

تصميم وتطبيق المدخل التفاعلي لجدولة ورش التدفق باستعمال المحاكاة

دراسة حالة في مطبعة رقم (1)
التابعة للشركة العامة لإنتاج المستلزمات التربوية

أ. د. غسان قاسم داود
م. د. مها كامل جواد
جامعة بغداد - كلية الإدارة والاقتصاد
قسم إدارة الأعمال

المستخلص

أفرز البحث العلمي في مجال إدارة الإنتاج والعمليات إنجازات عديدة لتطوير أساليب لحل المشكلات العملية للجدولة، وامتدت تلك الأساليب بين الطرائق الاجتهادية إلى الخوارزميات الجينية، ويُسندل من الدراسات السابقة إلى فاعلية وملائمة هذا الحقل للمزيد من البحث. وعلى الرغم من هذه الإنجازات إن مشكلات الجدولة في ورش العمل لا تزال تواجه عقبات الحجم والتعقيد والافتراضات الاجتهادية للتعامل مع أهداف وقيود محددة لإيجاد حلول تعمل على تقليل وقت الإكمال الكلي أو وقت التدفق أو غير ذلك. وبهدف إعداد جداول تلبي رغبات المستفيدين، وانطلاقاً من الطبيعة المتغيرة لورش العمل، لا بد من دراسة ومقارنة أداء قواعد الجدولة باستخدام مدخل جدول تفاعلي يسمح بمشاركة العاملين في إعداد جداول مقبولة. ولتحقيق ذلك أعد مدخل جدول تفاعلي لمعالجة عدد من أوامر العمل في مجموعة من مراكز العمل واستعماله في مقارنة أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية في بيئتين أحدهما محددة والأخرى عشوائية، وقياس تأثير متغيرات عشوائية مثل أوقات المعالجة والاستحقاق والنقل والإعداد والتوقف. ويقدم هذا البحث أيضاً طريقة لإعداد تتابع لأوامر العمل مبنية على أساس مبدأ باريتو، فضلاً عن استعمال مدخل الأوزان المرجحة للمفاضلة بين قواعد التتابع. ولقد توصل البحث إلى مجموعة من الاستنتاجات أهمها فاعلية مدخل الجدولة التفاعلي في قياس أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية، وتباين واضح بينها في ظروف عشوائية مقارنة بالظروف المحددة. كما أثبتت محاكاة قاعدة تتابع باريتو تفوقها على قاعدة وقت المعالجة الأقصر، وملائمة مدخل الأوزان المرجحة لاختيار قاعدة التتابع الأنسب.

ABSTRACT

Researchers in the field of Production and Operations Management have developed many unprecedented techniques to deal with the scheduling issues, these techniques ranged from heuristics to Genetic Algorithms. A review of the literature indicates that there are numerous successful researches in the area of job shop scheduling which makes this field effective and apt for more scientific research. Despite this progress, the formulation of high quality schedules is still surrounded by the problem of volume and complexity. In addition, the techniques developed by researchers are, often, based on heuristically assumptions to deal with certain objectives and constraints to benefit from the nature of the scheduling problem. Based on the objective of preparing high quality schedules that satisfy the scheduler, and due to the dynamic nature of the shop floor it was conceived necessary to study and to compare the performance of scheduling rules through an Interactive Scheduling Approach which permits the participation of personnel to prepare satisfactory schedules. To accomplish this, the searcher has developed a computerized Interactive Scheduling Approach (ISA) to schedule n jobs on m working centers, and has used this approach in studying and comparing the performance of several static and dynamic scheduling rules under deterministic and stochastic conditions, and in measuring the effect of the existence of some random variables such process time, due date, transport time, set up time, and breakdown time on the performance of the static and dynamic rules. Furthermore, this study has adopted the Pareto Principle to prepare job order sequence which ranked superior to the Shortest Processing Rule. This study also proposes the Ranked Weight Technique (RWT) as an approach to include the scheduler preferences and priorities. This study has tested several hypothesis concerning the performance of the scheduling rules. The analysis of the hypothesis tests revealed several interesting conclusions among which: the effectiveness of the ISA in studying and comparing the performance of the static and dynamic rules, the performance of static and dynamic rules differs significantly under stochastic conditions vis a vis the deterministic conditions, and the usefulness of the RWT in the selection of scheduling rule.

المقدمة

تهتم الجدولة بتخصيص الموارد المتاحة إلى أوامر عمل معينة بأفضل طريقة لتحقيق أهداف العمليات، وتعد الجدولة الخطوة الأخيرة قبل تحويل خطط العمليات إلى نشاطات إنتاجية فعلية. حقق الباحثون في مجال إدارة الإنتاج والعمليات وبحوث العمليات انجازات عديدة وغير مسبوقه في تطوير تقنيات قدمت الحلول للمشكلات العملية للجدولة، وتراوحت تلك التقنيات بين الطرائق الاجتهادية والخوارزميات الجينية، وأشارت البحوث والدراسات الى ان هناك أمثلة عديدة لنجاح الدراسات في مجال جدولة العمليات، مما أعطى هذا الحقل فاعلية وملائمة للمزيد من البحث العلمي. وعلى الرغم من هذا التقدم إن إعداد جداول ذات جودة عالية لمعالجة مشكلات الجدولة في ورش العمل بشكل عام لا تزال مسألة مقيدة بمشاكل الحجم والتعقيد ، فضلا عن ذلك فان الدراسات السابقة توصلت الى نماذج مبنية على أساس افتراضات اجتهادية للتعامل مع أهداف وقيود محددة بهدف الاستفادة من طبيعة المشكلة وإيجاد حلول تلبى متطلبات الجدولة، وتوجه تلك الدراسات الى صياغة مشكلة الجدولة لتعظيم مجموعة من المعايير باستخدام دالة هدف كتقليل وقت الانجاز الكلي أو وقت التدفق أو غير ذلك مما يؤدي الى تضيق المشكلة وإهمال المتطلبات البيئية لورش العمل. وبما إن الجدولة تعد عملية تفاعلية مستمرة تتأثر بالظروف غير المتوقعة فإن إدارة تغيير الجداول في بيئة متقلبة يمثل تحديا جوهريا بحد ذاته، ومن هذا المنطلق فالجدول الناجحة هي تلك الجداول التي تثبت صلاحيتها للورشة ويقبلها مديرو الورش. ومما تقدم فقد لوحظ وجود حاجة لقياس أداء قواعد الجدولة وتعقب تنفيذ أوامر العمل وتحديث الجداول في اثناء عملية التنفيذ وقياس تأثير بعض المتغيرات في الجداول المعدة بواسطة مدخل جدول تفاعلي في ظروف محددة وعشوائية وباستخدام محاكاة الحدث المتقطع. ويتسم هذه البحث بسمات تجعله مختلفاً عن البحوث والدراسات السابقة من حيث استخدامه مدخلا تفاعليا لجدولة مجموعة من أوامر العمل في ورشة تدفق حقيقية واستعمال الأوزان المرجحة التي تساعد في اختيار قاعدة الجدولة الأنسب بواسطة معايير محددة، فضلا عن اعتماد مبدأ باريتو في إيجاد تتابع لأوامر العمل ومقارنته مع إحدى قواعد التتابع الساكنة. يسعى هذا البحث لتحقيق جملة أهداف منها مقارنة أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية في ورشة تدفق وفي ظروف عشوائية ومحددة وباستخدام المحاكاة، وقياس تأثير بعض المتغيرات في أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية، وتصميم نموذج تفاعلي للوصول الى جداول مقبولة.

أولا - منهجية البحث

1-1- مشكلة البحث

أنسمت البحوث والدراسات السابقة التي أطلع عليها، بتوجه اغلبها نحو صياغة مشكلة الجدولة لتعظيم مجموعة من المعايير (بوجود قيود مختلفة) بواسطة دالة هدف مثل تقليل وقت الإكمال الكلي، أو تقليل وقت التأخر، وهذه الأهداف تؤدي إلى تضيق صياغة المشكلة والتي غالبا ما ترتبط بعلاقة ضعيفة بالمتطلبات البيئية لورش العمل. واتضح من مراجعة الأدبيات أن أهداف الجدولة ترتبط بالمرجات المتوقعة للعمليات بدلا من ارتباطها بكفاءة الجدولة وقدرتها على انجاز أوامر العمل ضمن مواعيد الاستحقاق، ولم يلق أداء أساليب الجدولة المختلفة التي توصل إليها الباحثون نجاحا مستمرا عند التطبيق في ورش حقيقية، كما إن غالبية البحوث والدراسات لم تنظر للجدولة كعملية تفاعلية مستمرة تتأثر بالظروف غير المتوقعة، وعليه فإن إدارة تغيير الجداول في بيئة متحركة يمثل تحديا جوهريا بحد ذاته. وتأسيسا على ما تقدم وانطلاقاً من مبادئ أساسيين هما إن الجدول الناجح هو الذي يثبت صلاحيته للورشة، ويعكس درجة رضا عالية من مديري

الورش فإن مشكلة البحث تكمن في وجود حاجة لمدخل جدول تفاعلي محوسب يساعد على تعقب تنفيذ أوامر العمل وتحديث الجداول أثناء عملية التنفيذ، ومقارنة جداول معدة على طرفي طرائق اجتهدانية ساكنة وديناميكية مختلفة وفي ظروف محددة أو عشوائية وباستخدام قواعد وفق مختلفة. إن ندرة أو انعدام مثل هذه البحوث قد شجع على الولوج في هذا الموضوع

1-2 أهداف البحث

يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية :-

- 1- تصميم مدخل تفاعلي محوسب لاختيار قواعد التتابع الساكنة والديناميكية يأخذ بالحسبان العديد من المتغيرات في وقت واحد، ويساعد مديري الورش في اختيار ومقارنة العديد من قواعد التتابع قبل تنفيذها.
- 2- قياس تأثير بعض المتغيرات في أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية مثل وقت المعالجة، ووقت نقل المواد بين مراكز العمل، ووقت إعداد المكاتن، وأوقات التوقف.
- 3- مقارنة أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية في ورشة تدفق حقيقية وفي ظروف محددة وعشوائية باستعمال المحاكاة.
- 4- عرض وتحليل وتقييم واقع جدولة العمليات التشغيلية في موقع البحث للوقوف على مشكلات الجدولة وتوفير السبل الكفيلة بتذليل هذه المشكلات
- 5- تقديم مدخل جديد لإعداد تتابع أوامر العمل وذلك باستخدام تحليل ياريتو واختياره.
- 6- تقديم مدخل الأوزان المرجحة للمفاضلة بين قواعد التتابع الساكنة والديناميكية وهو مدخل لم يجد له الباحثين استخداما في أي من الدراسات السابقة.

1-3 أهمية البحث

تبرز أهمية البحث من خلال الآتي :-

- 1- تسعى النظم الصناعية إلى تحقيق أعلى إنتاجية ممكنة في ظروف تشغيل طبيعية ولكنها تقبل التحدي، فإن الجدولة الفعالة هي التي تساعد في المحافظة على أداء النظام الجدولة. ولمعالجة هذا الوقت نفسه للاضطرابات في النظام الإنتاجي. مما يجعل من هذا الموضوع حقلا مهما يستحق مزيد من البحث والدراسة.
- 2- تمثل الجدولة الجيدة السلاح التنافسي الذي يمكن أن تستفيد منه جميع العمليات التشغيلية في الشركة لتحقيق أهداف الإنتاج إذ من المسلم به وجود حاجة متزايدة للتنافس بالأسواق تستدعي توجه الشركات الصناعية للإنتاج بتنوع عال وعلى وفق طلب الزبون، وهذه المسألة تتطلب مدخلا عمليا لجدولة العمليات وهذا البحث يلبي هذا المتطلب.
- 3- يستمد هذا البحث أهميته من خلال تقديمه مساهمتين متواضعتين وهما: استخدام أسلوب تحليل ياريتو في إعداد تتابع لأوامر العمل، واستخدام طريقة الأوزان المرجحة لمعايير الجدولة لاختيار الجدول الأمثل بدلا من استخدام أحد المعايير غير المهيمنة كما هو مطبق في الدراسات السابقة من هذا النوع.

1-4- عينة البحث

أجري هذا البحث في الشركة العامة لإنتاج المستلزمات التربوية - مطبعة رقم (1) ، وقد امتدت مدة المعيشة في المطبعة من 1/3/2007 إلى 30/6/2007 تضمنت زيارات ميدانية ومشاهدات ومقابلات أجريت بهدف جمع أكبر قدر ممكن من البيانات لاستخدامها في الجانب التطبيقي من البحث. وبعد الاطلاع على سجلات المطبعة رقم (1) حُدّد مجتمع البحث بـ 70 أمر عمل نفذتها المطبعة خلال النصف الأول من عام 2007 ، وتم اختيار ثمانية عشر أمر عمل (جدول 1-1) من مجتمع البحث نفذت على ماكنة سبيد ماستر للأسباب الآتية:

- 1- تعدّ أوامر العمل المنفذة على هذه الماكنة كبيرة جدا تصل إلى عدة ملايين نسخة من كتاب أو ملزمة.
- 2- تعالج أوامر العمل التي تنفذ على ماكنة سبيد ماستر بجميع مراكز العمل (التصوير والتحميض، المونتاج، إعداد الألواح، الطباعة، مركز التصحيف والتجليد).
- 3- تُشكل نسبة أوامر العمل المنفذة على ماكنة سبيد ماستر 26% من مجموع أوامر العمل المنفذة على جميع مكائن الطباعة في المطبعة والتي تمر بخمس مراكز العمل.
- 4- تعدّ ماكنة سبيد ماستر من المكائن الكبيرة والحديثة التي يمكن أن تطبع على ورق قياس 100×70 سنتيمتر أو أقل من ذلك كما يمكنها الطباعة على ورق سميك لماع.

1-5- فرضيات البحث

- يستند تصميم المدخل التفاعلي المحوسب وتشغيله ومحاكاته إلى اختبار الفرضيات الآتية:-
- 1- هناك تباين ذو دلالة إحصائية بين بعض معايير أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية.
 - 2- هناك تباين ذو دلالة إحصائية بين بعض معايير الأداء لقواعد التتابع الساكنة والديناميكية بوجود أوقات نقل وإعداد وتوقف عشوائية.
 - 3- هناك تباين ذو دلالة إحصائية بين بعض معايير أداء قواعد التتابع الساكنة في حالة وجود وعدم وجود أوقات النقل والإعداد والتوقف العشوائية.
 - 4- هناك تباين ذو دلالة إحصائية بين بعض معايير أداء قواعد التتابع الديناميكية في حالة وجود وعدم وجود أوقات النقل والإعداد والتوقف العشوائية.
 - 5- هناك تباين ذو دلالة إحصائية بين بعض معايير أداء قاعدة وقت المعالجة الأقصر SPT وقاعدة تتابع باريتو PARETO بوجود أوقات نقل وإعداد وتوقف عشوائية.

جدول (1-1)

أوامر العمل المنفذة على مأكنة سبيد ماستر في جميع مراكز العمل

(عينة البحث)

ت	اسم المطبوع	الكمية	تاريخ الإحالة	تاريخ البدء	تاريخ الانتهاء	وقت المعالجة بالأيام
1	كتاب شؤون الأسرة	4000	1/15	2007/1/19	2007/2/18	30
2	كارت مرحلة ابتدائية	3303658	1/23	2007/2/22	2007/5/3	70
3	كارت مرحلة متوسطة	783254	1/23	2007/3/25	2007/4/10	16
4	كارت مرحلة إعدادية	564996	1/23	2007/2/20	2007/3/15	23
5	سجلات الأثاث	20960	1/23	2007/2/14	2007/3/12	26
6	هوية طالب	150000	1/23	2007/2/5	2007/2/24	19
7	سجل يومية الاستخدام	2 سجل	2/13	2007/2/15	2007/2/19	4
8	سجل يومية مدفوعات	2 سجل	2/13	2007/2/15	2007/2/16	1
9	سجل يومية مقبوضات	1 سجل	2/13	2007/2/15	2007/2/16	1
10	فايل التقويم والامتحانات	5000	2/25	2007/3/18	2007/3/28	10
11	مجلة الأستاذ	1200	2/21	2007/3/28	2007/4/30	33
12	بطاقة الاشتراك بالامتحانات الابتدائية	900000	4/4	2007/4/12	2007/5/7	25
13	بطاقة اشتراك الدراسة المتوسطة	700000	4/4	2007/4/12	2007/4/24	12
14	مجلة البراعم	1000	4/12	2007/4/17	2007/5/13	26
15	قوائم رواتب محاسبة	50000	5/28	2007/6/3	2007/6/7	4
16	بوسر تعريفي للإرشاد التربوي	3000	5/28	2007/6/5	2007/6/13	8
17	نماذج صرف أجور التأليف والإشراف والتدقيق	4000	6/3	2007/6/5	2007/6/7	2
18	سجل الدوام اليومي	10000	6/7	2007/6/10	2007/6/18	8
	المجموع					318

المصدر:- إعداد الباحثان اعتمادا على سجلات الشركة

1-6- أدوات البحث

- لتحقيق أهداف البحث فقد تمت الاستعانة بمجموعة من الأدوات وهي:-
- استخدام برمجية أل Excel في تصميم المدخل المحوسب للجدولة.
 - استخدام محاكاة الحدث المتقطع لتمثيل تشغيل مراكز العمل في ورشة التدفق المبحوثة.
 - استخدام مجموعة من قواعد الأسبقيات الساكنة والديناميكية على عينة من أوامر العمل في آن واحد
 - استخدام الأساليب الإحصائية (الوسط الحسابي، والانحراف المعياري، وتحليل الارتباط، والانحدار الخطي، واختبار مربع كاي، واختبار t) في تحليل واختبار نتائج عملية المحاكاة.

ثانيا- الجدولة: خلفية نظرية

2-1- مفهوم الجدولة

تمثل الجدولة المرحلة الأخيرة من مراحل التخطيط للإنتاج، إذ تحدد مواعيت وأسبقيات أو تتابع إنجاز أوامر العمل، وتخصيص تلك الأوامر على محطات أو مراكز العمل، أي تحديد مقدار حجم العمل المنجز خلال مدة زمنية محددة على وفق الموارد المتاحة في المنظمة سواء أكانت تلك الموارد مادية أم بشرية. ويرتبط مفهوم الجدولة بزيادة كفاءة استغلال الموارد أو تخصيص التسهيلات وبعملية تخطيط الإنتاج من خلال مفهومين أساسيين للجدولة هما (محسن والنجار، 2004، 407):-

أ - جدولة الإنتاج الرئيسية Master Production Scheduling (MPS)

ب - جدولة العمليات Operations Scheduling (OS)

تكون جدولة الإنتاج أو ما يشار إليها بجدولة الإنتاج الرئيسية MPS مسبوقة بتنبؤ الطلب والتخطيط الإجمالي للإنتاج، إذ تقوم خطة الإنتاج بتهيئة الجداول الممكنة استنادا لمجاميع المنتج، أخذة بنظر الاعتبار عدة عوامل منها قيود الطاقة، وأيام العطل، ومدد الإجازة، ووجبات العمل، وتقدم جدولة الإنتاج الرئيسية عدد الوحدات التي يتوجب إنتاجها من كل منتج خلال مدة زمنية مقبلة، ويكون هذا الجدول بسيط جدا بالرغم من إن هناك آلاف المنتجات المطلوب إنتاجها وجدولتها خلال السنة، وتعد جدولة الإنتاج الرئيسية مدخلا لنظام تخطيط المتطلبات المادية (MRP) وعادة ما تكون الجداول ثابتة في الأجل القصير ولمدة أسبوعية إذ لا يجوز التغيير فيها أثناء هذه المدة (Davis et al.,2003, 572) .

أما جدولة العمليات فتهتم بتجزئة جدولة الإنتاج الرئيسية إلى جداول أكثر تفصيلاً وأكثر دقة للعمليات والأنشطة الرئيسية (التحميل، والتتابع، والمراقبة والسيطرة على المدخلات/المخرجات). ولهذا فهي تعد أداة تنفيذية ورقابية بشكل جداول زمنية محددة ذات آجال قصيرة (أسابيع، أيام، ساعات) (Mark et al., 2003, 482). ويشير كل من Heizer & Render إلى أن جدولة العمليات تمثل تخصيص أوقات العمل لأوامر عمل معينة تنجز بالموارد نفسها (Heizer & Render, 2001, 618)، في حين يذكر Evans إن جدولة العمليات هي تخصيص أسبقيات أوامر العمل لمراكز أو محطات عمل محددة، إذ يتم تحديد وقت وتتابع الإنتاج ومقدار العمل المنجز لأي مركز عمل خلال مدة زمنية محددة (Evans, 1997,98). مما تقدم يمكن إجمال جدولة العمليات بأنها عملية تخصيص الأعمال لمحطات أو مراكز العمل وتخصيص العاملين على المكائن وتحديد أسبقيات أوامر العمل. وتتضمن الجدولة تحديد مواعيد استحقاق أوامر عمل معينة تتنافس مع بعضها للحصول على نصيبها أو حصتها من الموارد، وتتخذ الجدولة في ورش العمل اتجاهين هما (Heizer & Render, 2001,618)

أ - الجدولة إلى الأمام Forward Scheduling

تبدأ جدولة أمر العمل بمجرد معرفة متطلباته، وتستخدم في أنواع عديدة من المنظمات كالمستشفيات والمصانع والمطاعم إذ يمكن الشروع بأمر العمل حينما يكون ذلك ممكناً (Schonberger & Knod,1997,518).

ب - الجدولة إلى الخلف Backward Scheduling

تبدأ الجدولة هنا من موعد الاستحقاق، أي جدولة آخر عملية تشغيلية أولاً وهكذا رجوعاً إلى أول عملية تشغيلية بطريقة معكوسة عن الجدولة للأمام، وبطرح وقت إنجاز كل عملية من موعد الاستحقاق يتم الحصول على وقت الشروع بأمر العمل. ويستخدم هذا النوع من الجدولة في العديد من بيئات التصنيع والخدمات على حد سواء كما في جدولة صناعة الطائرات وجدولة عملية جراحية معينة.

2-2- قرارات جدولة العمليات التشغيلية

تتضمن قرارات جدولة العمليات التشغيلية على أربعة أنواع وهي (التحميل، وجدولة العمليات، والتتابع، والمراقبة والسيطرة) في ورش العمل، والتي تتخذ فيها أوامر العمل مسالك تكنولوجية ومعالجات مختلفة، وورش التدفق، التي تتبع أوامر العمل مسلكاً تكنولوجياً واحداً وتخضع لمعالجات متشابهة، وسنورد عرضاً لهذه القرارات.

2-2-1- التحميل

يشير التحميل إلى مقدار العمل الذي يخصص إلى مركز العمل، وهناك نوعان من التحميل الهدف منهما تخفيض الوقت العاطل ووقت الانجاز والكلف ما أمكن ذلك وهما (Slack et al., 2004, 334-335):

أ - التحميل المحدود Finite Loading

يقوم بتخصيص أوامر العمل إلى مراكز العمل لمستوى محدود يمثل تقديراً لطاقة مركز العمل وذلك بالاستناد إلى الأوقات المتاحة للتحميل. إذ لا يكون مقبولاً أي عمل أكثر أو أقل من هذه الطاقة. ويعد هذا النوع من التحميل ملائماً في الحالات الآتية:- القدرة على تحديد الأحمال، ضرورة تحديد الأحمال لأسباب تتعلق بالسلامة والأمان في العمل، عندما لا تكون كلفة الفرصة المفقودة عائقاً لتحديد الأحمال.

ب - التحميل اللامحدود Infinite Loading

يشير هذا المدخل إلى تحميل المكانن من دون الالتزام بمستويات الطاقة بل يعمل على التعايش مع التحميل المفرط أي تحميل المكانن بأكثر من طاقتها. ويلائم هذا المدخل الحالات الآتية:- صعوبة تحديد الأحمال، غياب ضرورة تحديد الأحمال، عندما تشكل كلفة تحديد الأحمال عبئاً مالياً.

2-2-2- جدولية العمليات

تشير إلى جدولية مجموعة من أوامر العمل إلى مجموعة من العاملين أو إلى مجموعة من المكانن أو إلى كليهما وذلك لتحقيق جملة من معايير الجدولة وهي:-

- 1- معايير الأداء (وقت التدفق، وقت الإكمال الكلي، خزين تحت التشغيل، إجمالي الخزين، مستوى الاستغلال)
- 2- معايير موعد الاستحقاق (عدد الأعمال المتأخرة، وقت الانجاز المبكر، تقدم وتأخر العمل)
- 3- المعايير المستندة إلى الكلفة

2-2-3- تتابع الأعمال

يحدد التتابع الترتيب الذي بموجبه يتم انجاز الأعمال في كل مركز عمل ، فلو فرضنا إن هناك عشرة أعمال تنتظر معالجة أمام إحدى المكانن فما هو الترتيب الذي يتم بموجبه معالجة هذه الأعمال؟ إن التتابع يقدم الإجابة عن هذا السؤال. ويشار إلى التتابع بقواعد الأسبقية لإطلاق الأعمال إلى مراكز العمل وبمعنى آخر فإن الإطلاق أو الإرسال Dispatching يحدد العمل الذي يأتي دوره في المعالجة، وذلك بمساعدة قواعد أسبقيات التتابع. إن هذه القواعد يمكن تهيئتها من قبل العاملين على الجدولة أو أن يتم إعدادها في نظام جدولة محوسب لتوليد قائمة إطلاق الأعمال مع أسبقياتها لكل مركز أو محطة عمل (محسن والنجار، 2004، 416).

لقد تضمن الفكر الإداري العديد من قواعد الأسبقيات إلا إن من أبرز الكتاب في هذا المجال القواعد للأسبقيات والأكثر تطبيقاً في الواقع العملي يمكن تصنيفها إلى قواعد ساكنة (وقت المعالجة الأقصر SPT ، تاريخ الاستحقاق المبكر EDD ، ما يرد أولاً يخدم أولاً FCFS ، وقت المعالجة الأطول LPT) وقواعد ديناميكية (النسبة الحرجة CR ، الوقت الفائض ST ، الفائض المتبقي لكل عملية تشغيلية S/RO).

2-3- أساليب جدولة العمليات التشغيلية

قدمت أدبيات إدارة الإنتاج والعمليات عددا كبيرا من تقنيات الجدولة ابتداء من بدايات القرن الماضي وحتى الآن، إذ قام المهتمون في هذا المجال بالبحث عن حلول لمشكلات الجدولة وحققوا جهودهم نجاحات بدرجات متفاوتة. وتم السعي إلى تقديم عرضا مبسطا يحتوي مزيجاً من أساليب الجدولة ابتداء من الأساليب الاجتهادية Heuristics وانتهاء بالخوارزمية الجينية. وهذا العرض حصرا بالأساليب المستخدمة في الجدولة والتي تفتقر إليها أدبيات إدارة الإنتاج والعمليات العراقية والعربية ونادرا ما يتوفر في الأدبيات الأجنبية، هذا وتشير الأدبيات إلى أن الأساليب القديمة (مثل مخطط جانت وغيره) ما تزال مستخدمة في الحياة العملية عندما تطلب ملائمتها لحل مشكلة الجدولة.

وقد صنفت أساليب الجدولة في هذا البحث إلى ثلاثة أصناف :-

- 1- الأساليب الاجتهادية وتضم:- مخططات جانت، جدولة العاملين، قاعدة جونسون، أسلوب مدة النفاذ، جدولة مجموعة من n من أوامر العمل على m من المكانن
- 2- المحاكاة وتضمن تقديم المفاهيم الأساسية في المحاكاة وكيفية توظيف محاكاة مونت كارلو في محاكاة جدولة أوامر العمل.

- 3- الأساليب الرياضية وتضمنت:- نموذج التخصيص، الذكاء الاصطناعي، الشبكات العصبية الاصطناعية، المنطق المضبب، الخوارزميات الجينية.

إن تنوع أساليب الجدولة يعد دليلا على إن مشكلات الجدولة تقع ضمن أهم المشكلات التي تواجه المصانع لأنها تؤثر في قدرة الشركة على التسليم في الوقت المحدد وكونها تؤثر أيضا في تعظيم نشاط إدارة الإنتاج والعمليات في الشركة، ولهذا الأسباب وغيرها فإن الباحثة تعتقد بجهود المهتمين في مجال إدارة الإنتاج والعمليات وبحوث العمليات مستمرة في البحث عن تقنيات جديدة في القرن الحادي والعشرين لحل مشكلة الجدولة.

ثالثا- تصميم المدخل التفاعلي لجدولة ورش التدفق

ركزت الشركات الصناعية في السنوات الأخيرة على تحسين أداء الأعمال وذلك عن طريق التحسين المستمر في الجدولة ومنها جدولة ورش التدفق، ويتضح اهتمام الشركات في هذا الإهتمام بتخصيص مجموعة من الموارد إلى مجموعة من أوامر العمل لاتجاز تلك الأوامر بأفضل طريق ممكن تحت قيود معينة كمواعيد الاستحقاق وتوافر الموارد وطاقات المكانن وأسبقيات أوامر العمل. وتمثل إدارة الإنتاج جزءا متكاملًا من الشركة، إذ تحظى هذه الإدارة باهتمام كبير وتواجه مشكلات الجدولة وإعادة الجدولة. سنقدم في هذه الفقرة تصميم مدخل تفاعلي لجدولة ورش التدفق والتي تتضمن مجموعة من مراكز العمل أو المكانن مرتبة بطريقة تتابعية إذ تخضع جنباً إلى جنب أوامر العمل إلى المعالجات نفسها في مراكز العمل في الورشة، إلا إن أوقات المعالجة والإعداد والنقل والتوقفات تختلف من أمر عمل إلى آخر، وتوجد ظاهرة ورش التدفق في العديد من الصناعات مثل صناعة الأثاث وصناعة أجهزة التكيف مختلفة القدرة وصناعة الطباعة وصناعة المحركات الكهربائية وغيرها.

3-1- أهداف المدخل التفاعلي للجدولة

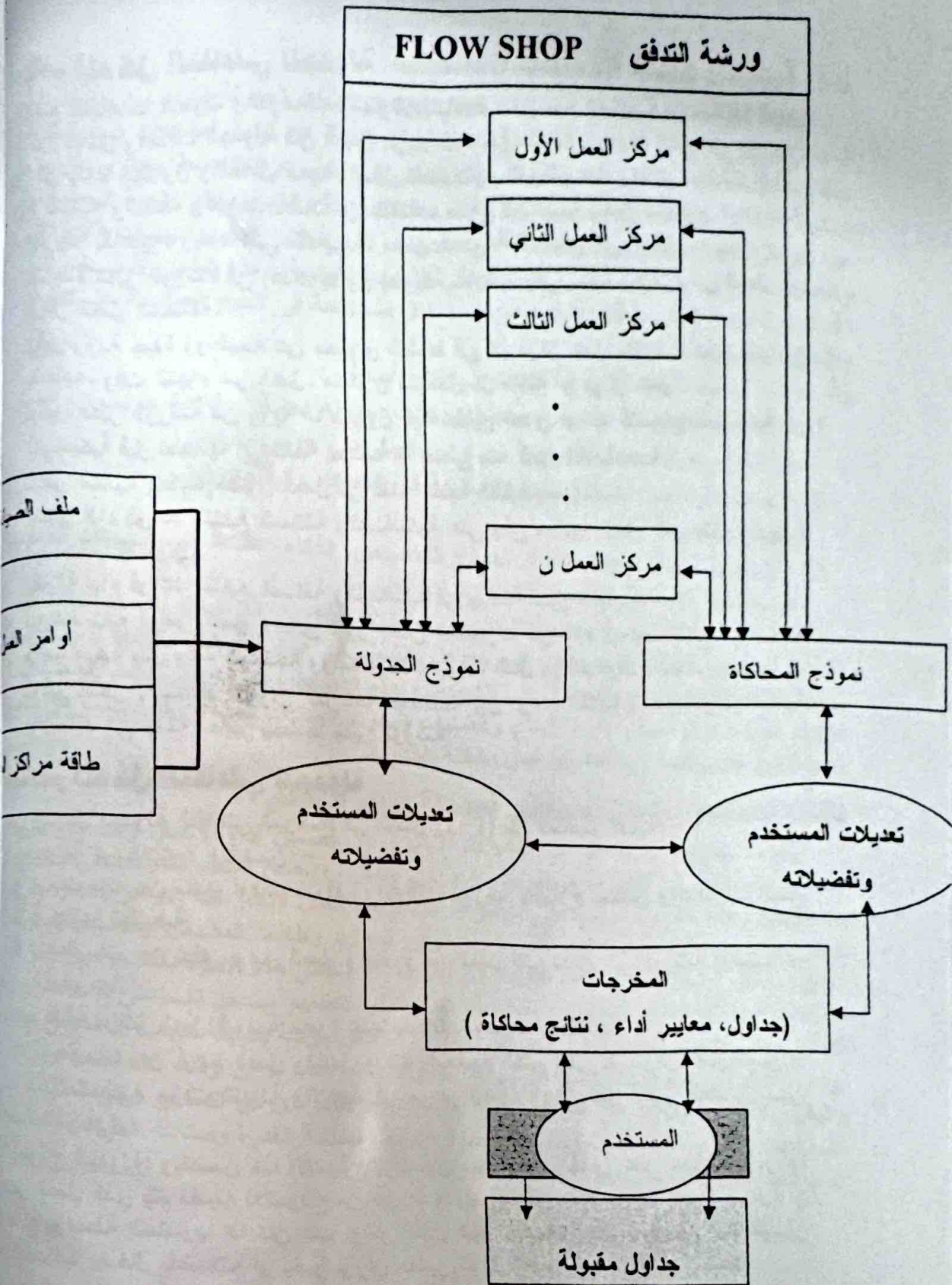
اتساقاً مع اتجاهات البحوث والدراسات واسترشاداً بأهداف الدراسة الحالية واستناداً إلى تعقيدات ورش العمل وأهداف الجدولة فإن أفضل طريقة لمعالجة مشكلة الجدولة تأتي من مشاركة المستفيدين في بناء الجداول والتفاعل معها وإدخال تفضيلاتهم الموضوعية وكذلك أسبقيات وأمر العمل وقيود التتابع والطاقة وغيرها، فضلاً عن اكتشاف منافع المبادلة بين معايير الجدولة المختلفة وبطريقة تفاعلية، وبناء على ذلك يهدف مدخل الجدولة التفاعلي إلى تحقيق ما يأتي:-

- 1- مساعدة مدير الورشة في إعداد جداول بطريقة تفاعلية وفي تعقب تنفيذ أوامر العمل في مراكز العمل المختلفة.
- 2- توفير رؤية جيدة وواضحة عن مستوى النشاط في كل مركز عمل مثل وقت الشروع بالعملية، وقت انتهاء أمر العمل، مستوى استغلال كل مكنة أو مركز عمل .
- 3- تمكين مدير الورشة من رؤية ما سيؤول إليه تطبيق إحدى قواعد التتابع الساكنة أو الديناميكية قبل تطبيقها أي إتاحة إمكانية ما يسمى بـ **Look Ahead** .
- 4- توفير إمكانية تحديث جداول العمل في أثناء عملية التنفيذ بسهولة.
- 5- اختبار أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية على وفق معايير الأداء التي أشير إليها في الجانب النظري.
- 6- مقارنة أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية في ورشة تدفق حقيقية.
- 7- محاكاة تتابع أوامر العمل وقياس تأثير بعض المتغيرات في أداء قواعد التتابع الساكنة والديناميكية مثل وقت المعالجة ووقت الإعداد ووقت النقل ووقت توقف المكنات.
- 8- توفير مدخل لاستخدام الأوزان المرجحة للمفاضلة بين قواعد التتابع الساكنة والديناميكية بالاستناد إلى جملة معايير يحددها مدير الورشة.

3-2- عناصر المدخل التفاعلي للجدولة

يتكون مدخل الجدولة التفاعلي الموضح في الشكل (3-1) من العناصر الآتية:-

- 1 - مجموعة المدخلات : وتتضمن:-
 - معلومات عن مقدار أوقات التوقف والأوقات اللازمة لإصلاح المكنات وإعادتها إلى حالتها الطبيعية.
 - معلومات عن تدفق أوامر العمل وعدد أوامر العمل التي تصل إلى الورشة يومياً أو أسبوعياً.
 - طاقة مراكز العمل اليومية معبراً عنها بساعات عمل أو بوحدات.
 - معلومات عن أوامر العمل وتشمل (وقت المعالجة الكلي وفي كل مركز عمل، وموعد الاستحقاق، ووقت التهيئة والإعداد في مراكز العمل، ووقت نقل أوامر العمل بين المراكز).
- 2- أنموذج الجدولة: ويتضمن هذا الأنموذج برنامجين محوسبين يأخذان على عاتقهما قراءة تتابع أوامر العمل الذي يتم تغذيته للأنموذج من قبل الجدول (إذا كان عدد أوامر العمل قليل) أو إعداد التتابع بواسطة الحاسوب إذا كان عدد أوامر العمل كبير. وهذان البرنامجان التفاعليان يسمحان للمستفيد بإدخال تفضيلاته أو تغيير أوزان معايير المقارنة بين قواعد التتابع وهما:
 - البرنامج الأول: مخصص لجدولة أوامر العمل بالطريقة المحددة وباستخدام قواعد التتابع الساكنة.



شكل (1-3)
مخطط المدخل التفاعلي لجدولة ورش التدفق

المصدر :-

البرنامج الثاني: يختص بجدولة أوامر العمل بالطريقة المحددة وباستخدام قواعد التتابع الديناميكية.

وقد صمم أنموذج الجدولة لمعالجة عدد غير محدود من أوامر العمل في أربع مراكز عمل ويمكن توسيع البرنامج ليشمل أكثر من أربع مراكز عمل.

3- أنموذج المحاكاة : من خلال النتائج التي يحصل عليها المستفيد من أنموذج الجدولة والمتمثلة بمعايير أداء عن كل طريقة تتابع ساكنة أو ديناميكية ومن خلال تغيير الأوزان المقترنة بمعايير أداء الجدولة وإدخال تفضيلاته وتعديلاته فإن المستفيد سينفذ الجدول مباشرة إذا كان مقتنعا بتلك الجداول، وإذا لم يكن المستفيد مقتنعا بالجدول فإن بإمكانه محاكاة تلك الجداول من خلال تنفيذ البرنامجين الآتيين:-

البرنامج الأول: يختص بمحاكاة جدولة أوامر العمل بالطريقة العشوائية وباستخدام قواعد التتابع الساكنة.

البرنامج الثاني: ويختص بمحاكاة جدولة أوامر العمل بالطريقة العشوائية وباستخدام قواعد التتابع الديناميكية.

4- المخرجات: يقدم مدخل الجدولة التفاعلي مجموعة من المخرجات تمثل الجداول على وفق قواعد التتابع وخالصة بمعايير أداء كل قاعدة من قواعد التتابع على انفراد وتقريرا عن مقارنة أداء قواعد التتابع مرجحة بالأوزان التي يحددها المستفيد فضلا عن خلاصة بنتائج المحاكاة لعدة سيناريوهات يختارها المستفيد لإعداد جداول مقبولة. وإذا لم يكن المستفيد مقتنعا بالجدول فيمكنه تغيير أوزان معايير الأداء أو إدخال تعديلاته وتفضيلاته على الجدول لحين اقتناعه المستفيد بالجدول وتنفيذه .

5- افتراضات المدخل

يعتمد تشغيل مدخل الجدولة التفاعلي على الافتراضات الآتية:-

1. عدم وجود خزين تحت التشغيل عند الشروع بتطبيق المدخل.
2. إنجاز أوامر العمل باستخدام الوقت الاعتيادي فقط.
3. وصول أوامر العمل دفعة واحدة إلى الورشة.
4. انفراد مركز العمل باتجاز أوامر العمل من دون الاستعانة بموارد إضافية (مكائن أو عمال إضافيين). ويوضح الملحق (1) في القرص المدمج المرفق مع البحث صحائف المدخلات والمخرجات وفق قاعدة SPT .

رابعاً- تطبيق التصميم المقترح للمدخل التفاعلي للجدولة في مطبعة رقم (1)

تختص هذه الفقرة بتطبيق مدخل الجدولة التفاعلي في مطبعة رقم (1) من خلال تطوير المدخل (الذي أعد في الفقرة السابقة) ليتلاءم مع عدد مراكز العمل في المطبعة وعدد أوامر العمل التي ستعالج بواسطته، ومن ثم تشغيل نموذج الجدولة التفاعلي واختبار فرضيات البحث.

4-1- مراكز العمل في مطبعة رقم 1

تتكون المطبعة رقم 1 من خمسة مراكز عمل وهي:- مركز التصوير والتحميض، ومركز المونتاج، ومركز إعداد الألواح، ومركز الطباعة والتكسير، ومركز التصحيف (تجليد ورزم وتجهيز). وتسلك جميع أوامر العمل في المطبعة المسلك التكنولوجي نفسه باستثناء أوامر العمل التي لا تحتاج إلى تصحيف. وفيما يأتي وصف مختصر لكل مركز عمل.

أولاً - مركز التصوير والتحميض

يختص هذا المركز بتصوير السجلات والملازم والصفحات المطلوب طبعها، وتبلغ طاقتة الإنتاجية أربع ملازم/ يوم (الملزمة = 16 صفحة). وتبلغ ساعات العمل في هذا المركز وجميع المراكز اللاحقة 7 ساعات يومياً.

ثانياً - مركز المونتاج

تبلغ الطاقة الإنتاجية في هذا المركز ثماني ملازم بلون واحد وهي معادلة لإنتاج ملزمة واحدة بأربعة ألوان (الأسود، والأحمر، والأزرق والأصفر)، ويتطلب كل لون إعداد فلم موجب له.

ثالثاً - مركز إعداد الألواح

تبلغ الطاقة الإنتاجية لهذا المركز 14 لوحة يومياً، وهي عملية يدوية يستخدم فيها محلول التطهير والماء والصمغ العربي وبعض المستلزمات الأخرى لاتجاز عملية إعداد الألواح.

رابعاً - مركز الطباعة والتكسير

يضم 7 أنواع من مكائن الطباعة وانتخبت أوامر عمل على ماكنة السبيد ماستر وذلك للأسباب التي أوضحناها في منهجية البحث. والجدول (4-1) يوضح نسب استغلال مكائن الطبع. ويتضح من هذا الجدول إن غالبية أوامر العمل (18 أمر عمل) كانت من حصة ماكنة السبيد ماستر مقابل 6 أوامر عمل لماكنة الكوز و5 أوامر عمل لماكنة الرول الشرقي من المكائن التي تمر بخمس مراكز عمل، وتختص ماكنة السبيد ماستر بطباعة الملزم ذات 16 صفحة أو 8 صفحات للملزمة الواحدة.

خامساً - مركز التصحيف والتجليد

ينجز أغلب العمل في هذا المركز يدوياً وذلك بسبب تعطل معظم مكائن التصحيف وهناك نوعان من التصحيف هما : التصحيف الجمالي- وهو مخصص لتصحيف الكراسيات والكتب المدرسية، والتصحيف بالصمغ - الذي يستخدم لتصحيف الكتب التي تحتوي على أكثر من خمس ملازم .

جدول (4-1)

نسبة استغلال مكائن الطبع للفترة من 2007/1/2 - 2007/6/30

ت	اسم الماكنة	عدد أوامر العمل المنفذة على الماكنة	الأيام المستغلة لتنفيذ أوامر العمل	الأيام المتاحة للعمل 6/30-1/2	نسبة الاستغلال	نسبة الوقت الضائع
1	الكوز	6	39	182	0.21	0.79
2	رايزو	13	105	182	0.58	0.42
3	GTO 46	13	64	182	0.35	0.65
4	سبيد ماستر	18	157	182	0.86	0.14
5	رول شرقي	5	72	182	0.40	0.60
6	GTO52	12	61	182	0.34	0.6
7	هايدلبرج	3	14	182	0.08	0.92
	المجموع	70	512	1274	2.82	4.18
	المعدل				0.40	0.60

المصدر : إعداد الباحثان اعتمادا على سجلات الشركة
ملاحظة :- لا يتضمن هذا الجدول وقت العمل الإضافي تماشيا مع افتراضات المدخل التفاعلي للجدولة.

4-2- عرض وتحليل البيانات

- اعتمادا على المعايير الميدانية والمشاهدات وبعد الاطلاع على سجلات المطبعة رقم (1) تم الحصول على أوامر العمل التي نفذت للمدة من 2007/1/2 ولغاية 2007/6/30. ومن خلال الاطلاع على أوامر العمل سجلت الملاحظات الآتية :-
- 1- تختلف غالبية أوامر العمل فيما بينها والقليل منها متشابه من حيث الكمية والمعالجة ومواعيد الاستحقاق مما يتطلب جدولتها بشكل علمي لتحقيق نسب استغلال أفضل لطاقات المكائن .
 - 2- لا تحتاج جميع أوامر العمل إلى تصحيف وتجليد في مركز العمل الخامس إذ إنها تُسلم مباشرة إلى مخازن الإنتاج التام كالبطاقات المدرسية والهويات وغيرها .
 - 3- ندرة اعتماد قاعدة محددة لجدولة أوامر العمل والميل لقاعدتين فقط هي FCFS و EDD وبخلاف ذلك يُعتمد على أساس الأولويات التي تحددها الشركة.
 - 4- ورود أوامر العمل إلى المطبعة عن طريق الإحالات من الشركة بعد دخولها في المناقصات التي تتنافس فيها الشركة مع القطاع الخاص وهذا ما يعوق استغلال الطاقات الإنتاجية في المطبعة بشكل أمثل.
 - 5- عدم إحالة أوامر العمل للمطبعة دفعة واحدة لعام كامل بسبب الإجراءات الروتينية الإدارية للمناقصات فقد تتم الإحالة قبل بدء موسم الدراسة مما يشكل ضغطا كبيرا على المطبعة لانجاز أوامر العمل بوقت قياسي.
 - 6- تزايد عدد أوامر العمل المنفذة منذ عام 2005 وحتى الآن وكما يظهر في الجدول (4-2)، ولو استمر تدفق أوامر العمل للمطبعة بالوتيرة نفسها التي حصلت في السنة أشهر الأولى من عام 2007 فإن عدد أوامر العمل لعام 2007 سيكون بحدود 140 أمر عمل.

وبالرجوع إلى جدول (1-4) يظهر إن مجموع الأيام المتاحة للعمل على جميع المكائن قد بلغ 1274 يوم عمل وإن معدل نسبة الاستغلال بلغت 40% ($1274 \div 512$) ومعدل نسبة الوقت الضائع كانت 60% ، ويلاحظ أيضا من هذا الجدول إن عدد أوامر العمل المنفذة على ماكينة سبيد ماستر هو 18 أمر عمل وكانت نسبة الاستغلال لهذه الماكينة 86% ($182 \div 157$) ونسبة الوقت الضائع 14% للماكينة. وباستخدام بيانات مجتمع البحث أعد التوزيع الاحتمالي لتوزيع أوامر العمل على مكائن الطباعة وكما يظهر في الجدول (3-4) . أما الجدول (4-4) فإنه يوضح نسبة الوقت المستغرق من وقت المعالجة لتنفيذ أوامر العمل في مراكز الأعمال من خلال المشاهدات وتقديرات العاملين في المطبعة.

جدول (2-4)

عدد أوامر العمل المنفذة للأعوام 2005 - 2007

السنة	عدد أوامر العمل المنجزة
2005	47
2006	90
2007	140

جدول (3-4)

التوزيع الاحتمالي لأوامر العمل على مكائن قسم الطباعة

اسم الماكينة	تكرار أوامر العمل	الاحتمال
كوز	6	0.08
رايزو	13	0.19
جي تي او 46	13	0.19
سبيد ماستر	18	0.26
رول شرقي	5	0.07
جي تي او 52	12	0.17
هايدلبرج	3	0.04
المجموع	70	1.00

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على سجلات الشركة

جدول (4-4)

نسبة الوقت المستغرق من وقت المعالجة لتنفيذ أوامر العمل في مراكز الأعمال

ت	مركز العمل	النسبة المئوية لوقت انجاز العمل
1	مركز التصوير والتحميض	8%
2	مركز المونتاج	7%
3	مركز إعداد الأنواع	5%
4	مركز الطباعة	50%
5	مركز التصحيف والتكسير	30%

3-4- تشغيل المدخل التفاعلي للجدولة

3-4-1 تطويع المدخل التفاعلي للجدولة

بهدف تطبيق مدخل الجدولة التفاعلي على عينة البحث فقد جرى توسيع المدخل لكي يضم خمس ورش عمل (أو مراكز عمل) بدلا من أربع ورش عمل، وهذه المراكز (مركز العمل الأول - التصوير والتحميض، مركز العمل الثاني - المونتاج، مركز العمل الثالث - إعداد الألواح، مركز العمل الرابع - الطباعة، مركز العمل الخامس - التصحيف والتجليد).

3-4-2 إعداد المدخلات

بهدف استخدام أنموذج الجدولة التفاعلي فقد تم تهيئة المدخلات وهي:-

أولا: أوامر العمل - عددها 18 أمر عمل (جدول 1-1).

ثانيا: وقت معالجة أمر العمل في كل مركز عمل - تم استخراجها بضرب النسب التي تظهر في جدول (4-4) في وقت المعالجة الكلي لأمر العمل.

ثالثا: الوقت المتاح لأوامر عينة البحث في مراكز العمل - خصص جزء من الوقت المتاح للإنتاج (والبالغ 182 يوم عمل في مركز الطباعة و 120 يوم عمل في باقي المراكز) لأوامر العمل التي تعالج على ماكينة السبيد ماستر، ولحساب الوقت المخصص في كل مركز عمل لأوامر عينة البحث يتم ضرب نسبة أوامر العمل الخاصة بماكينة السبيد ماستر والتي تبلغ 26% (جدول 3-4) \times 120 يوم عمل لكل من مركز التصوير والتحميض ومركز المونتاج ومركز إعداد الألواح، وبالنسبة لوقت ماكينة السبيد ماستر في مركز الطباعة فهذا الوقت يبلغ 182 يوم شأنها شأن أي ماكينة أخرى في مركز الطباعة، وفيما يتعلق بمركز التصحيف والتجليد والذي تعالج فيه أوامر العمل المنفذة على مكائن الكوز والروول الشرقي والسبيد ماستر فإن الوقت المتاح للإنتاج فيه حسب كالاتي :-

1- جمع النسب المئوية لأوامر العمل لمكائن الكوز والروول الشرقي والسبيد ماستر والتي تظهر في جدول (3-4)

$$9\% + 26\% + 7\% = 42\%$$

2- قسمة النسب السابقة في الخطوة 1 على مجموعها للحصول على حصة كل ماكينة من المجموع وما يعيننا هو ماكينة السبيد ماستر لذلك فإن :-

$$26\% \div 42\% = 62\%$$

وبضرب هذه النسبة \times 182 يوم عمل نحصل على الطاقة المتاحة لمعالجة أوامر العمل المنفذة على ماكينة السبيد ماستر في مركز التصحيف وهي 113 يوم، والجدول (4-5) يوضح الوقت المتاح لأوامر العمل التي تنجز على ماكينة سبيد ماستر في كل مركز عمل.

جدول (4-5)

الوقت الممنوح لأوامر العمل التي تنجز على
ماكينة سيبيد ماستر في كل مركز عمل بالأيام

مركز عمل التصنيف والتجديد	مركز عمل الطباعة	مركز عمل إعداد الأنواع	مركز عمل المونتاج	مركز عمل التصوير والتحميض
113	182	31	31	31
182 يوم × 62%	جميع الوقت مخصص لماكينة السيبيد ماستر	120 يوم × 26%	120 يوم × 26%	120 يوم × 26%

3- أوقات الإعداد والتوقف والنقل - يوضح الملحق (2) في القرص المدمج المرفق مع البحث الأوقات المحددة للنقل والإعداد والتوقف لأوامر العمل في جميع المراكز، وكذلك الحدود العليا والدنيا لأوقات النقل والإعداد والتوقف التي استخدمت في عملية المحاكاة. وقد تم الحصول على هذه البيانات من خلال المشاهدات والمقابلات والاستفسارات من العاملين في المطبعة.

4- وقت المعالجة والاستحقاق العشوائي - بهدف تطبيق المحاكاة لابد من توليد أرقام عشوائية لكل من وقت المعالجة الكلي ووقت الاستحقاق لكل أمر عمل وتم ذلك من خلال:-

أ- إعداد جدول توزيع تكراري لعينة البحث وكما يظهر في الجدول (4-6).

ب- توليد أرقام عشوائية باستخدام دالة VLOOKUP في برمجية Excel لتحديد وقت المعالجة العشوائي .

ج- للحصول على وقت الاستحقاق العشوائي فقد تم تعويض الرقم العشوائي من الخطوة (ب) في معادلة الانحدار الآتية:-

$$Y = 9.5 + 1.3 x$$

إذ يمثل x وقت المعالجة العشوائي

وقد حُسبت معاملات معادلة الانحدار السابقة باستخدام أسلوب المربعات الصغرى بين متغيرين وهما وقت المعالجة الفعلي ووقت الاستحقاق الفعلي الموضحان في الجدول (1-1).

جدول (4-6)
التوزيع الاحتمالي لعينة البحث

الاحتمال المتراكم	الاحتمال	التكرار	مركز الفئة لوقت المعالجة بالأيام	الفئة
0.28	0.28	5	3	5-1
0.44	0.17	3	8	10-6
0.50	0.06	1	13	15-11
0.61	0.11	2	18	20-16
0.72	0.11	2	23	25-21
0.89	0.17	3	28	30-26
0.94	0.06	1	33	35-31
1.00	0.06	1	53	70-36
	1.00	18		المجموع

خامسا- اختبار الفرضيات

5-1- الفرضية الأولى

لاختبار الفرضية الأولى اتبعت الخطوات الآتية :-

1- إدخال البيانات المتعلقة بأوامر العمل في صحيفة المدخلات والتي تنتقل تلقائيا إلى الصحيفة الأولى من قواعد التتابع وهي كل من :- قاعدة EDD , SPT , LPT , FCFS وقد اختيرت هذه القواعد كونها الأكثر شيوعا واستخداما، والملحق (3) في القرص المدمج المرفق بالبحث يوضح معالجة أوامر العمل على وفق قاعدة وقت المعالجة الأقصر SPT على سبيل المثال وقد ظهرت نسب الاستغلال في مراكز العمل الخمسة على النحو الآتي (72% ، 82% ، 51% ، 87% ، 84%)، كما يضم هذا الملحق جميع النتائج المتعلقة بهذه الفرضية.

2- إعداد خلاصة بمعايير الجدولة إذ يظهر المجموع الكلي لأوقات انتظار أوامر العمل في كل مركز عمل وخزين تحت التشغيل والوقت الإجمالي لتوقف مركز العمل ومعدل استغلال مركز العمل. كما يظهر المجموع الكلي والمعدلات لقاعدة وقت المعالجة الأقصر SPT. وبالطريقة نفسها تم معالجة أوامر العمل بقواعد التتابع الثلاثة الأخرى وهي EDD , FCFS , LPT

3- إعداد تقرير بمعايير الأداء لجميع القواعد التي طبقت إذ يظهر المجموع والمعدل والالتحرف المعياري لكل معيار من معايير الجدولة والتي ستستخدم في اختبار الفرضيات. أما الصف الأخير من هذا التقرير فهو مخصص لتحديد أوزان نسبية لكل من المعايير الخاصة بقواعد التتابع إذ يستطيع متخذ القرار تحديد أوزان نسبية حسب وجهة نظره وبالتالي حساب النقاط المرجحة لكل قاعدة تتابع وكما يظهر في العمود الأخير من هذا التقرير. وتعد القاعدة التي تحصل على أقل نقاط مرجحة هي القاعدة الأفضل. ويظهر من هذا التقرير أيضا عدم تفوق إحدى قواعد التتابع على القواعد الأخرى لذلك تنصح الباحثة متخذ القرار باستخدام الأوزان النسبية لاختيار القاعدة التي تحصل على أقل نقاط مرجحة.

4- وبنفس الطريقة أعيدت الخطوات السابقة لقواعد التتابع الديناميكية وهي النسبة الحرجة للوقت الفائض ST ، الوقت المتبقي لكل عملية تشغيلية S/RO (جميع النتائج محفوظة لدى الباحث على قرص مدمج).

5- حساب الوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعايير الأداء لكل من القواعد الستة والديناميكية. وباستخدام هذه النتائج و 5 درجات حرية فقد تم حساب قيمة t وظهر إن كل من المعايير (معدل عدد أوامر العمل المتأخرة والمبكرة ووقت توقف مركز العمل) تختلف اختلافا معنويا مابين القواعد الساكنة والقواعد الديناميكية بمستوى معنوية 0.3 (قيمة الجدولية = 1.156) وهذا يثبت صحة الفرضية الأولى والجدول (5-1) يعرض نتائج اختبار جميع الفرضيات. إن الاختلاف بين بعض المعايير دون غيرها يعني إن متخذ القرار إذا كان مهتما بالمعايير التي لم تظهر اختلافا معنويا فإن اختيار أي قاعدة من قواعد التتابع الستة أو الديناميكية سوف لن يغير النتائج بشكل معنوي.

5-2- الفرضية الثانية

لغرض اختبار الفرضية الثانية للبحث فقد تم محاكاة القواعد الساكنة والديناميكية كل على حدة و 30 مرة وتم الحصول على الوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعايير أداء للقواعد الستة والديناميكية وباستخدام اختبار t فقد ظهر إن معايير معدل وقت التدفق، ومعدل وقت الإجتاز الكلي ومعدل وقت توقف مركز العمل، ومعدل مستوى استغلال مركز العمل تختلف اختلافا معنويا بين القواعد الساكنة والديناميكية على وفق مستويات المعنوية المؤشرة إزاء كل معيار، وهذا ما يثبت صحة الفرضية الثانية.

5-3- الفرضية الثالثة

لاختبار الفرضية الثالثة فقد تم محاكاة قواعد التتابع الساكنة في حالة وجود وعدم وجود أوقات النقل والإعداد والتوقف العشوائية كما تم حساب الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لمعايير الأداء وبتطبيق اختبار t فقد ظهر إن جميع المعايير تختلف اختلافا معنويا في الحالتين عدا معيار معدل مستوى استغلال مركز العمل وهذا يثبت صحة الفرضية الثالثة.

5-4- الفرضية الرابعة

يهدف اختبار مضمون الفرضية الرابعة فقد تم محاكاة قواعد التتابع الديناميكية في حالة وجود وعدم وجود أوقات النقل والإعداد والتوقف العشوائية كما تم حساب الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لمعايير الأداء وبتطبيق اختبار t فقد تبين إن جميع المعايير تختلف اختلافا معنويا فيما بينها باستثناء معيار واحد فقط وهو معيار عدد أوامر العمل المتأخرة، وهذا يثبت صحة الفرضية السادسة. ويشير تفسير نتائج الاختبار أن لأوقات النقل والإعداد والتوقف تأثير معنوي في معايير الأداء لذلك يفضل أن تكون هذه الأوقات أقل ما يمكن لأن زيادتها تؤثر في معايير قواعد التتابع الديناميكية.

5-5- الفرضية الخامسة

لاختبار الفرضية السابعة تم ترتيب عينة أوامر العمل على وفق مبدأ باريتو (20%، 80%) إذ تشير الـ 20% إلى القلة من أوامر العمل التي تحتاج إلى وقت معالجة طويل وهذه الأوامر هي 1، 2، 3، 4، في حين تشير الـ 80% إلى بقية أوامر العمل التي تحتاج إلى وقت معالجة قصير وكما يظهر في جدول (5-2). وقد تم محاكاة أوامر العمل مرتبة على وفق مبدأ باريتو لثلاثين مرة ومقارنتها بنتائج محاكاة قاعدة SPT ولثلاثين مرة أيضا، وقد تم حساب الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لمعايير الأداء لهاتين القاعدتين، واستخدمت النتائج لإجراء اختبارات المعنوية وتشير هذه النتائج إلى تفوق سبعة (من مجموع ثمانية) معايير أداء من قاعدة تتابع باريتو على سبعة معايير من قاعدة وقت المعالجة الأقصر، وهذا يثبت صحة الفرضية الخامسة.

سادسا - الاستنتاجات والتوصيات

6-1- الاستنتاجات الخاصة بتطبيق مدخل الجدولة التفاعلي

- 1- أظهر مدخل الجدولة التفاعلي مرونة عالية في معالجة أوامر العمل المختلفة وفي ظروف محددة وعشوائية وباستخدام قواعد تتابع ساكنة وديناميكية وتزويد المستفيد بمعايير عديدة عن كل قاعدة تتابع بوقت لا يتجاوز ثوان معدودة. وإمكانية دراسة أي تتابع من خلال تقرير بخلاصة معايير الأداء لأي قاعدة، فضلا عن إمكانية تغيير ترتيب أوامر العمل لحين الحصول على النتائج المقبولة.
- 2- يقدم مدخل الأوزان المرجحة لمتخذ القرار أداة لتحديد قاعدة التتابع المرجحة وذلك عن طريق تغيير أوزان المعايير التي يحددها، وهذا يجعل المدخل الذي قدمه هذا البحث تفاعليا لأن متخذ القرار يتمكن من تغيير أولوياته وتفضيلاته.
- 3- يقدم المدخل أداة فعالة لتحديد نقاط الاختناق مما يساعد إدارة المطبعة في التحسب لهذه الاختناقات قبل وقوعها والعمل على تلفيها.
- 4- أظهر تطبيق المدخل إمكانية استخدامه كأداة تخطيطية لاستشعار ما يمكن أن يحدث مستقبلا وقبل تنفيذ الجداول وذلك من خلال المخرجات التي يقدمها المدخل عن كل مركز عمل وبكل قاعدة تتابع.
- 5- إن قابلية المدخل على تقبل بيانات محددة وبيانات عشوائية تجعل منه أداة مرنة لدراسة مشكلات ورش التدفق.
- 6- إن قدرة المدخل على محاكاة قواعد التتابع وبعدها من المتغيرات العشوائية تجعل منه أداة فعالة لدراسة جدولة أوامر عمل في ظروف عشوائية، كما يمكن إضافة أي متغيرات عشوائية يرتأيها المستفيد بعد إدخال تعديلات بسيطة.

6-2- الاستنتاجات الخاصة بموقع البحث

- 1- لوحظ غياب اتباع المطبعة لقاعدة تتابع محددة على الرغم من إن عددا من العاملين المطبعة أفادوا بأن القاعدة المتبعة هي قاعدة موعد الاستحقاق إلا إن هذه القاعدة تجاوزها مما يربك عمل المطبعة .
- 2- لا تحال أوامر العمل إلى المطبعة على شكل دفعات ليتسنى جدولتها مرة واحدة تأتي إلى المطبعة بعدد متفاوتة وقد تؤجل بعض أوامر العمل مقابل تنفيذ أوامر مستعجلة .
- 3- لا يوجد تصور واضح لدى إدارة المطبعة بأنها تمثل ورشة تدفق يمكن جدولتها العمل فيها بعدة طرائق .
- 4- وجود الكثير من البيانات الموثقة عن أوامر العمل وعن نشاطات المطبعة، إلا إن البيانات لم يتم تحليلها واستخدامها لتحسين عمليات المطبعة.
- 5- تبين إن أوامر العمل تصل إلى المطبعة بطريقة لا تساعد على استغلال الطاقات للمطبعة لأنها ترد عن طريق الإحالات من الشركة بعد دخولها في مناقصات مع الخاص.

6-3- التوصيات

1. تبني الإدارة العليا لمدخل الجدولة التفاعلي والعمل على الاستفادة منه في جدولتها العمل في المطبعة، بعد هذا المدخل أداة للتخطيط والرقابة وذلك بجدولة أوامر العمل المطبعة وتعقب تنفيذها وتحديثها والتحسس بمواعيد إنجاز أوامر العمل وتحديد الاختناق والعمل على تلفيها سابقا. كما يعد هذا المدخل وسيلة لتعقب تقدم أوامر العمل في مراكز الأعمال وتعجيل أوامر العمل المتأخرة في تلك المراكز.
2. التنسيق بين المطبعة والشركة في إحالة أوامر العمل إلى المطبعة على شكل دفعة لكي يتسنى للمطبعة جدولتها وتهيئة مستلزماتها .
3. استخدام مدخل الجدولة التفاعلي للمفاضلة والمقارنة بين قواعد التتابع من خلال معايير أداء كل قاعدة.
4. استخدام مدخل الأوزان المرجحة كأداة متعددة المعايير للمفاضلة بين قواعد التتابع خلال تحديد أوزان للمعايير بطريقة تفاعلية لاختيار قاعدة التتابع التي تلبي رغبتنا القرار.
5. تدريب العاملين في مجال الجدولة على استخدام مدخل الجدولة التفاعلي كأداة لتنظيم والرقابة وتعقب أوامر العمل في مراكز الأعمال.
6. يمكن استخدام مدخل الجدولة التفاعلي كوسيلة لتدريب العاملين في الجدولة أو طلبية الدراسات العليا أو الأولية على أسس الجدولة في ورش التدفق وما يمكن أن إليه تطبيق قواعد مختلفة للتتابع، إذ لم يتم العثور على مثل هذه البرمجية المعاصرة لجميع كتب إدارة الإنتاج والعمليات العربية والأجنبية وكذلك التي تدرس في التدريب العليا.
7. بالإمكان استخدام مدخل الجدولة التفاعلي في ورش تدفق أخرى لإعداد تتابع أوامر بإعداد كبيرة ولعدد غير محدود من مراكز العمل وذلك من خلال توسيع المدخل أو سهل لأن المدخل مكتوب بلغة مرنة وسهلة التطبيق.

المصادر

أولاً - الكتب الأجنبية

1. Adam, Everet E. and Roland F. Ebert, Production and Operations Management, 5th ed., Prentice-Hall, New Delhi, 1996.
2. Chase, Richard B. and Nicolas J. Aquilano, Production and Operations Management, 3rd ed., Irwin Inc., Illinois, USA, 1981.
3. Davis, Mark M., Nicholas J. Aquilano and Richard B. Chase, Fundamentals of Operations Management, 4th ed., McGraw-Hill Irwin, Boston, USA, 2003.
4. Evans, James R., Production/Operations Management: Quality, Performance, and Value, 5th ed., West Publishing Co., New York, 1997.
5. Heizer, J. And Barry Render, Operations Management, 2nd ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1997.
6. Heizer, J. And Barry Render, Operations Management, 6th ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, 2001.
7. Krajewski, Lee J. and Larry P. Ritzman, Operations Management: Strategy and Analysis, 5th ed., Addison- Wesley Inc., New York, 1999.
8. Krajewski, Lee J. and Larry P. Ritzman, Operations Management: Strategy and Analysis, 6th ed., Prentice-Hall, New Jersey, USA, 2002.
9. Krajewski, Lee J. and Larry P. Ritzman, Operations Management: Strategy and Analysis, 7th ed., Addison-Wesley Inc., California, 2005.
10. Mark et al., Operations Management, McGraw-Hill Co., New York, 2003.
11. Render, Barry and Ralph M. Stair Jr., Quantitative Analysis for Management, 7th ed., Prentice-Hall, New Jersey, 2000.
12. Russel, Roberta S. and Bernard W. Taylor III, Operations Management, 3rd ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, 2000.
13. Schonberger, Richard J. and Edward M. Knod Jr., Operations Management: Customer-Focused Principles, 6th ed., McGraw-Hill Co. Inc., Boston, 1997.
14. Slack, Nigel, Stewart Chambers and Robert Johnson, Operations Management, 4th ed., Prentice-Hall, San Francisco, 2004.

ثانياً - البحوث الأجنبية

1. Akturk, M Selim and Elif Gorgula, Match-up Scheduling under a Machine Breakdown, *EJOR*, No. 112, pp 81-97, 1999.
2. Akturk, M. Selim, Jay B. Ghosh, Evrim D. Gunes, Scheduling with Tool Changes to Minimize Total Completion Time: A Study of Heuristic and Their Performance, *Wiley Periodicals Inc.*, 1998.
3. Alifantis, Thanos, Stewart Robinson, Using Simulation and Neural Networks to Develop a Scheduling Advisor, *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference*, pp. 954-958, 2001.
4. Beck, J. Christopher, and Nic Wilson, Proactive Algorithms for Scheduling with Probabilistic Durations, Science Foundation and ILOG SA, Ireland, 2006.
5. Behrmann, Gerd, Ed Brinksna, Martijn Hendrick, and Angelika Mader, Scheduling Lacquer Production by Reachability Analysis- A Case Study, AMETIST, Project IST-2001-35304, University of Netherlands, 2005.
6. Choi, In-Chann and Osman Korkmaz, Job Shop Scheduling with Sequence-Dependent Setup Times, Publications of Wichita State University, USA, 2003.
7. Everet, G., The Effect of Input Control in A Simple Scheduling Model, *Journal of Operations Management*, Vol. 4, No. 2, 1991.
8. Garrido, A., M. A. Salido, F. Barber, and M. A. Lopez, Heuristic Methods for Solving Job-Shop Scheduling Problems, Universidad Politecnica de Valencia, Spain, 1998.
9. Higgins, Peter G. and Andrew Wirth, Interactive Job-Shop Scheduling, *6th International Conference on Manufacturing, Melbourne, Australia*, pp 293-302, 1995.
10. Higgins, Peter G., and Andrew Wirth, Interactive Job-Shop Scheduling: How to Combine Operations Research Heuristics With Human Abilities, *Proceedings of the 6th International Conference on Manufacturing*, Nov. 1995, Melbourne, pp.293-302.
11. Kanet, J. J., and V. Sridharan, Scheduling with Inserted Idle Time: Problem Taxonomy and Literature Review, *OR*, Vol. 48, No. 1, January-February, pp. 99-110, 2000.
12. Kempf, K. et al., Evaluation and Comparison of Production Scheduling, *Computers in Industry*, No. 42, pp 203-223, 2000.
13. Lin, Shyh-Chang, A Genetic Algorithm-Based Scheduling System for Dynamic Job Shop Scheduling, *EJOR*, 2005.

14. Lu, Roberto F., and Guixiu Qiao, Simulation Modeling to Optimize Stochastic Manufacturing Processes and Resources By a Dynamic Monte Carlo Method, R&D Department Boeing Company, *EJOR*, 2003.
15. Potts, Chris N., and Mikhail Y. Kovalyov, Scheduling with Batching: A Review, *EJOR*, Vol. 120, pp. 228-249, 2000.
16. Tung, Ling-Fong et al., Multiple Objectives Scheduling for the Hierarchical Control of Flexible Manufacturing Cells, Publications of the State University of NY, USA, 2005
17. Vaidyanathan, Bharath S., David M. Miller, and Young H. Park, Application of Discrete Event Simulation In Production Scheduling, *Proceeding of the 1998 Winter Simulation Conference*, pp. 965-971, 1998.
18. Yoo, Taejong, Daehong Kim, and Hyunvo Cho, A New Approach to Multi-Pass Scheduling In Shop Floor Control, *Proceeding of the 2004 Winter Simulation Conference*, 1109-1114, 2004.

ثالثا - الاطاريح الأجنبية

1. Baki, M. F., Some Problems in One-Operation Scheduling, Unpublished Ph. D. Thesis, University of Waterloo, Canada, 1999.
2. Ghonim, Ahmed, Static and Dynamic Job Shop Scheduling Using Rolling-Horizon Approached and the Shifting Bottleneck Procedure, Unpublished Masters Thesis, Virginia State University, USA, 2002.

رابعا - الكتب العربية

1. محسن، عبد الكريم، وصباح مجيد النجار، إدارة العمليات، دار وائل للنشر، عمان، 2004.