفعالة الرأس "
$O_{N,1} = O_{a,1}$ لأجل $i = 1,2,\ldots n+2$ أو $a=a-1$



الشكل (1): المخطط النهجي الذي يوضح الترتيب المثالي لإنجاز المشاريع بطريقة التقسيم والتحديد.

كل رأس من شجرة البحث يكون مميزاً بالشعاع :

$$O_L = [O_{1L}, O_{2L}, ... , O_{nL}, O_{n+1,L}, O_{n+2,L}] \quad L= 1,2,. . .,a \quad (4.6)$$

حيث أن:

- $\{O_{1L}, O_{2L}, \ldots, O_{nL}\}$ هي مجموعة أرقام المشاريع.
- O_{n+1L} هو العدد البدائي لعناصر المجموعة $\{O1L, O2L, \ldots, OnL\}$ والتي لها موقع محدد في النسق أو الحل الجزئي الممثل بالرأس الفعال "L" .
- $O_{n+2,L}$: قيمة الحد الأدنى لتابع الهدف من أجل النسق الجزئي المعين سابقاً.

5-مثال

من أجل تبيان إمكانية هذه الطريقة نعرض المثال التالي والذي يتضمن إيجاد الترتيب التنفيذي لثمانية مبانٍ والمنفذ فيها ست عمليات . مصفوفة أزمنة تنفيذ العمليات موضحة كما يلي :

$$T = \begin{array}{c} \\ \text{المباني} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} \text{العمليات البنائية} & & & & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 3 & 7 & 4 & 9 & 8 & 12 \\ 4 & 6 & 8 & 3 & 9 & 7 \\ 8 & 12 & 4 & 8 & 11 & 15 \\ 4 & 7 & 8 & 3 & 1 & 2 \\ 8 & 9 & 5 & 12 & 13 & 11 \\ 5 & 7 & 8 & 3 & 4 & 9 \\ 5 & 4 & 2 & 9 & 8 & 5 \\ 7 & 3 & 2 & 6 & 3 & 9 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array}$$

مواعيد الحصول على وسائط التنفيذ :

$$T^{db} = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 3 & 5 & 7 & 8 \end{bmatrix}$$

كلفة واحدة التوقف لوسائط التنفيذ الواحدية :

$$K^{b} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

من أجل المعطيات السابقة تم ايجاد أربعة حلول مثالية ذات تابع هدفي ذي قيمة Z=74 (جدول 1)

ترتيب تنفيذ المشاريع

1 2 7 6 5 4 8 3

زمن بدء العمل في مختلف المشاريع

0.0	3.0	10.0	14.0	21.0	29.0
3.0	10.0	16.0	24.0	29.0	41.0
7.0	10.0	24.0	27.0	38.0	48.0
12.0	20.0	27.0	36.0	46.0	53.0
17.0	27.0	36.0	41.0	53.0	66.0
25.0	36.0	43.0	53.0	66.0	77.0
29.0	43.0	51.0	56.0	67.0	79.0
36.0	46.0	58.0	62.0	70.0	88.0

زمن إنهاء العمل في مختلف المشاريع

3.0	10.0	14.0	23.0	29.0	41.0
7.0	16.0	24.0	27.0	38.0	48.0
12.0	20.0	26.0	36.0	46.0	53.0
17.0	27.0	35.0	39.0	50.0	62.0
25.0	36.0	41.0	53.0	66.0	77.0
29.0	43.0	51.0	56.0	67.0	79.0
36.0	46.0	53.0	62.0	70.0	88.0
44.0	58.0	62.0	70.0	81.0	103.0

كلفة الخسارة هي Z=74

ترتيب

6 5 4 8 3

زمن بدء العمل في مـ

10.0	14.0	23.0	29.0
14.0	23.0	32.0	41.0
20.0	32.0	40.0	49.0
28.0	36.0	49.0	56.0
36.0	41.0	23.0	66.0
43.0	53.0	66.0	77.0
51.0	56.0	67.0	79.0
58.0	62.0	70.0	88.0

زمن إنهاء العمل في مـ

14.0	23.0	29.0	41.0
16.0	32.0	40.0	46.0
28.0	35.0	49.0	56.0
36.0	39.0	53.0	65.0
41.0	53.0	66.0	77.0
51.0	56.0	67.0	79.0
53.0	62.0	70.0	88.0
62.0	70.0	81.0	103.0

كلفا Z=74

ترتيب تنفيذ المشاريع

1 2 7 6 5 4 8 3

زمن بدء العمل في مختلف المشاريع

0.0	3.0	10.0	14.0	23.0	29.0
3.0	10.0	16.0	24.0	29.0	41.0
7.0	16.0	24.0	27.0	38.0	48.0
12.0	20.0	27.0	36.0	46.0	53.0
17.0	27.0	36.0	41.0	53.0	66.0
25.0	36.0	41.0	53.0	66.0	77.0
32.0	39.0	46.0	59.0	69.0	86.0
36.0	46.0	58.0	62.0	70.0	88.0

زمن إنهاء العمل في مختلف المشاريع

3.0	10.0	14.0	23.0	29.0	41.0
7.0	16.0	24.0	27.0	38.0	48.0
12.0	20.0	26.0	36.0	46.0	53.0
17.0	27.0	35.0	39.0	50.0	62.0
25.0	36.0	41.0	53.0	66.0	77.0
32.0	39.0	43.0	59.0	69.0	86.0
36.0	46.0	54.0	62.0	70.0	88.0
44.0	58.0	62.0	70.0	81.0	103.0

كلفة الخسارة هي Z=74

ترتيب

6 5 8 4 3

زمن بدء العمل في مـ

10.0	14.0	23.0	29.0
14.0	23.0	32.0	41.0
20.0	32.0	40.0	49.0
28.0	36.0	49.0	56.0
36.0	41.0	53.0	66.0
41.0	53.0	66.0	77.0
46.0	59.0	69.0	86.0
58.0	62.0	70.0	88.0

زمن إنهاء العمل في مـ

14.0	23.0	29.0	29.0
16.0	32.0	40.0	46.0
28.0	35.0	49.0	56.0
36.0	39.0	53.0	65.0
41.0	53.0	66.0	77.0
43.0	59.0	69.0	86.0
54.0	62.0	70.0	88.0
62.0	70.0	81.0	103.0

كلفة الخسـ

الجدول (1) حلول انجاز 8 مشاريع بطريقة التنفيذ المتتابع وبأقل استراحات ممكنة لوسائط تنفيذ العمل

وبما أنه تم الافتراض أن التكاليف الواحدية لوسائط التنفيذ j=1.2.3.4.5.6 تكون مساوية للواحد $(K_j^b = 1)$ ،فإنه قيمة تابع الهدف يمكن ملاحظتها من خلال كمية الاستراحات المتناظرة في عمل هذه الوسائط لمجمـــوع المباني نت أجل الحلول الأربعة وهي 103 وحدة زمنية .

إن الشكل (2) يبين سيكلو غرام الحل الأمثل الأول.

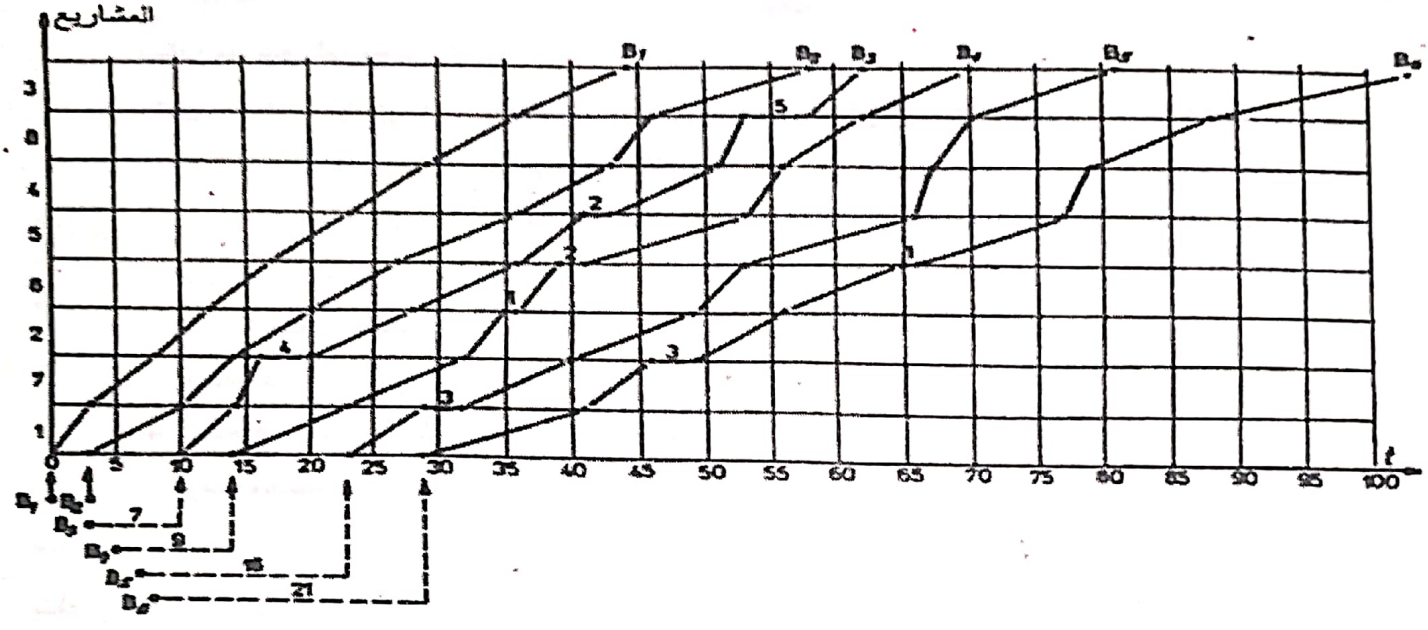
وكما أوضحنا في الفقرة الثالثة من البحث يمكننا بوساطة ألغور يتم مساعد إيجاد الحل التنفيـــذي لمجموعـــة المباني ذات الزمن الأقل لتنفيذ كامل العمل ، في هذه الخالة ،يجب وحتى آخر واسطة تنفيذ – الفرض بوجود تكاليف كبيرة من جراء الوقوف .

من أجل مثالنا نفرض : K^b=[1 1 1 1 1 10]

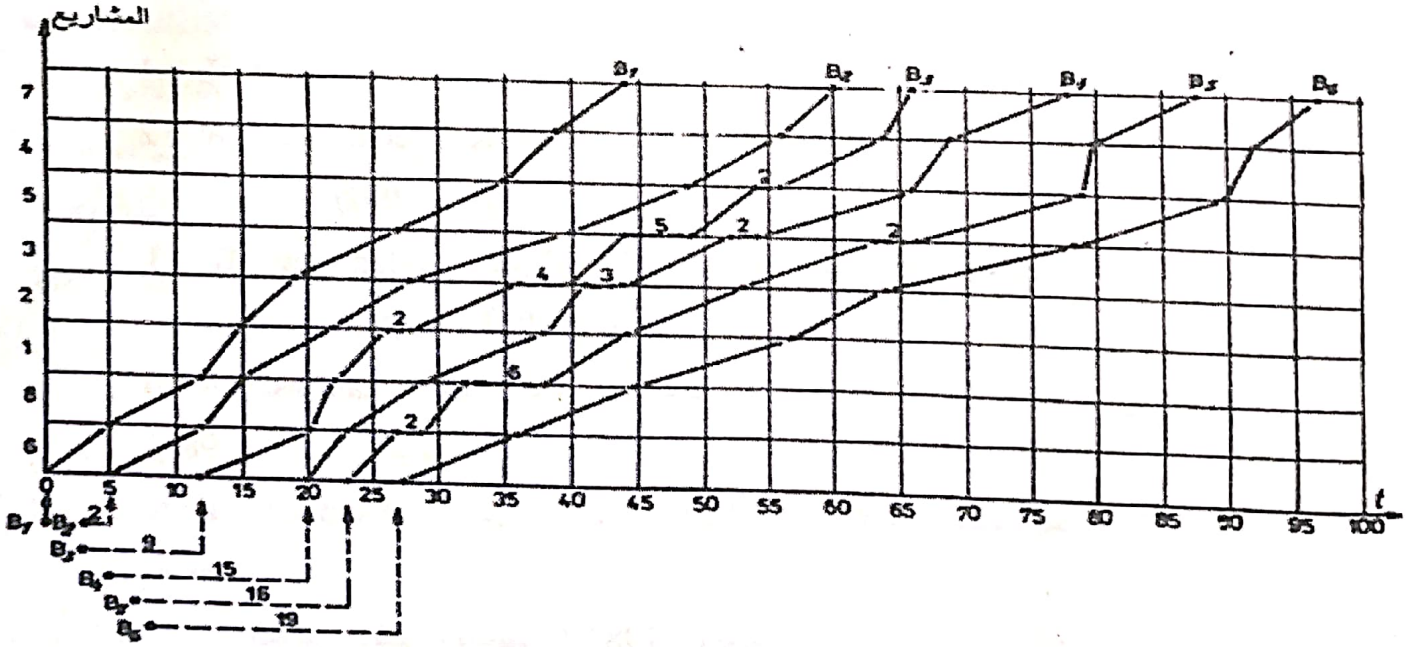
تم إيجاد الحل المثالي(جدول2) حيث زمن انتهاء العمل فيه يساوي (97) وحدة زمنية (أقصر زمن ممكـــن). والاستراحات والتوقفات تساوي (28) وحدة زمنية كما في الشكل (3) الموضح للحل الأمثل للتنفيذ المشار إليه بالجدول (2) .

		ترتيب انتفيذ المشاريع			
		6 8 1 2 3 5 4 7			
		زمن بدء العمل في مختلف المشاريع			
0.0	5.0	12.0	20.0	23.0	27.0
5.0	12.0	20.0	23.0	29.0	36.0
12.0	15.0	22.0	29.0	38.0	45.0
15.0	22.0	28.0	38.0	44.0	57.0
19.0	28.0	40.0	44.0	35.0	64.0
27.0	40.0	49.0	54.0	66.0	79.0
35.0	49.0	56.0	66.0	79.0	90.0
39.0	56.0	64.0	69.0	80.0	92.0
		زمن إنهاء العمل في مختلف المشاريع			
5.0	12.0	20.0	23.0	27.0	36.0
12.0	15.0	22.0	29.0	32.0	45.0
15.0	22.0	26.0	38.0	44.0	57.0
19.0	28.0	36.0	41.0	53.0	64.0
17.0	40.0	44.0	52.0	64.0	79.0
35.0	49.0	54.0	66.0	79.0	90.0
39.0	56.0	64.0	69.0	80.0	92.0
44.0	60.0	66.0	78.0	88.0	97.0
		كلفة الخسارة هي	Z=260		

الجدول (2) حلول إنجاز 8 مشاريع بطريقة التنفيذ المتتابع وبأقل زمن تنفيذ لمجموعة المشاريع



الشكل (2) سيكلوغرام تنفيذ المشاريع بأقل استراحة لعمل الورشات



الشكل (3) سيكلوغرام تنفيذ المشاريع بأقل زمن لإنهائه

6 - الخاتمـــــــــة:

نستنتج مما سبق الملاحظات والنتائج التالية:

1- إن الطريقة السابقة توسع إمكانية استخدام طرق تنظيم العمل المتتابع في تخطيط المشروعات ، وخاصـــة مجال تحليل درجة استمرار العمل لوسائط التنفيذ.

2- إيجاد تابع الهدف الزمن ــ الكلفة يجعل الحل المعتمد قريباً من الحل الأمثل للتنفيذ زمنياً، وكذلك توجيه فرق العمال والآليات بشكل أفضل على جبهات العمل.

3- تتصف الحلول المستنتجة بهذه الطريقة بدورها القصير نسبياً في تنفيذ مجموعة الأعمـــــــــال (مجموعة المشاريع).

4- تسمح فترة الحصول على وسائط التنفيذ اللازمة بإمكانية الحصول على المرونة الضـــرورية للتخطـيط الزمني ولمختلف المشاريع.

- المراجـــــــــع -

1 - Rowinski L . تنظيم العمليات البنائية ، PWN ، وارسو / 1979 / ، بولونيا

2 - Lenkiewicz W ، Jaworski K . التنظيم والتخطيط البنائي، جامعة وارسو، وارسو /1992 / ، بولونيا .

3 - Afanasjew W . التقييم المعقد لطريقة التنفيذ المتتابع للأعمال التنظيمية ، المـــؤتمر العلمي، كرينيتسا / 1981 /، بولونيا.

4- Czaplinski K . إنجاز المشاريع البنائية . الأساس النظـــري ، جامعـــة فروتســواف /1983/ ، بولونيا.

5- Hejducki z . مسائل الاستفادة من الموارد في عمليات البنـــاء وإنجـــاز المشـــاريع المعقدة ،

المؤتمر العلمي ، يادفيشن / 1983 / ، بولونيا .

6- Siudak M . معالجة العمليات، طباعة جامعة وارسو التقنيـــة، وارســـو / 1986 /، بولونيا.