



جدولة وحدة المعالجة

الصفحة	العنوان
4	1. جدولة وحدة المعالجة
4	2. دفعات وحدة المعالجة والدخل/الخرج
4	3. مجدول وحدة المعالجة
5	4. مسند المهمات
5	5. معايير الجدولة
6	6. خوارزمية الجدولة (القادم أولاً يُخدم أولاً) "FCFS"
6	7. خوارزمية الجدولة (الأقصر عملاً أولاً) "SJF"
7	8. خوارزمية الجدولة وفق الأولوية
7	9. خوارزمية الجدولة الدائرية
8	10. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى
9	11. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى بتغذية راجعة
10	12. تمرين
10	13. حل التمرين (الخوارزمية FCFS)
10	14. حل التمرين (الخوارزمية SJF)
11	15. حل التمرين (الخوارزمية RR)
12	16. التمارين

الكلمات المفتاحية:

- جدولة وحدة المعالجة - دفعة وحدة معالجة - دفعة دخل/خرج - جدول وحدة المعالجة - مسند المهمات - خوارزمية FCFS (القادم أولاً يخدم أولاً) - خوارزمية SJF (الأقصر عملاً أولاً) - خوارزمية الجدولة وفق الأولوية - خوارزمية الجدولة الدائرية - حصة زمنية - خوارزمية الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى - خوارزمية الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى بتغذية راجعة.

ملخص:

يركز هذا الفصل على التعرف على مفهوم جدولة وحدة المعالجة - معايير الجدولة - خوارزميات الجدولة.

أهداف تعليمية:

يهدف هذا الفصل إلى:

- التعرف على مفهوم جدولة وحدة المعالجة.
- جدول وحدة المعالجة - ومسند المهمات.
- معايير الجدولة.
- خوارزميات الجدولة (FCFS - SJF - الجدولة وفق الأولوية - الجدولة الدائرية - الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى - الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى بتغذية راجعة).

المخطط:

1. جدول وحدة المعالجة.
2. دفعات وحدة المعالجة والدخل/الخرج.
3. مجدول وحدة المعالجة.
4. مسند المهمات.
5. معايير الجدولة.
6. خوارزمية الجدولة (القادم أولاً يُخدم أولاً) "FCFS".
7. خوارزمية الجدولة (الأقصر عملاً أولاً) "SJF".
8. خوارزمية الجدولة وفق الأولوية.
9. خوارزمية الجدولة الدائرية.
10. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى.
11. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى بتغذية راجعة.
12. تمرين.
13. حل التمرين (الخوارزمية FCFS).
14. حل التمرين (الخوارزمية SJF).
15. حل التمرين (الخوارزمية RR).
16. التمارين.

1. جدولة وحدة المعالجة

إن جدولة وحدة المعالجة هي أساس نظم التشغيل المتعددة البرمجة، حيث يستطيع نظام التشغيل من خلال تبديل التنفيذ بين الإجراءات، من جعل الحاسوب أكثر إنتاجية.

إن الهدف الأساسي من تعدد البرمجة هو أن يكون لدينا دوماً إجراءات تُنفذ، وذلك لرفع معدل استخدام وحدة المعالجة إلى أعلى حد ممكن، ففي نظام أحادي المعالج، لا يمكن وجود أكثر من إجراء واحدة في حال التنفيذ، وإذا وجدت أكثر من إجراءات في النظام، فإن واحدة منها ستكون في حالة التنفيذ، وأما البقية فستنتظر إلى أن تحرر وحدة المعالجة وتعاد جدولتها.

2. دفعات وحدة المعالجة والدخل/الخرج

يعتمد نجاح جدولة وحدة المعالجة على الخاصة التي تلاحظ في الإجراءات: وهي أن تنفيذ الإجراءات يمر في مراحل متتالية من التنفيذ في وحدة المعالجة، ومن انتظار الدخل/الخرج.

يبدأ تنفيذ كل إجراءات بدفعة وحدة المعالجة، تليها دفعة دخل/خرج، ثم وحدة معالجة وهكذا، حتى ينتهي التنفيذ بدفعة وحدة معالجة عند طلب النظام إنهاء تنفيذ الإجراءات.

إن البرنامج المقيد بوحدة المعالجة سوف يستهلك عدد قليل من دفعات وحدة المعالجة الطويلة جداً، بينما البرنامج المقيد بالدخل/الخرج سوف يستهلك دفعات طويلة من الدخل/الخرج.

3. مجداول وحدة المعالجة

عندما تصبح وحدة المعالجة في حالة راحة، يترتب على نظام التشغيل انتقاء إحدى الإجراءات الموجودة في رتل الجاهزات من أجل تنفيذها.

تجري عملية انتقاء الإجراءات بواسطة الجدول القصير الأمد، حيث ينتقي هذا الجدول واحداً من الإجراءات الجاهزة للتنفيذ الموجودة في الذاكرة، ويخصص وحدة المعالجة لها.

يجري اتخاذ قرارات الجدولة في الظروف التالية:

- عندما تتبدل حالة إجراءات من حالة التنفيذ إلى حالة الانتظار (مثلاً طلب دخل/خرج، أو انتظار انتهاء إحدى الإجراءات الأولاد)
- عندما تتبدل حالة إجراءات من حالة التنفيذ إلى الحالة الجاهزة (مثلاً عند حصول مقاطعة)
- عندما تتبدل حالة إجراءات من حالة الانتظار إلى الحالة الجاهزة (مثلاً عند انتهاء عملية دخل/خرج)
- عند انتهاء تنفيذ إجراءات

4. مُسند المهمات

إن مُسند المهمات هو أحد المكونات التي تساهم في جدولة وحدة المعالجة، حيث يسلم قيادة وحدة المعالجة إلى الإجرائية المختارة، بواسطة الجدول قصير الأمد، وهذا يتضمن:

- تبديل السياق
 - الانتقال إلى نمط المستخدم
 - القفز إلى الموقع المناسب في برنامج المستخدم من أجل التنفيذ
- كما يجب أن يكون مسند المهمات سريعاً ما أمكن، إذ يحدث استدعاؤه مع كل تبديل إجرائية.

5. معايير الجدولة

تتمتع خوارزميات الجدولة المختلفة لوحدات المعالجة بخصائص مختلفة، لذلك يجب اختيار الخوارزمية الأنسب للاستخدام في حالة معينة.

المعايير المستخدمة للمقارنة بين الخوارزميات:

- **معدل استخدام وحدة المعالجة:** يجب أن تكون وحدة المعالجة مشغولة قدر الإمكان.
- **معدل التدفق:** عدد الإجراءات التي ينتهي تنفيذها في واحدة الزمن.
- **زمن تنفيذ المهمة:** هو الوقت اللازم لتنفيذ الإجراءات، أي الزمن بين طلب تنفيذ الإجراءات وإنهاءها (مجموع الفترات الزمنية في انتظار الدخول إلى الذاكرة، والانتظار في رتل الجاهزات، والتنفيذ في وحدة المعالجة، والقيام بالدخل/الخرج).
- **زمن الانتظار:** هو الوقت الذي تقضيه إجراءات منتظرة في رتل الجاهزات (يساوي مجموع فترات الانتظار في رتل الجاهزات).
- **زمن الاستجابة:** يعتبر الزمن بين إرسال طلب وحدث أول استجابة (الفترة الزمنية قبل حدوث الاستجابة) معيار مهم في الأنظمة التفاعلية، حيث يكون الاهتمام بسرعة استجابة النظام.

6. خوارزمية الجدولة (القادم أولاً يُخدم أولاً) "FCFS"

تعتبر أبسط خوارزميات جدولة وحدة المعالجة، فالإجرائية التي تطلب وحدة المعالجة أولاً، هي التي تحصل عليها أولاً.

من الناحية التقنية يمكن تحقيق هذه الخوارزمية من خلال رتل، فعند دخول إجرائية إلى رتل الجاهزات، تربط كتلة تحكم الإجرائية الخاصة بها إلى مؤخرة الرتل، وعند تحرر وحدة المعالجة، يجري إسنادها إلى الإجرائية التي في مقدمة الرتل.

سيئات هذه الخوارزمية:

- ما إن تُعطى وحدة المعالجة إلى إجرائية ما حتى تحتكرها، ولا تحررها إلا عند انتهاء التنفيذ أو طلب عملية دخل/خرج (بينما من الضروري حصول الإجرائيات على وحدة المعالجة خلال فترات زمنية نظامية).
- قد يحدث انتظار مجموعة من الإجرائيات الصغيرة، خروج إجرائية كبيرة من وحدة المعالجة، وهذا ما يخفض من معدّل استخدام وحدة المعالجة والتجهيزات.

7. خوارزمية الجدولة (الأقصر عملاً أولاً) "SJF"

تربط هذه الخوارزمية بكل إجرائية دفعة الـ CPU التالية المتعلقة بها، فعندما تتحرر وحدة المعالجة تُعطى للإجرائية ذات دفعة التنفيذ التالية الأصغر زمناً، وإذا وجدت إجرائيتان لهما طول دفعة واحد يجري الاختيار حسب FCFS.

إن هذه الخوارزمية تحقق أصغر زمن انتظار وسطي، لمجموعة من الإجرائيات المعطاة، فمن خلال تمرير إجرائية قبل إجرائية أخرى أطول منها، يقصر زمن انتظار الإجرائية القصيرة، بدلاً من تطويل زمن انتظار الإجرائية الطويلة.

لكن الصعوبة الحقيقية في هذه الخوارزمية هي معرفة مدة الطلب التالي لوحدة المعالجة، لذلك يجري توقع هذه القيمة بالاعتماد على أطوال دفعات التنفيذ السابقة (نتوقع أن تكون دفعة CPU مشابهة للدفعات السابقة).

كذلك يمكن أن تكون خوارزمية SJF في إحدى حالتين:

فإذا وردت إجرائية جديدة إلى رتل الجاهزات، وكانت دفعة الـ CPU التالية لها أقصر مما بقي للإجرائية التي يجري تنفيذها، عندها إما أن يجري إيقاف الإجرائية التي تنفذ، ويتم إسناد وحدة المعالجة إلى الإجرائية الجديدة، أو تتابع الإجرائية تنفيذها دون توقف، حتى انتهاء الفترة المخصصة لها.

8. خوارزمية الجدولة وفق الأولوية

في خوارزمية الجدولة وفق الأولوية، تُحدّد أولوية بكل إجرائية، ويجري اختيار الإجرائية ذات الأولوية العليا. نلاحظ أن خوارزمية SJF هي حالة خاصة من خوارزمية الجدولة وفق الأولوية مع اعتبار أولوية الإجرائية هي مقلوب زمن دفعة CPU التالية.

يمكن أن تُعرّف الأولويات إما داخلياً أو خارجياً، حيث تستخدم الأولويات المعرفة داخلياً مقادير قابلة للقياس مثل (الحدود الزمنية، متطلبات الذاكرة، عدد الملفات المفتوحة) من أجل حساب الأولوية، أما الأولويات الخارجية فيجري تعيينها بواسطة معايير خارجية على نظام التشغيل مثل (أهمية الإجرائية، المبلغ المدفوع).

المشكلة الأساسية لهذه الخوارزمية:

هي التوقف اللانهائي أو الحرمان (إذا انتظرت الإجرائية الجاهزة للتنفيذ فراغ وحدة المعالجة لفترة طويلة)، وذلك لأن أولويتها منخفضة بالنسبة إلى جميع الإجرائيات الأخرى في النظام. هناك حل لمشكلة الحرمان، وذلك بزيادة أولوية الإجرائية منخفضة الأولوية تدريجياً، مع استمرار بقائها بانتظار التنفيذ.

9. خوارزمية الجدولة الدائرية

إن خوارزمية الجدولة الدائرية RR (round-robin)، مصممة من أجل نظم المشاركة بزمن المعالج، وهي مشابهة لجدولة FCFS ولكن مع تعريف حصة زمنية (وحدة صغيرة من الزمن عادةً بين 10 و 100 ملي). يتم التعامل في هذه الخوارزمية مع رتل الجاهزات بطريقة دوّارة، وتنتقل وحدة المعالجة بين إجرائيات الرتل، بحيث أن لكل إجرائية مدة زمنية لا تتجاوز حصة زمنية محدّدة مسبقاً.

تبدأ وحدة المعالجة بتنفيذ الإجرائية الأولى في رتل الجاهزات، ومن ثم إذا كان للإجرائية دفعة وحدة معالجة أقصر من حصة زمنية واحدة، عندها تتخلّى عن وحدة المعالجة عند انتهاء دفعة التنفيذ، وتعود إلى مؤخرة رتل الجاهزات، أما إذا كانت دفعة وحدة المعالجة أطول من حصة زمنية واحدة، عندها مع اكتمال الحصة الزمنية، تجري مقاطعة الإجرائية، فيتوقف تنفيذها ويجري تبديل السياق مع الإجرائية الأولى في رتل الجاهزات، بينما تعود هذه الإجرائية إلى مؤخرة الرتل.

يعتمد أداء هذه الخوارزمية على حجم الحصة الزمنية، فإذا كانت كبيرة جداً تتحول إلى FCFS، وإذا كانت صغيرة جداً يُصبح هناك تشارك كامل بالمعالج.

10. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى

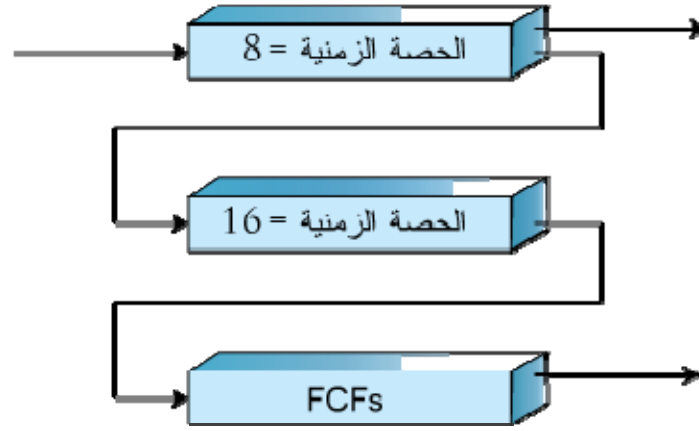
تُقسم الإجراءات إلى مجموعات منفصلة حسب نوعها مثلاً (إجراءات تفاعلية أو إجراءات خلفية)، حيث يكون لكل نوع من هذه الإجراءات متطلبات مختلفة. ففي هذه الخوارزمية يُجزأ رتل الجاهزات إلى عدة أرتال مستقلة، ويجري ربط الإجراءية برتل واحد دائماً حسب خواصها، كما يمكن أن يكون لكل رتل خوارزمية جدولة خاصة به. يجري أيضاً تطبيق الجدولة بين الأرتال المختلفة، فمثلاً يتم اعطاء أولوية لكل رتل. كما يمكن اتباع طريقة تعتمد على تقسيم الزمن بين الأرتال، حيث يحصل كل رتل على حصة محددة من زمن وحدة المعالجة.



11. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى بتغذية راجعة

في خوارزمية الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى، توضع الإجراءات عند دخولها النظام في رتل محدد، ولا تنتقل منه إلى أي رتل آخر. بينما في خوارزمية الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى بتغذية راجعة، فإنه يمكن للإجراءات الانتقال بين الأرتال.

تقوم فكرة الخوارزمية على فصل الإجراءات المميزة بدفعات وحدة المعالجة، فمثلاً إذا كانت الإجرائية تستخدم وقت كبير من زمن وحدة المعالجة فإنها تنتقل إلى رتل ذو أولوية منخفضة، وبذلك تبقى الإجراءات المقيدة بالدخل/الخرج والإجراءات التفاعلية في أرتال ذات أولوية عليا، ولحل مشكلة الحرمان، تنتقل الإجرائية إلى رتل ذو أولوية أعلى، إذا بقيت فترة طويلة في رتل ذو أولوية دنيا.



تُعرّف هذه الخوارزمية عموماً بالمعاملات التالية:

- عدد الأرتال.
- خوارزمية الجدولة المطبقة على الرتل.
- الطريقة المستخدمة لتحديد متى يجري نقل الإجرائية إلى رتل ذو أولوية أعلى (رفع الأولوية).
- الطريقة المستخدمة لتحديد متى يجري نقل الإجرائية إلى رتل ذو أولوية أدنى (خفض الأولوية).
- الطريقة المستخدمة لتحديد الرتل الذي يجب إدخال الإجرائية فيه، عندما تطلب تلك الإجرائية خدمة معينة.

12. تمرين

لنأخذ خوارزمية FCFS (القادم أولاً يخدم أولاً)، SJF (الأقصر عملاً أولاً)، RR (الجدولة الدائرية)، وإذا افترضنا أن الحصة الزمنية تساوي 10 ملي ثانية، ما هي الخوارزمية التي سوف تعطي أصغر زمن انتظار وسطي؟ علماً أن جميع الإجراءات قدمت إلى النظام في اللحظة 0.

الإجرائية	زمن الرشقة
P1	10
P2	29
P3	3
P4	7
P5	12

13. حل التمرين (الخوارزمية FCFS)

- في حال خوارزمية FCFS، تُنفذ الإجراءات وفق الترتيب الآتي: P1 تليها P2 تليها P3 تليها P4 ثم P5.
- زمن الانتظار يساوي 0 ملي ثانية للإجرائية P1، و 10 ملي ثانية للإجرائية P2، و 39 ملي ثانية للإجرائية P3، و 42 ملي ثانية للإجرائية P4، و 49 ملي ثانية للإجرائية P5، لذا يساوي زمن الانتظار الوسطي: $28 = 5 \div (49 + 42 + 39 + 10 + 0)$ ملي ثانية.

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	
0	10	39	42	49	61

14. حل التمرين (الخوارزمية SJF)

- في حال خوارزمية SJF، تُنفذ الإجراءات وفق الترتيب الآتي: P3 تليها P4 تليها P1 تليها P5 ثم P2.
- زمن الانتظار يساوي 10 ملي ثانية للإجرائية P1، و 32 ملي ثانية للإجرائية P2، و 0 ملي ثانية للإجرائية P3، و 3 ملي ثانية للإجرائية P4، و 20 ملي ثانية للإجرائية P5، لذا يساوي زمن الانتظار الوسطي: $13 = 5 \div (20 + 3 + 0 + 32 + 10)$ ملي ثانية.

P_3	P_4	P_1	P_5	P_2	
0	3	10	20	32	61

15. حل التمرين (الخوارزمية RR)

في حال خوارزمية RR، تُنفذ الإجراءات وفق الترتيب الآتي: P1 تليها P2 تليها P3 تليها P4 تليها P5 تليها P2.

حيث تبدأ الإجرائية P2 بالتنفيذ، ثم توقف بعد 10 ملّي ثانية (مقدار الحصة الزمنية) من بدئها وتعاد مرة أخرى إلى رتل الانتظار.

زمن الانتظار يساوي 0 ملّي ثانية للإجرائية P1، و 32 ملّي ثانية للإجرائية P2، و 20 ملّي ثانية للإجرائية P3، و 23 ملّي ثانية للإجرائية P4، و 40 ملّي ثانية للإجرائية P5. لذا يساوي زمن الانتظار الوسطي:

$$(0 + 32 + 20 + 23 + 40) \div 5 = 23 \text{ ملّي ثانية.}$$

نلاحظ بعد حساب الزمن الوسطي في حالة الخوارزميات الثلاث، أن الزمن الوسطي في حال خوارزمية SJF أقل من نصف زمن الانتظار الوسطي الذي تعطيه الجدولة FCFS، على حين تعطينا خوارزمية RR قيمة وسط بين القيمتين السابقتين.

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_2	P_5	P_2	
0	10	20	23	30	40	50	52	61

16. التمارين:

1. يعتمد نجاح جدولة وحدة المعالجة على الخاصة التي تلاحظ في الإجراءات: وهي أن تنفيذ الإجراءات يمر في مراحل متتالية من التنفيذ في وحدة المعالجة، ومن انتظار الدخل/الخروج:

A. صح

B. خطأ

2. يجري اتخاذ قرارات الجدولة في إحدى الظروف التالية:

A. عندما تتبدل حالة إجرائية من حالة الانتظار إلى الحالة الجاهزة (مثلاً عند انتهاء عملية دخل/خروج).

B. عندما تتبدل حالة إجرائية من حالة التنفيذ إلى حالة الانتظار

C. عندما تتبدل حالة إجرائية من حالة التنفيذ إلى الحالة الجاهزة

D. جميع الإجابات صحيحة

3. يجري اتخاذ قرارات الجدولة في إحدى الظروف التالية:

A. عندما تتبدل حالة إجرائية من حالة الانتظار إلى الحالة الجاهزة

B. عند انتهاء تنفيذ إجرائية

C. عندما تتبدل حالة إجرائية من حالة التنفيذ إلى حالة الانتظار

D. جميع الإجابات صحيحة

4. إن مُسند المهمات هو أحد المكونات التي تساهم في جدولة وحدة المعالجة:

A. صح

B. خطأ

5. المعايير المستخدمة للمقارنة بين الخوارزميات:

A. معدل استخدام وحدة المعالجة

B. زمن الاستجابة

C. معدل التدفق

D. جميع الإجابات صحيحة

6. هو الوقت الذي تقضيه إجراءات منتظرة في رتل الجاهزات:

A. زمن الاستجابة

B. زمن الانتظار

C. زمن التدفق

D. زمن تنفيذ المهمة

7. تعتبر أبسط خوارزميات جدولة وحدة المعالجة:

A. القادم أولاً يُخدم أولاً

B. الأقصر عملاً أولاً

C. الجدولة الدائرية

D. الجدولة وفق الأولوية

8. هذه الخوارزمية تحقق أصغر زمن انتظار وسطي، لمجموعة من الإجراءات المعطاة:

A. القادم أولاً يُخدم أولاً

B. الأقصر عملاً أولاً

C. الجدولة الدائرية

D. الجدولة وفق الأولوية

9. المشكلة الأساسية لهذه الخوارزمية هي التوقف اللانهائي أو الحرمان (إذا انتظرت الإجراءات الجاهزة

للتنفيذ فراغ وحدة المعالجة لفترة طويلة):

A. القادم أولاً يُخدم أولاً

B. الأقصر عملاً أولاً

C. الجدولة الدائرية

D. الجدولة وفق الأولوية

10. هذه الخوارزمية مصممة من أجل نظم المشاركة بزمان المعالج:

A. القادم أولاً يُخدم أولاً

B. الأقصر عملاً أولاً

C. الجدولة الدائرية

D. الجدولة وفق الأولوية

11. يعتمد أداء هذه الخوارزمية على حجم الحصة الزمنية:

A. القادم أولاً يُخدم أولاً

B. الأقصر عملاً أولاً

C. الجدولة الدائرية

D. الجدولة وفق الأولوية

12. في هذه الخوارزمية يُجزأ رتل الجاهزات إلى عدة أرتال مستقلة، ويجري ربط الإجراءات برتل واحد دائماً

حسب خواصها، كما يمكن أن يكون لكل رتل خوارزمية جدولة خاصة به:

A. القادم أولاً يُخدم أولاً

B. الأقصر عملاً أولاً

C. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى

D. الجدولة وفق الأولوية

13. تقوم فكرة الخوارزمية على فصل الإجراءات المميزة بدفعات وحدة المعالجة:

A. القادم أولاً يُخدم أولاً

B. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى

C. الجدولة وفق أرتال متعددة المستوى بتغذية راجعة

D. الجدولة وفق الأولوية

الإجابة الصحيحة	رقم التمرين
(A)	.1
(D)	.2
(D)	.3
(A)	.4
(D)	.5
(B)	.6
(A)	.7
(B)	.8
(D)	.9
(C)	.10
(C)	.11
(C)	.12
(C)	.13