جدولة عمليات الإنتاج على الموارد ذات التشغيل المتوازي

دراسة تطبيقية في المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية

زكرياء جمعة
أستاذ مساعد بكلية العلوم الاقتصادية، التجارية وعلوم التسيير
جامعة تلمسان

بومدين كشكوش
أستاذ مساعد بكلية العلوم الاقتصادية، التجارية وعلوم التسيير
جامعة تلمسان

ملخص:

لقد أصبحت مسائل الجدولة مُتواجدة في مختلف الميادين و المجالات العملية، من بينها الإنتاج الصناعي، أين نبحث عن وضع جدولة عملية للإنتاج. 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. من خلال هذا المقال، نهدف إبراز دور الاعتماد على هذه الطرق كأداة مساهمة في حل مشكلات جدولة الإنتاج من خلال دراسة تطبيقية لدى المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية الكائن مقرها بالمنطقة الصناعية لولاية سيدي بلعباس.

الكلمات المفتاح: الجدولة، جدولة الموارد المتوازية، خوارزميات الجدولة، التتابع.

Résumé :

Les problèmes d'ordonnancement sont soulevés dans divers domaines et zones d'exploitation, y compris la production industrielle. En fait, ces problèmes sont N-P complexes dont on a recours à l'utilisation des méthodes et technique « Heuristiques » pour parvenir à des solutions satisfaisantes. Cet article vise à montrer le rôle de l'utilisation de ces méthodes comme un outil d'aide à la résolution d'un problème d'ordonnancement de la production sur des ressources parallèles, à travers une étude pratique au sein de l'Entreprise Nationale des Industries Electroniques, sise à la zone industrielle de Sidi Bel Abbes

Mots-Clés : ordonnancement, ordonnancement des ressources parallèles, algorithmes d'ordonnancement, séquencement des tâches.

1- تمهيد:

تقوم وظيفة إدارة الإنتاج و العمليات، على مستوى المؤسسات، باتخاذ القرارات المتعلقة بالنشاط الإنتاجي بهدف العمل عل تحقيق نظام إنتاجي فعَّال يُمكنها من الإنتاج بأقل قدر ممكن من المدخلات و بمستوى الجودة المطلوب، و في الوقت المحدد؛ و منه فإن مهمة إدارة الإنتاج و العمليات تكمن في البحث عن الاستغلال الفعال للموارد المتاحة بغرض تحقيق الأهداف المرجوة من العملية الإنتاجية. إن ضمان الاستغلال الأمثل لموارد المؤسسة و طاقاتها لا يُمكن أن يتحقق إلا إذا وضعت خطط إنتاجية تعمل على توجيه و تخصيص تلك الموارد بالشكل المناسب الذي يُساعد على تحقيق ذلك الهدف، و هو ما يتم من خلال ما يُعرف بجدولة الإنتاج أو العمليات.

2- مفهوم و ماهية جدولة عمليات الإنتاج:

تهتم مسألة الجدولة بتحديد طريقة 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؛ وتُعبر 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.

و تقوم 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.

و من المعلوم أنّ إدارة الإنتاج تسعى إلى تحقيق أعلى قدر من الكفاءة الإنتاجية وهو الهدف الّذي يُمكن 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 تُمثل 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 شكل آلات 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.

و بالتالي فإنّ إعداد جدولة فعَّالة سوف يمكِّن من التخصيص الأمثل للموارد وبالتالي استغلالها استغلالاً أمثلاً، وإنجاز الأعمال والأوامر الإنتاجية في أحسن الآجال وبأقل تكلفة كما أنّها تساعد على السيطرة وضبط مجريات العملية

التصنيعية ومنه قيادة العملية الإنتاجية داخل الوحدة كونها تُسهم إسهاماً فعّالاً في العملية الرقابية؛ ومن الواضح في هذا الصدد أنّ جدولة فعالة للعمليات قد لا تجدي نفعا إذا لم تكن قد درسنا من قبل هذه العمليات لتعريفها وتحديد خصائصها بدقة. ويمكن الإطلاع أكثر على مزايا الجدولة بمعرفة الأهداف المرجوة منها.

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 الكفوءة إلى تحقيق الآتي:

- 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.

و يمكن شرح بعض أهداف الجدولة على ما يلي:

- 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 مُدخلات العملية اللاحقة.
- تخفيض الوقت العاطل يساعد أيضاً في تخفيض الطاقات غير المستغلة سواء للآلات أو للعاملين مما يترتب عنه 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 و لكل منها مواصفات خاصة، لذلك 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.

4- معايير التقييم :

بناءاً على تلك الأهداف التي تسعى الجدولة لتحقيقها، هناك عدة معايير تُستخدم لترجمة هذه الأهداف على الواقع، نُلخص أهمها في الجدول التالي:

المعيار	الهدف	الصيغة الرياضية تدنية: Min
الزمن الكلي للتصنيع	تدنية زمن التصنيع الكلي و بالتالي الاستعمال الفعال للآلات	$C_j \max_{j\in J} C_{max} =$
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 طرفنا.

حيث:

- هناك مجموعة من الأعمال (الأنشطة) نُريد جدولتها، نرمز لها بالرمز j؛
- C_j : تاريخ الانتهاء الفعلي من العمل j ؛
- F_j : الوقت الّذي يقضيه العمل j داخل النظام؛
- d_j : وقت الانتهاء المتأخر للعمل j، وهو تاريخ استحقاقه؛
- T_j : التأخر الفعلي من الأمر j.

5- دراسة حالة في المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية:

5-1- مجال نشاط المؤسسة و منتجاتها :

لقد شهد عقد الثمانينات ازدياداً مضطرداً في الطلب على مختلف المنتجات الإلكترونية، الأمر الذي دفع بالمؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية، الكائن مقرها الاجتماعي بالمنطقة الصناعية لولاية سيدي بلعباس، حوالي 03 كلم جنوباً من عاصمة الولاية، في موقع جغرافي إستراتيجي حيث لا يفصلها عن مطار وهران سوى 70 كلم، و عن مرفأها البحري إلا 80 كلم، إلى تبني إستراتيجية جديدة و تطوير سياستها الصناعية و التجارية بغرض التكيف مع الواقع التكنولوجي الجديد و الظروف الخارجية المحيطة بالمؤسسة. و بالإضافة إلى ما كانت تمثله هذه الإستراتيجية الجديدة من أساس للانطلاق 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.

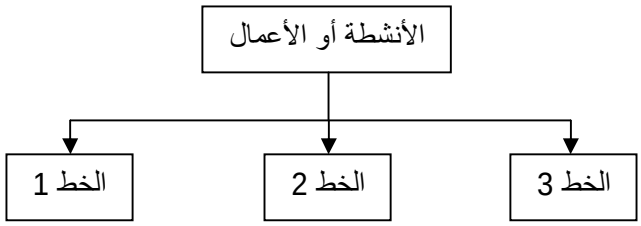
حالياً تُركز المؤسسة نشاطها في إنتاج الأجهزة الإلكترونية ذات الاستعمال الواسع (Electronique Grand Public) المتمثلة أساساً في أجهزة التلفزيون LCD و LED ببوصات مختلفة وفق الأصناف التالية:

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

تتكون وحدة الإنتاج لدى الشركة من ثلاثة خطوط إنتاجية تعمل بشكل متوازي خلال اليوم، يتم توجيه كل خط منها، من قبل مديري عملية الإنتاج، لإنتاج نوع معين من المنتجات يومياً، وهي العملية التي تحتاج إلى أسلوب علمي مساعد في عملية جدولة المنتجات على هذه الخطوط الثلاثة، بما يضمن فعالية أكبر داخل وحدة الإنتاج و استغلال أحسن للمتاح من موارد الإنتاج.

5-2- حل مشكلة جدولة الإنتاج :

نبحث في هذه الفقرة عن جدولة مجموعة من الأعمال (منتجات) على هذه الخطوط الإنتاجية المتقابلة ذات تشغيل متوازي، كما يبينه الشكل الموالي، حيث أن كل عمل يجب أن يُصنع من قبل خط إنتاج واحد؛ و ذلك باللجوء إلى "طريقة إجتهاد منظم" Heuristique، باحثين عن تدنية المعيارين الأولين في الجدول السابق، وهما زمن التصنيع الكلي و بالتالي الاستعمال الفعال للموارد، و متوسط زمن تصنيع هذه الإعمال.



الشكل 1: جدولة الأعمال على خطوط الإنتاج ذات التشغيل المتوازي.

المصدر : تم وضع الشكل من طرفنا.

يُوضح الجدول التالي هذه الأعمال المقدر عددها بعشرة و التي نرمز لها بالرمز j، و كذا الزمن اللازم –بالدقائق- لتصنيع كل منها.

زمن التصنيع بالدقائق	(الأعمال)	زمن التصنيع بالدقائق	(الأعمال)
30	J_6	40	J_1
110	J_7	70	J_2
80	J_8	100	J_3
50	J_9	40	J_4
50	J_{10}	60	J_5

الجدول 2: مثال عن جدولة الأعمال على الآلات ذات التشغيل المتوازي.

المصدر: تم إعداد الجدول من طرفنا.

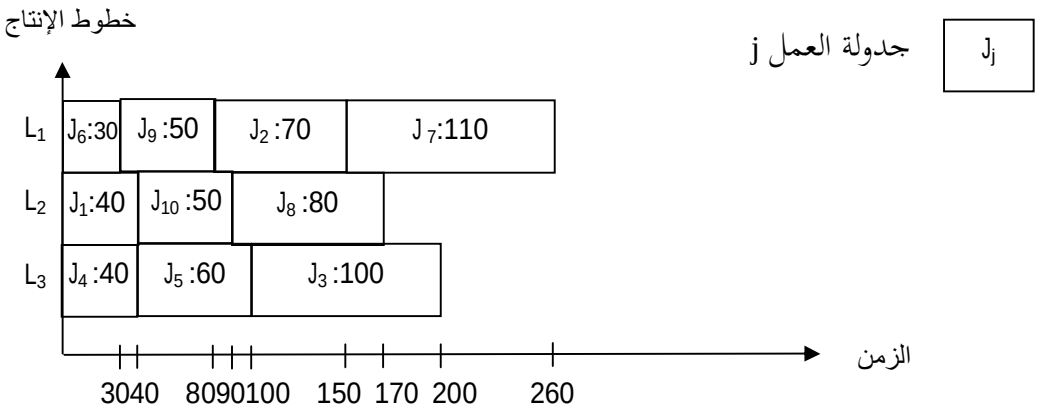
5-2-1- تدنية متوسط زمن التدفق:

بغرض تدنية متوسط زمن التدفق داخل النظام التصنيعي سوف نستعمل قاعدة "أدنى زمن تصنيع" في جدولة الأعمال على خطوط الإنتاج، كون هذه القاعدة أثبتت فعاليتها في مسائل الجدولة، حيث سنقوم بتحديد تتابع الأعمال وفق تلك القاعدة ثم نحملها على الخط المتاح، على النحو:

- التتابع حسب قاعدة "أدنى زمن تصنيع" هو:

➡ $J_6 - J_1 - J_4 - J_9 - J_{10} - J_5 - J_2 - J_8 - J_3 - J_7$.

- نقوم الآن بعملية جدولتها على الخطوط الإنتاجية (L) كما يبينه الشكل:



الشكل2 :جدولة الأعمال على الآلات بنظام تشغيل متوازي.

المصدر : تم وضع الشكل من طرفنا.

نُلاحظ من خلال هذه الجدولة أن الزمن الكلي للتصنيع يعادل 260 دقيقة؛ أما متوسط زمن التدفق فيتم حسابه كما يلي:

	L_1				L_2			L_3			
	J_6	J_9	J_2	J_7	J_1	J_{10}	J_8	J_4	J_5	J_3	
F_i	30	80	150	260	40	90	170	40	100	200	$\sum$
$\sum$	**520**				**300**			**340**			**1160**

الجدول 3: زمن التدفق في جدولة الأعمال على الموارد ذات التشغيل المتوازي.

المصدر: تم إعداد الجدول من طرفنا.

وباتالي فإن متوسط زمن التدفق داخل وحدة الإنتاج سوف يُعادل 116 د $\bar{F} = \frac{1160}{10} = 116\,minute.$

5-2-2- تدنية الزمن الكلي للتصنيع:

للعمل على تدنية زمن التصنيع الكلي لجدولة الأعمال على مجموعة من الموارد ذات التشغيل المتوازي نتبع الخطوات التالية:

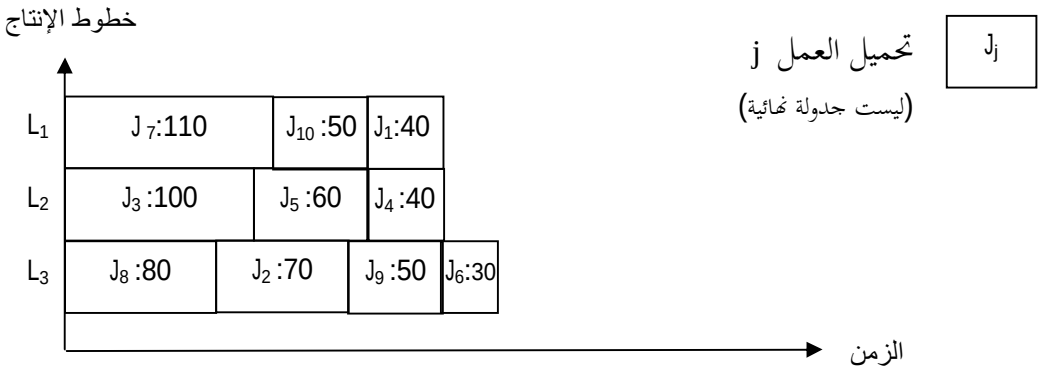
- الخطوة الأولى: تحديد تتابع الأعمال اعتمادا على قاعدة "أطول زمن تصنيع" LPT؛
- الخطوة الثانية: تحميل تلك الأعمال المرتبة على الموارد المتاحة؛
- الخطوة الثالثة: جدولة الأعمال المبرمجة على كل مَوْرد وفق قاعدة "أدنى زمن تصنيع" SPT.

و للقيام بوضع هذه الجدولة سوف نقوم بتطبيق تلك الخطوات كما يلي:

- الخطوة الأولى: تتابع الأعمال باستخدام قاعدة "أطول زمن تصنيع" هو:

➡ $J_7 - J_3 - J_8 - J_2 - J_5 - J_{10} - J_9 - J_4 - J_1 - J_6$.

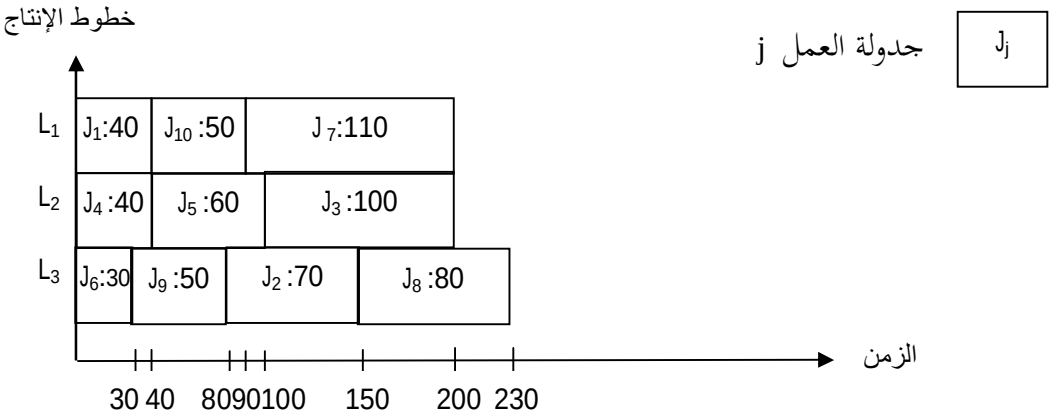
- الخطوة الثانية: برمجة هذه الأعمال على الآلات الثلاثة:



الشكل3 :تحميل الأعمال على الخطوط حسب قاعدة LPT.

المصدر : تم وضع الشكل من طرفنا.

- الخطوة الثالثة: نقوم أخيراً بإعداد الجدولة النهائية عن طريق ترتيب الأعمال المبرمجة على كل خط باستخدام قاعدة "أقل زمن تصنيع":



الشكل4:جدولة الأعمال على الخطوط ذات التشغيل المتوازي.

- حساب معدل زمن المصدر : تم وضع الشكل من طرفنا.

	L_1			L_2			L_3				
	J_1	J_{10}	J_7	J_4	J_5	J_3	J_6	J_9	J_2	J_8	
F_i	40	90	200	40	100	200	30	80	150	230	$\sum$
$\sum$	330			340			490				1160

الجدول4: زمن التدفق في جدولة الأعمال على الخطوط ذات التشغيل المتوازي.

المصدر: تم إعداد الجدول من طرفنا.

$$\bar{F} = \frac{1160}{10} = 116\,minute.$$

نُلاحظ بموجب هذه الجدولة أن متوسط زمن التدفق داخل النظام هو نفسه المتوسط المحصل عليه في السابق وهو في أدناه 116 دقيقة. في حين أنه تم تحسين زمن التصنيع الكلي، و في كل ما ينجر عن ذلك من تحسينات على النظام التصنيعي ككل، حيث أصبح هذا الزمن يُعادل 230 دقيقة بعد ما كان في السابق 260 دقيقة؛ و ذلك نتيجة التوزيع الجيِّد للأعمال، وبالتالي الأعباء، على الخطوط الإنتاجية نجم عنه نمط جدولة أكثر فعالية، وفق هذه الخوارزمية، الذي مكّن الرفع من فعالية استخدام الموارد المتعلقة بخطوط الإنتاج داخل النظام. و منه فإن الجدولة النهائية لهذه الأعمال و برمجتها يجب أن تتم وفق ما يُبيِّنه الشكل الأخير.

خاتمة:

تبحث مسائل الجدولة في برمجة إنجاز مجموعة من الأعمال أو الأنشطة و بالتالي تحديد أفضل خطة للإنجاز من بين عدد كبير من البدائل الممكنة لتحقيق هدف أو مجموعة من الأهداف تُترجم في شكل معايير لتقييم هذه الجدولة. من أهم المعايير المستعملة في هذا الشأن نجد تلك المتعلقة بالزمن الإجمالي للإنجاز و زمن تدفق الأعمال داخل النظام.

من خلال هذه الورقة البحثية، عملنا على دراسة إحدى مسائل جدولة عمليات الإنتاج داخل المؤسسة الوطنية للصناعات الإلكترونية، و هي مسألة الجدولة ذات الموارد المتوازية؛ حيث قمنا باقتراح خطة تصنيع داخل الوحدة الإنتاجية تتضمن أحسن توزيع لما يُراد إنتاجه على خطوط الإنتاج الثلاث المتاحة، بما يساعد في الأخير على تحقيق أمثلية المعيارين السالفين الذكر، و بالتالي ضمان استغلال فعال لموارد الإنتاج داخل الوحدة.

المراجع:

1- أ.د. عبد الستار محمد العلي، التخطيط و السيطرة على الإنتاج و العمليات، دار المسيرة، عمان، الطبعة الأولى 2007.

2- أ.د محمد العزاوي، الإنتاج و إدارة العمليات: منهج كمي تحليلي، دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع، عَمان، الطبعة العربية 2006.

3- د. علي هادي جبرين، إدارة العمليات، دار الثقافة للنشر و التوزيع، عمان، الطبعة الأولى 2006.

4- د. عبد الكريم محسن، د. صباح مجيد النجار، إدارة الإنتاج و العمليات، مكتبة الذاكرة بغداد، دار وائل للنشر عمان، الطبعة الثالثة 2009.

5- د. محمود أحمد فياض، د. عيسى يوسف قدادة، إدارة الإنتاج و العمليات (مدخل نظمي)، دار صفاء للنشر و التوزيع-عمان، الطبعة الأولى 2010.

6- Patrick Esquirol, Pierre Lopez. L'ordonnancement, Edition Economica, Paris, 1999.

7- Groupe GOThA (sous la direction de Philipe Baptiste, Emmanuel Néron, Francis Sourd), Modèles et Algorithmes en Ordonnancement, exercices & problèmes corrigés, ellipses, Paris, 2004.