

## تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

الباحث: م. قمر سباعي

المشرف العلمي:

أ.د. إبراهيم الشامي

المشرف المشارك:

أ.د. عمار زقزوق

### الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تقييم أداء أربع خوارزميات جدولة وهي First Come First Serve (FCFS)، Shortest Job First (SJF)، Round Robin (RR)، و Multilevel Queue (MQL)، من خلال تحليل ثلاث حالات دراسية مختلفة. تضمنت الحالة الأولى عمليات قصيرة، بينما ركزت الحالة الثانية على مزيج من العمليات الطويلة والقصيرة، في حين تناولت الحالة الثالثة العمليات الطويلة. قُيِّمت الخوارزميات من حيث متوسط زمن الانتظار ومتوسط زمن المعالجة الكلي.

أظهرت النتائج أن خوارزمية SJF كانت الأكثر كفاءة في تقليل زمن الانتظار وزمن المعالجة في الحالة الأولى بسبب إعطائها الأولوية للعمليات القصيرة. أما في الحالة الثانية، فقد تفوقت خوارزمية MQL نظراً لقدرتها على تقسيم العمليات إلى مستويات ومعالجتها وفقاً لأولويات محددة. في الحالة الثالثة، قدمت خوارزمية RR أداءً جيداً لتوزيعها العادل للوقت بين العمليات الطويلة.

### الكلمات المفتاحية:

نظم التشغيل، زمن الانتظار، زمن المعالجة الكلي، FCFS، SJF، Round Robin، MQL.

## Performance Evaluation of RR, SJF, MQL, FCFS Scheduling Algorithms

### Abstract:

This research evaluates the performance of four scheduling algorithms: First Come First Serve (FCFS), Shortest Job First (SJF), Round Robin (RR), and Multilevel Queue (MQL), through the analysis of three different case studies. The first case examines short processes, the second case focuses on a mix of long and short processes, while the third case deals with long processes. The algorithms were evaluated based on the average waiting time and the average turnaround time.

The findings reveal that the SJF algorithm is the most efficient in the first case, achieving the lowest waiting and turnaround times due to its prioritization of short processes. In the second case, the MQL algorithm outperforms the others, leveraging its ability to classify processes into levels and manage them based on specific priorities. Meanwhile, in the third case, the RR algorithm demonstrates strong performance by ensuring a fair distribution of processing time among long processes.

### Keywords:

Operating Systems, Waiting Time, Turnaround Time, FCFS, SJF, Round Robin, MQL.

## 1. مقدمة:

نظم التشغيل (Operating Systems) هي البرمجيات الأساسية التي تدير موارد الحاسوب. وتعمل كحلقة وصل بين المستخدم والأجهزة. تقوم هذه النظم بتشغيل التطبيقات، وتضمن تواصلًا فعالاً مع مكونات الحاسوب مثل المعالجات والذاكرة وأجهزة الإدخال والإخراج. وتتميز نظم التشغيل بتوفير بيئة مستقرة وآمنة لتشغيل البرامج وتنفيذ العمليات على نحو متزامن وفعال [1].

تُعد الجدولة (Scheduling) إحدى الوظائف الأساسية لنظم التشغيل، حيث تنظم توزيع المهام والعمليات على الموارد المختلفة لضمان الأداء المتوازن والكفاءة العالية. تقوم خوارزميات الجدولة بتنظيم تخصيص وحدة المعالجة المركزية (CPU) مع الأخذ في الاعتبار معايير مثل زمن الوصول، أولوية العمليات، وزمن التنفيذ. تختلف كفاءة النظام بناءً على الخوارزمية المختارة، حيث تؤثر بشكل مباشر على سرعة استجابة النظام [2].

طُور العديد من خوارزميات الجدولة لتلبية أهداف متعددة، ومنها خوارزمية الواصل أولاً يخدم أولاً (First Come First Serve – FCFS)، وخوارزمية مهمة أقصر أولاً (Shortest Job First – SJF)، وخوارزمية راوند روبن (Round Robin – RR)، كذلك خوارزمية الأولوية (Priority). يختلف دور كل خوارزمية حسب طبيعة النظام ومتطلبات الأداء [3].

## 2. هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى مقارنة كفاءة أربع خوارزميات (RR، MQL، SJF، FCFS) من خلال دراسة حالة تستند إلى مجموعة من العمليات ذات أزمنة وصول وأزمنة تنفيذ مختلفة. تُقيّم كل خوارزمية وفقاً لمتوسط زمن الانتظار، ومتوسط زمن المعالجة الكلي. تسعى هذه المقارنة إلى تحديد الخوارزمية الأكثر كفاءة في ظل ظروف محددة وتقديم رؤية حول متى يمكن استخدام كل خوارزمية لتحقيق أفضل أداء للنظام.

## 3. الدراسات المرجعية:

قدم الباحث [4] مراجعة شاملة لتقنيات جدولة وحدة المعالجة المركزية (CPU). ركز على تحسين الأداء من خلال تقليل زمن الانتظار وتبديلات السياق باستخدام استراتيجيات مبتكرة مثل الوقت الديناميكي وخوارزميات هجينة.

أجرى الباحث [5] مقارنة بين عشر خوارزميات للجدولة، حيث قدم مجموعة متنوعة من المعايير مثل الأداء، وتعقيد الخوارزمية، والمشكلات المرتبطة بها، ومتوسط أوقات الانتظار، بالإضافة إلى مزايا وعيوب كل خوارزمية، وطريقة التخصيص، وغيرها. يهدف هذا البحث إلى تحليل خصائص خوارزميات جدولة وحدة المعالجة المركزية بهدف تحديد الخوارزمية الأفضل التي تحقق أقصى استفادة من وحدة المعالجة المركزية.

يهدف البحث [6] إلى مراجعة الدراسات المتعلقة بخوارزميات جدولة وحدة المعالجة المركزية لتحديد أيها الأكثر كفاءة. بعد تحليل لخوارزميات Round Robin و Shortest Job First و First Come First Served و Priority، تبين أن العديد من الباحثين قدموا توصيات متباينة لتحسين مقاييس الأداء لوحدة المعالجة المركزية الأمثل من خلال خوارزميات مختلفة، مما يسهم في تقليل وقت الانتظار ووقت الاستجابة ووقت التنفيذ. ومع ذلك، لم يتوصل إلى خوارزمية واحدة تتفوق في المعايير جميعهم.

تناولت الأبحاث السابقة مراجعة نظرية للخوارزميات. لكنها لم تقدم تحليلاً مفصلاً لحالات دراسية متنوعة. بالمقابل، يركز هذا البحث على تحليل عملي لأداء هذه الخوارزميات من خلال استخدام بيانات لحالات دراسية معينة، بهدف تقديم رؤية واضحة حول الأنسب لكل حالة.

#### 4. معايير تقييم الأداء:

تشمل المعايير مجموعة من المؤشرات التي تُستخدم لتقييم كفاءة وسرعة أنظمة الحوسبة، مثل أنظمة التشغيل وخوارزميات الجدولة. تساعد هذه المعايير في تحليل فعالية النظام في توزيع الموارد، وتنفيذ العمليات، وتحقيق الأهداف المطلوبة.

فيما يلي أبرز معايير تقييم الأداء الشائعة في أنظمة التشغيل وخوارزميات الجدولة [7]:

1. استخدام وحدة المعالجة المركزية (Utilization of CPU): يشير إلى النسبة المئوية للوقت التي تكون فيه وحدة المعالجة المركزية مشغولة بتنفيذ العمليات مقارنةً بالوقت التي تكون فيه غير نشطة (خاملة). الهدف هو إبقاء وحدة المعالجة المركزية مشغولة لأقصى حد ممكن لضمان تحقيق أفضل أداء.
2. الإنتاجية (Throughput): تشير إلى عدد العمليات التي تكتمل وتنجز بنجاح خلال فترة زمنية محددة.
3. زمن الرشقة (Burst Time): هو المدة الكاملة التي تحتاجها العملية لإتمام جميع تعليماتها على وحدة المعالجة المركزية. يُسمى أيضاً بـ "CPU Time" أو "Execution Time".
4. زمن الإتمام (Completion Time): هو الفترة التي تستغرقها العملية حتى تنفذ بشكل كامل. يُقاس هذا الوقت من لحظة بدء العملية حتى لحظة إتمامها.
5. زمن الدورة (Turnaround Time): هو الوقت الكلي الذي تحتاجه العملية من لحظة تقديمها للنظام حتى لحظة إتمامها. يُحسب بالطريقة التالية:

$$\text{Turnaround Time} = \text{Arrival Time} - \text{Completion Time}$$

6. زمن الانتظار (Waiting Time): هو الوقت الكلي الذي تستغرقه العملية في انتظار تخصيص وحدة المعالجة المركزية لها بعد أن قدمت للنظام. يُحسب بالطريقة التالية:

$$\text{Waiting Time} = \text{Burst Time} - \text{Turnaround Time}$$

7. زمن الاستجابة (Response Time): هو الفترة الزمنية التي تستغرقها العملية من تقديم طلب إلى نظام التشغيل، حتى استلام أول استجابة، وليس حتى انتهاء العملية بالكامل.

8. العدالة (Fairness): هو المبدأ الذي يضمن حصول كل عملية على حصة عادلة من وحدة المعالجة المركزية دون تمييز غير مبرر لصالح عملية معينة على حساب غيرها. يهدف هذا المبدأ إلى تحقيق توزيع متوازن للموارد، مما يضمن أن تتمتع العمليات جميعهن بفرص متساوية للتنفيذ.

تُعتبر معايير تقييم الأداء ضرورية لتقييم كفاءة النظام وخوارزميات الجدولة. تحقيق توازن جيد بين هذه المعايير يضمن تحسين أداء النظام بشكل عام ويقلل من زمن الانتظار، زمن الاستجابة، ويحسن من استخدام الموارد.

#### 5. خوارزميات الجدولة المدروسة:

##### 1. الواصل أولاً يخدم أولاً (First Come First Serve – FCFS) [8]:

تعتبر هذه الخوارزمية من أبسط خوارزميات الجدولة في أنظمة التشغيل. تعتمد على مبدأ الرتل، حيث تجدر العمليات بناءً على ترتيب وصولها إلى قائمة الانتظار. العملية التي تصل أولاً تُنفذ أولاً، وتتم معالجة كل عملية حتى الانتهاء قبل بدء العملية التالية. خوارزمية FCFS تعتبر خوارزمية غير قابلة للمقاطعة، مما يعني أنه بمجرد بدء تنفيذ المهمة، تستمر هذه المهمة حتى تنتهي بالكامل دون توقف. ورغم بساطتها وسهولة تنفيذها، إلا أنها قد تؤدي إلى مشكلة تُعرف بتأثير القافلة (Convoy Effect)، حيث يمكن أن تتسبب العمليات الطويلة في تأخير جميع العمليات الأخرى اللاحقة، مما يزيد زمن الانتظار والاستجابة.

##### 2. مهمة أقصر أولاً (Shortest Job First – SJF) [9]:

تعطي هذه الخوارزمية الأولوية للمهام التي تحتاج إلى أقل وقت ممكن للتنفيذ. الهدف الأساسي هو تقليل إجمالي زمن الانتظار، حيث تعطى الأولوية للعمليات القصيرة، مما يسهم في تحسين كفاءة نظام بشكل عام.

تنقسم خوارزمية SJF إلى نوعين: النوع الأول هو خوارزمية غير قابلة للمقاطعة (Non-Preemptive)، حيث تُنفذ العملية بشكل تام دون انقطاع حتى النهاية، والنوع الثاني هو خوارزمية قابلة للمقاطعة (Preemptive)، والتي تتيح إيقاف العملية الحالية في حال وصول عملية جديدة تحتاج إلى وقت تنفيذ أقصر.

على الرغم من أن SJF فعالة في تقليل زمن الانتظار وزمن المعالجة الكلي، إلا أنها تواجه مشكلة الجوع (Starvation)، حيث قد تبقى العمليات الطويلة عالقة في قائمة الانتظار إذا استمرت العمليات القصيرة في الوصول. وتعتمد كفاءة SJF على معرفة زمن التنفيذ مسبقاً، مما يحد من استخدامها في بعض الأنظمة.

### 3. راوند روبين (Round Robin – RR) [9]:

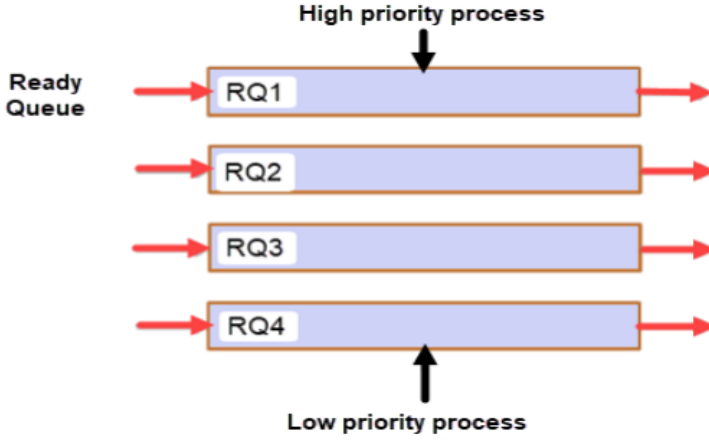
تعتمد خوارزمية على تخصيص زمن متساوٍ (Time Quantum) لكل عملية. تعطى كل عملية وقت معين لتنفيذ جزء منها، وإذا لم تكمل العملية في هذا الوقت المحدد، تعاد إلى قائمة الانتظار لاستئناف التنفيذ في الجولة التالية. تساهم هذه الطريقة في جعل خوارزمية RR عادلة، حيث تضمن عدم استحواذ عملية واحدة على الموارد لفترات طويلة. تُعتبر هذه الخوارزمية ملائمة للأنظمة التفاعلية، مثل أنظمة التشغيل ذات المهام المتعددة، حيث تحتاج العمليات إلى استجابة سريعة. ومع ذلك، يتأثر أداء خوارزمية RR بشكل كبير على اختيار حجم الزمن المخصص (Quantum). إذا كان الزمن المخصص صغيراً جداً، فإن ذلك يؤدي إلى تكرار تبديل السياق (Context Switching)، مما ينتسب في زيادة العبء على النظام. أما إذا كان الزمن كبيراً جداً، يصبح النظام مشابهاً لخوارزمية FCFS، مما يتسبب في تأخير العمليات القصيرة.

### 4. خوارزمية متعددة المستويات (Multilevel Queue Scheduling–MQL) [7]:

تعتمد على تقسيم العمليات إلى قوائم متعددة (Queues) تبعاً لخصائص محددة. مثل الأولوية أو نوع العملية (تفاعلية أو حسابية). يتم جدولة كل قائمة باستخدام خوارزمية معينة، مثل Round Robin للعمليات التفاعلية التي تحتاج إلى استجابة سريعة، و FCFS للعمليات التي تتطلب وقت معالجة أطول.

تعالج القوائم بطريقة هرمية، حيث تعطى الأولوية للعمليات الموجودة في القوائم ذات الأولوية الأعلى لتنفيذها قبل العمليات في القوائم ذات الأولوية الأدنى. تنفذ العمليات في كل قائمة بشكل

مستقل كما في الشكل (1) ، وعادةً لا تنتقل العمليات بين القوائم، على عكس خوارزمية الجدولة متعددة المستويات مع التغذية العكسية.



الشكل (1): خوارزمية جدولة متعددة المستويات [5] Multilevel Queue Scheduling

#### 6. المناقشة:

سيتم مناقشة ثلاث دراسات مقارنة تتعلق بالخوارزميات المذكورة سابقاً. كل عملية لها زمن وصول وأيضاً زمن التنفيذ. فيما يلي مناقشة لكل منها:

#### 1- الحالة الأولى:

تم اختيار الحالة الأولى لتحليل أداء الخوارزميات مع العمليات القصيرة، بهدف تقييم كفاءة كل خوارزمية في تقليل زمن الانتظار وزمن المعالجة الكلي. نفترض أن لدينا أربع عمليات بأوقات وصول وأوقات تنفيذ كما هو موضح في الجدول (1):



الجدول (1) : مجموعة من العمليات مع وقت وصول ووقت تنفيذ

العملية	زمن الوصول (Sec)	زمن التنفيذ (Sec)
P1	0	4
P2	2	3
P3	4	6
P4	6	5

خوارزمية FCFS :

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جاننت كما في الشكل (2)، ينتهي مخطط جاننت عند 18s.

P1	P2	P3	P4	
0	4	7	13	18

الشكل (2): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (2)، نحصل على جدول تحليل الأداء (2):

الجدول (2): تحليل الأداء للخوارزمية FCFS

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	4	0	4	4
P2	2	3	4	7	5
P3	4	6	7	13	9
P4	6	5	13	18	12

خوارزمية SJF :

## تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (3)، ينتهي مخطط جانت عند 18s.

P1	P2	P4	P3
0	4	7	12
			18

الشكل (3): تحليل مخطط جانت

بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (3)، نحصل على جدول تحليل الأداء (3):

الجدول (3): تحليل الأداء للخوارزمية SJF

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	4	0	4	4
P2	2	3	4	7	5
P3	4	6	12	18	14
P4	6	5	7	12	6

خوارزمية RR :

بعد تحليل زمن الوصول مع تخصيص زمني يساوي 3 ، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (4)، ينتهي مخطط جانت عند 18s.

P1	P2	P3	P4	P1	P3	P4
0	3	6	9	12	13	16
						18

الشكل (4): تحليل مخطط جانت

بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (4)، نحصل على جدول تحليل الأداء (4):

الجدول (4): تحليل الأداء للخوارزمية RR

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	4	0	13	13
P2	2	3	3	6	4
P3	4	6	6	16	12
P4	6	5	9	18	12

خوارزمية MQL:

تظهر الأولوية كما في الجدول (5) مدى أهمية العمليات، حيث يتم إعطاء العمليات ذات الأولوية الأعلى (1) الأفضلية في التنفيذ مقارنة بالأولوية الأقل (2).

الجدول (5): أولوية العمليات للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول (S)	زمن التنفيذ (S)	الأولوية
P1	0	4	1
P2	2	3	1
P3	4	6	2
P4	6	5	2

تُجدول العمليات ذات الأولوية الأعلى باستخدام خوارزمية RR مع تخصيص زمني قدره 3، بينما تجدول العمليات الأقل أولوية باستخدام خوارزمية FCFS، وبهذا نحصل على مخطط جاننت كما هو موضح في الشكل (5):

## تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

P1	P2	P1	P3	P4	
0	3	6	7	13	18

الشكل (5): تحليل مخطط جانتي

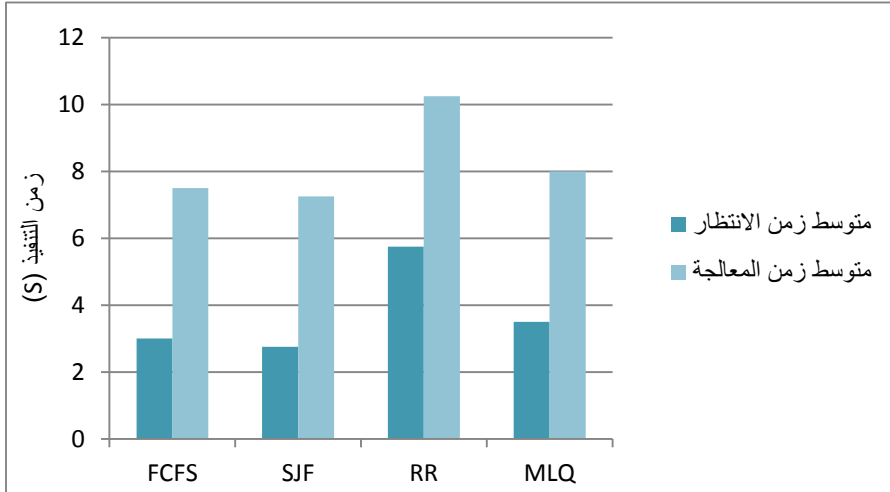
بناءً على تحليل مخطط جانتي في الشكل (5)، نحصل على جدول تحليل الأداء (6):

الجدول (6): تحليل الأداء للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	4	0	7	7
P2	2	3	3	6	4
P3	4	6	7	13	9
P4	6	5	13	18	12

من تحليل أداء الجداول ومخططات جانتي أعلاه، نحصل على متوسط زمن الانتظار ومتوسط

زمن المعالجة الكلي، كما في الشكل (6):



الشكل (6): مقارنة بين خوارزميات الجدولة للحالة الأولى

نلاحظ أن خوارزمية SJF حققت أداءً أفضل مقارنةً بالخوارزميات الأخرى، حيث سجلت أقل متوسط زمن انتظار وأقل متوسط زمن معالجة. هذا يعكس فعالية خوارزمية SJF في التعامل مع العمليات القصيرة، إذ تعطي الأولوية للعمليات ذات زمن التنفيذ الأقصر، مما يقلل زمن الانتظار الكلي في النظام. كما أن خوارزمية RR أقل كفاءة، لأنها خصصت وقتاً متساوياً لكل عملية، مما أدى إلى زيادة زمن الانتظار.

## 2- الحالة الثانية:

تم اختيار الحالة الثانية لدراسة أداء الخوارزميات مع عمليات متباينة بين الطويلة والقصيرة لتحليل كيفية تعامل كل خوارزمية مع أعباء معالجة متنوعة وتقييم قدرتها على تحقيق التوازن في زمن الانتظار وزمن المعالجة الكلي.

نفترض أن لدينا أربع عمليات بأوقات وصول وأوقات تنفيذ، كما هو موضح في الجدول (7):

الجدول (7): مجموعة من العمليات مع وقت وصول ووقت تنفيذ

العملية	زمن الوصول (Sec)	زمن التنفيذ (Sec)
P1	0	10
P2	2	1
P3	4	8
P4	6	3

خوارزمية FCFS:

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (7)، ينتهي مخطط جانت عند 22s.

P1	P2	P3	P4
0	10	11	19
			22

الشكل (7): تحليل مخطط جانت

## تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (7)، نحصل على جدول تحليل الأداء (8):

الجدول (8): تحليل الأداء للخوارزمية FCFS

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10
P2	2	1	10	11	9
P3	4	8	11	19	15
P4	6	3	19	22	16

خوارزمية SJF :

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جاننت كما في الشكل (8)، ينتهي مخطط جاننت عند 22s.

P1	P2	P4	P3	
0	10	11	14	22

الشكل (8): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (8)، نحصل على جدول تحليل الأداء (9):

الجدول (9): تحليل الأداء للخوارزمية SJF

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10
P2	2	1	10	11	9
P3	4	8	14	22	18
P4	6	3	11	14	8

بعد تحليل زمن الوصول مع تخصيص زمني يساوي 3 ، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (9)، ينتهي مخطط جانت عند 22s.

P1	P2	P3	P4	P1	P3	P1	P3	P1	
0	3	4	7	10	13	16	19	21	22

الشكل (9): تحليل مخطط جانت

بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (9)، نحصل على جدول تحليل الأداء (10):

الجدول (10): تحليل الأداء للخوارزمية RR

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	22	22
P2	2	1	3	4	2
P3	4	8	4	21	17
P4	6	3	7	10	4

خوارزمية MQL:

تظهر الأولوية كما في الجدول (11) مدى أهمية العمليات، حيث يتم إعطاء العمليات ذات الأولوية الأعلى (1) الأفضلية في التنفيذ مقارنة بالأولوية الأقل (2).

الجدول (11): أولوية العمليات للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول (Sec)	زمن التنفيذ (Sec)	الأولوية
P1	0	10	2
P2	2	1	1
P3	4	8	2
P4	6	3	1

## تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

تُجدول العمليات ذات الأولوية الأعلى باستخدام خوارزمية RR مع تخصيص زمني قدره 3، بينما تُجدول العمليات الأقل أولوية باستخدام خوارزمية FCFS، وبهذا نحصل على مخطط جانت كما هو موضح في الشكل (10):

P1	P2	P1	P4	P1	P3	
0	2	3	6	9	14	22

الشكل (10): تحليل مخطط جانت

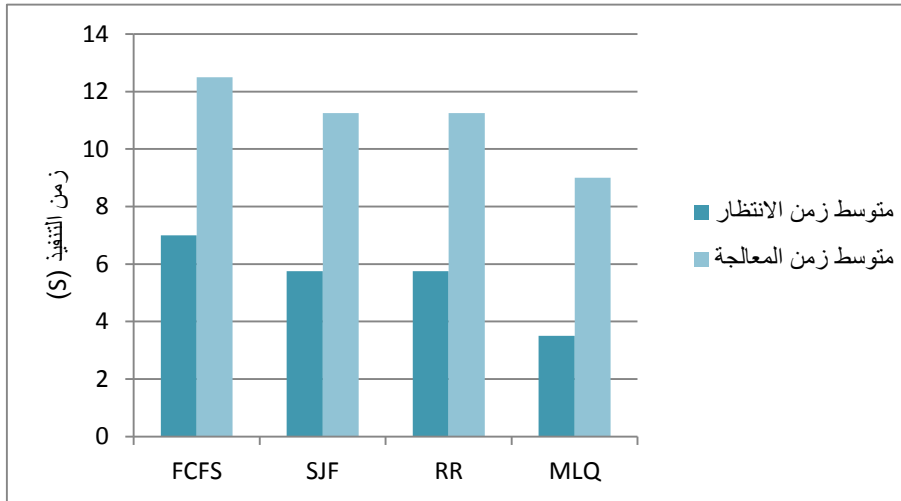
بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (10)، نحصل على جدول تحليل الأداء (12):

الجدول (12): تحليل الأداء للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	14	14
P2	2	1	2	3	1
P3	4	8	14	22	18
P4	6	3	6	9	3



من تحليل أداء الجداول ومخططات جانت أعلاه، نحصل على متوسط زمن الانتظار ومتوسط زمن المعالجة الكلي، كما في الشكل (11):



الشكل (11): مقارنة بين خوارزميات الجدولة للحالة الثانية

نلاحظ من هذا الرسم البياني أن خوارزمية MLQ تعتبر الأفضل في التعامل مع العمليات المتباينة بين قصيرة وطويلة، حيث سجلت أقل متوسط زمن انتظار وأقل متوسط زمن معالجة. في هذه الحالة، تختلف العمليات بين القصيرة والطويلة، مما يستدعي إجراء تحليل دقيق لأداء الخوارزميات في ظل هذه الأزمنة. سنقوم الآن بالتحليل المتعمق لتأثير توازن العمليات الطويلة والقصيرة على أداء الخوارزميات المختلفة.

أ. معدل العمليات الطويلة أعلى:

نفترض أن لدينا أربع عمليات بأوقات وصول وأوقات تنفيذ، كما هو موضح في الجدول (13):

الجدول (13): مجموعة من العمليات مع وقت وصول ووقت تنفيذ

العملية	زمن الوصول (Sec)	زمن التنفيذ (Sec)
P1	0	10

### تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

1	2	P2
8	4	P3
12	6	P4

خوارزمية FCFS:

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (12)، ينتهي مخطط جانت عند 31s.

P1	P2	P3	P4
0	10	11	19
			31

الشكل (12): تحليل مخطط جانت

بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (12)، نحصل على جدول تحليل الأداء (14):

الجدول (14): تحليل الأداء للخوارزمية FCFS

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10
P2	2	1	10	11	9
P3	4	8	11	19	15
P4	6	12	19	31	25

خوارزمية SJF :

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (13)، ينتهي مخطط جانت عند 31s.

P1	P2	P3	P4	
0	10	11	19	31

الشكل (13): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (13)، نحصل على جدول تحليل الأداء (15):

الجدول (15): تحليل الأداء للخوارزمية SJF

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10
P2	2	1	10	11	9
P3	4	8	11	19	15
P4	6	12	19	31	25

خوارزمية RR :

بعد تحليل زمن الوصول مع تخصيص زمني يساوي 3 ، نحصل على مخطط جاننت كما في الشكل (14)، ينتهي مخطط جاننت عند 31s.

P1	P2	P3	P4	P1	P3	P4	P1	P3	P4	P1	P4	
0	3	4	7	10	13	16	19	22	24	27	28	31

الشكل (14): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (14)، نحصل على جدول تحليل الأداء (16):

الجدول (16): تحليل الأداء للخوارزمية RR

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	28	28

### تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

2	4	3	1	2	P2
20	24	4	8	4	P3
25	31	7	12	6	P4

خوارزمية MQL:

تظهر الأولوية كما في الجدول (17) مدى أهمية العمليات، حيث يتم إعطاء العمليات ذات الأولوية الأعلى (1) الأفضلية في التنفيذ مقارنة بالأولوية الأقل (2).

الجدول (17): أولوية العمليات للخوارزمية MQL

الأولوية	زمن التنفيذ (Sec)	زمن الوصول (Sec)	العملية
2	10	0	P1
1	1	2	P2
2	8	4	P3
2	12	6	P4

تُجدول العمليات ذات الأولوية الأعلى باستخدام خوارزمية RR مع تخصيص زمني قدره 3، بينما تُجدول العمليات الأقل أولوية باستخدام خوارزمية FCFS، وبهذا نحصل على مخطط جانت كما هو موضح في الشكل (15):

P1	P2	P1	P3	P4	
0	2	3	11	19	31

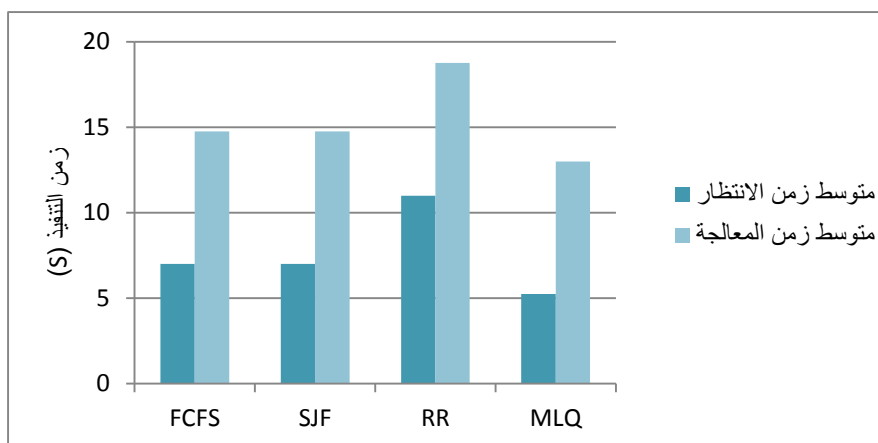
الشكل (15): تحليل مخطط جانت

بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (15)، نحصل على جدول تحليل الأداء (18):

الجدول (18): تحليل الأداء للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	11	11
P2	2	1	2	3	1
P3	4	8	11	19	15
P4	6	12	19	31	25

من تحليل أداء الجداول ومخططات جانت أعلاه، نحصل على متوسط زمن الانتظار ومتوسط زمن المعالجة الكلي، كما في الشكل (16):



الشكل (16): مقارنة بين خوارزميات الجدولة للحالة الثانية (أ)

تُظهر النتائج في هذه الحالة، التي تتسم بزيادة نسبة العمليات الطويلة، تفوق خوارزمية MLQ مقارنة بباقي الخوارزميات.

ب. معدل العمليات القصيرة أعلى:

نفترض أن لدينا أربع عمليات بأوقات وصول وأوقات تنفيذ، كما هو موضح في الجدول (19):

## تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

الجدول (19): مجموعة من العمليات مع وقت وصول ووقت تنفيذ

العملية	زمن الوصول (Sec)	زمن التنفيذ (Sec)
P1	0	10
P2	2	1
P3	4	2
P4	6	3

خوارزمية FCFS:

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (17)، ينتهي مخطط جانت عند 16s.

P1	P2	P3	P4
0	10	11	13
16			

(17): تحليل مخطط جانت

بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (17)، نحصل على جدول تحليل الأداء (20):

الجدول (20): تحليل الأداء للخوارزمية FCFS

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10
P2	2	1	10	11	9
P3	4	2	11	13	9
P4	6	3	13	16	10

خوارزمية SJF :

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جانت كما في الشكل (18)، ينتهي مخطط جانت عند 16s.

P1	P2	P3	P4	
0	10	11	13	16

الشكل (18): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (13)، نحصل على جدول تحليل الأداء (21):

الجدول (21): تحليل الأداء للخوارزمية SJF

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10
P2	2	1	10	11	9
P3	4	2	11	13	9
P4	6	3	13	16	10

خوارزمية RR :

بعد تحليل زمن الوصول مع تخصيص زمني يساوي 3 ، نحصل على مخطط جاننت كما في الشكل (19)، ينتهي مخطط جاننت عند 16s.

P1	P2	P3	P4	P1	P1	P1	
0	3	4	6	9	12	15	16

الشكل (19): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (19)، نحصل على جدول تحليل الأداء (22):

الجدول (22): تحليل الأداء للخوارزمية RR

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	16	16

### تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

2	4	3	1	2	P2
2	6	4	2	4	P3
3	9	6	3	6	P4

خوارزمية MQL:

تظهر الأولوية كما في الجدول (23) مدى أهمية العمليات، حيث يتم إعطاء العمليات ذات الأولوية الأعلى (1) الأفضلية في التنفيذ مقارنة بالأولوية الأقل (2).

الجدول (23): أولوية العمليات للخوارزمية MQL

الأولوية	زمن التنفيذ (Sec)	زمن الوصول (Sec)	العملية
2	10	0	P1
1	1	2	P2
1	2	4	P3
1	3	6	P4

تُجدول العمليات ذات الأولوية الأعلى باستخدام خوارزمية RR مع تخصيص زمني قدره 3، بينما تُجدول العمليات الأقل أولوية باستخدام خوارزمية FCFS، وبهذا نحصل على مخطط جانت كما هو موضح في الشكل (20):

P1	P2	P1	P3	P4	P1	
0	2	3	4	6	9	16

الشكل (20): تحليل مخطط جانت

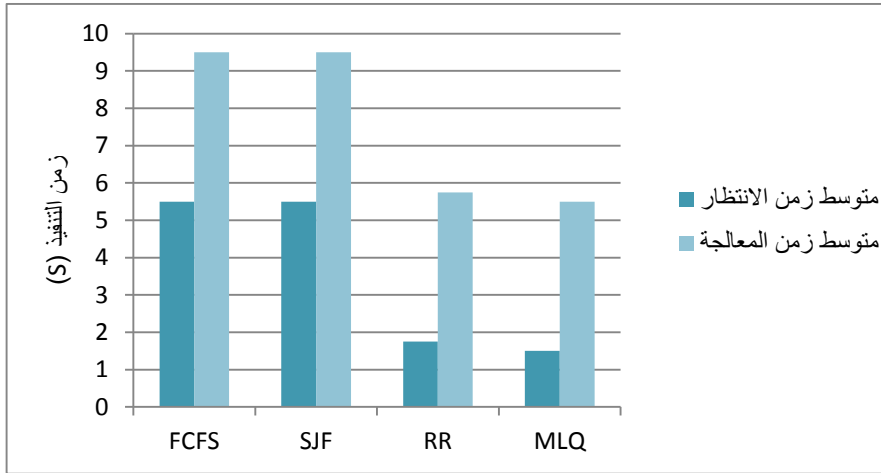
بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (20)، نحصل على جدول تحليل الأداء (24):



الجدول (24): تحليل الأداء للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	16	16
P2	2	1	2	3	1
P3	4	2	4	6	2
P4	6	3	6	9	3

من تحليل أداء الجداول ومخططات جاننت أعلاه، نحصل على متوسط زمن الانتظار ومتوسط زمن المعالجة الكلي، كما في الشكل (21):



الشكل (21): مقارنة بين خوارزميات الجدولة للحالة الثانية (ب)

تُظهر النتائج أن MLQ قادرة على إعطاء الأولوية للعمليات القصيرة في صفوف معينة، مما يقلل بشكل كبير من متوسط زمن الانتظار والمعالجة مقارنة بالخوارزميات الأخرى.

إذاً أظهرت خوارزمية MLQ تفوقاً ملحوظاً في جميع الحالات الثلاث (المتباينة، ذات الأغلبية الطويلة، وذات الأغلبية القصيرة) بفضل مرونتها في تخصيص الموارد والتعامل مع العمليات المختلفة بفعالية.

### 3- الحالة الثالثة:

تم اختيار الحالة الثالثة لدراسة أداء الخوارزميات مع العمليات الطويلة بهدف تقييم كفاءة كل خوارزمية في التعامل مع أعباء معالجة كبيرة وتحليل تأثيرها على زمن الانتظار وزمن المعالجة الكلي في بيئات تتطلب تنفيذ عمليات طويلة الأمد.

نفترض أن لدينا أربع عمليات بأوقات وصول وأوقات تنفيذ، كما هو موضح في الجدول (25):

الجدول (25): مجموعة من العمليات مع وقت وصول ووقت تنفيذ

العملية	زمن الوصول (Sec)	زمن التنفيذ (Sec)
P1	0	10
P2	2	15
P3	4	20
P4	6	20

خوارزمية FCFS :

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جاننت كما في الشكل (22)، ينتهي مخطط جاننت عند 65s.

P1	P2	P3	P4	
0	10	25	45	65

الشكل (22): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (22)، نحصل على جدول تحليل الأداء (26):

الجدول (26): تحليل الأداء للخوارزمية FCFS

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10

23	25	10	15	2	P2
41	45	25	20	4	P3
59	65	45	20	6	P4

خوارزمية SJF :

بعد تحليل زمن الوصول، نحصل على مخطط جانتي كما في الشكل (23)، ينتهي مخطط جانتي عند 65s.

P1	P2	P3	P4	
0	10	25	45	65

الشكل (23): تحليل مخطط جانتي

بناءً على تحليل مخطط جانتي في الشكل (23)، نحصل على جدول تحليل الأداء (27):

الجدول (27): تحليل الأداء للخوارزمية SJF

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	10	10
P2	2	15	10	25	23
P3	4	20	25	45	41
P4	6	20	45	65	59

خوارزمية RR :

بعد تحليل زمن الوصول مع تخصيص زمني قدره 5 ، نحصل على مخطط جانتي كما في الشكل (24)، ينتهي مخطط جانتي عند 65s.

## تقييم أداء خوارزميات الجدولة RR, SJF, MQL, FCFS

P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P2	P3	P4	P3	P4	
0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65

الشكل (24): تحليل مخطط جاننت

بناءً على تحليل مخطط جاننت في الشكل (24)، نحصل على جدول تحليل الأداء (28):

الجدول (28): تحليل الأداء للخوارزمية RR

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	25	25
P2	2	15	5	45	43
P3	4	20	10	60	56
P4	6	20	15	65	59

خوارزمية MQL:

تظهر الأولوية كما في الجدول (29) مدى أهمية العمليات، حيث يتم إعطاء العمليات ذات الأولوية الأعلى (1) الأفضلية في التنفيذ مقارنة بالأولوية الأقل (2).

الجدول (29): أولوية العمليات للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول (Sec)	زمن التنفيذ (Sec)	الأولوية
P1	0	10	1
P2	2	15	1
P3	4	20	2
P4	6	20	2

يتم جدولة العمليات ذات الأولوية الأعلى وفقاً لخوارزمية RR والعمليات ذات الأولوية الأدنى وفقاً لخوارزمية FCFS، نحصل على مخطط جاننت كما في الشكل (25):

P1	P2	P1	P2	P2	P3	P4	
0	5	10	15	20	25	45	65

الشكل (25) تحليل مخطط جانت

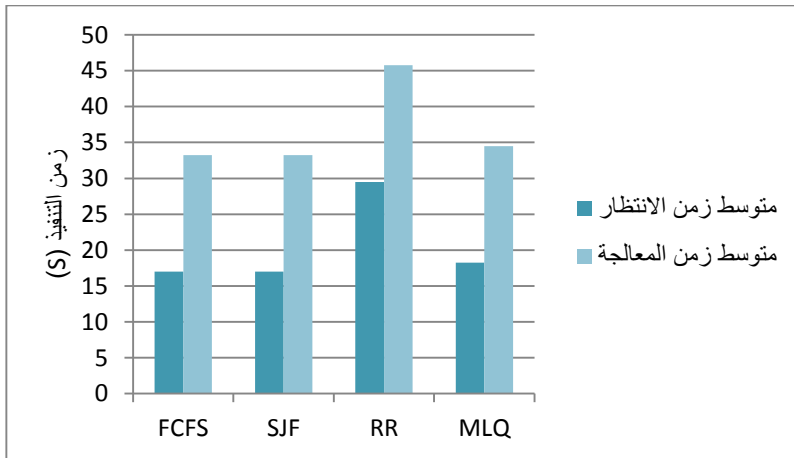
بناءً على تحليل مخطط جانت في الشكل (25)، نحصل على جدول تحليل الأداء (30):

الجدول (30) تحليل الأداء للخوارزمية MQL

العملية	زمن الوصول	زمن التنفيذ	زمن البدء	زمن الانتهاء	زمن الدورة
P1	0	10	0	15	15
P2	2	15	5	25	23
P3	4	20	25	45	41
P4	6	20	45	65	59

من تحليل أداء الجداول ومخططات جانت أعلاه، نحصل على متوسط زمن الانتظار ومتوسط

زمن المعالجة الكلي، كما في الشكل (26):



الشكل (26): مقارنة بين خوارزميات الجدولة للحالة الثالثة

في حالة العمليات الطويلة، لا توجد خوارزمية توفر أداءً مثالياً بالكامل، حيث تعاني كل خوارزمية من تحديات مختلفة.

أظهرت الخوارزميات أداءً متقارباً باستثناء خوارزمية Round Robin، يبدو أن خوارزمية Round Robin (RR) قد تكون الخيار الأفضل نسبياً في هذه الحالة، للأسباب التالية:

التوزيع العادل للوقت: خوارزمية RR توزع وقت المعالجة بالتساوي بين جميع العمليات، مما يمنع العمليات الطويلة من احتكار المعالج لفترات طويلة. هذا يجعلها أكثر عدالة مقارنة بخوارزميات مثل FCFS و SJF، حيث قد تنتظر بعض العمليات طويلاً حتى تحصل على دورها. زمن الانتظار: بالرغم من أن RR قد لا تقلل زمن المعالجة الكلي مثل SJF، إلا أنها تمنع التفاوت الشديد في زمن الانتظار بين العمليات. العمليات الطويلة تحصل على وقت معالجة بشكل دوري، مما يحقق توازناً جيداً.

إمكانية تعديل التوقيت الزمني: إحدى ميزات RR هي القدرة على ضبط "التوقيت الزمني" بما يتناسب مع طول العمليات. فإذا كانت العمليات جميعها طويلة، يمكن زيادة التوقيت الزمني لتحسين الأداء وتقليل زمن الانتظار الكلي.

## 7. النتائج:

يوضح الجدول (31) ملخصاً لتحليل الأداء المقارن بين الخوارزميات المختلفة.

الجدول (31) ملخص تحليل الأداء للخوارزميات

الخوارزمية	متوسط زمن الانتظار	متوسط زمن المعالجة الكلي	
FCFS	3	7.5	دراسة الحالة 1
SJF	2.75	7.25	
RR	5.75	10.25	
MQL	3.5	8	
FCFS	7	12.5	دراسة الحالة 2
SJF	5.75	11.25	
RR	5.75	11.25	
MQL	3.5	9	
FCFS	7	14.75	دراسة الحالة أ
SJF	7	14.75	
RR	11	18.75	
MQL	5.25	13	
FCFS	5.5	9.5	دراسة الحالة ب
SJF	5.5	9.5	
RR	1.75	5.75	
MQL	1.5	5.5	
FCFS	17	33.25	دراسة الحالة 3
SJF	17	33.25	
RR	29.5	45.75	
MQL	18.25	34.5	

## 8. الاستنتاج:

في هذا البحث، حُلَّ أداء أربع خوارزميات جدولة RR، SJF، FCFS، وMLQ، من خلال ثلاث حالات متنوعة لاختبار تأثير توزيع العمليات (عمليات طويلة، عمليات قصيرة، وتوزيع متباين بينهما). أظهرت النتائج أن أداء الخوارزميات يتفاوت حسب نمط العمليات. حيث تفوقت خوارزمية SJF في التعامل مع العمليات القصيرة بفضل قدرتها على تقليل متوسط زمن الانتظار. بينما أثبتت خوارزمية MLQ كفاءتها في إدارة التوزيع المتباين للعمليات بفضل مرونتها في التعامل مع الأولويات المختلفة. أما بالنسبة للعمليات الطويلة، فقد كانت خوارزمية RR الأكثر كفاءة؛ نظراً لتحقيقها عدالة في تخصيص الموارد.

تظهر الخوارزميات الأربعة المدروسة (MQL، RR، SJF، FCFS) مستويات مختلفة من الكفاءة. وذلك وفقاً لطبيعة العمليات وأوقات التنفيذ.

## 9. المراجع:

- 1- BHATIA, J., MATHURIA, S., LADWANI, V. M., & PADMANABHAN, S. 2024– Optimised Round Robin with Virtual Runtime for CPU Scheduling. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, 1st ed., Switzerland, 17p.
- 2- MAHBANI, R., & OMRAN, B.M. 2021 – Improving the Relative Length of the Task Schedule on Heterogeneous Data Processing Units. Al-Baath University Journal – Series of Mechanical, Electrical,



- and Informatics Engineering Sciences, Vol. 43, No. 26. (References In Arabic)
- 3- KISHOR, L., & GOYAL, D. 2013 – Comparative Analysis of Various Scheduling Algorithms. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), Vol. 2, No. 4, 1488p.
- 4- HARKI, N., AHMED, A., & HAJI, L. 2020 – CPU Scheduling Techniques: A Review on Novel Approaches Strategy and Performance Assessment. Journal of Applied Science and Technology Trends, Vol. 1, No. 2, 48–55.
- 5- OMAR, H. K., JIHAD, K. H., & HUSSEIN, S. F. 2021 – Comparative Analysis of the Essential CPU Scheduling Algorithms. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, Vol. 10, No. 5, 2742–2750.
- 6- ALI, S. M., ALSHAHRANI, R. F., HADADI, A. H., ALGHAMDI, T. A., ALMUHSIN, F. H., & EL-SHARAWY, E. E. 2021 – A Review on the CPU Scheduling Algorithms: Comparative Study. International Journal of Computer Science & Network Security, Vol. 21, No. 1, 19–26.
- 7- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M., OTERO-CERDEIRA, L., GONZÁLEZ-RUFINO, E., & RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, F. J. 2024 – Study and Evaluation of CPU Scheduling Algorithms. Heliyon, e29959–e29959.
- 8- KHIRBEK, F. G. 2023 – A Comparative Study of Task Scheduling Algorithms in Cloud Computing. Al-Baath University Journal – Series of Mechanical, Electrical, and Informatics Engineering Sciences, Vol. 45, No. 1. (References In Arabic)

- 9- SREENATH, M., & VIJAYA, P. A. 2022 – Analysis of Energy Saving Scheduling Algorithms for Multiprocessor Systems. International Journal of Science and Research Archive, Vol. 7, No. 2, 614–623.