تطوير خوارزمية جدولة الإنتاج لتطبيق نظام تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP) في ظل قواعد نظرية القيود (TOC)

أ. جمال أمغار، جامعة باتنة 1

أ.د. زكية مقري، جامعة باتنة 1

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير خوارزمية حاسوب من أجل تطبيق نظام تخطيط الإحتياجات من المواد (MRP) في ظل قواعد نظرية القيود (TOC) لعملية إنتاج متعددة مراحل التجميع والتي لها بعض مراكز عمل تمثل إختناقات في المؤسسة الوطنية لأجهزة القياس والمراقبة AMC، وتحاول خوارزمية النظام الهجين المقترح تحميل وجدولة العمليات على مراكز العمل التي تمثل أعناق الزجاجات بطريقة تكون خالية من الوقت الضائع والتأخيرات.

وقد توصلت الدراسة إلى أن المقاربة المتكاملة التي تطبق نظام MRP في ظل قواعد TOC هي أحسن طريقة لإستغلال ومراقبة الطاقة والإختناقات.

الكلمات المفتاحية: تخطيط الإحتياجات من المواد، نظرية القيود، الإختناقات، خوارزمية جدولة الإنتاج.

Abstract:

this study aims to develop a production scheduling algorithm to applying material requirements system under theory of constraints rules for multi-stage assembly factory that has some bottleneck work centers at AMC enterprise. The algorithm of proposed hybrid systemtries to load and schedule operations on bottleneck work centers in a manner that they are free of idle time and overtime.

The paper finds that the integrated approach that implements MRP under TOC rules is the best way to use and control the capacity and bottlenecks.

Key words: Material Requirements Planning (MRP), Theory Of Constraints (TOC), Bottlenecks, production scheduling algorithm.

مقدمة

شهد العالم منذ بداية ستينات القرن الماضي تغيرات متسارعة على الأصعدة الإقتصادية والإجتماعية والتكنولوجية، بحيث أصبح الإنتاج ينمو بمعدلات متزايدة حتى أصبح العرض يفوق الطلب بكثير، وتوالت الإبتكارات التكنولوجية وتسارع ظهورها وتقلصت دورة حياة المنتجات الجديدة معها، كما أصبحت التكنولوجيا منتشرة ومتاحة لمعظم المؤسسات وفي عديد الدول، فتقارب أداء المؤسسات واشتدت المنافسة فيما بينها، وزادت عمليات ولوج الأسواق الجديدة والمحافظة على الحصص السوقية القديمة صعوبة. ونتيجة لكل هذا التغير والتطور، فقد عملت المؤسسات الإقتصادية على تطوير أساليبها الإدارية وتطبيق أكثر تقنيات التسيير تقدما ونجاعة وتعقيدا، وذلك من أجل إكتساب الميزة التنافسية التي لن تتأتى إلا من خلال التحكم في التكاليف والعمل على خفضها وكذا إنتاج منتجات بجودة عالية، مع تحقيق المرونة وسرعة ردة الفعل والإعتمادية.

ولما كانت –ولا تزال– وظيفة الإنتاج وظيفة محورية في نشاط الإستغلال للمؤسسة الإنتاجية، فقد نالت قسطا كبيرا من الإهتمام والبحث والتطوير من طرف باحثي علم الإدارة والهندسة والتقنيات الكمية...، والذي نتج عنه ظهور أنظمة إدارية للتخطيط والسيطرة على الإنتاج والمخزون أعطت مزايا تنافسية للعديد من المؤسسات وعالجت العديد من المشكلات الإنتاجية والتنافسية. سواء أكان ذلك على المستوى الإداري أو المستوى التنفيذي في خطوط الإنتاج (الخط الساخن)، ومن أهم هذه الأنظمة نجد نظام تخطيط الإحتياجاتمن المواد MRP، نظام الوقت المحدد JIT ونظام تكنولوجيا الإنتاج الأمثل OPT التي تم تطويرها إلى نظرية القيود TOC.

وقد أدى ظهور أنظمة إدارة الإنتاج والعمليات إلى بروز منافسة إدارية شديدة بين مدرستين رائدتين هما المدرسة اليابانية القائمة على فلسفة نظام السحب JIT، والمدرسة الأمريكية القائمة على فلسفة الدفع MRP. والتي ترجمت إلى منافسة صناعية في الأسواق العالمية في محاولة للسيطرة عليها والإستيلاء على أكبر حصة سوقية ممكنة خصوصا في مجال صناعة السيارات. إلا أن أي نظام لإدارة الإنتاج والعمليات لا يمثل حلا سحريا أو حلا مهيأ لكل الحالات وكافيا لحل كل المشكلات الخاصة بالجودة والإنتاج والمخزون حسب مختلف الدراسات والأبحاث الأكاديمية والتطبيقات الميدانية، مما أدى إلى ظهور دراسات علمية –وإن كانت محدودة– كمحاولات لتحسين وتطوير هذه الأنظمة ومكاملتها من أجل زيادة كفاءتها وتكيفها مع الحالات المعقدة للمؤسسات الصناعية ومحيطها الإقتصادي.

وعلى ضوء ما سبق فإنه يتم طرح التساؤل الرئيسي للدراسة كما يلي:

ما مدى مساهمة خوارزمية جدولة الإنتاج في تحسين نظام تخطيط الإحتياجات من المواد (MRP) وفق قواعد نظرية القيود (TOC)؟

ومن خلال التساؤل الرئيسي لهذه الدراسة، نطرح التساؤلات الفرعية التالية:

- ما هي الإجراءات والمراحل التي تتطلبها عملية تصميم خوارزمية جدولة نظام إنتاج هجين؟
- ما هي مستويات تخطيط الإنتاج التي يجب تعديلها لتطبيق نظام MRP محسن وفقا لنظرية TOC؟

أهمية الدراسة: تكمن أهمية الدراسة، فيما يلي:

- تلعب أنظمة الإنتاج المتكاملة دورا كبيرا في حل مشكلات إدارة الإنتاج والعمليات وزيادة كفاءتها، وقدرتها على معالجة الحالات الأكثر تعقيدا؛
- يعتبر الإعلام الآلي وتصميم البرمجيات حسب خصائص كل مؤسسة ضرورة ملحة في العصر الحالي لمعالجة المعلومات المعقدة وإتخاذ القرارات بسرعة وفي الوقت المناسب؛
- تتطلب خصاص محيط المؤسسة الإقتصادية الحالي تطويرا لأساليب إدارة الإنتاج والعمليات لتصبح أكثر تكيفا ومرونة.

المحور الأول: تخطيط الإحتياجات من المواد

بعدما تقلصت –إن لم تختف– فائدة النماذج التقليدية لإدارة المخزون مع التغيرات التي حصلت في المحيط الإقتصادي والتكنولوجي وما صاحبها من تذبذب في الطلب، وخصوصا نموذج Wilson نتيجة تعرض فرضياتها لإنتقادات عديدة والتي جعلت تطبيقها بعيدا أو منعزلا عن المحيط الخارجي وأهداف المؤسسة، كما أن هذه النماذج لا تصلح إلا لحالات معينة التي تتميز بحالة الأكادة وإستقرار الطلب في المدى القصير والمتوسط. وبذلك فقد قادت هذه النقائص والإنتقادات إلى وضع طريقة لتسيير الإنتاج والمخزون، والتي تعالج هذه المآخذ على نماذج المخزون التقليدية وتسمح بإستباق الإحتياجات الدقيقة وتعديلها مع الوقت، وقد وضع هذا النظام المسمى تخطيط الإحتياجات من المواد Material Requirements Planning(MRP) من طرف الأمريكي Joseph Orlicky في الولايات المتحدة الأمريكية في كتابه بعنوان: The new way of life in production and inventory management سنة 1965.

1. مفهوم نظام MRP

♦ عرف أورليكي تخطيط الإحتياجات المادية على أنه: "مجموعة من التقنيات المصممة خصيصا لإدارة المخزونات الخاضعة للطلب التابع، وبالتالي فهو أكثر ملائمة إلى حد كبير كنظام لمراقبة المخزون لبيئات التصنيع التي يكون فيها معظم المخزون يخضع لهذا النوع من الطلب. وتطور نظام MRP كمقاربة لإدارة المخزون من خلال توليفه بين المبدآن التاليين:[1]

- حساب (مقابل تقدير) العناصر المكونة للطلب؛
- توقيت المراحل وذلك بإضافة بعد التوقيت (عامل الزمن) إلى بيانات حالة المخزون".

♦ أما التعريف الذي قدمته الجمعية الأمريكية للرقابة على الإنتاج والمخزون American Production and Inventory Society(APICS) لنظام MRP فيعتبر الأكثر إستخداما من طرف الباحثين بحيث أنه أكثر شمولية له. وقد عرفته على أنه:"هو مجموعة من التقنيات التي تستخدم معلومات قائمة المواد، معطيات المخزون وجدول الإنتاج الرئيسي لحساب الإحتياجات من المواد وذلك لإعادة إصدار أوامر الشراء والإنتاج. وبالتالي فإن نظام MRP يحدد الكميات من كل المواد والمكونات التي تتطلبها عمليات إنتاج الأجزاء والمنتجات التامة والتواريخ التي تكون مطلوبة فيها، وتكييفها مع المخزون المتاح وأوقات الإنتظار الخاصة بكل عملية إنتاجية".[2]

2. الإجراءات المنطقية لمعالجة نظام MRP

تتمثل الإجراءات المنطقية لمعالجة نظام MRP أساسا في حساب الإحتياجات الصافية، ويوصف مبدأ حساب الإحتياجات كتتابع لعمليات التفرع إنطلاقا من المستوى 0 للبنود المنحدرة من برامج إنتاج المنتجات النهائية في قائمة المواد، ثم تستمر إلى أسفل كل المستويات المتعاقبة. ويحدد منطق التخطيط متى تكون هناك حاجة إلى عناصر أو مكونات ثم يعمل إلى الخلف (إزاحة إلى الوراء) لتحديد التاريخ الملائم لوضع أوامر الإنتاج أو الشراء.وتتمثل الخطوات المنطقية التي تستخدم في منطق المعالجة لنظام MRP في مكونات نموذج العمل المسمى بمصفوفة تخطيط المتطلبات المادية MRP Matrix لغرض تسجيل نتائج حسابات كل مرحلة، والتي هي:

1.2. الإحتياجات الإجمالية

يتم حساب الإحتياجات الإجمالية من المكونات والتجميعات الفرعية والمواد إنطلاقا من جدول الإنتاج الرئيسي وقائمة المواد، وتكون الحسابات متتالية في شكل خوارزمية متسلسلة بحيث يتم تحديد

الإحتياجات من كل مكوَّن Composé ثم تشتق من هذا الأخير الإحتياجات الإجمالية من المكونات Composants التي تدخل في تصنيعه من كل بند على حدة، وذلك بغض النظر عن المخزون المتاح أو الطلبيات المخطط إستلامها، كما يجب تحديد تواريخ الحصول على البنود أو الإنتهاء من إنتاجها وتوفرها للإنطلاق في المرحلة الإنتاجية اللاحقة وذلك بالإعتماد على أوقات الإنتظار الخاصة بإستلام الطلبيات أو الإنتهاء من المرحلة الإنتاجية.[3] ويتم حساب الإحتياجات الإجمالية لكل مكون والتي نعرضها في مستويين إثنين من BOM كما يلي:[4]

الإحتياجات الإجمالية من A= عدد الوحدات المنتجة A× كمية المدخلات B اللازمة لإنتاج وحدة من A.

الإحتياجات الإجمالية من B= عدد الوحدات المنتجة B× كمية المدخلات C اللازمة لإنتاج وحدة من B.

2.2. الإحتياجات الصافية

تمثل الإحتياجات الصافية ما يجب إنتاجه أو شراؤه فعلا، بحيث يتم إشتقاقها من الإحتياجات الإجمالية وذلك بعد أخذ بعين الإعتبار الكميات المتاحة أو الطلبيات المجدول إستلامها التي يتم الحصول على معلوماتها من ملف حالة المخزون، ويتم حساب الإحتياجات الصافية لكل فترة من المقرر أن يتم إطلاق الأوامر فيها، كما يؤخذ بعين الإعتبار مخزون الأمان الذي يجب إضافته للإحتياجات الصافية من أجل الحفاظ عليه بصفة مستمرة.[5] ويتم حسابها بالنسبة لكل بند من البنود وفي كل مستوى من قائمة المواد حسب العلاقة التالية:

صافي الإحتياجات للفترة الحالية = (الإحتياجات الإجمالية للفترة الحالية + مخزون الأمان) – (المخزون المتاح من الفترة السابقة + مخزون الطلبيات المجدول إستلامها للفترة الحالية).

ويتم حساب الإحتياجات الصافية بالنسبة لكل بند من بنود قائمة المواد وفق خوارزمية من المعادلات كما في حساب الإحتياجات الإجمالية، بحيث يكون عدد معادلاتهما متساوي. كما يتم أخذ بعين الإعتبار أوقات الإنتظار المطلوبة والتي تنقسم إلى نوعين، أوقات الإنتظار الخاصة بالإنتاج والتي تشمل الوقت اللازم لبدء المعالجة، وقت الإعداد، وقت التشغيل والأوقات التي تكون بين العمليات...الخ، وأوقات الإنتظار الخاصة بالشراء وتشمل زمن معالجة الطلبية، أزمنة النقل وأزمنة الإستلام والتفتيش.

3.2. رصيد المخزون المتاح المخطط

يمثل المخزون المتاح المخطط تقدير مستوى المخزون الذي سيكون متوفر في كل فترة زمنية بعد أن يتم إستيفاء الإحتياجات الإجمالية. ويتم حسابه في نهاية كل فترة بإستعمال الصيغة التالية:[6]

المخزون المتاح المخطط في نهاية الفترة t= رصيد المخزون المتاح في نهاية الفترة t–1 + المدخلات المخططة في الفترة t – الإحتياجات الإجمالية للفترة t.

ويشمل المخزون المتاح مخزون الأمان زائد الكمية الفائضة عنه، وينتج عادة عن صيغة الإنتاج بالدفعات بالنسبة للمنتجات النهائية والمكونات التي يتم إنتاجها داخل المؤسسة أو التموين عن طريق الكميات الإقتصادية الثابتة بالنسبة للمواد والمكونات التي يتم شراؤها من موردي المؤسسة.

المحور الثاني: نظرية القيود Theory Of Constraints

لقد جاءت نظرية القيود TOC كرد فعل على النظام الياباني لإدارة الإنتاج JIT، وذلك من أجل حل مشاكل الإنتاج الأمريكية ومحالة اللحاق باليابان التي أصبحت منتجاتها ذات قدرة تنافسية حتى داخل الولايات المتحدة نفسها.

1. تعريف نظرية القيود TOC

يعرف Goldratt نظرية القيود بأنها فلسفة الإدارة التي تحدد وترفع من مستوى القيود أو الإختناقات خلال مختلف مراحل العملية الإنتاجية من أجل تحقيق أقصى قدر من الربحية للشركة.[7]

ويعرفها Slack et al على أنها فلسفة إدارة العمليات التي تركز الإهتمام على قيود الطاقات أو أجزاء عنق الزجاجة من عملية ما، وذلك بإستخدام البرمجية المعروفة بإسم تكنولوجيا الإنتاج الأمثل OPT(Optimized Production Technology).[8]

2. خطوات نظرية القيود

إن تحديد محطات الإختناقات في نظرية القيود ليس هدفا نهائيا بل أداة للتحسين حتى تحل محل الأنظمة الإدارية التقليدية، وتعظيم التدفق من خلال النظام بأكمله بدلا من تعظيم الإنتاج في كل عملية بصفة منفصلة عن العمليات الأخرى، ومن أجل ذلك تتبع TOC المراحل التالية:[9]

- تحديد القيود، سواء أكانت بشرية، مادية أو فنية؛
- إستغلال القيود بأقصى مستوى ممكن؛
- إخضاع كل مناصب العمل للإختناق والتركيز عليه؛
- تحديد كيفية التغلب على الإختناق وإزالته؛
- تكرار العمليات السابقة على الإختناق الذي يليه.

3. معالجة الإختناقات في نظرية القيود

تسعى نظرية القيود بصفة أساسية إلى توجيه الأنظار نحو التمييز بين الإختناق واللاإختناق، ومن ثم معالجة محطة عنق الزجاجة وإستغلالها إستغلالا أمثل وتحسين طاقتها الإنتاجية، ويمثل الإختناق محطة العمل الأبطأ (أطول مدة زمنية) أو الأقل مخرجات في فترة زمنية محددة مقارنة مع باقي المحطات، وتنشأ عن عدم معالجة الإختناقات عدة آثار منها:[10]

- إذا لم تراقب العملية الأولى –التي تسبق عملية الإختناق– فإن المخزون سوف يتراكم بين العمليتين 1 و2 بمعدل الفارق بينهما، لأن العملية الأولى تنتج بطاقة أكبرمن العملية 2؛
- إذا زيدت طاقة العملية 2 بوحدة واحدة (من خلال وقت إضافي أو آلات جديدة) فإن مخرجات النظام بأكمله سوف تزيد بوحدة واحدة، وينتج عن ذلك زيادة في الربح مساوية لمساهمة المنتج كله. وبالعكس، فإنه ينتج عن الخسارة في طاقة العملية الثانية نقص في الربح يكون مساو لمساهمة المنتج كله؛
- إن زيادة معينة في عدد مرات الإعداد للعمليات 1 و3 إلى المستوى الذي تصبح فيه هذه العمليات إختناقات لا ينتج عنه تكاليف تفاضلية للشركة، ولهذا فإن عدد مرات إعداد أقل ودفعات أكبر من أجل عمليات الإختناق وعدد مرات إعداد أكثر تكرارا ودفعات أقل لعمليات بلا إختناق عادة ما تعطي عائدا أكبر.

وعليه فإن نظرية القيود تعمل على تحديد الإختناقات وجدولة عمليات الصيانة والإعداد وتحديد حجم التدفقات بما يحسن من أداء النظام الإنتاجي، والعمل على رفع مستوى النشاط لعمليات الإختناق ومعالجتها، وذلك وفق الخطوات التالية:[11]

1) إستخدام مدخل الجدولة إلى الأمام في مورد الإختناق ومدخل الجدولة من الخلف في مورد اللاإختناق، بحيث لا تكون مواعيد الإنطلاق في الإنتاج متزامنة بل يتم تقديمها بالنسبة لعملية الإختناق؛

2) إستخدام أوقات إنتظار متغيرة، من خلال إستخدام وجبات إنتاج كبيرة عند مورد الإختناق ووجبات إنتاج صغيرة عند مورد اللاإختناق، وإستخدام الوقت المتبقي في مورد اللاإختناق في وجبات أخرى؛

3) تكون وجبة التشغيل ووجبة النقل متباينتين، حيث أن وجود إختناق في إحدى العمليات يجعل وجبة التشغيل ووجبة النقل غير متساويتين في جميع العمليات، بل يجب عدم إنتظار وجبة التشغيل بالكامل وإعتماد وجبات متغيرة وبكميات صغيرة ومتكررة؛

4) تحسين وقت التشغيل عند مورد الإختناق، وذلك بتقليص وقت وعدد مرات الإعداد، تحسين كفاءة العامل وصيانة فعالة ووقائية لإبقاء مورد الإختناق في حالة تشغيل كامل؛

5) إدارة مخزون الأمان بالنسبة للمكونات والقطع والأجزاء التي ينتجها مورد الإختناق لإستعمالها في الحالات الحرجة، وضمان سير النظام الإنتاجي في الحالات الطارئة.

المحور الثالث: تصميم خوارزمية نظام متكامل بين MRP وTOC

تسعى البحوث والدراسات حاليا في حقل إدارة الإنتاج والعمليات إلى تصميم نظام كامل perfect يقضي على نقائص الأنظمة التقليدية ويستفيد من مزايا كل منها، وتنطلق من فكرة أن النظام الجديد يتحقق من خلال المقاربة المتكاملة لهذه الأنظمة مجتمعة.

1. مقارنة نظام MRP مع TOC

تهدف مقارنة نظام MRP وTOC إلى الكشف عن نقاط التشابه والإختلاف، وكذا المجالات التي تكون فيها مزايا لنظام على حساب الآخر، وذلك من أجل تحديد إمكانات المكاملة فيما بينهما وتحقيق أقصى إستفادة منهما مجتمعين. ويمكن المقارنة بينهما كما يبينه الجدول التالي:

جدول رقم 01: مقارنة نظام MRP مع TOC

معايير المقارنة	M R P	T O C
جدول الإنتاج الرئيسي (MPS)	يتم تطوير MPS بإستخدام ترتيب المراحل الزمنية للقيام بإصدار الأوامر المخطط:	يتم تطوير MPS عن طريق ترتيب نسب هامش المساهمة في مدة معالجة المنتج على مستوى مورد الإختنا ق
الإنطلاق في الإنتاج	يتم إطلاقها بواسطة جداول MRP في المرحلة الأولى ثم إستخدام الدفع لكل النظام	يتم إطلاقها بواسطة جداول MRP في المرحلة الأولى ثم إستخدام الدفع لكل النظام
دفعات الإنتاج والنقل	حجم دفعة كبير (عادة دفعة بدفعة)	دفعات كبيرة في الإختناقات ودفعات صغيرة في اللاإختناقات
المخزون الجاري (المؤقت)	يكون فيما بين العمليات المتعاقبة	يتم الإحتفاظ بمخزونات إحتياطية أمام موارد الإختناقات
أوقات الإنتظار (مهلة) للإنتاج	يطلب أوقات إنتظار أطول للتغلب على إفتراض لا محدودية الطاقة، مع دفعات نقل وإنتاج أكبر	أوقات إنتظار أقصر بسبب إفتراض محدودية الطاقة، مع دفعات نقل وإنتاج أق ل

Source: Bih-Ru Lea, "Management Accounting in ERP Integrated MRP and TOC Environments", **Industrial Management & Data Systems**, No. 08, Vol. 107, 2007, PP 1188-1211.

نلاحظ من الجدول أعلاه أن المقارنة تمت على مستوى الجدولة والتي تمثل أقصر مدة وآخر مرحلة في عملية التخطيط، على إعتبار أنها نقطة التقاطع بين نظامي MRPوTOC، وتبين المقارنة أن TOC أكثر واقعية من MRP بإفتراضها محدودية الطاقة وإهتمامها بمناصب الإختناق، وبالتالي فإنها تستطيع تخفيض مستوى المخزونات الجارية وإحداث التنسيق أكثر بين محطات العمل. كما أن نظام MRP أشمل من نظرية القيود ويشمل مستويات تخطيط أطول تقع خارج مجال إهتمامها، ولهذا فإن الفرضية المشتركة التي تنطلق منها جل الدراسات في هذا المجال ترتكز على أن نظرية القيود تمثل أداة لتحسين أداء نظام MRP.[12]

2. مراحل دمج نظامي MRP وTOC

تنتج المؤسسة الصناعية في الغالب عدة منتجات على نفس الخط الإنتاجي (سيرورة التصنيع)، وقد تتطلب بعض المنتجات كلا من العمليات المتسلسلة والعمليات المتقاربة على حد سواء، وهي الميزة الخاصة بورشات التجميع، كما يتطلب البعض الآخر من المنتجات عمليات متسلسلة فقط. ومهما كان نوع العمليات، فإن عملية التخطيط تهدف إلى تحديد نوع المنتج المطلوب وكميته وتاريخ إستحقاقه. ولتحديد آلية شاملة لدمج نظامي MRP وTOC فقد حدد لها Wuttipornpun وYenradee سبعة مراحل، وهي المراحل التي نعتمدها كقاعدة لتصميم الخوارزمية في بحثنا هذا، ويمكن توضيح هذه المراحل كما يلي:[13]

- **المرحلة رقم 01**: إعداد خطط الإنتاج والشراء بإستعمال نظام MRP ذو أوقات إنتظار متغيرة، والهدف من هذه المرحلة هو تحويل طلبيات المنتج النهائي إلى العمليات التصنيعية المطلوبة وتحديد تواريخ الإنطلاق والإستحقاق لكل العمليات؛
- **المرحلة 02**: جدولة العمليات في تاريخ إستحقاقها على مراكز العمل ذات الأولوية الأولى، والهدف من هذه المرحلة هو التحقق من مشاكل الطاقة لمراكز العمل وفقا للأولويات؛
- **المرحلة 03**: تخصيص عمليات إضافية إلى مراكز العمل ذات الأولوية الثانية، ويتم هنا تعديل الجداول الزمنية عن طريق تحريك بعض العمليات من مراكز العمل ذات الأولوية الأولى إلى مراكز العمل ذات الأولوية الثانية، وذلك للحد من مشاكل الطاقة؛

➢ **المرحلة 04**: تحديد تسلسل الأوامر عن طريق قاعدة إرسال البيانات ومراقبة مدى توفر الطاقة، بحيث يتم تحديد تسلسل العمليات على أساس أولوية طلبيات الزبائن. ويتم الإعتماد في تحديد هذا التسلسل سواء على قاعدة أقرب تاريخ إستحقاق أو قاعدة أقصر فترة معالجة إجمالية؛

➢ **المرحلة 05**: ضبط توقيت العمليات عن طريق تطبيق إتجاهات الجدولة، بحيث تحاول هذه المرحلة القضاء على مشكلات الطاقة نهائيا وذلك بنقل بعض العمليات يمينا أو يسارا، دون تغيير تسلسلها على مراكز العمل؛

➢ **المرحلة 06**: مراجعة توقيت العمليات التي تمثل لاإختناقات وذلك على أساس توقيت العمليات التي تمثل الإختناقات، بحيث تهدف هذه الخطوة إلى التأكد من عدم وجود تناقض بين مراكز العمل ومعالجته إن لزم الأمر؛

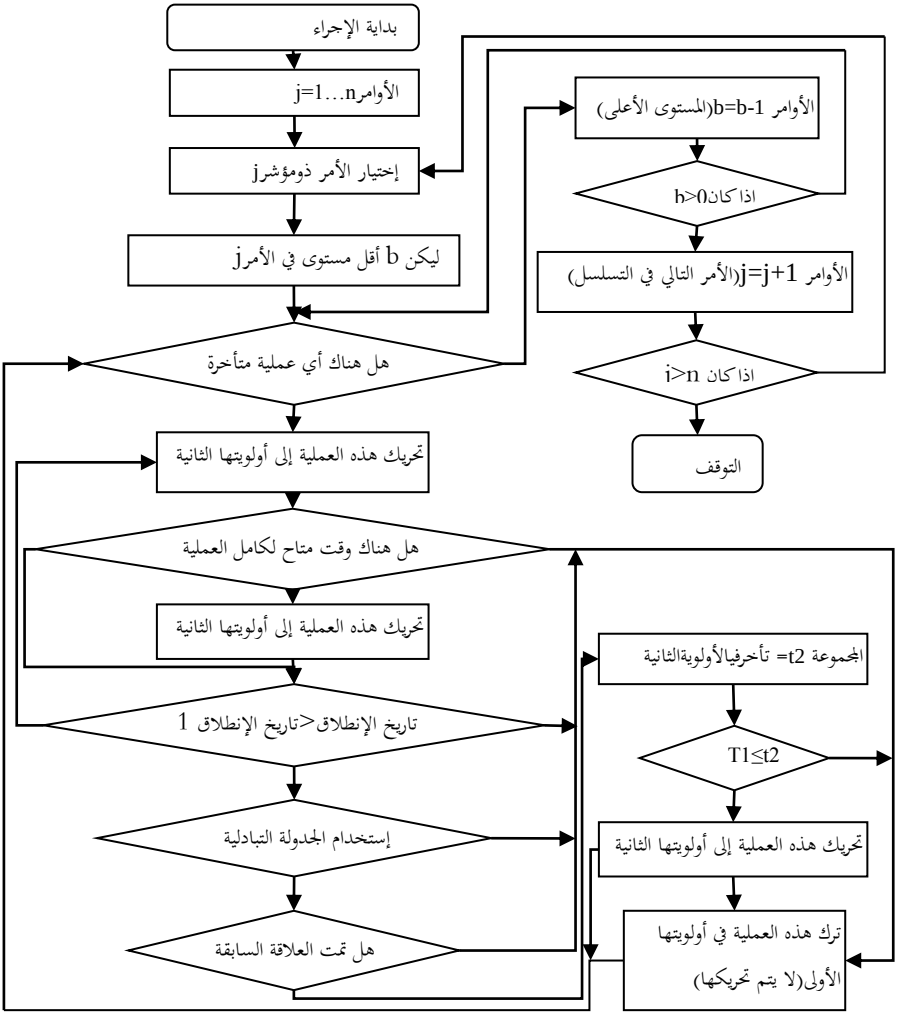
➢ **المرحلة رقم 07**: مراجعة إصدار الطلبية ووقت إستحقاقها، وذلك من أجل تخفيض تأخرات النظام وتفادي إستباق المواعيد، وهذا بعدما يتم القضاء على التناقضات في الخطوة السابقة، ثم القضاء نهائيا على آثارها وهذا خدمة لمبدأ "في الوقت المناسب".

يكون المبدأ العام لدمج نظامي MRP وTOC هو التركز على عملية مراقبة التدفقات وتنظيمها، تبعا لمستوى أداء أعناق الزجاجات ووتيرة تدفق المخزونات فيما بين مراكز العمل.

3. تصميم خوارزمية حاسوب:

تتطلب عملية تصميم الخوارزمية إعتماد هيكل بياني يحدد خطوات الخوارزمية، والعبارات الشرطية اللازمة لتعديل الطاقات في مراكز العمل وفق تسلسلها وعلاقاتها مع بعضها، كما يلي:

الشكل رقم01: الهيكل البياني لخوارزمية إدماج MRP وTOC



Source: Teeradej Wuttipornpun & Pisal Yenradee, "Finite Capacity Material Requirement Planning System for Assembly Flow Shop whith Alternative Work Centers", **Int. J. Industrial and Systems Engineering**, No. 01, Vol. 18, 2014, PP 95-114.

بالإعتماد على الهيكل البياني السابق فإننا سنصمم الخوارزمية الخاصة بحساب الإحتياجات وجدولة العمليات الإنتاجية في حالة الطاقة الإنتاجية المحدودة والتي يتم تنسيقها وتعديلها بمساعدة نظرية القيود، وذلك كما يلي:

```
/* Algorithme MRP_TOC */
###
### Calcul besoins net
###
main() {
for(k=1;k<=d;k++) {
q=1;
for(m=1;m<j;m++) {
if(k==p[m]) {
q=0;
break;
}
if(q==0)
continue;
else {
if(info[0].n_l_item==0) {
info[0].o_quantity[k]=g[k]-info[0].i_level;
if(info[0].o_quantity[k]<=0) {
info[0].o_quantity[k]=0;
info[0].i_level=info[0].i_level-g[k];
}}
else if(info[0].o_quantity[k]<=info[0].l_size &&
info[0].l_size==32000)
info[0].i_level=0;
else {
for(i=1;i<a;i++) {
for(x=0;x<a;x++) {
if(info[i].u_id==info[x].id) {
for(q=k+1;q<=d;q++) {
info[i].o_release[q]=info[x].o_release[q] -
info[i].l_time;
info[i].o_quantity[q]=info[x].o_quantity[q]*info[i].item_n
info[i].t_i_level[q-1];
if(info[i].o_quantity[q]<=0) {
info[i].o_quantity[q]=0;
info[i].t_i_level[q]=info[i].t_i_level[q-1]-
info[x].o_quantity[q]*info[i].item_n;
for(y=1;y<a;y++) {
if(y==i)
} } }
else {
info[0].o_quantity[k]=g[k]-info[0].i_level;
if(info[0].o_quantity[k]<=0) {
info[0].o_quantity[k]=0;
info[0].i_level=info[0].i_level-g[k];
}
else
info[0].i_level=0;
} } }}
Return 0;}
```

المحور الرابع: الجانب التطبيقي للدراسة

1. عينة وأدوات الدراسة

من أجل القيام بالجانب التطبيقي لهذه الدراسة فقد حصرناها في منتج القاطع التفاضلي، وذلك لأنه المنتج الذي تبيعه المؤسسة في السوق لأي زبون يطلبه، عكس العدادات وأجهزة توزيع الوقود التي تبيعها لمؤسستين فقط حسب طلبيات محددة وبالتالي فإن تنظيمها الإنتاجي يتطلب من الأحسن تطبيق نظام الإنتاج في الوقت المحدد. ومن أجل إجراء الحسابات وتنظيم الإنتاج وفق النظام الهجين فقد اعتمدنا على وثائق المؤسسة والزيارات والمقابلات مع مسؤولي الوظيفة الفنية بها. وتتمثل هذه الوثائق أساسا في برنامج المبيعات المتوقعة، تسمية المنتج (قائمة مكوناته)، وضعية المخزون للمنتج النهائي والمكونات، مراحل العملية الإنتاجية والطاقة الإنتاجية لكل مرحلة. أما تطبيق الإعلام الآلي في تخطيط الإنتاج فقد اعتمدنا على برنامج R، وذلك للمزايا التي يتمتع بها باعتباره برنامجا مفتوحا ومتاح بالمجان(Open Source)، وقابل للبرمجة بلغة C.

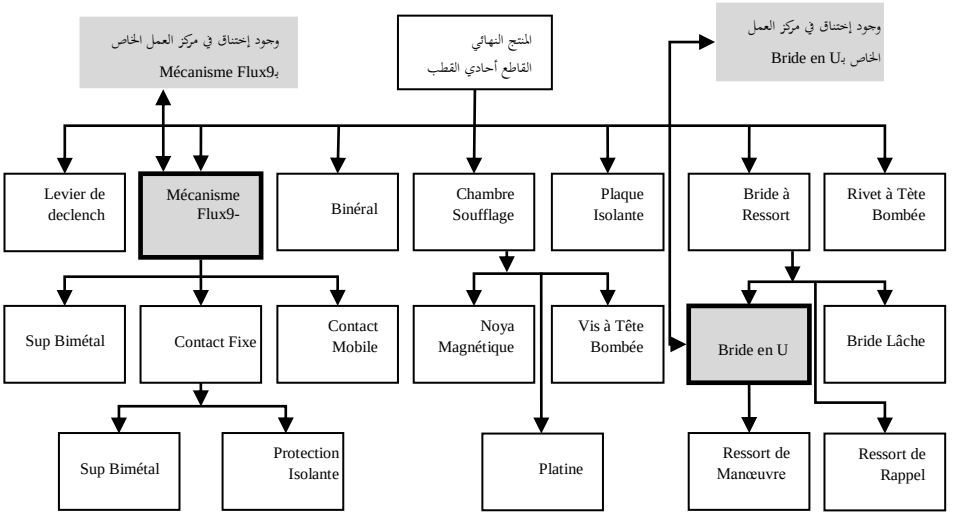
2. تطبيق نظام الإنتاج المتكامل على عمليات تصنيع القواطع التفاضلية

بالإعتماد على المعطيات المطلوبة لتطبيق البرنامج المتكامل لإدارة الإنتاج والذي يمزج بين نظامي MRP وTOC، وهي المعطيات التي تم الحصول عليها من الوظيفة الفنية للمؤسسة. فقد تمت الدراسة وفق المراحل التالية:

1.2. تحديد الإختناقات في العمليات الإنتاجية للقاطع التفاضلي

في صناعة القاطع التفاضلي يوجد منصبين للعمل يمثلان الإختناقات وهما منصب إتمام Mécanisme Fluxومنصب إنتاج Bride en U، كما هو موضح في الشكل التالي:

الشكل رقم 02: تعديل مواعيد إطلاق الأوامر على أساس الإختناقات



المصدر: من إعداد الباحثان بالإعتماد على بيانات المؤسسة.

في هذه العملية الإنتاجية يقدر الإختناق في عملية إنتاج Bride en Uبأسبوع واحد وعملية إنتاج Mécanisme Flux9بأسبوعين إثنين. وبالتالي فإنه يتم تعديل تواريخهما لموازنة الطاقات كما يلي:

الجدول رقم 02: تعديل مواعيد الإنطلاق في الإنتاج والإستحقاق

المنتج / التوابع	تاريخ الإستحقاق	تاريخ الإنطلاق	تاريخ الإستحقاق الجديد	تاريخ الإنطلاق الجديد
Mécanisme Flux9	الأسبوع 6	الأسبوع 3	الأسبوع 4	الأسبوع 1
Bride en U	الأسبوع 5	الأسبوع 4	الأسبوع 4	الأسبوع 3
المنتج النهائي	الأسبوع 8	الأسبوع 5	الأسبوع 9	الأسبوع 6

المصدر: من إعداد الباحثان.

2.2. حساب الإحتياجات الصافية

يتم حساب الإحتياجات الصافية إنطلاقا من الإحتياجات الإجمالية ومستوى المخزون المتوفر في كل فترة (بالأسابيع)، وتخص الإحتياجات الصافية المنتج النهائي ومراكز الإختناق وهذا بهدف

حساب المواعيد والمخزون الجديدة بعد تعديل البرنامج. وبإستعمال الخوارزمية السابقة فقد أعطت النتائج التالية:

الجدول رقم 03: الإحتياجات الصافية ومواعيدها في مراكز الإختناقات

ئي ا ه ا ن ل ا ج ة ن ل م ا												
week	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]
[gros.req]	0	0	0	0	10750	10750	10750	10750	10750	10750	10750	10750
[aval.inv]	0	0	0	0	250	500	750	0	250	500	750	0
[net.req]	0	0	0	0	10750	10500	10250	10000	10750	10500	10250	10000
[cal.rel]	0	0	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	0	0
M é c a n i s m e F l u x 9												
weeks	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]
[gros.req]	0	0	0	0	21500	21500	21500	21500	21500	21500	21500	21500
[aval.inv]	0	0	0	0	500	0	500	0	500	0	500	0
[net.req]	0	0	0	0	21500	21000	21500	21000	21500	21000	21500	21000
[cal.rel]	0	21000	22000	21000	22000	21000	22000	21000	0	0	0	0
B r i d e e n U												
Weeks	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]
[gros.req]	0	0	21500	32250	32250	32250	32250	32250	32250	32250	32250	32250
[aval.inv]	0	0	500	250	0	750	500	250	0	750	500	250
[net.req]	0	0	21500	32250	32250	32250	32250	32250	32250	32250	0	0
[cal.rel]	22000	32000	33000	32000	32000	32000	33000	32000	0	0	0	0

المصدر: من إعداد الباحثان.

تبين الجداول السابقة (بالإضافة إلى حجم الدفعات) إزاحة مواعيد إطلاق الأوامر وذلك حسب منصب الإختناق، بحيث تمت الإزاحة بأسبوع وأسبوعين على التوالي، وهذا من أجل تخفيض مدة إنتظار المخزون الوسيط لإستعماله وتخفيض الطاقة الضائعة في مناصب اللاإختناق. كما أن توقيت الإنتهاء من العمليات على نفس المستوى من قائمة المواد يكون متزامنا، وهذا ما يسمح بتفادي التأخيرات أو فترات الإنتظار الإضافية.

الخاتمة:

من خلال هذه الدراسة، يمكن إستنتاج مجموعة من النتائج التي تم التوصل إليها، وذلك كما يلي:

- يتطلب تخطيط الإنتاج إستخدام برمجيات الحاسوب من أجل القدرة على معالجة البيانات المتنوعة والمتعددة والمعقدة، بأقل وقت وجهد ممكنين وبالسرعة المطلوبة، ويستحسن تصميم برمجيات داخلية خاصة بالمؤسسة لكي تتلاءم مع خصائصها وتلبي إحتياجاتها بأكبر كفاءة ممكنة.
- إن الإعتماد على الأنظمة المتكاملة لإدارة الإنتاج بين نظامي MRP وTOC يساهم في الإستغلال الأمثل للطاقات وتفادي عدم تعطيلها في بعض مناصب العمل مما يحسن من الإنتاجية ويخفض الإستثمار في المخزونات؛
- تعتبر المقاربة المتكاملة لأنظمة إدارة الإنتاج هي الخيار الأمثل لحل المشاكل التي تعاني منها المؤسسات الصناعية، والأداة الفعالة لتعزيز القدرة التنافسية عن طريق تخفيض التكاليف وإحترام الآجال وتحقيق سرعة ردة الفعل.

كما يمكن عرض بعض التوصيات، والتي نراها تمثل حلولا للمؤسسات الجزائرية من أجل تحسين أداءها، وهي:

- إجراء تحسينات على النظام الإنتاجي وتكوين الموارد البشرية وتأهيلها لتطبيق وتقبل الأساليب الإدارية الحديثة لإدارة الإنتاج والعمليات؛
- الإستعانة بالخبراء والمختصين لمرافقة إطارات المؤسسة لتطبيق أنظمة إدارة الإنتاج الحديثة ونقل التقنيات الخاصة بها عمليا؛
- إنشاء نظام معلومات شامل للمؤسسة ومحوسب، وتحيينه بصفة دورية،
- إستخدام الأساليب الكمية في الرفع من كفاءة النظام المتكامل وحل المشاكل المعقدة التي تصادفه.

الهوامش والإحالات:

[1]. Joseph A. Orlicky, "Net Change Material Requirements Planning," **IBM Systems Journal**, **No. 1**, **Vol. 12**, (1973), pp. 2-29.

[2]. John H. Blackstone, **APICS Dictionary: The Essential Supply Chain Reference**, 14th Edition, APICS, Chicago, 2013, P 99.

[3]. IBID., P. 103.

[4]. Donald Waters, **Inventory Control and Management,** 2nd Edition, West Sussex, England, John Wiley & Sons, 2003, P. 312.

[5]. L. Brennan & S. M. Gupta, "A Structured Analysis of Material Requirements Planning Systems Under Combined Demand and Supply Uncertainty," **International Journal of Production Research, No. 07, Vol. 31, (1993),** PP. 1689-1707.

[6]. Lee J. Krajewski et al, **Operations Management: processes and supply chains**, 10th edition, Pearson, London, 2013, P. 570.

[7]. Elyahu M. Goldratt & Jeff Cox, The Goal, 3rd Editin, North River Press, Massachusetts, 2008, 340.

[8]. Nigel Slack et al, **Operations Management**, 7th Edition, Pearson, London, 2013, P 711.

[9]. William J. Stevenson, **Operations Management**, 12th Edition, McGraw-Hill Education, New York, 2015, P 711.

[10]. ألوود أس. بيفا وراكش كي. سارن، **إدارة الإنتاج والعمليات – مدخل حديث–**، ترجمة: محمد محمود الشواربي، دار المريخ، الرياض، 1990، ص 220.

[11]. Jay Heizer et al, **Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management**, 12th Edition, Pearson, New York, 2017, P 317.

[12]. Bih-Ru Lea, "Management Accounting in ERP Integrated MRP and TOC Environments", **Industrial Management & Data Systems**, No. 08, Vol. 107, 2007, PP 1188-1211.

[13]. T. Wuttipornpun & P. Yenradee, "Performance of TOC Based Finite Capacity Material Requirement Planning System for a Multi-Stage Assembly Factory", **Production Planning and Control**, No. 08, Vol. 18, December 2007, PP 703-715.