دور جدولة العمليات في تحقيق الاستغلال الأمثل لموارد الإنتاج
- مثال تطبيقي داخل المؤسسة الصناعية-

The Role Of Operations Scheduling To Achieve Optimal Exploitation Of Production Resources
- A Practical Example Within Industrial Company -

جمعة زكرياء
جامعة تلمسان
djemmaa_z@yahoo.fr

ملخص: تعمل كل المنظمات، سواء كانت خدمية أم صناعية، على تخطيط العمليات الإنتاجية الخاصة بنشاطها، وذلك على آفاق زمنية مختلفة، من المدى الطويل إلى المتوسط فالمدى القصير الذي يرافق تنفيذ و إنجاز عملية الإنتاج؛ و بالتالي الانتقال من خطة الإنتاج الإجمالي إلى خطط إنتاج تفصيلية و برمجة إنجازها و تنفيذها داخل وحدات الإنتاج ضمن أفق زمني قصير أين يجب تحديد جداول للإنتاج وذلك بوضع الخطط اللازمة لاستعمال موارد الإنتاج، و هو ما يعرف بجدولة العمليات. عبر هذه الورقة البحثية نحاول إبراز دور الجدولة في العمل على تحقيق الاستغلال الأمثل لمراكز الإنتاج و منه التشغيل الفعال للموارد، مستخدمين مختلف أنماط الجدولة، بالتطبيق على الإنتاج الصناعي.

الكلمات المفتاح : جدولة العمليات، أنماط الجدولة، تخطيط الإنتاج، التخطيط قصير المدى.

Abstract: Any company, be it of service or industrial, needs to do a planning of production over different horizons, from the long term to the short term that translates the implementation of the production process. So there is transition from a global production plan to a detailed plan where we find a complete schedule of tasks and production resources within the production units; which is known as scheduling of production operations. In this article, we try to highlight the role of scheduling to achieve optimal use of production facilities and thus the efficient use of resources, based on different types of scheduling through an application on industrial production.

Keywords: Scheduling of operations; scheduling types; production planning; short-term planning.

I. مقدمة

تُعد مسألة الجدولة مسألةً في غاية الأهمية في مختلف الميادين و المجالات فأي عمل يحتوي على مجموعة من الأعمال الفرعية الجزئية المرتبط فيما بينها والمكوِّنة له سوف يستوجب البحث عن تنظيم و خطة لإنجاز تلكالأعمال الفرعية بما يمكِّن في النهاية من إنجاز ذلك العمل على أحسن وجه و استعمال أمثل للموارد اللازمة في ذلك.

و لقد بدأت تلك المسألة تجد مكاناً لها في البيئة الصناعية مع بداية القرن الماضيانطلاقاً من أعمال "هنري فانت " إلى أبحاث "جونسون" و " جاكسون" إلى لأبحاث التي لا تزال قائمةً إلى يومنا هذا،و مما عزَّز في تلك المكانة هو التنافسية الشديدة التي أصبح واقعاً مفروضاً على مختلف المنظمات حيث بات الإنتاج بأقل تكلفة و في الوقت المناسب و بالجودة المطلوبة تأشيرة لضمان البقاء في أسواق شديدة التنافسية وهو الأمر الذي تُعد الجدولة أحد أهم العناصر فيه.

II. مفهوم جدولة العمليات:

2-1- تعريف الجدولة:

هناك العديد من التعريفات لعملية الجدولة[1] نجدها تتفق كلها في مضمونها و مفهومها رغم كثرتها و تعددها نظراً لسعة مجال تطبيق الجدولة، فهذه التعريفات لا تختلف بينها اختلافا جوهرياً جديراً بالمناقشة بل تتفق كلها على جوهر مسألة الجدولة.

حيث يعتقد Michel Pinedo[2] أن الجدولة تهتم بتخصيص مجموعة من الموارد المحدودة لمجموعة من الأنشطة أو الأعمال خلال فترة زمنية معينة؛ كما يرى أنها تُعبر عن عملية اتخاذ قرار تهدف إلى تحقيق هدف أو عدة أهداف داخل المنشأة، و هي متواجدة في أغلب المنظمات الصناعية تماماً كما في المجالات و الميادين الأخرى الخدمية كالنقل و الإعلام الآلي و غيرها.

و حسب كل من Patrick Esquirol و Pierre Lopez فإن مسألة الجدولة تُعنى بتنظيم إنجاز مجموعة من الأعمال و الأنشطة خلال الزمن مع مراعاة مجموعة من القيود التي تحكم هذه المسألة كالقيود الزمنية (آجال التسليم، قيود الأسبقية...) و القيود الخاصة بمدى إتاحة و وفرة الموارد المستعملة؛ وتعبر مخرجات الجدولة عن حل لمسألة الجدولة و بالتالي سوف تصف طريقة انجاز تلك الأنشطة و الأعمال و تخصيص الموارد خلال الزمن بحثاً عن تحقيق هدف أو عدة أهداف.[3]

في حين يُعرِّف الدكتور فريد عبد الفتاح زين الدين[4] الجدولة أنها تقرير متى وأين تؤدى كل عملية من العمليات اللازمة لإنتاج السلعة أو إنجاز الخدمة، وتعيين الأزمنة الّتي يبدأ فيها و/أو يستكمل كل نشاط أو كل عملية مطلوبة، ودراسة العلاقة بين الأحمال والطاقات لمراكز العمل؛ويخلُص ذات الكاتب إلى أنّ اصطلاح جدولة العمليات يعني التحديد الدقيق لتوقيت العمليات المعنية اللازمة لإنتاج السلعة أو إنجاز الخدمة وتحديد دور كل قسم من الأقسام الإنتاجية في أداء هذه الأعمال، وهي بذلك المعنى تشتمل على استخدام المتاح للمعدات والتسهيلات والعمل البشري وتخصيصها على الأوامر الإنتاجية، أو على الأعمال والأنشطة اللازمة.

و عملياً، يقول الدكتور محمد توفيق ماضي،[5] تكون نتيجة القيام بعملية الجدولة عبارة عن خطة زمنية تفصيلية (جدول) للأنشطة، يوضّح بها ما سوف يتم إنجازه وتاريخ البدء والانتهاء، والموارد المخصصة له.

ويُضيف الدكتور محمد فريد الصحن وصالح الحناوي[6] أنّ تلك الخطة تتضمن بعض القرارات الهامة في ذلك الصدد، وهي معدلات التحميل وتتابع الأنشطة ومتابعة الخطة إلى الوقوف الدائم على حالة التشغيل ومتابعة التنفيذ حسب التحميل والتتابع الموضوع؛ ومن هذا المنطلق نجد الكاتبين يعتبران كذلك الجدولة من أدوات الرقابة التنبؤية على العملية الإنتاجية.

باستقراء هذه التعريفات، التي هي تُكمل بعضها البعض و توضح المعنى العام و الدقيق لمسألة الجدولة، يمكن تعريف الجدولة بأنها " تلك الوظيفة التي تعمل أساساً على اتخاذ القرارات المتعلقة ببرمجة إنجاز مجموعة من الأعمال و الأنشطة خلال فترة زمنية محددة بتخصيصها على مجموعة من الموارد لتكون نتيجة و مخرجات عملية الجدولة عبارة عن خطة عملية تفصيلية للتصنيع خلال أفق زمني محدد بحيث يمكن الرجوع إلى هذه الخطة بغرض الرقابة على العملية التشغيلية و الوقوف الدائم عليها و تعديلها إن اقتضى الأمر".

2-2- أهمية جدولة العمليات:

تُعتبر السيطرة الفعالية الأساسية لإدارة العمليات و ذلك لكونها تتعامل مع التوقيتات الزمنية للنشاط الإنتاجي و الفعاليات المختلفة في الشركات الصناعية. و تركز الجدولة عادة على التخصيص الزمني لموارد الإنتاج بما في ذلك الموارد البشرية و الموجودات من المخزن و الطاقات الإنتاجية و الخدمية و غيرها، كما وأن أنماط و أنواع العمليات تُؤثر بشكل مباشر على فعاليات الجدولة المختلفة.

و تقوم فعاليات الجدولة على تخطيط الفعاليات و العمليات الإنتاجية في المدى المتوسط و القريب اللذان يُدعمان عملية صُنع القرارات المتعلقة بكل من التخطيط الإستراتيجي و التخطيط المرحلي في الشركة الصناعية.

و بما أن الجدولة ما هي إلا عبارة عن مجموعة خطط مرحلية للعمليات مترابطة بعضها بالبعض الآخر و الموجهة إلى تحديد الفعاليات الإنتاجية و الخدمية المساندة لهذه العمليات في الورش و المحطات الإنتاجية. لذا يجري في الجدولة تحديد و بدقة ما يتوجب على العاملين و المحطات و الورش الإنتاجية من إنجاز الأعمال و العمليات لتحقيق هدف الخطة التفصيلية في تلك المرحلة الإنتاجية.[7]

و من المعلوم أنّ إدارة الإنتاج تسعى إلى تحقيق أعلى قدر من الكفاءة الإنتاجية وهو الهدف الّذي يمكن التوصل إليه من خلال عدة عوامل كالتنظيم الجيد لأسلوب الإنتاج والتحديد الدقيق والتعريف الجيِّد لما يراد إنتاجه من منتجات وغيرها.

من بين تلك العوامل المساعدة على تعظيم الكفاءة الإنتاجية نجد مسألة الاستغلال الأمثل للموارد وهي المسألة الّتي تمُثل جوهر عملية الجدولة؛ ويمكن إبراز أهمية الجدولة بإبراز الآثار السلبية الّتي تنجم عن غيابها أو قصور في كفاءتها؛ فعدم كفاءة الجدولة سوف يؤدي إلى سوء استخدام الموارد المتاحة والّذي سوف ينعكس بدوره سلباً على درجة استغلال الطاقة حيث تكون هناك طاقات متاحة غير مشغلة في شكلآلات أو أفراد أو معدات أخرى عاطلة عن العمل، ولاشك أنّ ذلك يُعظم من النفقات الّتي تتحملها المنظمة وهو ما ينتج عنه ارتفاع تكاليف الإنتاج وبالتالي إضعاف القوة التنافسية للمنظمة.

2-3- أهداف جدولة العمليات:

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؛
- تدنية وقت الإنجاز؛
- تدنية الوقت الإضافي؛
- تعظيم استخدام الموارد؛
- تدنية الوقت العاطل؛
- تقليل التخزين تحت الصنع؛
- تدنية و قت التهيئة و الإعداد؛
- تدنية الوقت في نظام الإنتاج ككل.

و يمكن شرح بعض أهداف الجدولة على ما يلي[9]:

- تحقيق التتابع السليم في العمليات و هذا يعني الاستغلال الأمثل للطاقة المتاحة و التخلص من الطاقات العاطلة و بالطبع هذا قد يُؤدي بدوره إلى تقليل تكاليف الإنتاج و يتحقق ذلك من خلال آلية تتم وفق أن العملية السابقة تسبق العملية اللاحقة و بالتالي مخرجات كل عملية هي مدخلات العملية اللاحقة.
- تخفيض الوقت العاطل يساعد أيضاً في تخفيض الطاقات غير المستغلة سواء للآلات أو للعاملين مما يترتب تعظيم الاستفادة من الموارد الإنتاجية المتاحة.
- تحقيق سرعة تنفيذ الطلبات و تقليل المستثمر من المخزون، و تُعد هذه المؤشرات من الأمور الأساسية في نجاح عملية الجدولة.

و من المفيد هنا التمييز بين الحالات المختلفة للجدولة و التي تختلف حسب نوع العملية، ففي نظام التشغيل الخطي عادة يكون الإنتاج الخطي مرتبطاً بالأسلوب الذي تم به تصميم ذلك التشغيل. أما جدولة الأنشطة التي تمثل نظام التشغيل الفردي تتطلب أساليب خاصة مثل أسلوب "**المسار الحرج**" و أسلوب " **تقويم البرامج ومراجعتها**" المعروفة بأساليب **جدولة المشاريع**. أما في الإنتاج حسب نظام التشغيل المتقطع فالأمر يختلف بسبب وجود عدة أوامر يراد إنتاجها لكل منها مواصفات خاصة، و بالتالي كل منها له مسار إنتاجي معين بين الأقسام أو الآلات الإنتاجية؛ مما يتطلب وضع أولويات لهذه الحالات و تقليل وجود وقت عاطل لتنفيذ هذه الأوامر في الوقت المحدد لغرض تسليمها.

III. محددات مسألة الجدولة:

في مسألة الجدولة هناك أربعة مفاهيم أساسية تتدخل، تمثل محدداتها الرئيسية هي: **الأنشطة** أو الأعمال (Jobs ou Travaux)؛ **الموارد** (آلات)؛ مجموعة من **القيود**و أخيراً **الهدف** المراد تحقيقه.

1-3- النشاط:[10] النشاط هو عبارة عن مجموعة من العمليات الواجب إنجازها حسب طريقة التصنيع الخاصة به (Gamme de fabrication) التي توضح خصائص كل عملية كمدتها الزمنية، آلة معالجتها، تاريخ البداية و تاريخ الاستحقاق...يأخذ النشاط داخل

المنظمات الصناعية صفة الأمر بالإنتاج (Ordre de Fabrication) للشروع في تنفيذه وفق متطلبات وصفة التصنيع. يقترح [Georges Javel : 2000] عدة نماذج من هذه الوصفات حسب خاصية كل نشاط.

3-2- الموارد: المورد هو عبارة عن وسيلة مادية (آلة) أو بشرية تتدخل لإنجاز و معالجة النشاط. سوف نستعمل خلال الفصل الثاني من هذه الرسالة مصطلح (آلة، machine) للدلالة على المورد المستعمل أياً كان نوعها، لأنه هو الشائع في مسائل الجدولة.

3-3- القيود: أي مسألة اتخاذ قرار لها في الواقع مجموعة من القيود تحكمها.في مسائل جدولة العمليات يمُكن وضع هذه القيود في خانتين رئيسيتين: **القيود الزمنية**، و هي تعكس كل ما يتعلق بالنشاط من الناحية الزمنية و كذلك علاقة الأنشطة فيما بينها. **القيود المتعلقة بالموارد** (الآلات)نظراً لبروز إشكالية تخصيص الموارد، و هنا يمكن التفريق بين القيود التمييزية (حيث لا يمكن تحميل الآلة أكثر من نشاط في نفس الوقت) و القيود التجميعية (أين يجب مراعاة الطاقة القصوى للآلة رغم إمكانية تحميلها أكثر من نشاط في آن واحد).

3-4- الهدف: و هو ينعكس في المعيار أو المعايير التي نبحث في تحقيق أمثليتها، كالمدة الإجمالية للإنجاز أو مدة انتظار الأوامر الإنتاجية داخل النظام و غيرها من المعايير التي نتطرق لها في العنوان 4 اللاحق.

IV. صياغة النموذج الأساسي لمسألة الجدولة:

4-1- المعطيات:

يمكن بناء نموذج أساسي لمسألة الجدولة على النحو التالي أين نعتبر:

- n أمر إنتاجي (عمل، نشاط) يشكلون المجموعة J؛
- كل أمر 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.

4-2- متغيرات القرار و قيود المسألة:

- a_j: أقصى وقت يمكن أن يقضيه الأمر j داخل النظام. $a_j = d_j - r_j$
- الزمن الكلي أو الإجمالي لإنجاز الأمر j يجب أن لا يتعدى a_j: $\forall\ j \in J : \quad P_j = \sum_{i=1}^{n_j} Pij \le aj$
- تاريخ الإنتهاء 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: $\forall j \in J : \ r_j \le t_j < C_j \le d_j$
- F_j الوقت الّذي 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 الّتي 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: $$P_j + R_j \leq a_j$$

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

V. معايير تقييم الجدولة:

هناك العديد من المعايير التي يتم من خلالها تقييم مسألة جدولة العمليات التصنيعية لتُعبر عن الأهداف المراد تحقيقها. أهم هذه المعايير يمكن تصنيفها في فئتين أساسيتين هما:

– معايير تتعلق بأداء المصنع؛

– معايير تتعلق بتاريخ الاستحقاق.

5-1- معايير أداء المصنع: وهي تختص بالمعلومات المتعلقة بأوقات بدء الأعمال (الأنشطة) و انتهائها، و تركز على أداء المصنع كمستوى استخدام الموارد. أهم المعايير التي تندرج تحت هذه المجموعة هي:

5-1-1- وقت تدفق العمل: (Job Flow Time) و هو يُعبر عن مقدار الوقت الذي يقضيه العمل في المصنع كأوقات التصنيع و المعالجة و النقل و الانتظار داخل النظام.يمكن حساب هذا المعيار من خلال الصيغة:

وقت التدفق للنشاط j = تاريخ الانتهاء منه – تاريخ إنجاز أول عملية تصنيعية.

أي: $$F_j = C_j - t_j$$

تحت هذا المعيار، الذي يهدف إلى تقليل وقت تدفق العمل داخل النظام، يمُكن كذلك استعمال معيار "متوسط وقت التدفق" ، حيث أن العمل على تخفيض وقت تدفق كل عمل سوف يُؤدي إلى تخفيض متوسط وقت التدفق داخل النظام بصفة إجمالية و بالتالي تخفيض المخزون قيد الإنجاز و منه تقليل التكاليف.

يُعطى متوسط وقت التدفق بالعلاقة التالية:

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

حيث: $\bar{F}$: متوسط وقت التدفق؛

Fj : وقت تدفق النشاط j؛

n : عدد الأنشطة (الأعمال).

5-1-2- وقت الإكمال الكلي:يُعرف كذلك بالمدة الإجمالية أو زمن التصنيع الكلي و كذلك بزمن الدورة التصنيعية. هذا المعيار حسب [White & Vondermbes :2004] يمثل مجموع الوقت المطلوب لمعالجة مجموعة معينة من الأعمال. يمكن الحصول عليه على النحو:

$$C_{max} = \max_{j\in J} C_j$$

يُعتبر هذا المعيار جد مهم من الناحية العملية نظراً لأنه بتدنيته يتحقق مستوى عال من التشغيل الفعال للموارد و الرفع من متوسط درجة استخدام الآلات؛ لذا تقتصر العديد من الأبحاث في مسائل جدولة العمليات على البحث في تدنية هذا المعيار.

5-1-3- مخزون العمل قيد التشغيل:

يمثل مجموع الأعمال التي لا تزال قيد العملية التصنيعية داخل النظام أو تلك التي يُحتفظ بها كمخزون؛ و يُعبر عنها بعدد الأعمال داخل النظام الإنتاجي.

يتم حساب متوسط مخزون العمل قيد التشغيل من خلال المعادلة التالية: $\overline{WIP} = \frac{1}{M}\sum_{j=1}^{n} Fj$ مع: $\sum_{j=1}^{n} Fj$: إجمالي أوقات التدفق.

M: وقت الإكمال الكلي.

يهدف هذا المعيار إلى تقليل عدد الأعمال داخل النظام و منه تقليل مستوى المخزون قيد الإنجاز.

5-1-4- مستوى الاستخداميمثل النسبة التي يُستخدم بها المورد (الآلة)وهو عبارة عن نسبة مئوية للوقت الذي تقضيه هذه الأخيرة بحالة اشتغال، أي بصورة مُنتجة، من مجموع وقت العمل المتاح.

مستوى استخدام الآلة i نرمز له بـ: U_i حيث: $U_i = \frac{1}{M}\sum_{j=1}^{n} P_{ij} \quad i = 1,...,m.$

و واضح أنه بتعظيم هذا المعيار نكون قد عملنا على الرفع من مستوى استخدام الموارد.

5-2- معايير تاريخ الاستحقاق: تهتم هذه المعايير بالأداء الخارجي للمنشأة و علاقتها بالزبون، لذلك فهي مرتبطة بما يخدم مصلحة الزبون من تواريخ الاستحقاق و مواعيد التسليم. أشهر هذه المقاييس:

5-2-1- وقت التأخير: يُعبر معيار التأخير عن مقدار الوقت الذي يتأخر به إنهاء العمل عن تاريخ استحقاقه المحدد حسب الوحدة الزمنية المعمول بها. و قد لا يحدث تأخير، بمعنى انعدامه، إذا ما تم الانتهاء من معالجة العمل لحظة أو قبل تاريخ استحقاقه، و بخلاف ذلك يحصل تأخير.

يمُكن حساب مقدار التأخير كما يلي: $Tj = \{\max(0, Cj - dj)\} \quad j = 1,...,n.$

5-2-2- أعظم تأخير: حيث أن عملية الجدولة هي عملية مستمرة تسمح بالوقوف على و مراقبة عملية الإنجاز للسيطرة على مجريات الإنتاج في الوقت المنظور، فإنه قد يتم الاهتمام بالعمل صاحب أقصى تأخر في إنجازه بغرض العمل على تعجيل معالجته واستدراك التأخر.

أعظم تأخر هو : $T_{\max} = \max_{j \in J}\{Tj\} = \max_{1 \le j \le n}\{\max(0, Cj - dj)\}$

5-2-3- متوسط وقت التأخير: يهدف هذا المعيار إلى تقليل متوسط التأخير و متوسط وقت إنتظار الزبائن. و يعرف بـ:

$$\bar{T} = \left(\frac{1}{n}\right)\sum_{1 \le j \le n} \max(0, Cj - dj) = \frac{1}{n}\sum_{1 \le j \le n} Tj$$

5-2-4- عدد الأعمال المتأخرة:وهو يستهدف تقليل عدد الأعمال التي تشهد تأخراً في مواعيد تسليمها، و يمكن حساب ذلك على النحو:

$Min\,(U = \sum_{j \in J} Uj)$ avec $Uj = \begin{cases} 0 \; si & Cj \le dj \\ 1 \; si & Cj > dj \end{cases}$ pour j=1,…,n U_j: مؤشر التأخر.

وجدير بالذكر أنّه يمكن إضفاء صبغة الترجيح على كافة المعايير من خلال معاملات الترجيح W_j للأخذ بعين الاعتبار عنصر الأهمية كأن نعمل مثلاً على تدنية:

- متوسط التأخر المرجح: $\bar{Tw} = \frac{\sum_j WjTj}{\sum_j Wj}$

أو - المجموع المرجح لتاريخ الانتهاء: $C_W = \sum_{j \in J} WjCj$

وهو المعيار الّذي يمكن من تقدير تكلفة المخزون قيد الإنجاز وبالتالي نعمل على تدنية هذه التكلفة[11].

VI. أنماط الجدولة.

6-1- الجدولة المقبولة (الممكنة):

نقول عن جدولة أنّها مقبولة إذا كانت تحترم جميع قيود المسألة من آجال محددة وقيود أسبقية ومحدودية الموارد،... [12]

تُعد الجدولة المقبولة أساس حل مسائل الجدولة إذ لا بد من أي جدولة أن تكون ممكنة أولاً . بعدها يمكن التمييز بين ثلاثة أنماط أخرى للجدولة كما يلي:[13]

6-2- جدولة نصف نشيطة:

تقوم هذه الجدولة المقبولة على تحميل العمليات في أقرب وقت مبكر ممكن ونقول عنها أنّها نصف نشيطة إذا لم يكن بالإمكان تعجيل أي عملية دون الإخلال بالتتابع المحدد للإنجاز.

6-3- جدولة نشيطة:

هذه الجدولة المقبولة هي تلك الجدولة الّتي لا يمكن معها تعجيل أي عملية بالبدء فيها قبل موعدها المقرر دون تأجيل البدء في عملية أخرى أو اختراق قيد أسبقية؛ الجدولة النشيطة هي كذلك جدولة نصف نشيطة، وجدولة أمثل تكون دائما نشيطة، لذا تقتصر الكثير من البحوث على مجموع الجدولات النشيطة.

6-4- جدولة دون تأخر:

هذه الجدولة المقبولة هي تلك الجدولة الّتي لا يمكن الاحتفاظ فيها بأي آلة عاطلة عن العمل إذا كانت جاهزة للشروع في معالجة عملية ما؛ الجدولة دون تأخر نشيطة بالضرورة، ومن ثمّ نصف نشيطة بالضرورة أيضاً .

من خلال هذه الأنماط من الجدولة يمكن الخلاص إلى التضمينات التالية الّتي تعبر بالضرورة عن علاقة في اتجاه واحد دون ضرورة علاقة الاتجاه المعاكس:

{ جدولة نصف نشيطة } ⊂ { جدولة نشيطة } ⊂ { جدولة دون تأخر }

VII. 7- تطبيق لدى المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية.

تحت هذا العنوان نتعرض إلى دراسة حالة تطبيق على الإنتاج الصناعي محاولين إبراز الدور المهم لعملية الجدولة في العمل على الرفع من كفاءة مراكز التصنيع و منه درجة استغلال موارد الإنتاج، مستخدمين أنماط الجدولة السابق ذكرها.

7-1- تعريف بالمؤسسة:

منذ ما يزيد عن الثلاثين سنة، تُعد المؤسسة الوطنية للصلعات الإلكترونية مؤسسةً جزائريةً لتصنيع المنتجات السمعية-البصرية و المكوّنات الإلكترونية؛ حيث تم تأسيسها في الفاتح من شهر نوفمبر عام 1982 نتيجة إعادة هيكلة المؤسسة الوطنية للصناعات الكهربائية « SONELEC » بعدما اتخذت الحكومة عدة قرارات تخص إعادة هيكلة المؤسسات الصناعية و تقسيمها وفق مبدأ اللامركزية الذي يؤدي إلى تحكم أكبر في تسيير هذه المؤسسات وضمان التوازنات الصناعية على المستوى الوطني؛ حيث انبثق عن المؤسسة الوطنية للصناعات الكهربائية المؤسسات التالية:

- **ENIE : المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية؛**
- ENIEM : المؤسسة الوطنية للصناعات الكهرومنزلية؛
- ENICAB : المؤسسة الوطنية لصناعة الكابلات؛
- ENGP : المؤسسة الوطنية لصناعة البطاريات؛
- EDIMEL : المؤسسة الوطنية لتوزيع العتاد الفلاحي.

أصبحت المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية ذات شخصية قانونية مستقلة في شهر مارس من عام 1989 حيث أضحت تأخذ صفة "شركة ذات أسهم" رأس مالها الاجتماعي يقدر بحوالي 8.3 مليار دينار. وهي توظف 2650 موظف مابين أعوان و إطارات في مختلف هياكلها.

تضم المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية شركة فرعية تعرف بـ" ALFATRON"، و هي شركة تم تأسيسها سنة 1988 كشركة إقتصادية مختلطة (ENIE – FLAMBORD) ، ثم تحولت سنة 1993 إلى مؤسسة عمومية إقتصادية (EPE) صفتها القانونية "شركة ذات أسهم" لكنها مملوكة للمؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية بنسبة مائة في المائة.

يقع المقر الإجتماعي لهذه الشركة المتفرعة عن (ENIE) بالمنطقة الصناعية "حاسي عامر" بولاية وهران؛ برأسمال إجتماعي يبلغ 297.180.000,00 دج. و هي تتربع على مساحة إجمالية تقدر بـ 25000 $م^2$ منها 5000 $م^2$ مغطاة، 4000 $م^2$ من هذه الأخيرة تخص قسم الإنتاج تنقسم مناصفة بين قسم للتخزين، و خطوط الإنتاج؛ بطاقة إنتاجية تبلغ بـ 100.000 وحدة في السنة.

تتمثل مهمة هذه الشركة الفرعية في تصميم، إنتاج و تسويق أنظمة الحوسبة (المعلوماتية)عالية الأداء و القابلة للتطوير؛ مُعتمدة في ذلك على إستراتيجية متكاملة أعمدتها هي الجودة، بفضل نظام إدارة جودة صارم تتبعه الشركة، منتجات نوعية حسب الطلب بفضل نظام إنتاجي عصري و مرن، و أخيراً المواكبة السريعة للتكنولوجيات الحديثة بفضل تعاون الشركة مع كل من شركتي « INTEL » و « Microsoft » .

بغرض تقديم حلول متكاملة تُلبي التوقعات الصارمة لعملائها، تُرفق و تُكمل "ALFATRON" عرضها لأجهزة الكمبيوتر بالعديد من الخدمات، ولا سيما من حيث الصيانة و الدعم الفني و تكامل شبكات الحاسوب.

7–2– مجال نشاط المؤسسة و منتجاتها:

لقد شهد عقد الثمانينات إزدياداً مضطرداً في الطلب على مختلف المنتجات الإلكترونية، الأمر الذي دفع بالمؤسسة إلى تبني إستراتيجية جديدة و تطوير سياستها الصناعية و التجارية بغرض التكيف مع الواقع التكنولوجي الجديد و الظروف الخارجية المحيطة بالمؤسسة. و بالإضافةإلى ما كانت تمثله هذه الإستراتيجية الجديدة من أساس للإنطلاق في صناعة إلكترونية حقيقية و فعّالة، كان لزاماً عليها أن تُراعي أيضاً، من ناحية عملية، الجانب الكمي في الإنتاج و خاصة جودة المنتَج و مواكبته لأحدث التقنيات و التطور التكنولوجي السريع.

حالياً تُركز المؤسسة نشاطها في إنتاج الأجهزة الإلكترونية ذات الإستعمال الواسع Electronique Grand Public) المتمثلة أساساً في أجهزة التلفزيون LCD و LED ببوصات مختلفة وفق الأصناف التالية:

- LCD : 22’’, 26’’, 32" ,42" et 47"
- LCD-3D :47"
- LED : 32",42" et 46"
- LED-3D : 47" et 55"

7-3- جدولة عمليات التصنيع داخل وحدة الإنتاج:

بغرض دراسة مسألة جدولة عمليات التصنيع داخل وحدة الإنتاج و توضيح دورها في ضمان التخطيط الجيد للعملية الإنتاجية و بالتالي الاستغلال الفعال لموارد الإنتاج قمنا بجمع و تحليل معطيات و بيانات ثلاث أوامر إنتاجية خاصة بأجهزة التلفزيون LED.

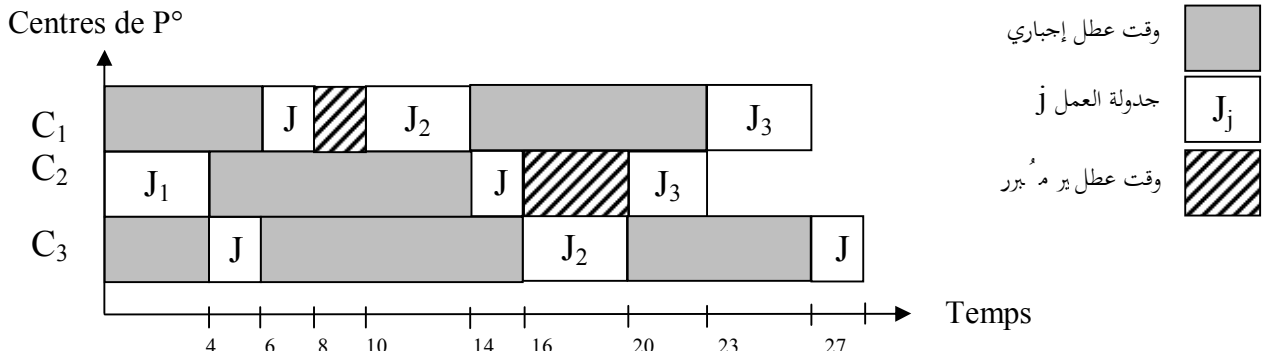
الجدول التالي يبين الأوامر بالإنتاج و يلخص هذه البيانات وفق ما هو وارد في طريقة تصنيعها:

(الأوامر الإنتاجية J_j)	(شكل التتابع على مراكز الإنتاج i)	(زمن العملية بالساعات P_{ij})
1	*2, 3, 1*	$P_{21}= 4, P_{31}= 2, P_{11}= 2$
2	1, 2, 3	$P_{12}= 4, P_{22}= 2, P_{32}= 4$
3	2, 1, 3	$P_{23}= 3, P_{13}= 4, P_{33}= 2$

الجدول 1: ملخص المعطيات.

نظراً للأهمية النسبية لكل أمر إنتاجي فإنّه يجب أولاً البدء بمعالجة الأمر الإنتاجي الأوّل J_1 ثمّ الثاني J_2 ثمّ الثالث J_3.

يعكس الشكل1 جدولة ممكنة للمسألة تحترم القيد المذكور وبمدة تصنيع إجمالية قدرها 29 ساعة عمل، ويمكن أن نستقرئ من الشكل مختلف المعلومات الّتي يُتيحها أي مخطط كانت، إلاّ أنّ ما يهم هنا هو وجود وقتي عطل لا مبرر لهما يقعان على مركز الإنتاج الأول والثاني مدتهما ساعتين وأربع ساعات على التوالي.



الشكل 1:جدولة ممكنة.

بحذف أوقات العطل غير المبررة من الشكل و بالتالي إعادة وضع جدولة تصنيع جديدة داخل الوحدة سوف تصبح المدة الإجمالية للجدولة 23 ساعة عمل بدلاً من 29ساعة بما ينعكس إيجابياً على كفاءة ودرجة استغلال المركزين المعنيين بالخصوص والوحدة الإنتاجية بصفة عامة كما هو موضح من خلال الشكل2؛ وحيث أنّه لم يعد بمقدورنا تعجيل بداية أي عملية من العمليات دون المساس بترتيبها المجدول على مركز الإنتاج فنحن بصدد جدولة نصف نشيطة.

ويمكن قياس كفاءة أي مركز من مراكز الإنتاج على النحو التالي:

- الكفاءة = الوقت المستخدم خلال الدورة ÷ المدة الإجمالية للجدولة.
  - فبالنسبة لهذه الجدولة الجديدة (الشكل2) لدينا:

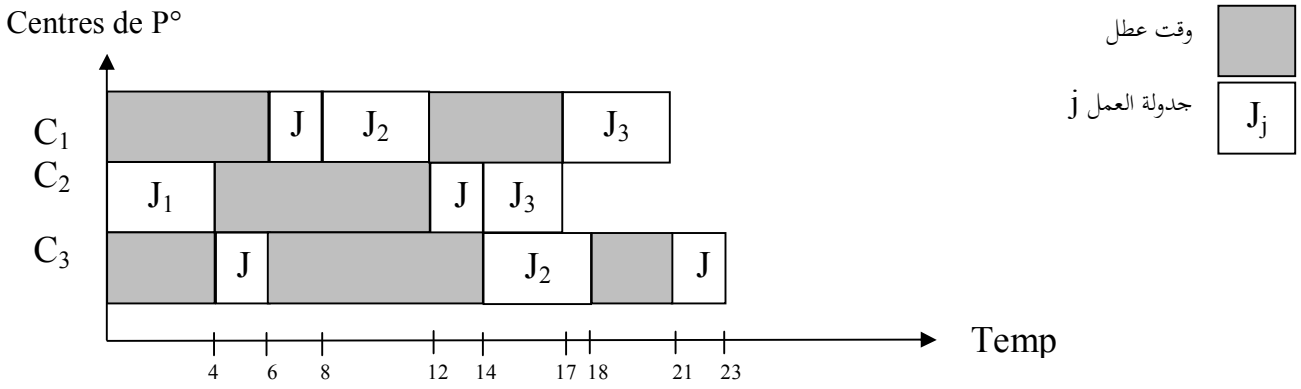
- كفاءة المركز الأول = $\frac{13-23}{23} = \frac{10}{23} = 43,47\ \%$؛
- كفاءة المركز الثاني = $\frac{13-23}{23} = 43,47\ \%$ كذلك؛

- كفاءة المركز الثالث = $\frac{15-23}{23} = \frac{8}{23} = 34{,}78\ \%$.

أمّا كفاءة المراكز الثلاثة معاً، أي كفاءة الوحدة الإنتاجية ككل فهي:

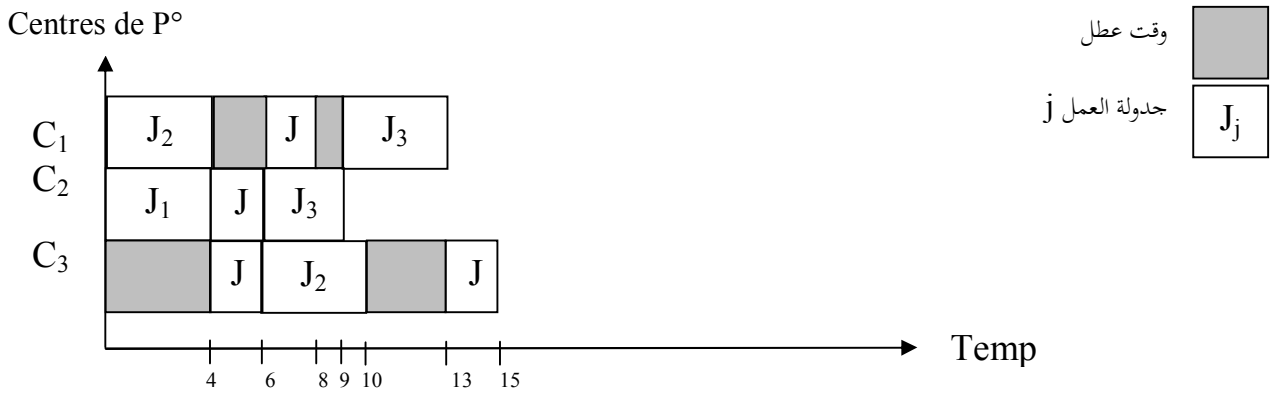
- كفاءة الوحدة الإنتاجية = $\frac{13+13+15-(3)23}{(3)23} = \frac{41-69}{69} = \frac{28}{69} = 40{,}57\ \%$؛

و هي عبارة عن متوسط كفاءات المراكز الإنتاجية الثلاث التي تشكل الوحدة.



الشكل 2: جدولة نصف نشيطة.

تعجيل العمليةالخاصة بالأمر الإنتاجي الثاني على المركز الأول أدى إلى تغيير في تتابع العمليات المبرمجة على ذلك المركز، إلاّ أنّ آثاره كانت إيجابية حيث تقلصت المدة الإجمالية للجدولة لتصبح 15 ساعة فقط، كما هو مبين في الشكل3، وبالتالي عظّم من استغلال المتاح منطاقة مراكز الإنتاج؛ ويوضح ذات الشكل أنّه أصبح من غير الممكن التعجيل أكثر لأي عملية من العمليات، حتىّ لو غيرنا في تتابع ما، إلاّ إذا أخرنا إنجاز عملية أخرى، فتكون الجدولة نشيطة حينئذ، و في الحالة المدروسة بدون تأخر كذلك، وهي تعبر عن أمثل جدولة لعمليات تصنيع هذه الأوامر الإنتاجية داخل وحدة الإنتاج بزمن تصنيع يعادل 15 ساعة.



الشكل3:جدولة نشيطة دون تأخر.

لمعرفة الأثر الإيجابي الّذي خلفته الجدولة النشيطة على الكفاءة الإنتاجية، نقوم بقياس، كما فعلنا في السابق ، الكفاءة الخاصة بكل مركز إنتاج ثمّ بالوحدة الإنتاجية ككل إذ نجد:

- كفاءة المركز الأول = $\frac{15-5}{15} = \frac{10}{15} = 66,66\ \%$.

- كفاءة المركز الثاني = $\frac{15-6}{15} = \frac{9}{15} = 60\ \%$.

- كفاءة المركز الثالث = $\frac{15-7}{15} = \frac{8}{15} = 53,33\ \%$.

- كفاءة الوحدة الإنتاجية = $\frac{15(3)-18}{15(3)} = \frac{27}{45} = 60\ \%$.

VIII. أهم نتائج الدراسة:

سمحت لنا هذه الدراسة، في شقيها النظري و التطبيقي، بالتوصل إلى عدة نتائج نلخص أهمها في النقط التالية:

– إبراز أهمية الجدولة و مكانتها الأساسية كمسألة مطروحة في أكثر من ميدان و مجال، نخص بالذكر منه محل إهتمامنا ألا و هو القطاع الصناعي، إذ أن كل عمل نريد القيام به سوف يتطلب في الواقع إعداد خطة لإنجازه و بالتالي جدولة تحكمه في ظل ظروف معينة.

– تُساهم الجدولة مساهمة فعالة في الرفع من كفاءة مراكز التصنيع و وحدات الإنتاج ومنه تحقيق الاستغلال الأمثل للموارد، حيث أنها تعمل على تدنية مجموعة من العوامل ذات التأثير السلبي على هذه الكفاءة و الحد من الموارد و الطاقات غير المستغلة، و هو الهدف الرئيسي لهذه الورقة البحثية؛ إذ نلاحظ كيف أنه و في كل مرة تم تحسين كفاءة إنتاج المراكز و الوحدة ككل و الرفع من هذه الكفاءة إلى غاية بلوغها 60 في المائة بالنسبة للوحدة، و هو أقصى ما يمكن تحقيقه في ظل معطيات و قيود الحالة التطبيقية المدروسة.

–بعد إعداد الجدولة و خطة الإنجاز المناسبة، يمكن ترجمتها في شكل بياني يُعرف بمخطط "قانت" يوضح هذه الجدولة و تنفيذها، و بالتالي متابعة و قيادة عملية الإنجاز في الوقت المنظور، للوقوف على أية فوراق بين ما هو مخطط و الإنجاز الفعلي، و اتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة في حال وجودها.

IX. خاتمة:

تعمل وظيفة الجدولة على اتخاذ القرارات المتعلقة ببرمجة إنجاز مجموعة من الأعمال و الأنشطة خلال فترة زمنية محددة بتخصيصها على مجموعة من الموارد لتكون نتيجة و مخرجات عملية الجدولة عبارة عن خطة عملية تفصيلية للتصنيع خلال أفق زمني معين. و بالتالي هي تعد عملية جوهرية و أساسية في فعالية تخطيط العملية الإنتاجية حيث ينتج عن الجدولة الفعالة التخطيط السليم لهذه العملية و منه السهر على ضمان الاستغلال الأمثل للمتاح من موارد الإنتاج و كل ما يتبع ذلك من تدنية التكاليف و احترام آجال التصنيع و تقليصها و بالتالي تحقيق ميزة تنافسية أكبر لدى المؤسسات.

من خلال مقالنا هذا بحثنا في إبراز الآثار الإيجابية التي تخلفها الجدولة السليمة لعمليات الإنتاج في تحقيق ذلك بالاستعانة بمثال تطبيقي على المجال الصناعي، حيث تم التوصل إلى أمثلية أحد أهم معايير التقييم المستعملة في هذا الشأن ألا وهو تقليص مدة التصنيع الكلي مما رفع من درجة استغلال مراكز الإنتاج و الوحدة الإنتاجية بصفة عامة.

الإحالات والمراجع :

[1]– المصطلح الإنجليزي للجدولة هو « Scheduling » أما الفرنسي فهو « Ordonnancement ».

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

[3]–Patrick Esquirol, Pierre Lopez. **L'ordonnancement**, Edition Economica, Paris, 1999 p13.

[4]– فريد عبد الفتاح زين الدين، **تخطيط و مراقبة الإنتاج: مدخل إدارة الجودة**، كلية التجارة –جامعة الزقازيق 1997 ص 259.

[5]– محمد توفيق ماضي، **إدارة الإنتاج والعمليات: مدخل إتخاذ القرارات**، الدار الجامعية 1999 ص 280.

[6]– محمد صالح الحناوي، د.محمد فريد الصحن، **مقدمة في الأعمال و المال**، الدار الجامعية 1999 ص ص 207-215.

[7]– عبد الستار محمد العلي، **التخطيط و السيطرة على الإنتاج و العمليات**، دار المسيرة، عمان، الطبعة الأولى 2007، ص 257.

[8]–محمد العزاوي، **الإنتاج و إدارة العمليات: منهج كمي تحليلي** دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع، عمان، الطبعة العربية 2006. ص 92.

[9]– علي هادي جبرين، **إدارة العمليات**، دار الثقافة للنشر و التوزيع، عمان، الطبعة الأولى 2006، ص 277.

[10]–في مسائل جدولة العمليات يُطلق لفظ النشاط، الأعمال و حتى الأوامر الإنتاجية، على المهام الواجب إنجازها و منه برمجتها، للدلالة على نفس المعنى؛ و بالتالي فإننا سوف نستعمل أياً منها خلال هذه الدراسة قاصدين نفس المدلول. يقابل هذه المصطلحات في الإنجليزية و الفرنسية « Jobs, Taches ».

[11] – voir J.Carlier & P.Chrétienne, **problèmes d'ordonnancement** : **modélisation**, **complexité**, **algorithmes**, Masson, Paris, 1988, p21-22.

[12] – Patrick Esquirol , Pierre Lopez, op. cit. p: 24.

[13] – José F.G., Jorge José de M.M. et Mauricio G.C.R., « **A Hybrid Genetic Algorithm for the Job Shop Scheduling Problem** », AT&T Labs Research Technical Report TD-5EAL6J, p.3, September 2002.