

## خوارزمية مقترحة لجدولة المعالجات المتعددة

محمود محمد ظاهر العبادي\*\*

أحمد محمود السبعائي\*

### المستخلص:

يتضمن هذا البحث اقتراح خوارزمية جديدة لجدولة المعالجات المتعددة في الحاسبة الالكترونية حيث تم مقارنتها مع خوارزمية جدولة المستوى الأعلى أولاً مع تقدير الوقت (HLFET (Highest Level First With Estimated Time) وخوارزمية جدولة المستوى الأصغر أولاً مع تقدير الوقت (Smallest Co-Level) و SCFET (With Estimated Time) وعلى افتراض إن كلف الاتصال بين العمليات مساوي للصفر حيث اظهرت الخوارزمية الجديدة كفاءة عالية وسهولة بالاستخدام حتى في حالة تغيير أوقات التنفيذ للعمليات.

### Proposed Algorithm For Multiprocessor Scheduling

#### ABSTRACT

This study finds out a new algorithm for scheduling problem in computer, This algorithm was compared with HLFET (Highest Level First With Estimated Times Scheduling Algorithm) and SCFET (Smallest Co-Levels First With Estimated Times Scheduling Algorithm) scheduling algorithms. By letting the communication cost be equal to zero, It shows high efficiency and easy to use.

\* أستاذ مساعد / كلية علوم الحاسبات والرياضيات

\*\* مدرس مساعد / كلية علوم الحاسبات والرياضيات

## 1. المقدمة:

تستخدم الجدولة بشكل عام في أنجاز المهام المعقدة لأي مشروع حيث إن جدولة المعالجات هو النظام المستخدم لسحب عملية من بين العمليات المنتظرة في صفوف الانتظار وتخصيص المعالج لها وتنفيذها.

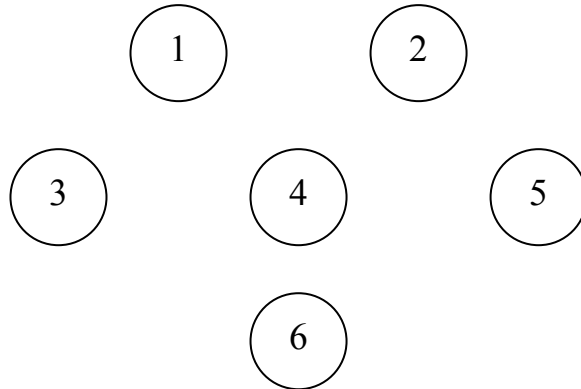
وتعتبر خوارزمية الجدولة دالة أساسية في أنظمة التشغيل وغالبا ما تجدول كل الحاسبات قبل استعمالها وقد اتجهت البحوث الحديثة نحو دراسة الجدولة على الحاسبة الالكترونية ذات المعالج الواحد والمعالجات المتعددة. إن معظم الحلول التي وضعت لها تستخدم أساليب بحوث العمليات وأساليب رياضية وإحصائية فضلا عن علوم الحاسبات من خلال الخوارزميات المتعلقة بالجدولة

## 2. المفاهيم الأساسية :

العمليات المستقلة (غير المترابطة) independent processes : [3]

[4]

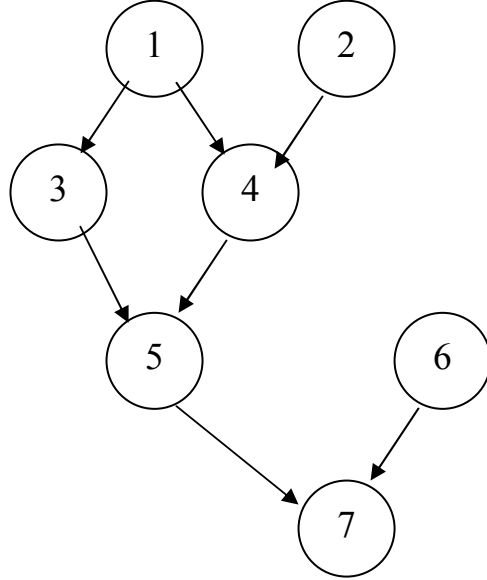
هي تلك التي لا يوجد ارتباط بينها، أي غياب علاقة الأسبقية بين تلك العمليات، ومن ثم الاختيار العشوائي لأية عملية عند تنفيذها لا يؤثر في سير تنفيذ العمليات الأخرى ما لم يتم الحكم بالاختيار بحسب خوارزميات جدولة معينة. الشكل (1) يوضح العمليات المستقلة.



الشكل (1) العمليات المستقلة

العمليات المترابطة Dependent Processes : [6] [8]

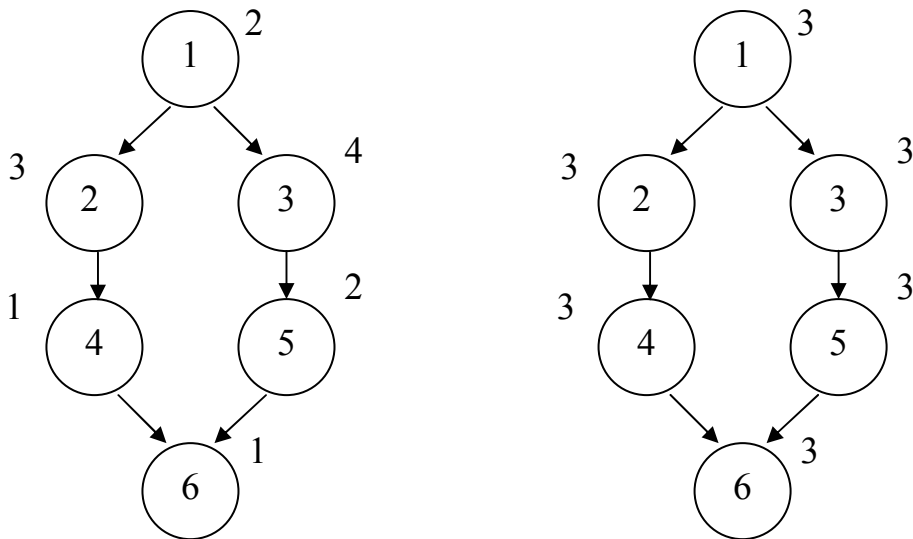
هي تلك العمليات التي لها على الأقل سلف واحد أو على الأقل خلف واحد، أو قد يحتوي الشكل على بعض العقد المستقلة، في حين يوجد ارتباط (علاقة) مع العقد الأخرى والشكل (2) يوضح العمليات المترابطة.



الشكل (2) العمليات المترابطة

. وقت العملية: Task Process : [5] [7]

إن العقد تمثل العمليات وهذه العمليات يكون لها اثر أوقات التنفيذ ، ومن الممكن إن تكون أوقات التنفيذ متساوية أو مختلفة كما مبين في الشكل الاتي:



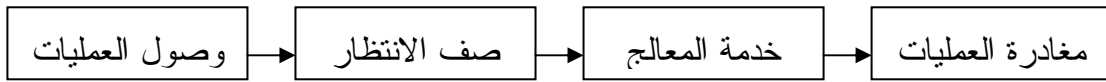
أ-أوقات تنفيذ متساوية

ب-أوقات تنفيذ مختلفة

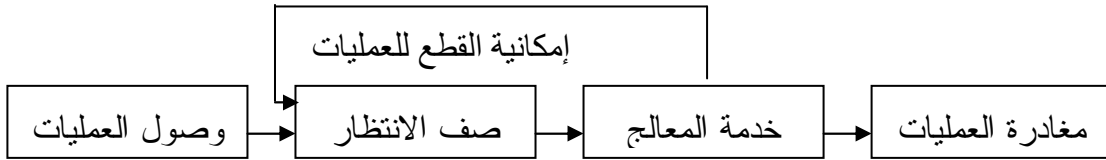
الشكل (3): أوقات التنفيذ للعمليات

### 3. أنواع الجدولة: Type Of Scheduling [1] [2]

تصنف خوارزميات الجدولة إلى نوعين، الأول خوارزميات الجدولة مع عدم إمكانية القطع للعمليات والنوع الثاني هي خوارزميات الجدولة مع إمكانية القطع والشكل الآتي يوضح كلا النوعين:



أ- يوضح جدولة العمليات مع عدم إمكانية قطع العملية



ب- يوضح جدولة العمليات مع إمكانية قطع العملية

الشكل (4) أنواع الجدولة

### 4. خوارزمية جدولة المعالج المتعدد بدون كلفة الاتصال:

#### Multiprocessor Scheduling Algorithms WithOut Communication Cost

ويبين في هذا البحث بعض خوارزميات الجدولة لمجموعة من العمليات المرتبطة ذات أوقات تنفيذ مختلفة مع افتراض أن كلفة الاتصال بين العمليات مساوية للصفر.

أ- خوارزمية جدولة المستوى الأعلى أولاً مع تقدير الوقت : [6]

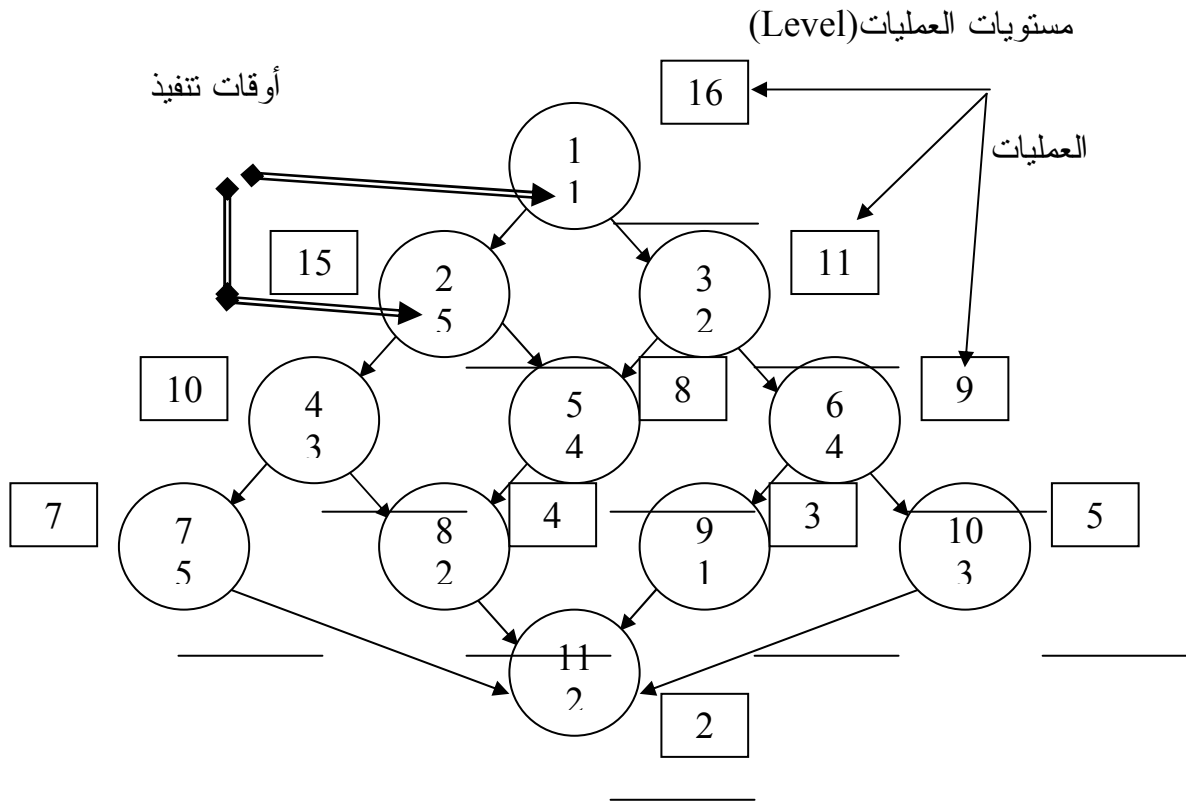
#### Highest Level First With Estimated Times Scheduling Algorithm(HLFET)

ويقصد بمصطلح ( level ) مجموعة أوقات تنفيذ لكل العمليات على طول المسار الحرج من العقدة  $ni$  إلى عقدة النهاية مع تجاهل كلفة الاتصال (مساوية للصفر) بين العمليات وبعد إيجاد المستوى لكل عملية، يتم تخصيص الأسبقية للعمليات وحسب المستوى لكل عملية إذ يتم منح العمليات ذوات المستوى العالي أسبقية عالية في التنفيذ والعمليات ذوات المستوى الواطئ أسبقية واطئة .

الخطوات الرئيسية للخوارزمية هي :

- 1- البداية
- 2- تحديد المستوى لكل عملية بالاعتماد على مجموع زمن التنفيذ من العملية  $ni$  إلى عملية النهاية .
- 3- ترتب المستويات للعمليات ترتيبا تنازليا .
- 4- تخصيص الأسبقية للعملية اعتمادا على المستوى.
- 5- التكرار
- 6 - اختيار العملية
- 7-اختير المعالج المناسب لتنفيذ العملية
- 8- تخصيص المعالج للعملية
- 9- عند عدم جدولة جميع العمليات أذهب إلى الخطوة 5 والا اذهب الى النهاية
- 10- النهاية

مثال: لنفرض ان لدينا البيان الحلقي المباشر الاتي:



الشكل (5) البيان الحلقي المباشر

يتم تحديد المستوى لكل عملية من العمليات في الشكل (5) من خلال تمثيله بشكل مستطيل اذ يوضح الرقم داخله المستوى لتلك العملية، فمثلا عند تحديد المستوى للعملية رقم 1 فهناك مسارات عديدة للوصول الى العملية رقم 11 ومن ثم يؤخذ أعلى مستوى، أي المستوى للعملية رقم 1 هو 16 وهكذا بقية العمليات وان المسار الحرج للعملية رقم 1 هو (1-2-4-7-11). ويتم تخصيص المعالجات للعمليات ومع افتراض توفر معالجين نلاحظ ان نتيجة تنفيذ خوارزمية (HLFET) للشكل (6) متمثلة بلوحة كرانت.

1	2	2	2	2	2	4	4	4	ϕ	7	7	7	7	7	11	11	
ϕ	3	3	ϕ	ϕ	ϕ	6	6	6	6	10	10	10	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	
ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	5	5	5	5	8	8	9	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

الشكل (6) جدولة العمليات باستخدام خوارزمية (HLFET)

ب-خوارزمية جدولة المستوى الأصغر أولاً مع تقدير الوقت: [6]

Smallest Co-Levels First With Estimated Times Scheduling Algorithm(SCFET)

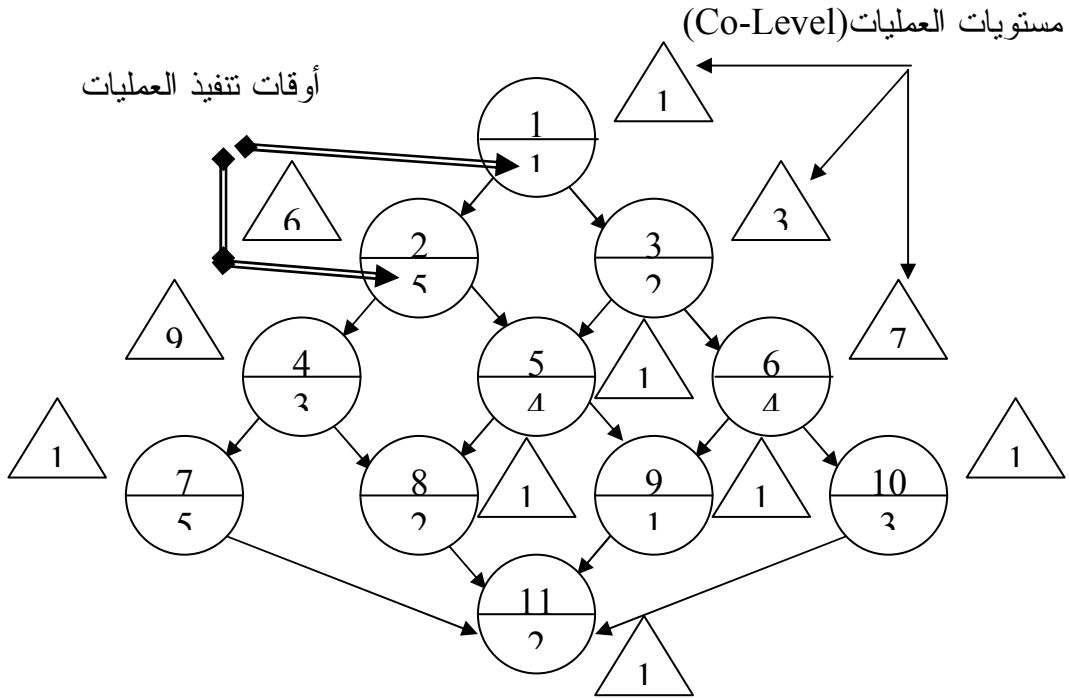
تعد هذه الخوارزمية من خوارزميات جدولة العمليات المرتبطة مع تجاهل كلفة الاتصال (مساوية للصفر) بين العمليات، والخوارزمية مشابهة لخوارزمية (HLFET) ولكن تحديد اختيار العملية (الأسبقية) من خلال (Co-level) ، ويقصد به مجموع زمن التنفيذ لكل العمليات على طول المسار الحرج من عقدة البداية إلى العقدة  $n_i$  ، وبعد إيجاد (Co-level) لكل عملية من العمليات الموجودة إذ يتم منح العمليات ذوات (Co-level) عالٍ أسبقية واطئة والعمليات ذوات (Co-level) واطئ أسبقية عالية.

والخطوات الرئيسية للخوارزمية هي:

- 1- البداية
- 2-تحديد (co-level) لكل عملية بالاعتماد على مجموع زمن التنفيذ من عملية البداية الى العملية  $n_i$
- 3- ترتيب (Co-level) ترتيباً تصاعدياً
- 4- تخصيص الأسبقية للعملية بالاعتماد على (Co-level)
- 5- تكرار

- 6- اختيار العملية
- 7- اختيار المعالج المناسب لتنفيذ العملية
- 8- تخصيص المعالج للعملية
- 9- عند عدم جدولة جميع العمليات اذهب إلى الخطوة 5 او الى النهاية
- 10- النهاية

مثال: نفرض إن لدينا البيان الحلقي المباشر أدناه:-



الشكل (7) البيان الحلقي المباشر

يتم تحديد (Co-level) لكل عملية من العمليات في الشكل من خلال تمثيله بشكل مثلث يوضح الرقم بداخله (Co-level) لتلك العملية، فمثلا العملية رقم 11 فهناك مسارات عديدة للوصول إلى العملية رقم 14 ومن ثم يؤخذ أعلى الاحتمالات ولهذا المسار الحرج للعملية رقم 11 هو (1-2-4-7-11)



وبعد تحديد (Co-level) لجميع العمليات ترتب ترتيباً تصاعدياً ويتم تنفيذ الخوارزمية من خلال تخصيص المعالجات للعمليات، ومع افتراض توافر ثلاث معالجات نلاحظ نتيجة تنفيذ خوارزمية (SCFET) للشكل (7) متمثلة بنموذج لوحة كرانت وكما يأتي:

1	3	3	6	6	6	6	10	10	10	9	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	11	11	
ϕ	2	2	2	2	2	4	4	4	ϕ	8	8	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	
ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	5	5	5	5	7	7	7	7	7	ϕ	ϕ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

الشكل (8) جدولة العمليات باستخدام خوارزمية

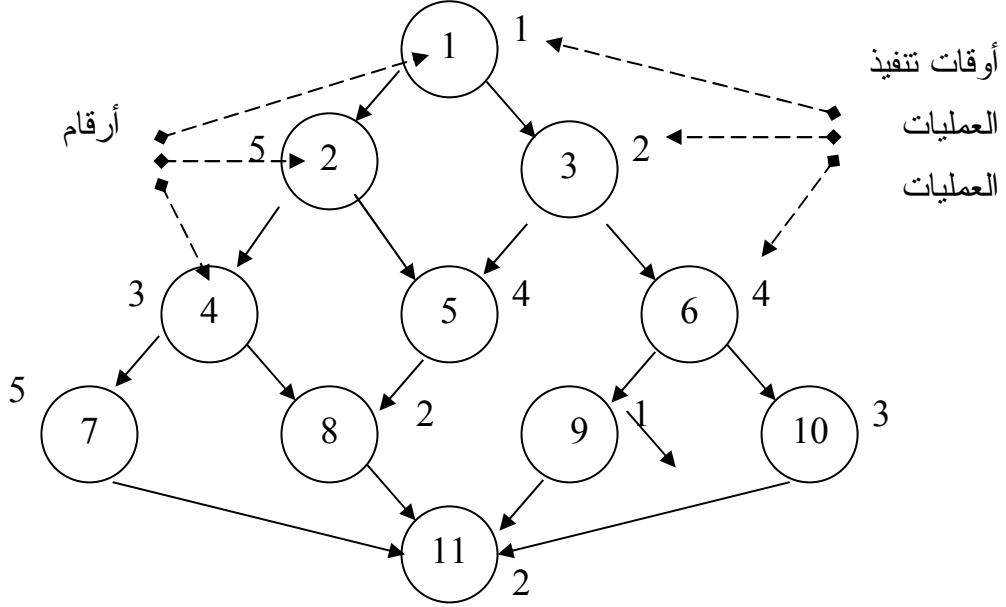
ج- الخوارزمية المقترحة:-

تم اقتراح خوارزمية جديدة لجدولة مجموعة من العمليات المترابطة على عدد اختياري من المعالجات المتعددة في الحاسبة الالكترونية، إذ تستخدم هذه الخوارزمية عندما تكون أوقات التنفيذ مختلفة أو متساوية، إذا كانت لدينا مجموعة من العمليات المترابطة ذات أوقات تنفيذ مختلفة فأن المعالجات تبدأ بتنفيذ العمليات التي تكون أسلافها منفذة وذوات تنفيذ عالية من بين العمليات مع إمكانية القطع للعمليات حيث تنفذ وحدة واحدة وفي حالة تساوي عمليتين في وقت التنفيذ فهناك حالتان الأولى إذا كانت العمليتان في نفس المستوى تكون الأسبقية للعملية التي لها إخلاف أكثر، أما الحالة الثانية إذا لم يكونا في نفس المستوى فتكون الأسبقية للعملية التي لها مستوى أعلى.

أما خطوات الخوارزمية المقترحة فهي:-

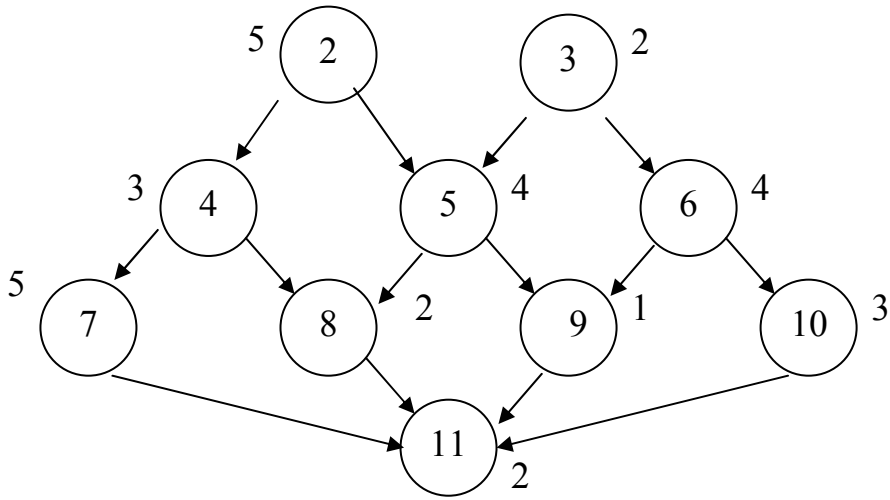
- 1- البداية
- 2- انتظار المعالج ليصبح عاطلاً عن العمل
- 3- تعريف المجموعة M وهي كل العمليات التي تكون أسلافها منفذة
- 4- اختيار العملية التي لها أكبر وقت تنفيذ من المجموعة M وتخصيص المعالج لها وتنفيذ وحدة واحدة منها وبغض النظر عن مستوى العمليات

5- إذا لا يوجد عملية اذهب إلى 2  
ولتوضيح عمل الخوارزمية المقترحة نأخذ نفس المثال المطبق على الخوارزميتين  
السابقتين وكما يأتي:

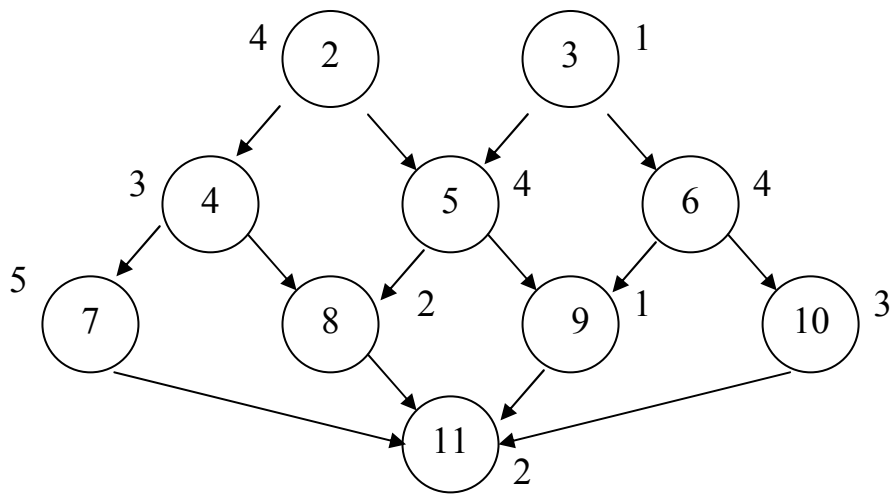


الشكل (9) البيان الحلقي المباشر

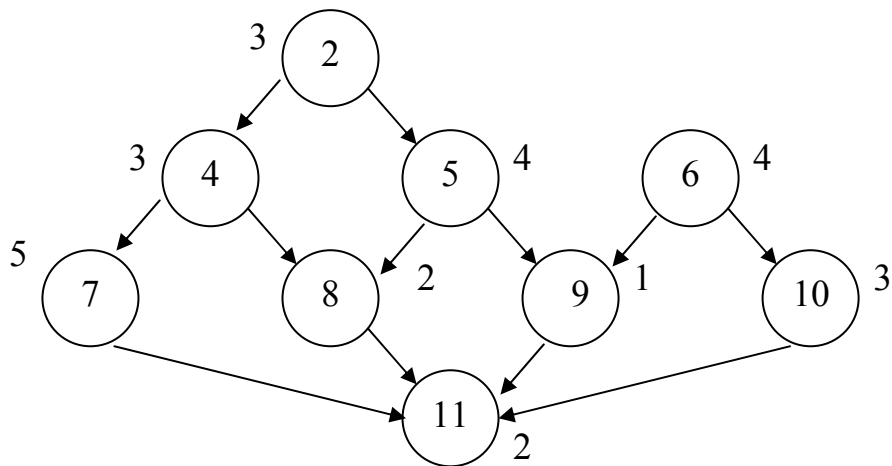
يبدأ التنفيذ بتخصيص المعالج الأول للعملية (1) لكونها لا تحتوي على أسلاف،  
ويبقى المعالج الثاني والثالث عاطلين عن العمل لأنه لا يمكن تنفيذ أية عملية أخرى  
بسبب اعتمادها على العملية (1).



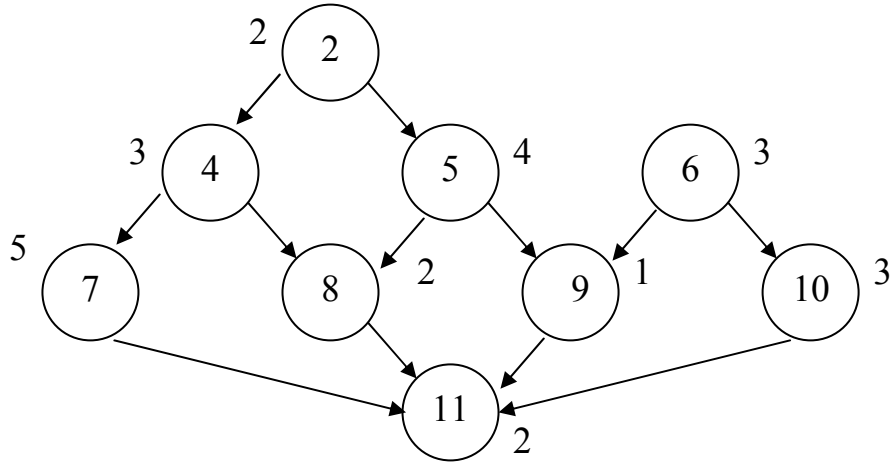
العمليتان (3,2) أسلا فهما منفذة، سوف نختار العمليات التي لها أكبر وقت تنفيذ وهي أيضا العمليتان (3,2) اذ يخصص المعالج الأول للعملية (2) وينفذ وحدة واحدة منها . ويخصص المعالج الثاني للعملية (3) وينفذ وحدة واحدة منها . ويبقى المعالج الثالث عاطلاً عن العمل ، لأنه لايمكن تنفيذ أية عملية أخرى بسبب اعتمادها على العملية التي قبلها .



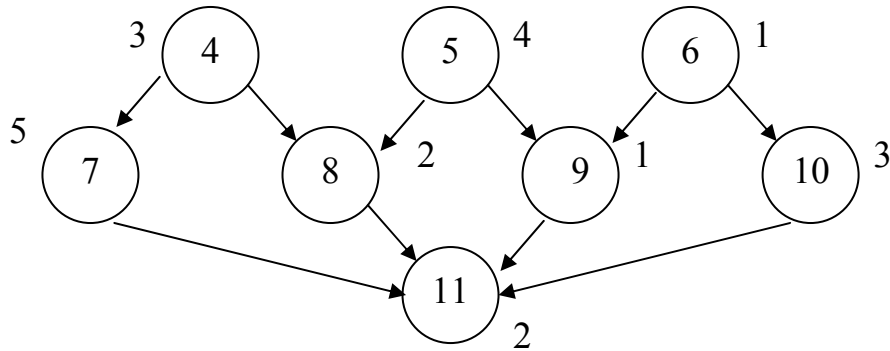
كذلك لدينا العمليتان (3,2) حيث نطبق نفس الخطوات المذكورة انفاً.



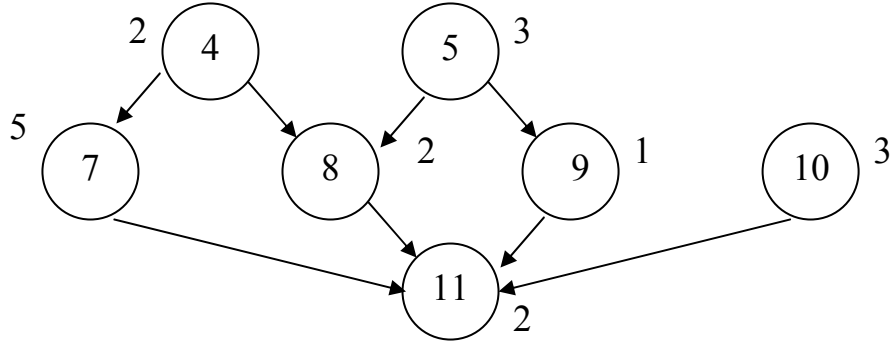
لدينا العمليان (6,2) أسلافهما منفذة ،نختار العمليات التي لها أكبر وقت تنفيذ وهي (2,6) ويخصص المعالج الأول للعملية وينفذ وحدة واحدة منها والمعالج الثاني للعملية (2) وينفذ وحدة واحدة منها ، ويبقى المعالج الثالث عاطلاً عن العمل ،لأنه لايمكن تنفيذ أية عملية أخرى بسبب اعتمادها على العملية التي قبلها



وهكذا إلى أن يتم تنفيذ العملية (2) ليصبح لدينا الشكل الاتي .



لدينا العمليات (6,5,4) جميعها أسلافها منفذة نختار العمليات التي لها وقت تنفيذ أكبر وهي (6,5,4) اذ يخصص المعالج الأول للعملية (5) ويخصص المعالج الثاني للعملية (4) والمعالج الثالث للعملية (6) وينفذ وحدة واحدة في كل معالج



وهكذا نستمر إلى أن يتم تنفيذ جميع العمليات ونتيجة تنفيذ الخوارزمية مبينة في الشكل (10) لوحة كرانت

1	2	2	2	2	2	5	5	5	7	7	7	7	7	11	11	
ϕ	3	3	6	6	6	4	10	10	5	8	8	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	
ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	6	4	4	10	9	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

الشكل (10) جدولة العمليات باستخدام الخوارزمية المقترحة

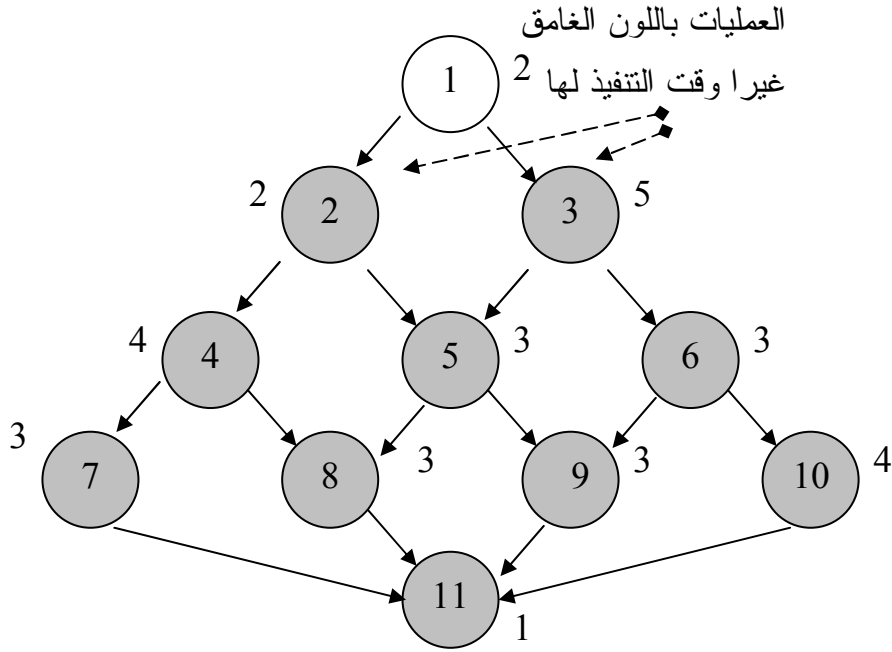
### 5 . التطبيق على الخوارزمية

وقد تم تنفيذ الخوارزمية المقترحة على مجموعة من الأمثلة مع تغيير أوقات التنفيذ للعمليات لنفس المثال للتأكد من دقة الخوارزمية

أ-المثال الأول :

الحالة الاولى: تم ذكرها في أثناء عرض الخوارزميتين مع الخوارزمية المقترحة

الحالة الثانية:



شكل (11) البيان الحلقي المباشر

1	1	2	2	4	4	4	4	7	7	7	10	10	10	10	11	
∅	∅	3	3	3	3	3	5	5	5	8	8	∅	∅	∅	∅	
∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	6	6	6	9	9	∅	∅	∅	∅	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

خوارزمية CLFET

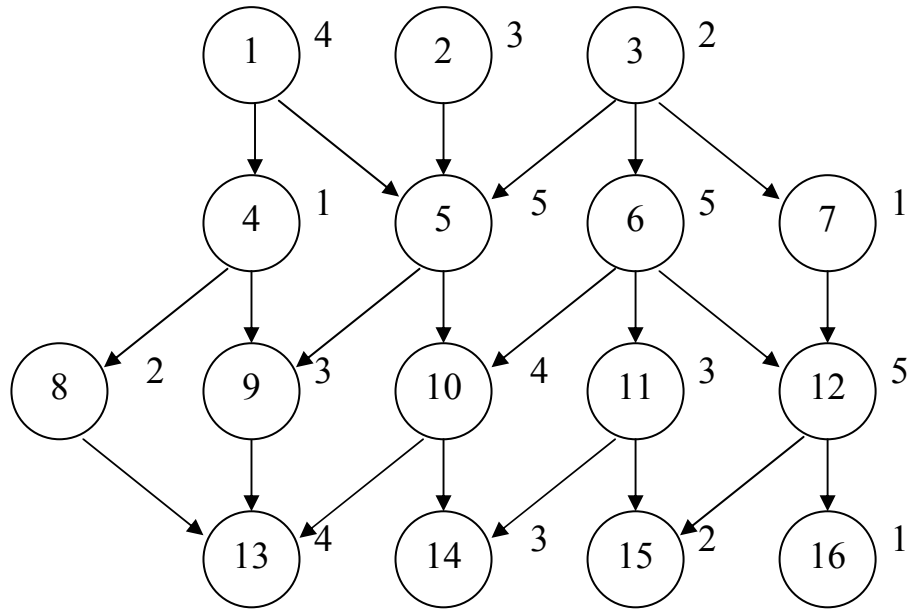
1	1	3	3	3	3	3	6	6	6	10	10	10	10	∅	11	
∅	∅	2	2	∅	∅	∅	4	4	4	4	7	7	7	7	∅	
∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	5	5	5	9	9	8	8	∅	∅	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

خوارزمية HLFET

1	1	3	3	4	4	4	5	7	7	10	10	10	10	11	
∅	∅	2	2	3	3	3	6	5	5	8	7	8	∅	∅	
∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	4	6	6	9	9	∅	∅	∅	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

الخوارزمية المقترحة

ب- المثال الثاني: الحالة الأولى



الشكل (12) البيان الحلقي المباشر

3	3	7	∅	4	8	8	∅	∅	11	11	11	∅	∅	10	10	10	10	∅	∅	
2	2	2	∅	6	6	6	6	6	12	12	12	12	12	16	14	14	14	∅	∅	
1	1	1	1	5	5	5	5	5	9	9	9	∅	∅	15	15	13	13	13	13	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

خوارزمية CLFET

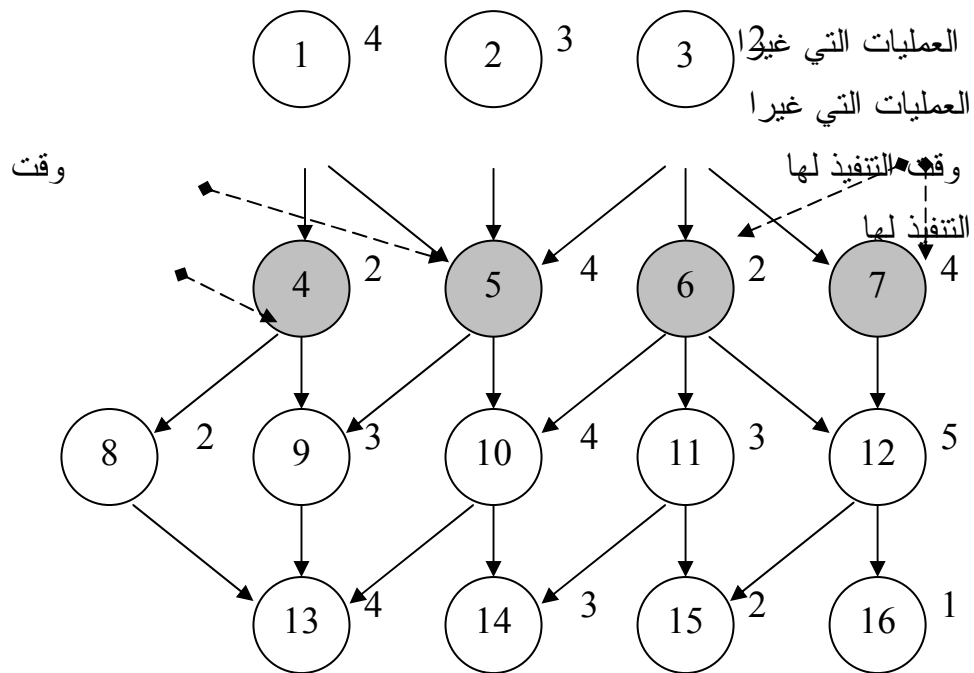
1	1	1	1	5	5	5	5	5	10	10	10	10	11	11	11	14	14	14
2	2	2	∅	4	7	∅	∅	∅	9	9	9	8	8	13	13	13	13	16
3	3	6	6	6	6	6	∅	∅	12	12	12	12	12	∅	∅	15	15	∅
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

خوارزمية HLFET

1	1	6	6	5	5	5	12	12	10	10	10	15	13	13	13	13	
2	2	1	1	6	6	6	11	11	12	12	12	10	14	14	14	ϕ	
3	3	2	7	4	8	8	5	5	9	9	11	9	15	16	ϕ	ϕ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

الخوارزمية المقترحة

الحالة الثانية : تغيير وقت التنفيذ للعمليات



الشكل (13) البيان الحلقي المباشر

3	3	6	6	4	4	5	5	5	5	10	10	10	10	16	13	13	13	13	
2	2	2	7	7	7	7	8	8	12	12	12	12	12	15	15	ϕ	ϕ	ϕ	
1	1	1	1	11	11	11	9	9	9	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	14	14	14	ϕ	ϕ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

خوارزمية CLFET



1	1	1	1	5	5	5	5	10	10	10	10	11	11	11	14	14	14	
2	2	2	ϕ	7	7	7	7	12	12	12	12	12	13	13	13	13	16	
3	3	ϕ	ϕ	6	6	4	4	9	9	9	8	8	ϕ	ϕ	15	15	ϕ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

خوارزمية HLFET

1	1	7	7	5	5	11	11	12	12	12	12	14	13	13	13	16	
2	2	1	1	4	4	5	5	10	10	10	10	12	14	14	16	ϕ	
3	3	6	2	7	6	8	7	9	9	9	11	8	15	15	ϕ	ϕ	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

الخوارزمية المقترحة

### 5. النتائج

تمت مقارنة نتائج الأمثلة لجميع الخوارزميات في هذا البحث وكما موضح في الجدول أدناه

طول الجدولة باستخدام الخوارزمية المقترحة	طول الجدولة باستخدام خوارزمية HLFET	طول الجدولة باستخدام خوارزمية CSFET	الحالات
			الحالة الاولى
16	17	17	أ
15	16	16	ب
			الحالة الثانية
17	19	20	أ
17	18	19	ب

## 6. الاستنتاجات

1. تبين أن الخوارزمية المقترحة كفوءة لجدولة مجموعة من العمليات على عدد اختياري من المعالجات المستقلة
2. تطبق الخوارزمية المقترحة في حالة العمليات المرتبطة، إذا كانت أوقات التنفيذ للعمليات مختلفة مما أدى إلى تحسين طول الجدولة
3. لم تتأثر الخوارزمية المقترحة حتى في حالة تغيير أوقات التنفيذ للعمليات

## 7. المصادر

- 1- الجبوري ، غزوان هاني محمود (2002) ، "خوارزميات جدولة المعالج الواحد والمعالجات المتعددة مع المحاكاة " ، رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل .
- 2- الكلاك، أسراء نذير حميد (2003) ، "جدولة مثلى للمعالجات المتعددة " رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل .
- 3-Collins,J . B (2001) "An Approach to Scheduling Task Graphs with Contention in Communication " ; ACM.  
<http://www.ait.nrl.navy.mil/pgmt-for-web/pdf/an-approach-to-scheduling.PDF>
- 4-Gantman,A;Guo, P.N;Lewis, J and Rashid, F (1998)  
"Scheduling Real- Time Task in distributed Systems"  
<http://www.cs.ucsd.edu/classes/f998/cse221/ossurveyf98/p8.pdf>
- 5-Gonzalez, M.J (1977) "Deterministic Processor Scheduling " J. ACM Compute. Survey; Vol. 9 ; No .3 ;PP.173-204
- 6-Kwok,Y-K.;Ahmed, I (1999) " Static Scheduling Algorithms for Allocating Directed Task Graphs to Multiprocessor"ACM.Comput.Surv.,  
Vol. 31; No. 4 ;PP. 406-471
- 7-Ramamaoorthy,C.V;Chandy,K.M and Gonzalez, M.J (1972)  
"Optimal Scheduling Strategies in Multiprocessors System"  
IEEE, Transactions on Computers, Vol. C-21, No.2
- 8-Sandnes, F . E (2002) " Using the Duplicativity of a Task Graph to select a suitable Multiprocessor Scheduling Strategy"; <http://www.nik.no/2002/sandnes>.