P-ISSN: 2170-1040 | **مجلة دفاتر اقتصادية** | **E-ISSN:** 2602-5426
المجلد: 14 – **العدد:** 01 (2023)، ص: 702 - 722

جدولة العمليات الإنتاجية لمجموعة من الأعمال على آلة واحدة باستخدام نظرية التتابع

Scheduling production operations for a group of works on one machine using the Sequencing theory

عابد علي
مخبر تطوير المؤسسة الاقتصادية الجزائرية، جامعة ابن خلدون تيارت (الجزائر)، ali.abed@univ-tiaret.dz

تاريخ الاستلام: 2023/03/10 **تاريخ القبول:** 2023/04/27 **تاريخ النشر:** 2023/05/20

ملخص:
تهدف هذه الدراسة إلى توضيح آلية الجدولة للمنتجات الصناعية في حالة آلة واحدة، عن طريق ما يعرف بنظرية التتابع أو أسبقيات العمل ،وقد تم التطرق إلى معايير تقويم جدولة العمليات، وقواعد الترتيب لآلة واحدة والمتمثلة في القواعد الساكنة والقواعد الديناميكية وقد توصلنا إلى أن افضل القواعد الساكنة هما قاعدة التشغيل الأقصر (SPT) وقاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر (EDD) إذ انهما تساوى في جميع المعايير ،تليها قاعدة ما يرد أولا –يخدم أولا(FCFS) وقاعدة الوقت الأطول للمعالجة (LPT) ،أما فيما يخص القواعد الديناميكية فقد كانت قاعدة الفائض (SLACK) أفضل قاعدة في عمية الجدولة تليها قاعدة الفائض للأعمال المتبقية (S/RO) وأخيرا قاعدة النسبة الحرجة (*CR*).

كلمات مفتاحية: جدولة العمليات الإنتاجية، معايير تقويم الجدولة، القواعد الساكنة، القواعد الديناميكية.

تصنيف JEL : C41، D24، M11، C44

Abstract:
This study aims to clarify the scheduling mechanism for industrial products in the case of one machine, Through what is known as the theory of succession or work precedence , The criteria for evaluating operations scheduling have been discussed and the rules of arrangement for one machine represented in the static rules and the dynamic rules .We found that the best static rules are the shorts processing time(SPT)and the earliest due date(EDD),They are equal in all respects Followed by the first-come-first-served (FCFS) rule, then longest processing time (LPT) rule .As for the dynamic rules, the slack rule (SLACK) was the best rule in the scheduling process, followed by the slack per remaining operation (S/RO) and finally the critical ratio rule (CR).

Keywords: scheduling operation productivity, scheduling evaluation standards, static rules, dynamic rules

JEL Classification: C41 ،D24،M11،C44

1. مقدمة :

تعتبر الجدولة شكل من أشكال تخطيط الإنتاج لفترات قصيرة قد تكون أسابيع أو أيام أو لعدة ساعات، وهي تتضمن تخصيص الموارد المتاحة (عدة ومعدات، آلات، مكائن، ...الخ) لتشغيل الأوامر الإنتاجية المطلوبة أو القيام بالأعمال والأنشطة اللازمة أو تخصيصها لخدمة مجموعات مختلفة من المستهلكين وطالما أن جدولة الإنتاج تتضمن التخصيص فهي تعتمد على الطاقة والموارد التي يتم تدبيرها طبقا لتقديرات مرحلة التخطيط الإجمالي للإنتاج متوسط المدى، وبشكل عام يمكن القول بأن الهدف من قرارات الجدولة هو تحقيق التوافق بين غايات متعارضة تشمل الاستخدام الكفء للعمالة والمعدات والتسهيلات الإنتاجية، وفي نفس الوقت تخفيض مستوى المخزون وتخفيض أزمنة التشغيل وتخفيض أزمنة الانتظار للعميل تواجه المؤسسات الإنتاجية العديد من المشاكل التي تحد من قدرتها على الإنتاج ، ومن بين هذه المشاكل تلك المتعلقة بكيفية جدولة الأعمال وإيجاد الترتيب أو التتابع الأمثل لتنفيذ الأعمال المطلوبة بالإمكانات المتوفرة في المؤسسة وبأقل وقت ممكن وتكلفة ممكنة.

1.1 إشكالية البحث:

كيف تساهم نظرية التتابع في جدولة العمليات الإنتاجية بأقل وقت ممكن؟

2.1 أسئلة البحث:

هل الجدولة باستخدام نظرية التتابع تساعد في تخفيض وقت تدفق الأعمال؟

هل تخفيض عدد العمال مرتبط بمدى استخدام نظرية التتابع؟

ما مدى كفاءة استخدام الموارد للأعمال قيد الإنتاج باستخدام الطرق المختلفة لنظرية التتابع؟

3.1 فرضيات البحث:

للإجابة على الإشكالية الرئيسية والأسئلة الفرعية يمكن أن نصيغ مجموعة من الفرضيات كالتالي

-تعتبر معايير قياس الأداء من المعايير التي تساعد على اتخاذ القرار الصائب في أي عملية إنتاجية.

-تعتبر القواعد الساكنة قواعد فعالة في عملية الجدولة.

-تعتبر القواعد الديناميكية قواعد فعالة في عملية الجدولة.

4.1أهداف البحث

-توضيح مفهوم نظرية التتابع على آلة واحدة.

-معرفة استخدام وحساب معايير تقويم جدولة العمليات.

-معرفة حساب القواعد الساكنة.

-معرفة حساب القواعد الديناميكية.

5.1 منهجية البحث

للإجابة على الإشكالية المطروحة لهذه الدراسة اعتمدنا على المنهج الوصفي والتحليلي بحيث

تم استخدام المنهج الوصفي في شرح عملية الجدولة والطرق المستخدمة في قياسها.

أما المنهج التحليلي فقد تم استخدامه في شرح كيفية استخدام معايير تقويم الجدولة ومعايير القواعد الساكنة والديناميكية.

2. جدولة العمليات الإنتاجية:

سوف نتطرق في هذا البحث إلى مفهوم الجدولة وجدولة العمليات الإنتاجية والمعايير التي تستخدم في عملية الجدولة والقواعد التي تستخدم ومن بينها نظرية التتابع.

1.2 مفهوم الجدولة:

هي عملية مستمرة لتخصيص الموارد لإنجاز مهام معينة وهي المرحلة الأخيرة من مراحل التخطيط قبل الإنتاج، فهي تشير إلى تعيين أو تحديد الأسبقيات أو تتابع إنجاز العمال أو أوامر الإنتاج، وتخصيص العمل على مراكز أو محطات العمل إن الجدولة تحدد توقيت وأسبقيات أو تتابع الإنتا ج ومقدار أو حجم العمل الذي ينبغي أن يتم إكماله خلال أي مدة زمنية في كل مركز عمل وعلى الرغم من الطبيعة قصيرة المد لجدولة العمليات إلا انها يمكن أن تكون ذات أهمية إستراتيجية، فقد أصبح التنافس على أساس الوقت أكثر انتشارا في بيئة الأعمال لذلك فإن التنافس ما بين الشركات أخذ يعتمد بصورة رئيسية على أساس السرعة والمعولية مما قد يجعل الجدولة التي تستند على أساس التسليم في الوقت المحدد من العوامل الحاسمة في تحقيق النجاح الإستراتيجي للشركات في محيط الأعمال.[1]

2.2 مفهوم جدولة العمليات الإنتاجية:

تفترض قواعد جدولة ورش العمل وجود عدد من الأعمال أو الدفعات من المنتجات والانتظار لتصنيعها على الآلات أي تنظيم هذه الأعمال في مكان التصنيع أو ورشة العمل بأفضل كفاءة ممكنة من خلال تخفيض زمن الانتظار والزمن الكلي للعملية التشغيلية، والمحافظة على مخزون منخفض والتقليل من عمليات التأخير التي قد تحصل أثناء القيام بالعملية التشغيلية، وبالتالي الوصول إلى أقصى ما يمكن من الفوائد جراء استعمال التجهيزات والمعدات اللازمة للعملية التشغيلية.

وتتوقف عملية إعداد الجداول الزمنية للإنتاج على حجم المنتجات المراد إنتاجها لذلك تتفاوت مداخل الجدولة حسب أنظمة الإنتاج: نظام الإنتاج الكبير أو المستمر، نظام الإنتاج المتقطع المتكرر أو (إنتاج الدفعات)، ونظام الإنتاج المتقطع أو (الإنتاج حسب الطلب)، وأخيرا جدولة مشروعات الأعمال.[2]

3.2 أهداف الجدولة

أصبح واضحا أن الهدف الأساس للجدولة يتمثل في تحديد التوقيتات اللازمة لإنجاز كل عملية من العمليات الإنتاجية وذلك من إطار الخطة الإجمالية (المتوسطة الأجل) والخطة طويلة الأجل للإنتاج وهذا بطبيعة الحال سيؤدي إلى خفض التكاليف وتلبية الطلبيات في مواعيدها وبالتالي تحسين حالة الربحية والقوة التنافسية للمنظمة، وبشكل أكثر تركيزا ووضوحا نستطيع تحديد اهداف الجدولة في الآتي:

-تعمل الجدولة على خفض وقت التحضير والإعداد للموارد والعمليات مما سيؤدي إلى توفير طاقة إضافية للمنظمة ناتجة عن تقصير دورة التشغيل.

-تسعى الجدولة من خلال التحكم في التوقيت والطاقات المتاحة، إلى خفض تكاليف الإنتاج من خلال السرعة في تلبية طلبات الزبائن وتخفيض حجم المخزون وأيضا خفض كمية المخلفات والعوادم.

-تهدف الجدولة إلى خفض الطاقات العاطلة في الموارد المادية أم البشرية مما سيؤدي إلى حسن استغلال الإمكانات والموارد والطاقات المتاحة، المر الذي سيزيد من ربحية المنظمة.

-من الهداف المباشرة للجدولة هو سعيها إلى تسليم الطلبيات، أو طرح السلع والخدمات في السوق، في المواعيد مما يحول دون تحمل المنظمة لخسائر إضافية.[3]

-التكيف مع التقبات العشوائية المؤثرة في حجم الطلب مما يعطي ميزة المرونة.

-كسب ثقة الزبون من خلال تنفيذ الأعمال في الوقت المحدد، المر الذي يعطي ميزة الثقة بالمنظمة.[4]

4.2 أهيمه الجدولة

تعد جدولة العمليات ذات أهمية إستراتيجية للمؤسسة، حيث أصبح التنافس على أساس الوقت أكثر انتشارا في بيئة الأعمال، وحيث ان التنافس بين المؤسسات أخذ يقوم على معايير السرعة والمعولوية، مما قد يجعل من الجدولة التي تستند على أساس التسليم في الوقت المحدد أحد العوامل الحاسمة في تحقيق النجاح الإستراتيجي للمؤسسات في عالم الأعمال، بالإضافة إلى تحقيق ما يلي:

-ترجمة الخطة الإجمالية إلى منتجات نهائية محددة.

-تقديم وتقييم عدة جداول بديلة للعمليات الواجب القيام بها.

-تحديد المستلزمات من المواد للعملية الإنتاجية.

-السيطرة على خدمة الزبائن ومستويات المخزون وكذلك التكاليف المباشرة للعمليات بشكل اقتصادي.

-تأمين استخدام الطاقة الإنتاجية المتاحة بشكل اقتصادي.

-تقليل المخزون تحت التشغيل وتقليل الوقت الضائع، وتقليل وقت التدفق للأعمال وتقليل وقت الاستجابة للزبائن.

-تقليل وقت الاكتظاظ داخل المصنع أو مركز الخدمة، وتقليل وقت تأخر الأعمال.

-التأخير في بعض الأعمال المختلفة في النظام وبالتالي زيادة وقت الانتظار للمستهلك.

-هدر في استخدام الموارد نتيجة الاستخدام المنخفض لها وبالتالي زيادة الوقت المطلوب للتصنيع.

-الفوضى في ترتيب وتنظيم الأعمال وزيادة مستويات المخزون.[5]

-إن كفاءة عملية الجدولة تؤدي إلى الاستغلال المثل للطاقة الإنتاجية المتاحة، من خلال الاستغلال الأمثل للآلات والمعدات والأفراد والوقت مما يؤدي إلى خفض تكاليف الإنتاج والعمليات ويزيد من قوة المؤسسة على المنافسة، ويزيد من الرباح المتوقعة.

-إن كفاءة عملية الجدولة تؤدي إلى تنفيذ أوامر الإنتاج بشكل سليم وسريع، ويساعد على تسليم الطلبيات في مواعيدها كما تؤدي إلى إشباع حاجات المستهلك النهائي من السلع أو الخدمات في الوقت المناسب، وكما تؤدي إلى التخصيص المثل للموارد.[6]

5.2 أنواع الجدولة:

يوجد نوعان من الجدولة في مؤسسات إنتاج السلع والخدمات هما:

-**جدولة العاملين:** تحدد هذه الجدولة توقيت أعمال العاملين.

-**جدولة العمليات الإنتاجية:** يتم تخصيص العاملين بأعمال الآلات أو تعيين العاملين على الأعمال.

إن كلا النوعين من الجدولة يتم استخدامه في المؤسسات وعلى نفس المستوى، فجدولة العمليات الإنتاجية تستمد أهميتها من ارتباط مقاييس الأداء فيها مثل التسليم بالوقت المحدد ومستويات المخزون ووقت تدفق الأعمال، أو بوقت الدورة، والكلفة والجودة، فجمع تلك المعايير ترتبط بكل وجبة إنتاج أما أهمية جدولة العاملين فتأتي من مقاييس الأداء مثل وقت انتظار الزبون، طول صف الانتظار، مستوى استخدام العاملين، الكلفة، الجودة[7]، وترتبط هي الأخرى مباشرة بوفرة مقدمي الخدمة

أو عددهم إلا إن هذه الجدولة أقل تعقيدا من جدولة العمليات الإنتاجية مالم تكن المؤسسة تستخدم عددا كبيرا جدا من العاملين بالوقت الجزئي أو تعمل سبعة أيام في الأسبوع.[8]

6.2 معايير تقويم جدولة العمليات:

تصنف معاير تقويم جدولة العمليات ضمن ثلاثة مجموعات كمايلي:

-المجموعة الأولى: معايير قياس أداء المصنع

تركز هذه المعايير على الأداء الداخلي، وتستخدم المعلومات التي تشير إلى أوقات بدء وانتهاء الأعمال مع التركيز على أداء المصنع مثل مستوى استخدام الآلة ومخزون تحت التشغيل، وأهم المعايير المستخدمة هي:

أ-وقت تدفق العمل (job Flow Time): ويسمى بوقت إكمال العمل، ويشير إلى الوقت الذي يقضيه العمل في المصنع (وقت النقل والحركة والانتظار والمعالجة، وهو يحب بالعلاقة التالية

وقت تدفق العمل=وقت انتظار العمل وقت العملية اللازمة لإنجاز العمل[9]

بالإضافة إلى أوقات التأخير، الناجمة عن عطل المكائن أو عدم توفرها بالوقت المطلوب وبذلك فإن وقت تدفق العمل يمثل الفرق بين وقت إكمال العمل ووقت وجوده في المصنع لغرض بدء معالجته واشتغاله وليس بدء معالجته الفعلي أي أن

وقت تدفق العمل=تاريخ إكمال العمل-التاريخ الذي كان فيه العمل موجودا لإنجاز العملية الإنتاجية الأولى.

إن أوقات التدفق المنخفضة تؤدي إلى تخفيض متوسط تدفق العمل ومن ثم تخفيض المخزون تحت التشغيل، يهدف هذا المعيار إلى تقليل وقت التدفق أو الإكمال لكل عمل، ويحسب متوسط وقت التدفق كالآتي:

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i}{N} \quad \text{.....(01)}$$

حيث: $\bar{F}$:متوسط وقت التدفق (Average job Flow Time)، F_i :وقت التدفق للعمل i (Flow Time For job i)

N : عدد الأعمال (Number of job)[10]

ب-وقت الإكمال الكلي (Maskespan): هو مجموع الوقت المطلوب لمعالجة مجموعة معينة من الأعمال، وبذلك فهو يمثل الفرق بين تاريخ إكمال العمل الأخير وتاريخ البدء بالعمل الأول إن وقت الإكمال الكلي (إجمالي الوقت المنقضي) القصير

يهدف إلى تحقيق مستوى عال لاستخدام المعدات والموارد الأخرى من خلال إكمال الأعمال وإخراجها من المصنع بسرعة ويحب وقت الإكمال الكلي بالعلاقة التالية:

$$M=\sum_{i=1}^{n} P_i \quad \text{.....(02)}$$

حيث M: وقت الإكمال الكلي لمجموعة من الأعمال، P_i: وقت المعالجة أو التشغيل للعمل i.

ج-مخزون العمل تحت التشغيل (Work-in-process (WIP)Inventory): ويمثل الأعمال التي مازالت تعالج داخل عملية الإنتاج أو تلك التي يحتفظ بها كمخزون لجزء أو تجميع فرعي معين قيد الإنتاج، وقد يعبر عن المخزون كوحدات (للأجزاء المستقلة فقط) أو يعبر عنه بعدد العمال في النظام، يستهدف هذا المعيار تقليل عدد العمال في النظام التي بدورها تقلل مستوى المخزون تحت التشغيل ويتم حساب متوسط المخزون تحت التشغيل $(\overline{WIP})$ كالاتي:

$$\overline{WIP} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i}{M} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i} \quad \text{.....(03)}$$

وقد يستعاض عن وقت الإكمال الكلي (M) بمجموع أوقات التشغيل للأعمال $\left(\sum_{i=1}^{n} P_i\right)$ لأن الأول يساوي مجموع أوقات التشغيل.

د-إجمالي المخزون (Total Inventory): ويمثل مجموع المخزون المتاح لكل الأجزاء مضاف إليه المجدول تسلمه لكل الأجزاء وقد يعبر عنه بالوحدات (للأجزاء المستقلة فقط) أو بالمبالغ أو أسابيع التجهيز، ويحسب متوسط إجمالي المخزون $\left(\bar{I}\right)$ كالآتي:

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{M} \quad \text{.....(04)}$$

حيث: $\bar{I}$:متوسط إجمالي المخزون.، D_i: تاريخ التسليم الفعلي للعمل i إلى الزبون.[11]

هـ-مستوى الاستخدام (Utilisation level): هي النسبة التي يستخدم بها المورد إذ يمثل مستوى الاستخدام النسبة المئوية لوقت العمل الذي تقضيه مكانة أو عامل معين بحالة اشتغال (بصورة منتجة) من مجمو ع وقت العمل المتاح أي أن

$$\text{مستوى الاستخدام (\%)} = \frac{\text{وقت العمل المنتج}}{\text{وقت العمل الكلي المتاح}} \times 100$$

ويمكن التعبير عن وقت العمل المنتج بمجموع أوقات التشغيل $\left(\sum_{i=1}^{n} P_i\right)$ ووقت العمل الكلي المتاح بمجموع أوقات التدفق $\left(\sum_{i=1}^{n} F_i\right)$ وبذلك يتم حساب مستوى الاستخدام (%) كالآتي:[12]

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} F_i} \quad \text{.....(05)}$$

-المجموعة الثانية: معايير تاريخ وقت الاستحقاق

تهتم هذه المعايير بتواريخ الاستحقاق أو مواعيد التسليم المرغوبة من قبل الزبائن، وهي مقاييس تركز على الأداء الخارجي أي رضا الزبون بخلاف معايير قياس أداء المصنع التي تركز على الداء الداخلي، وهناك ثلاثة مقاييس شائعة هي:

أ-وقت التأخير (Tardiness): يدعى هذا المعيار أيضا بوقت الإكمال بعد تاريخ الاستحقاق أو وقت انتظار الزبون ويعبر عن هذا المعيار بمقدار الوقت الذي يتأخر فيه وقت الإكمال عن تاريخ الاستحقاق، فقد يكون وقت التأخير بعدد الساعات أو الأيام أو الأسابيع...الخ يكون وقت التأخير صفرا إذا ما تم إكمال العمل في أو قبل تاريخ الاستحقاق، يهدف هذا المعيار إلى تقليل وقت التأخير أو وقت انتظار الزبون أو تقليل أقصى وقت لذلك التأخير أو الانتظار ويحب متوسط وقت التأخير $\left(\bar{T}\right)$ كالآتي:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{n} \quad \text{.....(06)}$$

حيث: $\bar{T}$: متوسط وقت التأخير، T_i:وقت التأخير للعمل i

ب-وقت الإكمال المبكر أو المتأخر (Lateness): ويمثل الفرق السالب او الموجب بين وقت الإكمال وتاريخ الاستحقاق، فعندما يكون الفرق موجبا فإنه يمثل وقت الإكمال عن تاريخ الاستحقاق وبذلك يكون مشابها لمعيار وقت التأخير (Tradiness)، وعندما يكون الفرق سالبا فإنه يمثل وقت الإكمال المبكر للعمل عن تاريخ الاستحقاق، لذلك سينصب التركيز على هذا المعيار على الفرق السالب وقت الإكمال المبكر دون الفرق الموجب ويحسب وقت الإكمال المبكر $(\bar{E})$ كالآتي:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \quad \text{.....(07)}$$

حيث: $\bar{E}$:متوسط وقت الإكمال المبكر عن تاريخ الاستحقاق أو موعد التسليم.، E_i:وقت الإكمال المبكر للعمل (i) عن تاريخ استحقاقه.[13]

ج-عدد الأعمال المتأخرة (Numbers of Tardy jobs): تسعى المؤسسة إلى تقليل عدد العمال التي تتأخر مواعيد إنجازها عن مواعيد استحقاقها[14]، ويتم حساب عدد الأعمال المتأخرة عدا بعد حصر تلك الأعمال التي تم إكمالها بعد تواريخ استحقاقها.[15]

-المجموعة الثالثة: معايير التقويم المستندة إلى الكلفة (cost-Based criteria): إن اعتماد هذه المعايير تشكل صعوبة بسبب مشكلات تعريف وتحديد عناصر التكلفة المتصلة بجدولة الأعمال، لذلك تندرج تلك المعايير تحت معايير أداء المصنع وتاريخ وقت الاستحقاق.[16]

3. نظرية التتابع (Sequencing Theory)

يعد التتابع مظهرا من مظاهر الجدولة، وأنه أحد قراراتها المهمة، إذ يمثل تحديد الترتيب الذي يعالج على أساسه الأعمال عند محطات العمل (أو الزبائن في أنظمة الخدمة)، والتي تنظر ضمن خط انتظار معين.

1.3 مفهوم نظرية التتابع:

توجد عدة تعاريف لنظرية التتابع سوف نذكر بعضها على سبيل الاستدلال وهي

-يختص التتابع بتحديد الترتيب الذي توزع به أوامر التشغيل ليس فقط على مراكز الإنتاج ولكنه يختص أيضا بتحديد الترتيب الذي تمر به هذه الأوامر على محطات التشغيل والتسهيلات الإنتاجية داخل كل مركز إنتاجي.

وفي حالة ترتيب التسهيلات الإنتاجية على أساس العملية فعادة ما تكون هناك عدة أوامر إنتاجية يراد إنتاجها جميعا ولكل منها مواصفات خاصة ولذلك فإن كل أمر يكون له مسار معين بين الأقسام أو الآلات داخل ورش التصنيع والتي تقوم كل منها بتقديم عملية معينة لازمة لإنتاج هذا الأمر.[17]

-يعتبر التتابع (التعاقب) من العمليات الأساسية في الجدولة، وهو ما يتعلق بترتيب العمال والطلبيات الواردة حسب قواعد معينة يتم تحديدها من قبل إدارة المصنع أو القائم بالجدولة بالاعتماد على الخبرة الذاتية أو على أساس احد المعايير الفاعلية الكثيرة التي يمكن استخدامها في هذا المجال، وفي تحديد تعاقب الأعمال أو الطلبيات تستخدم عادة قواعد عديدة تدعى بقواعد الأسبقية.[18]

-ويقصد بتتابع العمليات أو ترتيب العمليات بتحديد الترتيب الذي تتبع في تحميل أوامر الإنتاج على المراكز الإنتاجية المختلفة، أي تحديد تتابع معين للأوامر لتشغيلها على الوحدات الإنتاجية بالشكل الذي يضمن تخفيض تكلفة تنفيذ هذه الأوامر، وتقليل الوقت إلى أقل وقت ممكن.[19]

- التتابع هو تسلسل منطقي للعمليات التشغيلية أو التصنيعية المتعلقة بإنتاج سلعة معينة بالشكل الذي يؤدي إلى تحقيق الهدف المطلوب بأقل جهد ووقت وكلفة.[20]

-التتابع هو إيجاد التسلسل الأمثل للمراحل الضرورية بإنتاج سلعة معينة بالشكل الذي يحقق إنجاز الدورة الإنتاجية بأقل وقت أو جهد ونتيجة لذلك يكون بأقل كلفة ممكنة.[21]

2.3 أهداف عملية التتابع

1– زيادة عملية استغلال الموارد المتاحة وبالتالي التقليل من الموارد العاطلة من حيث الكمية والوقت والكلفة، ويتحقق الاستغلال الأفضل للموارد من خلال جدولة المهمات.

2– يؤدي إلى تقليل حجم تخزين نصف المصنع، مما يؤدي بدوره إلى تقليل العمليات او المهمات في خط الانتظار.

3– تحقيق انسيابية منظمة للعمليات مما يقلل الوقت اللازم للإنجاز دون تأخير ويحقق ذلك بالنتيجة تقليل في الجهد.

4– التقليل من العمليات المتأخرة بسبب عددا من المواقف، حيث ان كل أو بعض المهام محددة لها تاريخ واجبة الأداء فيه ولذلك فإن الجدولة والتتابع يؤديان إلى تقليل المهمات المتأخرة من خلال أداء كل منها بالوقت المحدد لها.[22]

3.3 التتابع وقواعد الأسبقية

يتم دراسة التتابع (الأسبقيات) في حالتين فقط هما:

1-جدولة تتابع عدة اعمال على مكانة واحدة باستخدام قواعد تحديد الأسبقية.

2-جدولة ورشة تدفق لتحديد تتابع عدة اعمال على ماكنتين باستخدام قاعدة جونسون.[23]

4.3 قواعد ترتيب n عمل على آلة واحدة

تطبق هذه القواعد في حالة توفر آلة واحدة لمعالجة مجموعة من العمال لها أوقات معالجة معلومة، وتواريخ استحقاق محددة ومعروفة سلفا، وأنها غير مرتبطة بنوع تتابع معين لتحديد أسبقيات معالجتها، الهدف هما فقط تحديد أي العمال يجدول أولا ومن العمل الثاني، ومن العمل الثالث،. إلخ ويستخدم في هذه الحالة القاعدتين التاليتين:[24]

1.4.3 القواعد الساكنة (Static RuleS): وتضم القواعد الستة التالية

-قاعدة ما يرد أولا –يخدم أولا (First come,First served-FCFS): وفق هذه القاعدة فإن العمل الذي يصل إلى الماكنة او المحطة يعالج أولا وهكذا لبقية الأعمال إن هذه القاعدة تركز على أسبقية وقت الوصول وتهمل الاعتبارات الأخرى مثل تاريخ استحقاق العمل أو قت التشغيل الذي يتطلبه لذلك يمكن اعتبارها قاعدة عشوائية إلا أنها تحقق العدالة والإنصاف ما بين الزبائن.[25]

-قاعدة الوقت الأقصر للمعالجة (Shortest Processing Time-SPT): حيث يتم ترتيب الأعمال حسب وقت التصنيع او المعالجة الأقصر لكل عمل إن استخدام هذه القاعدة يؤدي إلى تقليل متوسط التدفق، وحجم المخزون تحت التشغيل، وعدد العمال المتأخرة عن تواريخ وقت الاستحقاق، وتعظيم استخدام المورد، ويمكن أن يسبب استخدام هذه القاعدة إلى ارتفاع حجم إجمالي المخزون لمحاولتها إنجاز العمال قبل مواعيد التسليم المتفق عليها.

-قاعدة الوقت الأطول لمعالجة (Longest processingTime-LPT): حسب هذه القاعدة يتم ترتيب الأعمال حسب وقت التصنيع أو المعالجة الأطول لها، بحيث يأتي العمل ذي الوقت الأطول للمعالجة أولا، فالأقل والأقل...وهكذا، واستخدام هذه القاعدة يؤدي إلى أن كثيرا من الأعمال بأوقات المعالجة الأقصر ربما يتأخر إكمالها بعد تواريخ استحقاقها لاستحواذ العمل الطول على الأسبقية الأولى في المعالجة.

-قاعدة أقل وقت ضائع (Shortest Idle Time-SIT): يتم حساب الوقت الضائع وفق الصيغة التالية

أقل وقت ضائع=وقت الاستحقاق (بالأيام)-العمال المتبقية (بالأيام)[26]

-تاريخ الاستحقاق المبكر (Earliest Due Date-EDD): تعطى الأسبقية إلى العمل في خط الانتظار والذي له تاريخ استحقاق مبكر وتعتمد هذه القاعدة على الوقت الذي يحتاجه كل عمل.[27]

-تقليل عدد الأعمال المتأخرة: تسمى هذه الطريقة أيضا خوارزمية مور (Moore's Algorithm)، وهي تساعد في مسائل تتابع الأعمال على تقليص عدد الأعمال المتأخرة وليس عدد أيام التأخير، وخطوات الطريقة هي كالتالي

-يتم ترتيب الأعمال حسب تاريخ الاستحقاق تصاعديا.

-حساب وقت الانتهاء من العمل ومقارنته في كل مرة مع تاريخ الاستحقاق المقابل وعند ظهور أول عمل متأخر ينقل إلى آخر ترتيب.[28]

2.4.3 القواعد الديناميكية (Dynamic Rules): وتحو ي على ثلاث قواعد هي

-قاعدة النسبة الحو جة (Critical Ratio-CR): هي مؤشر رقمي تحسب بقسمة الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق (R_i) على المتبقي من وقت التشغيل المطلوب لإكمال العمل (r_i)، إن الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق (R_i) يمثل تاريخ الاستحقاق (d_i) مطروحا منه التاريخ الحالي أو تاريخ اليوم (TD) أي:[29]

$$\text{النسبة الحرجة} = \frac{\text{الوقت المتبقي}}{\text{العمل المتبقي}} = \frac{\text{تاريخ الإستحقاق - تاريخ اليوم الحالي}}{\text{عدد الأيام المتبقية لإكمال العمل}}$$

$$CR = \frac{R_i = d_i - TD}{r_i} \quad \text{.....(08)}$$

حيث: R_i :الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق للعمل، r_i :المتبقي من وقت التشغيل (أو المعالجة) المطلوب لإكمال العمل i

TD : تاريخ اليوم

تعد هذه القاعدة طريقة فعالة للتخطيط قصير الأجل وللرقابة لأنها تشير إلى درجة الأمر الإنتاجي وذلك وفقا للمستويات الثلاثة التالية:

-CR>01 يعد العمل متأخرا عن الموعد المتفق عليه لإنجاز العمل (خلف الجدولة).

-CR=01 تؤشر أن العمل يسير على وفق الجدولة.

-CR>01 تعكس تقدم العمل عن الموعد المتحقق (أمام الجدولة).[30]

-الفائض (Slack-S-): بموجب قاعدة الفائض أو الوقت الفائض المتبقي يجدول العمل الذي يكون له أقل وقت فائض متبقي أولا إن الفائض أو الوقت الفائض المتبقي **(S)** يمثل الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق **(R_i)** مطروحا منه وقت التشغيل المتبقي المطلوب لإكمال العمل **(ri)**، وإن الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق **(R_i)** يمثل تاريخ الاستحقاق **(d_i)** مطروحا منه تاريخ اليوم **(TD)** أي أن **الفائض = (تاريخ الاستحقاق-تاريخ اليوم) -وقت التشغيل المتبقي**

$$S = (d_i - TD) - r_i \text{.....(09)}$$

-الفائض لكل عملية تشغيلية متبقية (Slack per Remaining Operation-S/RO): وفق هذه القاعدة فإن العمل الذي يحصل على أوطأ **(S/RO)** يجدول أولا، إن الوقت الفائض **(Si)** يمثل الفرق بين الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق (R_i)، ووقت التشغيل المتبقي للعمليات التشغيلية المتبقية لإكمال العمل (r_i)، ومن ثم فأن الوقت الفائض لكل عملية تشغيلية متبقية **(S/RO)** يحسب بقسمة الوقت الفائض **(Si)** على عدد العمليات التشغيلية المتبقية **(RO)** اللازمة لإكمال العمل أي[31]:

$$S / RO = \frac{S_i}{RO} = \frac{(d_i - TD) - r_i}{RO} \text{.....(10)}$$

4.الدراسة التطبيقية

1.4 التعريف بمؤسسة الجزائرية للسباكة بتيارت (ALFET): المؤسسة الجزائرية للسباكة بتيارت هي أحد فروع المجمع الصناعي فوندال، مرت بعدة مراحل وتسميات تقوم بمجموع من النشاطات وتأسست المؤسسة الاقتصادية العمومية عام 1983، وبعد إعادة الهيكلة العضوية للشركة الوطنية للحديد وشركة سوناكوم تحولت إلى مؤسسة ذات أسهم مستقلة يديرها مجلس الإدارة، وذلك في سبتمبر1995، وطبقا إلى مسار إعادة الهيكلة الذي أقرته الشركة القابضة العمومية للميكانيك، انتظمت المؤسسة في شكل مجموعة صناعية إبتداءا من ديسمبر 1998، بعد عملية تفريغ مواقعها الثلاثة للإنتاج، وهي موزعة كالتالي:

- الجزائرية للسباكة بتيارت «alfet»، الجزائرية للسباكة بوهران «alfor»، الجزائرية للسباكة بالحراش «alfel».

الشركة الجزائرية للسباكة بتيارت، شركة ذات أسهم رأس مالها 1.200.000.000 دج.

تعتبر فرع من فروع المجمع الصناعي «Fondal»، وتقع في الجنوب الشرقي الجزائري، وتبعد عن العاصمة بحوالي 280 كلم،، مقرها الرئيسي في المنطقة الصناعية زعرورة وهي مكلفة بإنتاج، وتنمية وتسويق منتجات السباكة الحديدية.

2.4 دراسة تتابع أسبقيات مجموعة من الأعمال على آلة واحدة: سيتم دراسة التتابع وأسبقيات العمل لأحد المنتجات الصناعية التي تقوم المؤسسة بإنتاجها، بحيث نقوم بعملية جدولة العمليات الإنتاجية الخاصة بالشركة محل الدراسة، ونقوم بتحليل المعطيات المأخوذة منها باستخدام نظرية التتابع على آلة واحدة وبالاعتماد على مخرجات البرنامج المساعد على الدراسة QM FOR WINDOWS.، والجدول التالي يوضح الوقت اللازم للتشغيل، وتاريخ الاستحقاق اللازم للحصول على المنتج.

الجدول رقم (01): تتابع الأعمال للمنتج قيد الدراسة

الأعمال	وقت التشغيل(Pi) ساعة	وقت الاستحقاق(Di) ساعة
A	35	60
B	45	70
C	20	40
D	90	120
E	35	65
F	60	85
G	15	25

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على المعطيات المقدمة من طرف رئيس ورشة التصنيع

3.4 دراسة جدولة الأعمال باستخدام قواعد تحديد الأسبقية: سيتم دراسة جدولة الأعمال باستخدام قواعد تحديد الأسبقية والمتمثلة في القواعد الساكنة والقواعد الديناميكية

1.3.4 جدولة الأعمال باستخدام القواعد الساكنة: سوف نقوم بجدولة الأعمال وفق القواعد الساكنة، ثم نقوم بحساب معايير الجدولة وفق كل قاعدة

1- قاعدة ما يصل أولا يخدم أولا (FCFS): يبين الجدول التالي تتابع الأعمال وفق هذه القاعدة

الجدول رقم (02): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة ما يصل أولا يخدم أولا (FCFS)

تتابع الأعمال	وقت التشغيل (Pi)	تاريخ الاستحقاق (di)	وقت تدفق الأعمال (Fi)	الوقت الفعلي للتسليم (Di)	وقت الإكمال المبكر (Ei)	وقت التأخير (Ti)
A	30	60	30	60	30	0
B	45	70	75	75	0	05
C	20	40	95	95	0	55
D	90	120	185	185	0	65
E	40	65	225	225	0	160
F	60	85	285	285	0	200
G	15	25	300	300	0	275
المجموع	300	465	1195	1225	30	760

المصدر: من إعداد الباحث

مقاييس أداء فاعلية الجدولة باستخدام قاعدة FCFS: يتم الحصول على هذه المقاييس باستخدام المعادلات السابقة أو باستخدام البرنامج QM FOR WINDOWS (أنظر الملحق رقم01)

متوسط وقت التدفق: $\overline{F} = 170.71$ ساعة/عمل

متوسط المخزون تحت التشغيل: $\overline{WIP} = 03.98$ عمل

متوسط الأعمال المبكر: $\overline{E} = 04.29$ ساعة/عمل

متوسط وقت التأخير: $\overline{T} = 108.57$ ساعة/عمل

متوسط إجمالي المخزون: $\bar{I} = 04.08$ عمل

مستوى الاستخدام: $U = 25.10\%$

عدد الأعمال المتأخرة: 06 أعمال

أكبر وقت تأخير 275 ساعة

2- قاعدة وقت التشغيل الأقصر (SPT): يبين الجدول التالي تتابع الأعمال وفق هذه القاعدة

الجدول رقم (02): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة وقت التشغيل الأقصر(SPT)

تتابع الأعمال	وقت التشغيل (Pi)	تاريخ الاستحقاق (di)	وقت تدفق الأعمال(Fi)	الوقت الفعلي للتسليم(Di)	وقت الإكمال المبكر(Ei)	وقت التأخير (Ti)
G	15	25	15	25	10	0
C	20	40	35	40	05	0
A	30	60	65	65	0	05
E	40	65	105	105	0	40
B	45	70	150	150	0	80
F	60	85	210	210	0	125
D	90	120	300	300	0	180
المجموع	300	465	880	895	15	430

المصدر: من إعداد الباحث

مقاييس أداء فاعلية الجدولة باستخدام قاعدة SPT: يتم الحصول على هذه المقاييس باستخدام المعادلات السابقة أو باستخدام البرنامج QM FOR WINDOWS (أنظر الملحق رقم02)

متوسط وقت التدفق: $\overline{F} = 125.71$ ساعة/عمل

متوسط المخزون تحت التشغيل: $\overline{WIP} = 02.93$ عمل

متوسط الأعمال المبكر: $\overline{E} = 02.14$ ساعة/عمل

متوسط وقت التأخير: $\overline{T} = 61.43$ ساعة/عمل

متوسط إجمالي المخزون: $\bar{I} = 02.98$ عمل

مستوى الاستخدام: $U = 34.09\%$

عدد الأعمال المتأخرة: 05 أعمال

أكبر وقت تأخير 180ساعة

3- قاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر (EDD): يبين الجدول التالي تتابع الأعمال وفق هذه القاعدة

الجدول رقم (03): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر (EDD)

تتابع الأعمال	وقت التشغيل (Pi)	تاريخ الاستحقاق (di)	وقت تدفق الأعمال(Fi)	الوقت الفعلي للتسليم(Di)	وقت الإكمال المبكر(Ei)	وقت التأخير (Ti)
G	15	25	15	25	10	0
C	20	40	35	40	05	0
A	30	60	65	65	0	05
E	40	65	105	105	0	40
B	45	70	150	150	0	80
F	60	85	210	210	0	125
D	90	120	300	300	0	180
المجموع	300	465	880	895	15	430

المصدر: من إعداد الباحث

مقاييس أداء فاعلية الجدولة باستخدام قاعدة SPT: يتم الحصول على هذه المقاييس باستخدام المعادلات السابقة أو باستخدام البرنامج QM FOR WINDOWS (أنظر الملحق رقم03)

متوسط وقت التدفق: $\overline{F} = 125.71$ ساعة /عمل

متوسط المخزون تحت التشغيل: $\overline{WIP} = 02.93$ عمل

متوسط الأعمال المبكر: $\overline{E} = 02.14$ ساعة/عمل

متوسط وقت التأخير: $\overline{T} = 61.43$ ساعة/عمل

متوسط إجمالي المخزون: $\bar{I} = 02.98$ عمل

مستوى الاستخدام: $U = 34.09\%$

عدد الأعمال المتأخرة: 05 أعمال

أكبر وقت تأخير 180 ساعة

4 – قاعدة وقت التشغيل الأطول (LPT): يبين الجدول التالي تتابع الأعمال وفق هذه القاعدة

الجدول رقم (03): تتابع الأعمال باستخدام وقت التشغيل الأطول (LPT)

تتابع الأعمال	وقت التشغيل (Pi)	تاريخ الاستحقاق (di)	وقت تدفق الأعمال (Fi)	الوقت الفعلي للتسليم(Di)	وقت الإكمال المبكر (Ei)	وقت التأخير (Ti)
D	90	120	90	120	30	0
F	60	85	150	150	0	65
B	45	70	195	195	0	125
E	40	65	235	235	0	170
A	30	60	265	265	0	205
C	20	40	285	285	0	245
G	15	25	300	300	0	275
المجموع	300	465	1520	1550	30	1085

المصدر: من إعداد الباحث

مقاييس أداء فاعلية الجدولة باستخدام قاعدة LPT: يتم الحصول على هذه المقاييس باستخدام المعادلات السابقة أو باستخدام البرنامج QM FOR WINDOWS (أنظر الملحق رقم04)

متوسط وقت التدفق: $\overline{F} = 217.14$ ساعة/عمل

متوسط المخزون تحت التشغيل: $\overline{WIP} = 05.07$ عمل

متوسط الأعمال المبكر: $\overline{E} = 04.29$ ساعة/عمل

متوسط وقت التأخير: $\overline{T} = 155$ ساعة/عمل

متوسط إجمالي المخزون: $\bar{I} = 05.16$ عمل

مستوى الاستخدام: $U = 19.73\%$

عدد الأعمال المتأخرة: 06 أعمال

أكبر وقت تأخير 275 ساعة

2.3.4 جدولة الأعمال باستخدام القواعد الديناميكية: سوف نقوم بجدولة الأعمال وفق القواعد الديناميكية، ثم نقوم بحساب معايير الجدولة وفق كل قاعدة

01–النسبة الحرجة (CR): يتم ترتيب الأعمال فيها على أساس النسبة الحرجة الأصغر، والجدول التالي يوضح ذلك

جدول رقم (04): حساب النسبة الحرجة للأعمال

العمل	النسبة الحرجة	CR	التتابع
A	$30 \div (0-60)$	02	06
B	$45 \div (0-70)$	01.56	03
C	$20 \div (0-40)$	02	07
D	$90 \div (0-120)$	01.34	01
E	$40 \div (0-65)$	01.625	04
F	$60 \div (0-85)$	01.42	02
G	$15 \div (0-25)$	01.67	05

المصدر: من إعداد الباحث

وفقا لقاعدة النسبة الحرجة يكون ترتيب الأعمال كالتالي: C-A-G-E- B -F-D

والجدول التالي يوضح تتابع الأعمال باستخدام قاعدة النسبة الحرجة

جدول رقم (05): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة النسبة الحرجة (CR)

تتابع الأعمال	وقت التشغيل (Pi)	تاريخ الاستحقاق (di)	وقت تدفق الأعمال (Fi)	الوقت الفعلي للتسليم (Di)	وقت الإكمال المبكر(Ei)	وقت التأخير (Ti)
D	90	120	90	120	30	0
F	60	85	150	150	0	65
B	45	70	195	195	0	125
E	40	65	235	235	0	170
G	15	25	250	250	0	225
A	30	60	280	280	0	220
C	20	40	300	300	0	260
المجموع	300	465	1500	1530	30	1065

المصدر: من إعداد الباحث

مقاييس أداء فاعلية الجدولة باستخدام قاعدة النسبة الحرجة (CR): يتم الحصول على هذه المقاييس باستخدام المعادلات السابقة أو باستخدام البرنامج QM FOR WINDOWS (أنظر الملحق رقم05)

متوسط وقت التدفق: $\overline{F} = 214.29$ ساعة/عمل

متوسط المخزون تحت التشغيل: $\overline{WIP} = 05$ عمل

متوسط الأعمال المبكر: $\overline{E} = 04.28$ ساعة/عمل

متوسط وقت التأخير: $\overline{T} = 152.14$ ساعة/عمل

متوسط إجمالي المخزون: $\overline{I} = 05.10$ عمل

مستوى الاستخدام: $U = 20\%$

عدد الأعمال المتأخرة: 06 أعمال

أكبر وقت تأخير 260 ساعة

02– قاعدة الفائض (SLACK): يتم تحديد تتابع الأعمال من خلال جدولة الأعمال التي لها أقل وقت فائض متبقي أولا، وعلى افتراض أن تاريخ اليوم هو الآن أي يبدأ من وقت الصفر والجدول التالي يوضح ترتيب تتابع الأعمال

جدول رقم(06): حساب الفائض(SLACK) للأعمال

العمل	الفائض=(تاريخ الاستحقاق-تاريخ اليوم)-المتبقي من وقت التشغيل	التتابع
A	$30 = 30 - (0 - 60)$	06
B	$25 = 45 - (0 - 70)$	03
C	$20 = 20 - (0 - 40)$	02
D	$30 = 90 - (0 - 120)$	07
E	$25 = 40 - (0 - 65)$	04
F	$25 = 60 - (0 - 85)$	05
G	$10 = 15 - (0 - 25)$	01

المصدر: من إعداد الباحث

وفقا لقاعدة الفائض يكون تتابع الأعمال كالتالي: D-A-F-E-B-C-G

جدول رقم (07): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة الفائض (SLACK)

تتابع الأعمال	وقت التشغيل (Pi)	تاريخ الاستحقاق (di)	وقت تدفق الأعمال (Fi)	الوقت الفعلي للتسليم (Di)	وقت الإكمال المبكر(Ei)	وقت التأخير (Ti)
G	15	25	15	25	10	0
C	20	40	35	40	05	0
B	45	70	80	80	0	10
E	40	65	120	120	0	55
F	60	85	180	180	0	95
A	30	60	210	210	0	150
D	90	120	300	300	0	180
المجموع	300	465	940	955	15	490

المصدر: من إعداد الباحث

مقاييس أداء فاعلية الجدولة باستخدام قاعدة الفائض (SLACK): يتم الحصول على هذه المقاييس باستخدام المعادلات السابقة أو باستخدام البرنامج QM FOR WINDOWS (أنظر الملحق رقم06)

متوسط وقت التدفق: $\overline{F} = 134.29$ ساعة /عمل

متوسطالمخزون تحت التشغيل: $\overline{WIP} = 03.13$ عمل

متوسط الأعمال المبكر: ساعة /عمل

$\overline{E} = 02.14$

متوسط وقت التأخير: $\overline{T} = 70$ ساعة /عمل

متوسط إجمالي المخزون: $\bar{I} = 03.16$ عمل

مستوى الاستخدام: $U = 31.92\%$

عدد الأعمال المتأخرة: 05 أعمال

أكبر وقت تأخير 180 ساعة

03– قاعدة الفائض لكل عملية متبقية(S/RO): باستخدام هذه القاعدة نقوم بقسمة الفرق بين الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق والمتبقي من وقت التشغيل على عدد العمليات المتبقية، ثم نقوم بترتيب الأعمال

جدول رقم (08): حساب الفائض لكل عملية متبقية من الأعمال(S/RO)

العمل	الفرق بين الوقت المتبقي لغاية تاريخ الاستحقاق والمتبقي من وقت التشغيل(S)	عدد العمليات التشغيلية المتبقية (RO)	S/RO	التتابع
A	$30 = 30 - (0 - 60)$	18	01.67	06
B	$25 = 45 - (0 - 70)$	12	02.08	07
C	$20 = 20 - (0 - 40)$	15	01.34	03
D	$30 = 90 - (0 - 120)$	22	01.36	04
E	$25 = 40 - (0 - 65)$	20	01.25	02
F	$25 = 60 - (0 - 85)$	16	01.5625	05
G	$10 = 15 - (0 - 25)$	14	0.714	01

المصدر: من إعداد الباحث

وفقا لقاعدة الفائض لكل عملية متبقية S/RO يكون تتابع الأعمال كالتالي B-A-F-D-C-E-G

جدول رقم (09): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة الفائض لكل عملية متبقية(S/RO)

تتابع الأعمال	وقت التشغيل (Pi)	تاريخ الاستحقاق (di)	وقت تدفق الأعمال (Fi)	الوقت الفعلي للتسليم (Di)	وقت الإكمال المبكر(Ei)	وقت التأخير (Ti)
G	15	25	15	25	10	0
E	40	65	55	65	10	0
C	20	40	75	75	0	35
D	90	120	165	165	0	45
F	60	85	225	225	0	140
A	30	60	255	255	0	195
B	45	70	300	300	0	230
المجموع	300	465	1090	1110	20	645

المصدر: من إعداد الباحث

مقاييس أداء فاعلية الجدولة باستخدام قاعدة الفائض لكل عملية متبقية(S/RO): يتم الحصول على هذه المقاييس باستخدام المعادلات السابقة أو باستخدام البرنامج QM FOR WINDOWS (أنظر الملحق رقم07)

متوسط وقت التدفق: $\overline{F} = 155.71$ ساعة/عمل

متوسط المخزون تحت التشغيل: $\overline{WIP} = 03.63$ عمل

متوسط الأعمال المبكر: $\overline{E} = 02.85$ ساعة/عمل

متوسط وقت التأخير: $\overline{T} = 92.14$ ساعة/عمل

متوسط إجمالي المخزون: $\overline{I} = 03.70$ عمل

مستوى الاستخدام: $U = 27.52\%$

عدد الأعمال المتأخرة: 05 أعمال

أكبر وقت تأخير 230 ساعة

5. تحليل النتائج:

من خلال الدراسة التطبيقية على مؤسسة ALFET وباستخدام نظرية التتابع أو أسبقيات الأعمال على أحد المنتجات الصناعية للمؤسسة أثبتنا صحة الفرضية الأولى في أن معايير قياس الأداء من المعايير التي تساعد على اتخاذ القرار الصائب في أي عملية إنتاجية كما أثبتنا صحة الفرضية الثانية والمتمثلة في استخدام القواعد الساكنة في عملية الجدولة حيث تم استخدام القواعد الأربعة (ما يصل اولا يخدم اولا، وقت التشغيل الاقصر، وقت الاستحقاق المبكر ، وقت التشغيل الاطول)،وكانت أفضل الطرق في عملية الجدولة هي وقت التشغيل الأقصر وقت الاستحقاق المبكر أما فيما يتعلق بالفرضية الأخيرة فقد تم إثباتها ايضا من خلال القواعد الثلاثة الخاصة بها وهي (النسبة الحرجة ،الفائض ، الفائض لكل عملية متبقية) وكانت افضل قاعدة في عملية الجدولة هي قاعدة الفائض.

6. خلاصة:

في خلاصة هذا البحث توصلنا إلى ما يلي

فيما يخص القواعد الساكنة

1-إن قاعدة وقت التشغيل الأطول (LPT) تليها قاعدة ما يصل أولا يخدم اولا (FCFS) من القواعد الساكنة وكانا أقل فاعلية في جميع معايير أداء الجدولة.

2-قاعدة التشغيل الأقصر (SPT) وقاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر (EDD) هما أفضل القواعد الساكنة إذ انهما تساوى في جميع المعايير.

فيما يخص القواعد الديناميكية

1- كانت قاعدة الفائض (SLACK) هي القاعدة الجيدة لجميع معايير الجدولة تليها قاعدة الفائض للأعمال المتبقية(S/RO) وفي الخير قاعدة النسبة الحرجة (CR)

2-بمقارنةقاعدة النسبة الحرجة (CR) مع القواعد الساكنة كانت هي الأفضل بالنسبة لقاعدة وقت التشغيل الأطول (LPT) وقاعدة ما يصل أولا يخدم اولا (FCFS) لجميع المعايير ماعدا عدد الأعمال المتأخرة.

7. الهوامش والإحالات:

[1]عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار **إدارة الإنتاج والعمليات** الطبعة الرابعة الذاكرة للنشر والتوزيع، بغداد-العراق،2012، ص491

[2] محمد ناصريون عواد رعد الصرن، بسام التزه **إدارة العمليات** منشورات جامعة دمشق، دمشق-سوريا،2011-2012، ص ص267-268

[3] محمد ابديوي الحسين، **تخطيط الإنتاج ومراقبته** الطبعة الثانية دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان-الأردن،2012، ص91

[4]محمد ناصر وآخرون **إدارة العمليات**، مرجع سبق ذكره، ص 264

[5]كاسر نصر المنصور، سعود محمود مندورة، ناصر عقيل كدسة **إدارة العمليات الإنتاجية مدخل إستراتيجي** الطبعة الثانية خوارزم العلمية للنشر والتوزيع، الرياض-المملكة العربية السعودية،2011، ص264

[6] عبد اللاه محمد الحامد **إدارة الإنتاج والعمليات (1)**، جامعة سيئون كلية التعليم المفتوح، صنعاء-اليمن،2011، ص139

[7]غسان قاسم داود اللامي أميرة شكرولي البياتي **إدارة الإنتاج والعمليات مرتكزات معرفية وكمية** دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان-الأردن،2008، ص 412

[8] عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار **إدارة الإنتاج والعمليات** الطبعة الرابعة مرجع سبق ذكره، ص492

[9]كاسر نصر المنصور وآخرون **إدارة العمليات الإنتاجية مدخل إستراتيجي** مرجع سبق ذكره ص265-266

[10] عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار **إدارة الإنتاج والعمليات**، الطبعة الرابعة مرجع سبق ذكره، ص497

[11] عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار إدارة الإنتاج والعمليات، الطبعة الثالثة، الذاكرة للنشر والتوزيع، بغداد-العراق،2009، ص ص 443-444

[12] عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار **إدارة الإنتاج والعمليات**، الطبعة الرابعة مرجع سبق ذكره، ص ص 498-499

[13]عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار **إدارة الإنتاج والعمليات**، الطبعة الثالثة مرجع سبق ذكره، ص ص 445-446

[14]كاسر نصر المنصور وآخرون **إدارة العمليات الإنتاجية مدخل إستراتيجي** مرجع سبق ذكره، ص267

[15] عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار **إدارة الإنتاج والعمليات**، الطبعة الرابعة مرجع سبق ذكره، ص 500

كاسر نصر المنصور وآخرون **إدارة العمليات الإنتاجية مدخل إستراتيجي** مرجع سبق ذكره، ص [16]267

[17] أشرف سلطان، عبير أحمد شرف **إدارة الإنتاج والعمليات** جامعة الإسكندرية كلية التجارة، مصر-الإسكندرية،2019، ص264

[18]نجم عبود نجم **إدارة العمليات النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة** معهد الإدارة العامة، الرياض-المملكة العربية السعودية، 2001 ص635

[19]سامح عبد المطلب عامر، علاء محمد سيد قنديل، **تخطيط ومراقبة الإنتاج في المؤسسات الصناعية والخدمية**، الطبعة الأولى، دار الفكر، عمان-الأردن، 2011، ص 187

[20]مؤيد الفضل حاكم محسن محمد **إدارة الإنتاج والعمليات منهج كمي مع دراسة حالة**، الطبعة الأولى، دار زهران للنشر والتوزيع، عمان- الأردن، 2012، ص125

[21] محمد عبد العال النعيمي رفاه شهاب الحمداني، أحمد شهاب الحمداني **بحوث العمليات** الطبعة الثانية دار وائل للنشر والتوزيع، عمان-الأردن،2011، ص243

[22] مؤيد الفضل حاكم محسن محمد **إدارة الإنتاج والعمليات منهج كمي مع دراسة حالة** مرجع سبق ذكره، ص126

[23] هذا النوع من جدولة العمليات الإنتاجية يخرج عن نطاق هذا البحث

[24]كاسر نصر المنصور وآخرون **إدارة العمليات الإنتاجية مدخل إستراتيجي** مرجع سبق ذكره، ص268

[25] عبد الكريم محسن صباح مجيد النجار **إدارة الإنتاج والعمليات**، الطبعة الثالثة مرجع سبق ذكره، ص ص 448-449

[26] كاسر نصر المنصور وآخرون **إدارة العمليات الإنتاجية مدخل إستراتيجي** مرجع سبق ذكره، ص269

[27]مؤيد الفضل حاكم محسن محمد **إدارة الإنتاج والعمليات منهج كمي مع دراسة حالة** مرجع سبق ذكره، ص128

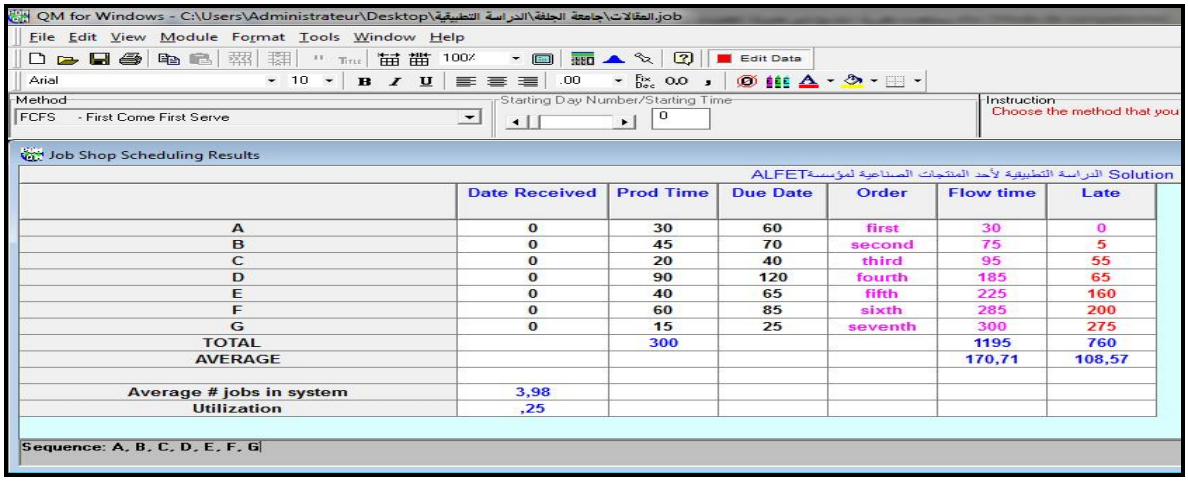
[28] نجم عبود نجم **إدارة العمليات النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة** مرجع سبق ذكره، ص643

[29] مؤيد الفضل حاكم محسن محمد **إدارة الإنتاج والعمليات منهج كمي مع دراسة حالة**، مرجع سبق ذكره، ص129

[30] إيثار عبد الهادي آل فيحان **إدارة الإنتاج والعمليات**، الطبعة الثانية مكتبة الجزيرة للطباعة والنشر، العراق-بغداد،2011، ص274

8. الملاحق:

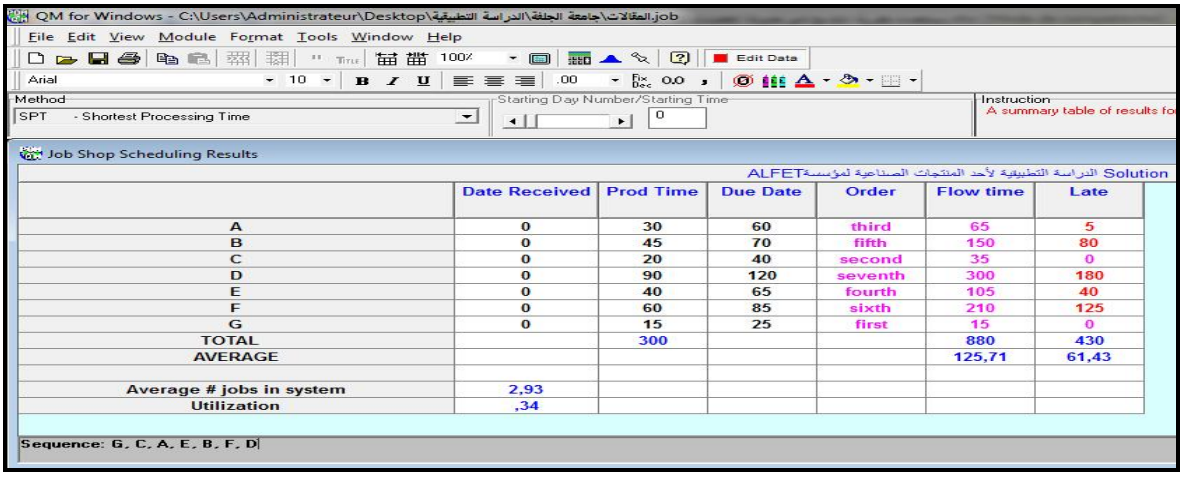
الملحق رقم (01): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة FCFS



	Date Received	Prod Time	Due Date	Order	Flow time	Late
A	0	30	60	first	30	0
B	0	45	70	second	75	5
C	0	20	40	third	95	55
D	0	90	120	fourth	185	65
E	0	40	65	fifth	225	160
F	0	60	85	sixth	285	200
G	0	15	25	seventh	300	275
TOTAL		300			1195	760
AVERAGE					170,71	108,57
Average # jobs in system	3,98					
Utilization	,25					

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام مخرجات برنامج QM for Windows

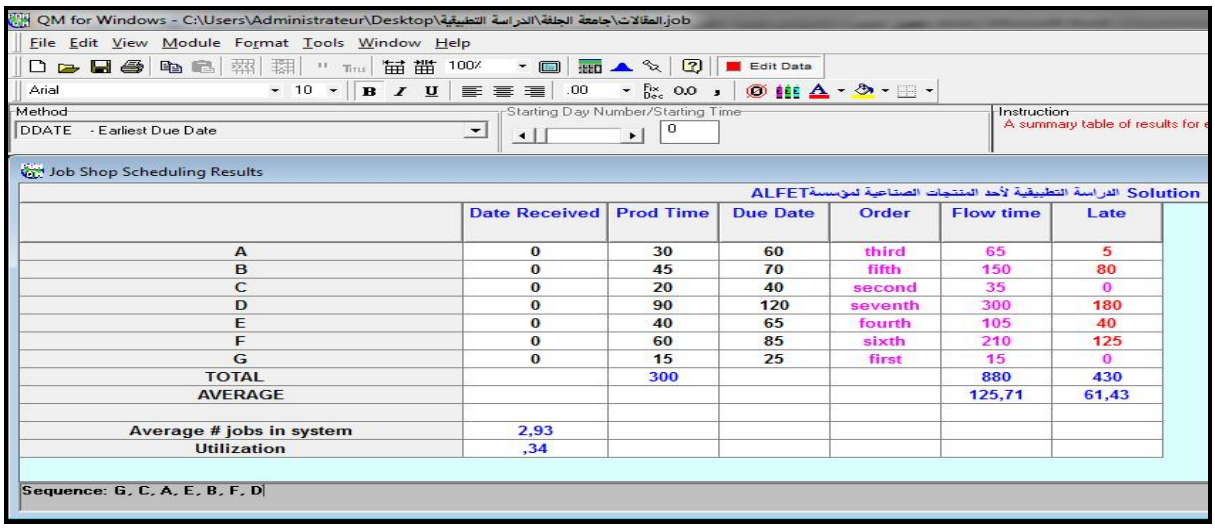
الملحق رقم (02): تتابع الأعمال باستخدام قاعدةSPT



	Date Received	Prod Time	Due Date	Order	Flow time	Late
A	0	30	60	third	65	5
B	0	45	70	fifth	150	80
C	0	20	40	second	35	0
D	0	90	120	seventh	300	180
E	0	40	65	fourth	105	40
F	0	60	85	sixth	210	125
G	0	15	25	first	15	0
TOTAL		300			880	430
AVERAGE					125,71	61,43
Average # jobs in system	2,93					
Utilization	,34					

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام مخرجات برنامج QM for Windows

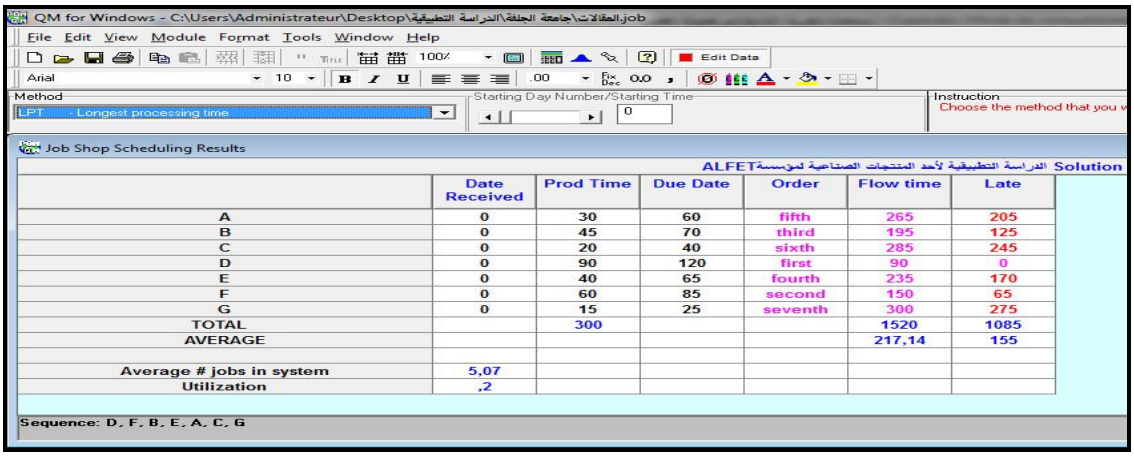
الملحق رقم (03): تتابع الأعمال باستخدام قاعدةEDD



	Date Received	Prod Time	Due Date	Order	Flow time	Late
A	0	30	60	third	65	5
B	0	45	70	fifth	150	80
C	0	20	40	second	35	0
D	0	90	120	seventh	300	180
E	0	40	65	fourth	105	40
F	0	60	85	sixth	210	125
G	0	15	25	first	15	0
TOTAL		300			880	430
AVERAGE					125,71	61,43
Average # jobs in system	2,93					
Utilization	,34					

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام مخرجات برنامج QM for Windows

الملحق رقم (04): تتابع الأعمال باستخدام قاعدةLPT

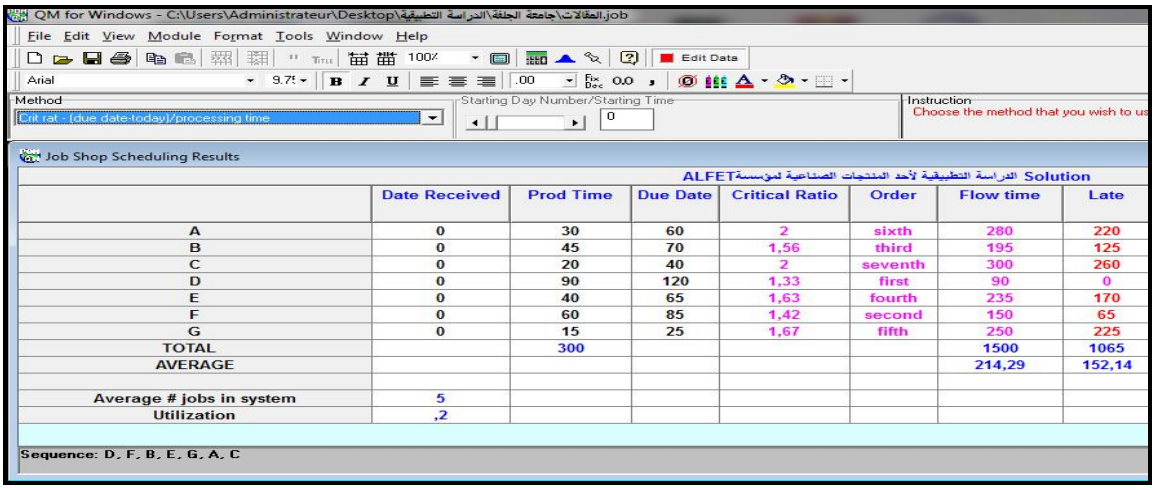


	Date Received	Prod Time	Due Date	Order	Flow time	Late
A	0	30	60	fifth	265	205
B	0	45	70	third	195	125
C	0	20	40	sixth	285	245
D	0	90	120	first	90	0
E	0	40	65	fourth	235	170
F	0	60	85	second	150	65
G	0	15	25	seventh	300	275
TOTAL		300			1520	1085
AVERAGE					217,14	155
Average # jobs in system	5,07					
Utilization	,2					

Sequence: D, F, B, E, A, C, G

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام مخرجات برنامج QM for Windows

الملحق رقم (05): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة النسبة الحرجة (CR)

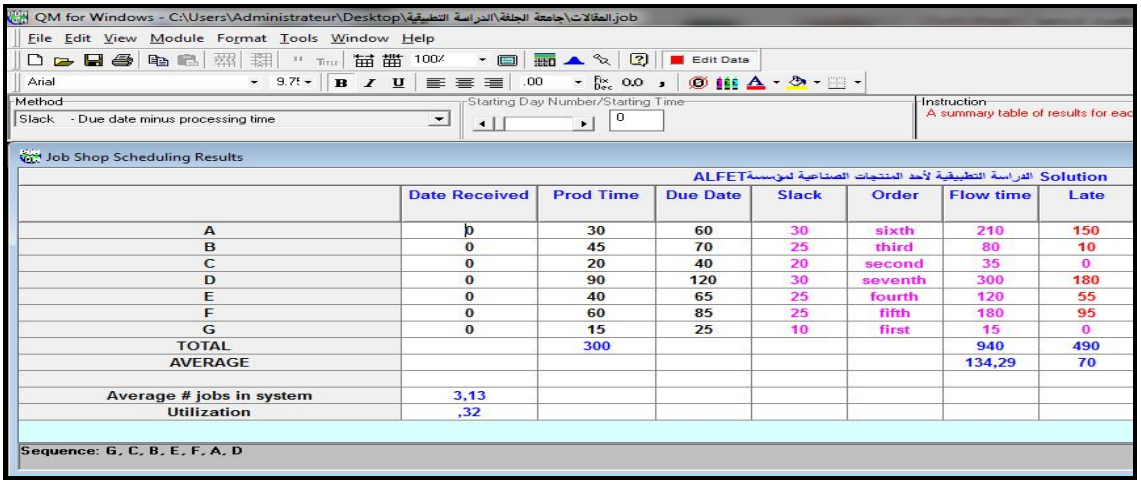


	Date Received	Prod Time	Due Date	Critical Ratio	Order	Flow time	Late
A	0	30	60	2	sixth	280	220
B	0	45	70	1,56	third	195	125
C	0	20	40	2	seventh	300	260
D	0	90	120	1,33	first	90	0
E	0	40	65	1,63	fourth	235	170
F	0	60	85	1,42	second	150	65
G	0	15	25	1,67	fifth	250	225
TOTAL		300				1500	1065
AVERAGE						214,29	152,14
Average # jobs in system	5						
Utilization	,2						

Sequence: D, F, B, E, G, A, C

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام مخرجات برنامج QM for Windows

الملحق رقم (06): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة الفائض (SLACK)

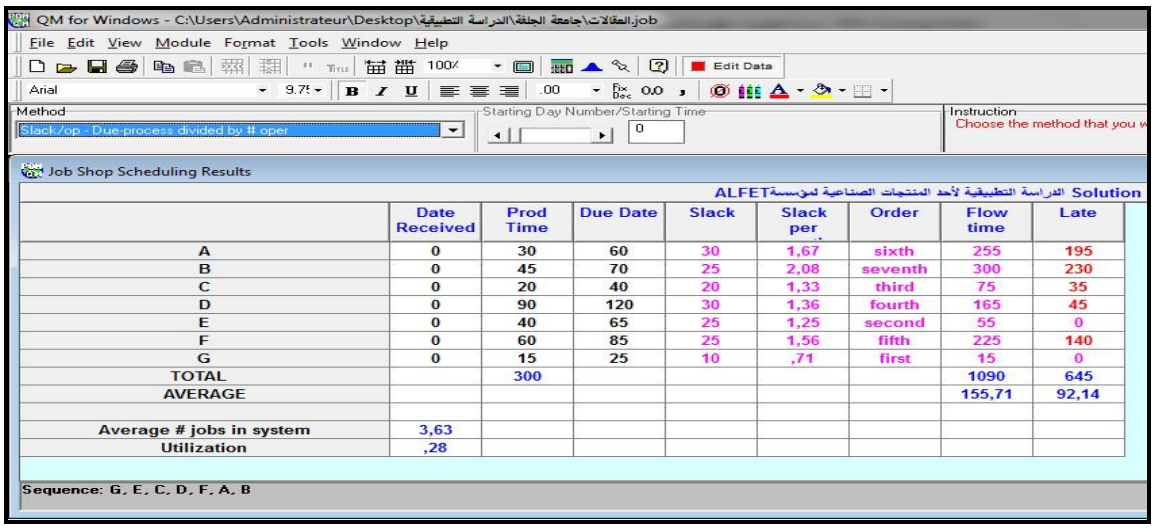


	Date Received	Prod Time	Due Date	Slack	Order	Flow time	Late
A	0	30	60	30	sixth	210	150
B	0	45	70	25	third	80	10
C	0	20	40	20	second	35	0
D	0	90	120	30	seventh	300	180
E	0	40	65	25	fourth	120	55
F	0	60	85	25	fifth	180	95
G	0	15	25	10	first	15	0
TOTAL		300				940	490
AVERAGE						134,29	70
Average # jobs in system	3,13						
Utilization	,32						

Sequence: G, C, B, E, F, A, D

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام مخرجات برنامج QM for Windows

الملحق رقم (07): تتابع الأعمال باستخدام قاعدة الفائض لكل عملية متبقية(S/RO)



	Date Received	Prod Time	Due Date	Slack	Slack per	Order	Flow time	Late
A	0	30	60	30	1,67	sixth	255	195
B	0	45	70	25	2,08	seventh	300	230
C	0	20	40	20	1,33	third	75	35
D	0	90	120	30	1,36	fourth	165	45
E	0	40	65	25	1,25	second	55	0
F	0	60	85	25	1,56	fifth	225	140
G	0	15	25	10	,71	first	15	0
TOTAL		300					1090	645
AVERAGE							155,71	92,14
Average # jobs in system	3,63							
Utilization	,28							

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام مخرجات برنامج QM for Windows