دراسة مسائل جدولة الإنتاج باستخدام قواعد الأولوية: مقاربة نظرية- تطبيقية

زكرياء جمعة
كلية العلوم الاقتصادية، التجارية و التسيير
جامعة تلمسان – الجزائر
djemmaa_z@yahoo.fr

لزرق محمد
معهد العلوم الاقتصادية، التجارية و التسيير
المركز الجامعي عين تموشنت– الجزائر

ملخص : تعتبر مسائل الجدولة إحدى المسائل المطروحة في مختلف الميادين و المجالات العملية، من بينها الإنتاج الصناعي. في الواقع تعد هذه المسائل من المسائل الجد معقدة، لاتساع مجالها العلمي و العملي و تعقيد الظروف المحيطة بها؛ لذا يتم اللجوء إلى استخدام أساليب و طرق في إطار "اجتهاد منظم" للتوصل إلى حلول مرضية حسب معطيات و ظروف المسألة. نحاول من خلال هذا المقال إبراز الإطار النظري- التطبيقي لمسألة جدولة العمليات، و صياغة نموذج أساسي لها؛ كما نهدف إلى إبراز دور الاعتماد على قواعد الأولوية كأداة مساهمة في حل هذه المشكلات من خلال عملية تطبيقية و تقييمها.

الكلمات المفتاح: الجدولة، جدولة الإنتاج و العمليات، قواعد الأولوية، التتابع.

Abstract: Scheduling problems are one of the problems raised in several practical fields, including industrial production. In fact, these problems are very difficult and N-P hard because of their scientific and practical complexity; therefore, Heuristics techniques and methods are used to solve these problems. In this paper, we try to highlight the theoretical – practical framework of scheduling problems, and to give a basic model formulation. We also aim to highlight the role of the priority rules as tools contributing to solve these problems through an application.

Keywords : scheduling , production and operations production, priority rules, sequencing

تمهيد :

تهتم مسائل الجدولة بالبحث عن برمجة إنجاز مجموعة من الأنشطة و المهام باستعمال مجموعة من الموارد خلال الزمن ؛ فهي بهذا أصبحت تُغطي مجالاً واسعاً من الحياة التطبيقية إذ نجدها في مشكلات الإعلام الآلي أين نبحث عن السرعة في التنفيذ و استجابة الحاسوب، و كذلك ميادين الاقتصاد و قطاع الخدمات كبرمجة الرحلات و إدارة عمليات التوزيع و المشاريع، و بصفة بارزة في جانب الإنتاج الصناعي ؛ الأمر الذي جعل مسائل الجدولة تشكل حقلاً خصباً للدراسة و البحث العلمي و التحليل.

في ميدان الإنتاج الصناعي نجد مسائل الجدولة حاضرة بكثرة حيث تُشكل الأنشطة أوامر بالإنتاج يتم برمجتها باستعمال مجموعة من الموارد (آلات تصنيع، مراكز إنتاج...) قصد تصنيعها عبر الزمن، و ذلك في إطار البحث عن تحقيق هدف أو مجموعة أهداف كالبحث عن تدنية مدة التصنيع و الاستغلال الفعال لموارد و مراكز الإنتاج أو احترام آجال التصنيع والإنجاز و غيرها، في ظل مجموعة من الظروف تُشكل قيوداً للمسألة تختلف أساساً باختلاف نمط و أسلوب نظام الإنتاج المعتمد في عملية التصنيع. وعليه فإن هذه الورقة البحثية تبحث في صياغة النموذج الأساسي لمسألة جدولة عمليات التصنيع و معالجتها من خلال قواعد الأولوية مُبرزين دور هذه القواعد في حل مسائل الجدولة من خلال حالة تطبيقية و معايير تقييمها. و من أجل ذلك سوف نتطرق إلى العناصر الرئيسية التالية :

- الإنتاج و نظم الإنتاج ؛
- قرارات إدارة الإنتاج ؛
- النموذج الأساسي لجدولة العمليات التصنيعية ؛
- دراسة حالة تطبيقية و معالجتها باستعمال قواعد الأولوية.

I- الإنتاج و نظم الإنتاج :

الإنتاج هو العملية التي يتم بمقتضاها خلق السلع و الخدمات[1] و ذلك باستخدام و تحويل مجموعة من الموارد التي تعبر عن مدخلات النظام الإنتاجي.

يقصد بالنظام الإنتاجي تلك الترتيبات التي تبين المسالك أو الطرق التي تستخدم في توجيه الموارد الإنتاجية خلال عمليات الإنتاج وفقاً لخصائص و شروط الطلب أو مواصفاته و تنعكس في السلع أو الخدمات[2].

يمكن التمييز بين ثلاثة أصناف رئيسية من أنظمة الإنتاج بحسب طبيعة المنتَج و نمط الإنتاج المتبع :

1- الإنتاج المستمر :

في هذا النوع من الأنظمة يكون الإنتاج بكميات كبيرة و بصفة مستمرة وفق نظام تدفق ثابت و منتظم كعمليات تكرير البترول و صناعات الإسمنت و غيرها؛ و نشير هنا كذلك إلى ما يعرف بـ"خطوط التجميع" كصناعة السيارات و الأجهزة الإلكترونية حيث تتميز هذه النظم أساساً بالإنتاج على نطاق واسع مما يساهم في تدنية التكلفة، غير أن ما يجب السهر عليه هو ضمان توازن خط الإنتاج و بالتالي التنسيق الجيد لمراحل التصنيع حتى

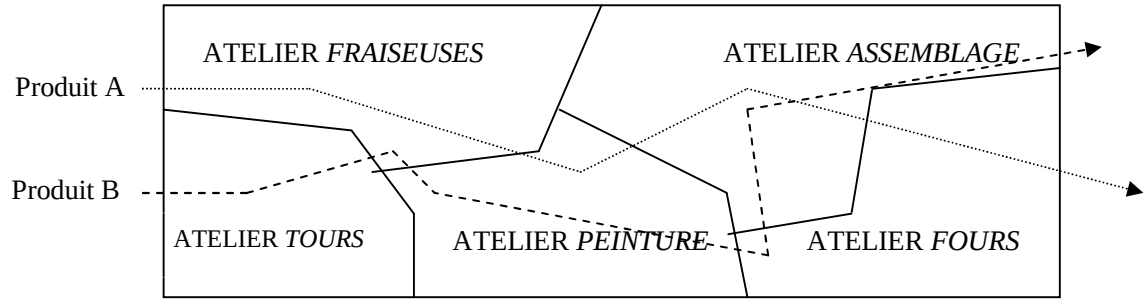
لا يكون هناك انقطاع في العملية الإنتاجية مما يؤدي إلى الانتظار و توقف خط الإنتاج.

و تجدر الإشارة هنا إلى أن الفرق بين الإنتاج المستمر و خطوط التجميع (الإنتاج على نطاق واسع) هو ذو طابع تكنولوجي حيث أنه في هذه الأخيرة، يمر المنتَج، خلال عملية تصنيعه، عبر مراحل و عمليات تصنيعية مستقلة و منفصلة عن بعضها البعض؛ بخلاف الإنتاج المستمر أين يكون المنتَج في تدفق مستمر لتطرأ عليه التحويلات الفيزيائية و/أو الكيميائية.[3]

2- الإنتاج المتقطع :

وفق هذا النمط من الإنتاج ليس هناك نمطاً موحداً لتدفق و سريان المنتجات عبر مختلف مراحل تصنيعها، حيث أن لكل منتَج تصميمه و مواصفاته الخاصة به ؛ و بالتالي تعتمد سياسة الإنتاج في هذه الحال على إنتاج تشكيلة متنوعة من المنتجات بكميات محدودة بناءاً على ما هو متوقع من طلب.

يُعرف هذا النوع من نظم الإنتاج بـ"وحدات أو ورشات العمل"Job-Shop كون الآلات التي تؤدي إنجاز عملية معينة تكون في إطار مكاني واحد ، كما يوضحه الشكل التالي:



الشكل1: تنظيم الإنتاج على شكل ورش عمل " Ateliers Spécialisés ".[4]

هنا تعتبر مسألة جدولة العمليات مسألة جوهرية في ظل اختلاف خصائص المنتجات و كذا البحث عن الاستغلال الأمثل للموارد.

3 - الإنتاج الوحدوي (المشروع) :

نجد هذا النمط من أنظمة الإنتاج حال بناء السفن مثلاً أو انجاز الطرق و المصانع و العمارات و غيرها، أين تكون الغاية هنا تقديم منتَج للزبون بناءاً على طلب هذا الأخير وفق مواصفات محددة سلفاً، و بالتالي هو ينفرد عن النظم السابقة بكونه مؤقت يتم تسليمه للزبون بمجرد الانتهاء من إنجازه في آجال محددة ؛ كما أنه يمثل نشاطا خاصا يستدعي تجنيد موارد ضخمة و مهارات عالية، و بالتالي تنظيماً خاصاً به كي يتم إنجازه في إطار الأهداف المرجوة مع مراعاة المخاطر التي قد تحول دون تحقيق كل أو بعض مما اتفق عليه. كل ذلك جعل هذا النمط من الإنتاج ينفرد كذلك بالدراسة و الاهتمام تحت مفهوم خاص يعرف بـ"إدارة المشاريع".

II- قرارات إدارة الإنتاج :

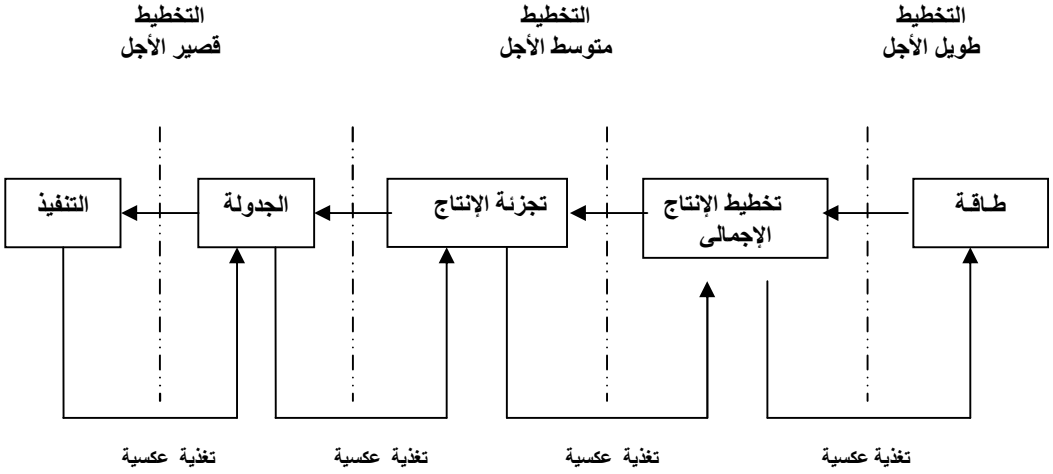
خلال عملية اتخاذ القرار في إدارة العمليات و الإنتاج، يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من القرارات بحسب المدة المعنية بهذه القرارات على النحو التالي:

1- القرارات الإستراتيجية : هي قرارات تخص سياسة المؤسسة على المدى الطويل، و يتم اتخاذها بناءًا على معطيات عامة للمؤسسة ككل من قِبل إدارة هذه الأخيرة. من أمثلة هذه القرارات نجد:سياسة الميزانية، اختيار اتجاهات جديدة لنشاط المؤسسة كإدخال أنواع جديدة من المنتجات.

2- القرارات التكتيكية : هي قرارات تخص أفقاً زمنياً متوسط الأجل، و تتخذ عادة من قِبل الإطارات و المديرين الفرعيين على مستوى المصنع أو الوحدات الفرعية اعتماداً على توفر من معطيات كالطلب المتوقع لفترة قادمة و مستوى الإنتاج و العمالة و حجم المخزون في نهاية الفترة السابقة.

3- القرارات العملية : هي قرارات ذات بُعد زمني قصير و حتى آنياً طالما أن الأمر يتعلق هنا بالتسيير اليومي لورش العمل من توجيه لعمال هذه الوحدات و تخصيص الآلات للتصنيع و أسلوب التصنيع و جدولة الإنتاج و العمليات.

إن أهم ما يميز هذه الأنواع الثلاثة من مستويات القرار هو فترة التخطيط المعنية بكل مستوى حيث ننتقل من تخطيط طويل الأجل إلى تخطيط قصير الأجل يبحث في وضع خطة عملية مفصلة للإنتاج، كما يُلخصه الشكل التالي:



الشكل 2: تخطيط العمليات.

III - جدولة العمليات التصنيعية :

1- مفهوم الجدولة :

1-1. تعريف :

تهتم الجدولة بتخصيص موارد محدودة لمجموعة من الأنشطة (الأعمال) خلال الزمن، و هي تُعتبر كعملية اتخاذ قرار تهدف إلى تحقيق هدف أو عدة أهداف معينة بالمنظمات الصناعية و الخدمية[6] ؛ و يعتبر كل من Patrick Esquirol و Pierre Lopez أن مسألة الجدولة تكمن في تنظيم إنجاز مجموعة من الأعمال و الأنشطة خلال الزمن في ظل مجموعة من القيود، و هي طريقة انجاز تلك المهام و كذا تخصيص الموارد خلال الزمن بحثاً عن تحقيق هدف أو عدة أهداف.[7]

تكون نتيجة عملية الجدولة خطة عمل و إنجاز تفصيلية تجيب عن متى و أين و من يقوم بعملية التنفيذ و التصنيع و خلال أي فترة زمنية و ما هو الوقت اللازم لذلك.

1-2. أهداف الجدولة :

تتباين أهداف الجدولة تبعاً لاختلاف أهداف المنظمات صناعية كانت أم خدمية، كما تختلف باختلاف نظم الإنتاج التي تعتمدها المنظمات. و تهدف الجدولة ذات الكفاءة إلى تحقيق الآتي:[8]

- مقابلة تواريخ الاستحقاق؛
- تقليل أوقات التأخير في إنجاز الأعمال؛
- تقليل وقت الاستجابة؛
- تقليل وقت الإنجاز؛
- تقليل الوقت الإضافي؛
- تعظيم استخدام الموارد؛
- تقليل الوقت العاطل؛
- تقليل التخزين تحت الصنع؛
- تقليل وقت التهيئة و الإعداد؛
- تقليل الوقت في نظام الإنتاج ككل.

1-3. صياغة النموذج الأساسي لمسألة الجدولة :

أ- المعطيات :

من التعريف السابق للجدولة يُلاحظ أن مسألتها تدور حول أربعة مفاهيم رئيسية تتمثل في المهام (الأنشطة، الأعمال، الأوامر الإنتاجية) الواجب إنجازها بالاعتماد على مجموعة من الموارد (الآلات) تحت مجموعة الظروف أو ما يعرف بـقيود المسألة من أجل تحقيق هدف أو أهداف معينة.

يمكن توضيح هذا إذا اعتبرنا الترميز الآتي في بناء نموذج أساسي لهذه المسائل :

- n أمر إنتاجي (عمل، نشاط) يشكل المجموعة J ؛
- كل أمر إنتاجي J_j يتكون من n_j عملية تصنيع تتم وفق تسلسل معين على m آلة، نرمز لآلة معينة بالرمز i ؛
- P_{ij} : الوقت الّذي يستدعيه الأمر j على الآلة i، أي هو زمن العملية الّذي نرمز له بـ O_{ij} ؛
- r_j : الوقت المبكر لبداية إنجاز الأمر j ؛
- d_j : وقت الانتهاء المتأخر للأمر j، وهو تاريخ استحقاقه ؛
- W_j : معامل الترجيح أو الأولوية للأمر j وهو يبين أهميته بالنسبة لباقي الأوامر داخل النظام.

ب- متغيرات القرار و قيود المسألة :

- a_j : أقصى وقت يمكن أن يقضيه الأمر j داخل النظام ؛ إذن لدينا :
$a_j = d_j - r_j$ ؛

- الزمن الكلي أو الإجمالي لإنجاز الأمر j يجب أن لا يتعدى a_j : $\forall j \in \sum_{i=1}^{n_j} Pij \le aj$

P_j = J :

- تاريخ الانتهاء الفعلي من الأمر j (c_j) هو تاريخ البدء في تصنيعه (t_j) يضاف إليه مدة التصنيع (p_j) :

$C_j = t_j + P_j$

- و حيث أن: $C_j \le d_j$ إذن :

$r_j \le t_j$

$\forall j \in J : < C_j \le d_j$

- F_j الوقت الذي يقضيه الأمر الإنتاجي j داخل النظام (زمن دورته) :

$F_j = P_j = C_j - t_j$

إذا : $t_j = r_j$ فإن :

$F_j = C_j - r_j$

إذا افترضنا أن : $r_j = 0$ (في النموذج الأساسي) يكون لدينا: $F_j = C_j$. و منه الشرط : $F_j \le a_j$

- إذا أخذنا بعين الإعتبار زمن انتظار الأمر j أمام الآلة i لتلقي العملية O_{ij}، و هو الزمن الذي نرمز له بـ R_{ij}، على أن يعبر R_j عن المدة الإجمالية التي ينتظرها هذا الأمر داخل النظام؛ نحصل على :

$C_j = t_j + P_j + R_j$

و $F_j = P_j + R_j = C_j - t_j$

إذن :

$P_j + R_j \le a_j$

- L_j لقياس تقدم/تأخر إنجاز الأمر الإنتاجي حيث :

$L_j = C_j - d_j = F_j - a_j$

- T_j التأخر الفعلي و هو يعادل أكبر قيمة بين الصفر و L_j :

$T_j = \max \{0, Lj\}$

- E_j تقدم الأمر الإنتاجي وهو أعظم قيمة بين الصفر وسالب L_j :

$E_j = \max \{0, -Lj\}$

ت- معايير التقييم :

سبقت الإشارة إلى أن الجدولة تسعى إلى تحقيق عدة أهداف. هناك عدة معايير تُستخدم في ترجمة هذه الأهداف على الواقع، نلخص أهمها في الجدول التالي :

المعيار	الهدف	الصيغة الرياضية تدنية: Min
الزمن الكلي للتصنيع	تدنية زمن التصنيع الكلي و بالتالي الاستعمال الفعال للآلات	$C_{max} = \max_{j \in J} C_j$
الوقت المتوسط داخل النظام	تدنية متوسط زمن تصنيع الأوامر الإنتاجية	$\bar{F} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{1 \le j \le n} (Cj - tj) \Rightarrow \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} Fj$
أقصى تأخر	تدنية مدة التأخر للأمر الذي يُسجل تأخرا كبيرا في تصنيعه	$T_{max} = \max_{j \in J} \{Tj\} = \max_{1 \le j \le n} \{\max(0, Cj - dj)\}$
متوسط التأخر	تقليل عدد الأوامر المتأخرة عن موعد إتمامها	$\bar{T} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{1 \le j \le n} \max(0, Cj - dj) = \frac{1}{n} \sum_{1 \le j \le n}^{n} Tj$

الجدول1 : المعايير الأساسية للجدولة.
تم إعداد الجدول من الباحثين.

IV - جدولة العمليات التصنيعية على وحدة التصنيع الواحدة :

سوف نهتم تحت هذا العنوان بدراسة مسائل الجدولة ذات المورد الواحد (آلة تصنيع واحدة m=1)، و هي الحالة التي نبحث من خلالها عن جدولة عدة أوامر إنتاجية (أعمال) على تلك الآلة التي يُفترض أنها متاحة بداية من الوقت المنظور t_0 و على طول المدة الزمنية المعنية بالبرمجة دون حدوث انقطاع بسبب العطل و غيرها ؛ و حيث أنه ليس أمامنا سوى آلة تصنيع واحدة فكل أمر إنتاجي لا يلزمه إذن سوى عملية واحدة قد تختلف مدتها الزمنية من أمر إلى آخر.

المشكل المطروح إذن، في ظل هذه الظروف، يتمثل في البحث عن تحديد تتابع تلك الأوامر الإنتاجية على الآلة.غير أنه طالما أن عدد البدائل الممكنة مبدئياً بديهي أن يكون !n ، حيث n هو عدد أوامر الإنتاج المراد جدولتها، فإن البحث عن التتابع الأمثل لا يبدو سهلا في ظل مجموعة من الأهداف الصناعية يراد تحقيقها.

1- تحديد الجدولة و قواعد الأولوية: مثال تطبيقي :

كما سبقت الإشارة إليه فإننا نعتمد عند عملية الجدولة على مجموعة من القواعد تُعرف بقواعد الأولوية لتحديد عند كل فترة زمنية ما هو الأمر المبرمج و يتم الاختيار بين هذه القواعد و مخرجاتها من خطط بحسب الهدف المرغوب و بالتالي بناءاً على معايير في التقييم.

نستعرض الآن بالدراسة حالة تطبيقية نُبرز من خلالها دور استعمال قواعد الأولوية في حل مسائل الجدولة ذات المورد الواحد و نتائجها ثم نناقشها.

تلقت ورشة صناعية أربعة طلبيات انعكست في أوامر إنتاجية رمزنا لها بـ: A-B-C-D في الوقت المنظور t_0 يستدعي كل منها عملية معالجة واحدة تستغرق فترة زمنية محددة بالأيام كما أن لكل أمر إنتاجي تاريخ استحقاق محدد بالأيام انطلاقاً من الوقت المنظور مثلما هو مُوضح من خلال الجدول التالي:

الأمر الإنتاجي OF	زمن التصنيع	تاريخ الاستحقاق
A	9	15
B	11	20
C	6	10
D	15	18

الجدول2 : دراسة مثال تطبيقي.
تم إعداد الجدول من الباحثين.

نحاول فيما يلي جدولة هذه الأوامر الإنتاجية معتمدين على قواعد الأولوية.

1-1- جدولة الأوامر حسب قاعدة الوارد أولاً :

الجدولة	زمن التصنيع	تاريخ الاستحقاق	زمن التدفق	فترة التأخر في التسليم	زمن الانتظار
A	9	15	9	ليس هناك تأخر	ليس هناك انتظار
B	11	20	20	ليس هناك تأخر	9
C	6	10	26	16	20
D	15	18	41	23	26
∑	41	/	96	39	55

الجدول3 : جدولة الأوامر حسب قاعدة الوارد أولاً.

2-1- جدولة الأوامر حسب قاعدة أقل زمن تصنيع :

الجدولة	زمن التصنيع	تاريخ الاستحقاق	زمن التدفق	فترة التأخر فى التسليم	زمن الانتظار
C	6	10	6	ليس هناك تأخر	ليس هناك انتظار
A	9	15	15	ليس هناك تأخر	6
B	11	20	26	6	15
D	15	18	41	23	26
∑	41	/	88	29	47

الجدول4 : جدولة الأوامر حسب قاعدة أقل زمن تصنيع.

3-1- جدولة الأوامر حسب قاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر :

الجدولة	زمن التصنيع	تاريخ الاستحقاق	زمن التدفق	فترة التأخر في التسليم	زمن الانتظار
C	6	10	6	ليس هناك تأخر	ليس هناك انتظار
A	9	15	15	ليس هناك تأخر	6
D	15	18	30	12	15
B	11	20	41	21	30
∑	41	/	92	33	51

الجدول5 : جدولة الأوامر حسب قاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر.

4-1- جدولة الأوامر حسب قاعدة الأوامر الحرجة أولاً:

الجدولة	زمن التصنيع	تاريخ الاستحقاق	زمن التدفق	فترة التأخر في التسليم	زمن الانتظار
D	15	18	15	ليس هناك تأخر	ليس هناك انتظار
C	6	10	21	11	15
A	9	15	30	15	21
B	11	20	41	21	30
∑	41	/	107	47	66

الجدول6 : جدولة الأوامر حسب قاعدة الأوامر الحرجة أولاً.

5-1- جدولة الأوامر حسب قاعدة أطول زمن تصنيع :

الجدولة	زمن التصنيع	تاريخ الإستحقاق	زمن التدفق	فترة التأخر فى التسليم	زمن الإنتظار
D	15	18	15	ليس هناك تأخر	ليس هناك إنتظار
B	11	20	26	6	15
A	9	15	35	20	26
C	6	10	41	31	35
∑	41	/	117	57	76

الجدول6: جدولة الأوامر حسب قاعدة أطول زمن تصنيع.

2- النتائج ومناقشتها :

1-2- ملخص النتائج و المقارنة بينها حسب المعيار :

المعيار	قاعدة الأولوية	قيمة المعيار بالأيام	رتبة الحل	الجدولة الأمثل
متوسط زمن التدفق	الوارد أولاً	$24 = \frac{96}{4}$	3	C-A-B-D
	أقل زمن تصنيع	$22 = \frac{88}{4}$	1	
	تاريخ الإستحقاق المبكر	$23 = \frac{92}{4}$	2	
	الأوامر الحرجة أولاً	$26,75 = \frac{107}{4}$	4	
	أطول زمن تصنيع	$29,25 = \frac{117}{4}$	5	
أقصى تأخير	الوارد أولاً	23	3	C-A-D-B أو D-C-A-B
	أقل زمن تصنيع	23	3	
	تاريخ الإستحقاق المبكر	21	1	
	الأوامر الحرجة أولاً	21	1	
	أطول زمن تصنيع	31	5	
متوسط التأخير في الإنجاز	الوارد أولاً	$9,75 = \frac{39}{4}$	3	C-A-B-D
	أقل زمن تصنيع	$7,25 = \frac{29}{4}$	1	
	تاريخ الإستحقاق المبكر	$8,25 = \frac{33}{4}$	2	
	الأوامر الحرجة أولاً	$11,75 = \frac{47}{4}$	4	
	أطول زمن تصنيع	$14,25 = \frac{57}{4}$	5	
المدة الإجمالية للتصنيع ثابتة مهما كان التتابع و تعادل 41 يوم $C_{max} = \sum_{j=1}^{n} Pj = 41$				

الجدول7: ملخص النتائج.
تم إعداد الجدول من الباحثين.

2- تحليل النتائج المحصل عليها :

يمكن تحليل مخرجات الجدول السابق و ما تم الحصول عليه من نتائج و حلول مثلى في النقط التالية :

- نلاحظ أن الزمن الكلي للتصنيع ثابت و هو يعادل 41 يوما: $C_{max} = \sum_{j=1}^{n} Pj = 41$ و ذلك مهما كانت الجدولة المتبعة في عملية التصنيع و بالتالي يتم البحث في هذا النوع من المسائل عن تدنية باقي المعايير؛

- تحقيق هدف تدنية متوسط زمن التدفق (متوسط زمن الدوران) يكون بإتباع قاعدة "أقل زمن تصنيع" حيث نلاحظ أن

$$Min\bar{F} = Min\left(\frac{1}{n}\right)\sum_{1\le j\le n}(Cj - tj) = Min\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Fj = 22$$

؛ و يقيس هذا المعيار السرعة التي يتم بموجبها معالجة الأوامر الإنتاجية (الطلبيات) داخل النظام و بالتالي الكمية قيد الإنجاز، و بالعمل على تدنيته نكون قد عملنا في الواقع على تدنية و تخفيض مدة الاحتفاظ بالمخزون من المواد قيد الإنجاز ومنه تخفيض التكاليف و الرفع من درجة استغلال الموارد.

- أدنى قيمة لأقصى تأخر في التصنيع هي 21 يوماً: $MinT_{\max} = Min[\max_{j\in J}\{Tj\}] = 21$ وهو ما يتحقق بإتباع قاعدة " تاريخ الاستحقاق المبكر" أو "الأوامر الحرجة أولا" مما يُعطي قياساً لمدى احترام مواعيد التسليم و آجال الإنجاز و الالتزام بها؛ أما إذا كان الهدف هو البحث في تدنية متوسط التأخر في الإنجاز لكافة أوامر الإنتاج فيتسنى ذلك من خلال قاعدة "أقل زمن للتصنيع" أين لدينا:

$$Min\bar{T} = \text{Min}\frac{1}{n}\sum_{1\le j\le n} Tj = 7.25 .$$

- في الأخير نلاحظ ونشير إلى أن قاعدة " أطول زمن للتصنيع" كانت تأتي دائما في آخر مراتب الحلول و ذلك مهما كان الهدف المراد تحقيقه و بالتالي يمكن القول ان هذه القاعدة تؤدي إلى نتائج غير مرضية في مثل هذه المسألة.

الخلاصة :

تهدف جدولة عمليات الإنتاج إلى إيجاد خطة تفصيلية للتنفيذ، عبر برمجة إنجاز مجموعة من الأنشطة على مجموعة من الموارد خلال فترة زمنية و تحديد شكل تتابع تلك النشطة. و حيث أن هناك عدد كبير من مخرجات الجدولة و البدائل الممكنة ؛ كان من الطبيعي أن نبحث في اختيار ذلك البديل الأمثل الذي يحقق الأهداف الموضوعة من قبل متخذ القرار. و مما يساعد في ذلك، استخدام الأساليب الكمية و تقنيات و نماذج البرمجة.

و نظراً لكون مسائل الجدولة إحدى مسائل البرمجة المعقدة المرتبطة بنظام الإنتاج و طريقة

التصنيع، فإنه يتم اللجوء إلى صياغة و وضع نماذج و خوارزميات تساعد في الكشف عن الحل المثل للمسألة المدروسة. من أهم الأدوات المستعملة في هذا الخصوص نجد طرق الأولوية التي تعد أساسية في مسائل الجدولة.

في هذه الدراسة قمنا بطرح مسالة جدولة العمليات داخل نظام الإنتاج، و صياغة معطياتها و نموذجها الأساسي بأسلوب كمي يساعد في عملية التقييم و اتخاذ القرار. كما قدمت هذه الورقة البحثية إطارا نظريا و تطبيقياً أبرز دور استخدام قواعد الأولوية في حل هذه المشكلات، و تقييم مختلف الحلول التي تقترحها هذه القواعد اعتمادا على معايير التقييم الأساسية و من ثم اختيار أحسن بديل من البدائل الممكنة وفق الأهداف المرجوة، كما يوضحه ملخص الحلول في الجدول الأخير من هذه الدراسة و مناقشتها.

لكن و بالرغم من الدور الكبير الذي تلعبه هذه القواعد في الكشف عن الحل و التوصل إليه ؛ إلا أنه نظرا لاتساع مجال تطبيق و طرح هذه المسائل و تعقيدها، فإن استخدام أساليب و طرق كمية أخرى مساعدة في اتخاذ القرار، من تقنيات بحوث العمليات و خوارزميات الإعلام الآلي، و هندسة الإنتاج ...، يعتبر مهما في هذا الشأن ؛ و هو ما سنحاول الوقوف عنده في أبحاثنا المستقبلية.

الإحالات والمراجع :

[1] د.محمد صالح الحناوي، د.محمد فريد الصحن، " مقدمة في الأعمال و المال "، الدار الجامعية 1999، ص 183.

[2] د.علي الشرقاوي، " إدارة النشاط الإنتاجي :مدخل التحليل الكمي " ، الدار الجامعية الجديدة للنشر2003، ص 140.

[3] Mohsen Akrout, Faouzi Masmoudi ; " Fonction ordonnancement au sein d'un système de gestion de production « étude d'un cas » "; Lebanese Science Journal, Vol. 10, No.1, 2009, p :109.

[4] Vincent Giard, " Gestion de la production et des flux " , Edition Economica, 3ème édition 2003.p52

[5] سونيا محمد البكري، " إدارة الإنتاج و العمليات:مدخل النظم " ، الدار الجامعية بالإسكندرية 2001،ص 151.

[6] Michel Pinedo, " Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems " ; Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersy p1.

[7] Patrick Esquirol, Pierre Lopez , " L'ordonnancement " , Edition Economica, Paris, 1999 p13.

[8] أ.د محمد العزاوي، " الإنتاج و إدارة العمليات: منهج كمي تحليلي " ، دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع، عَمان، الطبعة العربية 2006. ص 92.