تـنـمية الرافديـن 84 (28) 2006
ص ص [149–169]

POLCA نظام للتخطيط والسيطرة على المواد لحجم دفعة صغيرة على وفق الإيصاء
دراسة حالة في الشركة الوطنية لصناعة الأثاث المنزلي

الدكتورة عقيلة مصطفى الأتروشي
أستاذ مساعد
المعهد التقني الموصل

المستخلص

ينطلق البحث من مشكلة أساسية تتمحور حول عدم قابلية نظام السحب Pull System للعمل في بيئات التصنيع ذات المنافسة الشديدة والتنويع العالي والاستجابة السريعة للاحتياجات الفردية للزبائن. وبغية توفير آلية تتلاءم مع أسواق القرن الواحد والعشرين يتناول البحث فلسفة ابتكرها مصممو نظام QRM يطلق عليها POLCA تجمع في خصائصها بين نظام السحب ونظام الدفع وتهدف الى التخفيض وبنسبة كبيرة في المهل الزمنية.

هذا ويهدف البحث الى متابعة مفهوم وآلية POLCA مع الاشارة الى أوجه التشابه والاختلاف بينها وبين نظام Kanban، اذ يتضمن البحث دراسة حالة لتصنيع منتوج جديد على وفق الايصاء ولحجم دفعة صغيرة في اطار منطق المعالجة لنظام POLCA. ويقترح البحث خوارزمية توضح آلية لاصدار أوامر العمل داخل الخلية لتحقيق انسياب كفء بين الخليتين ضمن الحلقة. هذا وتؤكد نتائج البحث أن آلية عمل بطاقة POLCA تحقق وعلى نحو كبير توازناً تاماً في انسياب المواد خلال المسار التكنولوجي للمنتوج، فضلاً عن تدنية الخزين المتراكم امام الخلايا، وهذا بدون شك يسهم في تخفيض المهل الزمنية للمنتوج. وكذلك فان تبني بطاقة الامان يعد إجراء سريعاً لمعالجة المشكلات فضلاً عن أنها دافع فعال لإجراء التحسينات المستمرة.

ويتميز البحث الحالي عن الدراسات السابقة لكونه الاول من نوعه في اقتراح خوارزمية، تعتمد على قواعد الاسبقيات لاصدار الاوامر داخل الخلية وتحقيق الانسياب الكفء للمواد والاجزاء بين الخليتين وخلال المسار التكنولوجي للمنتوج.

تاريخ التسلم 2006/2/5_____ تاريخ قبول النشر 2006/4/26

POLCA – A CAED BASED MATERIAL CONTROL SYSTEM FOR LOW VOLUME AND CUSTOM PRODUCTS A CASE STUDY IN FURNITURE MANUFACTURING

Aqeelah M. Al- Atroshi
Assistant Professor

ABSTRACT

The current research tackles a new philosophy of planning and control of resources and parts in the production process according to customization and small load size. Manufacturing systems designers by Quick Response Manufacturing (**QRM**) have devised a card that contains the characteristics of both the pulling and pushing system to find a solution to the flow of materials in a mechanism that achieves work in process reduction in addition to a high percentage reduction in lead time.

The research also contains a follow up of the concept and mechanism of Polca with a reference to the ways of similarities and differences between them and the Kanban system, for the system also contains a case study of producing a new product according to Customization and small lot size within the framework of the Polca system procession logic.

The research suggests an algorithm for issuing dispatching orders inside the cell to achieve an efficient flow between the two cells in the Polca loop.

The results of research conforming that the polca card mechanisms achieve a powerful balance of materials follow through the product routing, in addition to the avoidance of accumulating the working process in front of cells. For that it has a good roll of reducing lead time.

المقدمة

مع بدء القرن الواحد والعشرين ظهرت فلسفة إنتاج جديدة يطلق عليها التصنيع بالاستجابة السريعة Quick Response Manufacturing QRM تعمل في إطار التصنيع الفعال Agile Factory، وهي أكثر مداخل الإيصاء الواسع Mass Customization توجهاً نحو الزبون. يقوم نظام QRM على هدف أساسي وهو الاستجابة السريعة لاحتياجات الزبائن وتفضيلاتهم وذلك بالتخفيض الصارم للمهل الزمنية من خلال إزالة جميع النشاطات التي لا تضيف القيمة No-Value added إلى العملية الإنتاجية. يستخدم نظام QRM بطاقة POLCA بوصفها نظاماً فرعياً للسيطرة على المواد والأجزاء خلال عمليات الإنتاج وبين الخلايا، في حين يستخدم نظام HL/ MRP للتخطيط والسيطرة في المستويات العليا (Suri, 1998, 8).

ينطلق البحث من **مشكلة أساسية** تتمحور حول عدم قابلية نظام السحب Pull System للعمل في بيئات التصنيع ذات المنافسة الشديدة والتنويع العالي والاستجابة السريعة للاحتياجات الفردية للزبائن. وبغية توفير آلية تتلائم مع أسواق القرن الواحد والعشرين **يتناول البحث فلسفة** ابتكرها مصممو نظام QRM يطلق عليها POLCA، تجمع في خصائصها بين نظام السحب ونظام الدفع .

ينطوي تحليل مشكلة البحث والبديل الاستراتيجي المقترح على **فرضية أساسية** مفادها :

ما مدى إمكانية الاستفادة من نظام POLCA بوصفه خياراً استراتيجياً لتطوير آليات التخطيط والسيطرة على انسياب المواد والمعلومات في ظل المنافسة الشديدة وما يتبعها من ضرورة التكييف مع تقنيات التصنيع الفعالة والاستجابة السريعة للطلبات الفردية والمتنوعة. فيما تتجلى **أهداف البحث في** :

1. متابعة مفهوم POLCA، وآلية عمله في السيطرة لانسياب المواد والأجزاء بين الخلايا.
2. اقتراح إنموذج على وفق منطق المعالجة لنظام POLCA وتطبيقه في إطار دراسة حالة في الشركة الوطنية لصناعة الأثاث المنزلي بعد الأخذ بنظر الاعتبار خصوصية بيئة التصنيع العراقية والظروف الاقتصادية التي يمر بها وتوقعات تغييرها في المستقبل.
3. اقتراح خوارزمية لكيفيات السيطرة على إصدار أوامر العمل بين الخليتين داخل الحلقة الثنائية لتحقيق الانسياب الكفء داخل حلقة POLCA .

ومن المفيد هنا الإشارة إلى أهم **الدراسات السابقة** التي تناولت نظام POLCA:

1. التصنيع بالاستجابة السريعة QRM **استراتيجية تنافسية للقرن الواحد والعشرين بحث مقدم الى ندوة عن تنفيذ تقنية** POLCA **(**Suri ,2002**)**

تعد هذه الدراسة من الدراسات الرائدة في تصميم استراتيجية التصنيع بالاستجابة السريعة، اذ تناولت التحولات الهائلة في بيئة التصنيع التي دفعت الى ابتكار نظام POLCA، وتحديد أهم الفوائد التي يمكن ان تجنيها الشركة الصناعية عند تبني فلسفة QRM حالياً وفي المستقبل. قدمت الدراسة تحليلاً شاملاً للعلاقة بين QRM ونظم التصنيع مثل (TBC, JIT, Lean, MRP, Pull ,Push). وأكدت الدراسة على مجموعة من المتطلبات لتنفيذ QRM في البيئات التصنيعية من أبرزها استخدام تقنية مبتكرة تسمى POLCA للسيطرة على المواد الصناعية خلال عملية الإنتاج لتحقيق أهداف QRM .

2. **كيف نخطط وننفذ POLCA بحث مقدم إلى مركز التصنيع بالاستجابة السريعة** (Suri,2003A)

تمثل هذه الدراسة أول محاولة لتخطيط وتنفيذ نظام البطاقات POLCA في إطار فلسفة QRM، إذ اعتمدت الدراسة على رسم الإجراءات الرئيسة لعملية التنفيذ والتي تبدأ بتقييم يسبق التنفيذ مروراً بتصميم البطاقة، ومن ثم تطبيقها وانتهاءاً بالتقييم ما بعد التنفيذ .

ركزت الدراسة على إجراء مقارنة بين آلية البطاقة مع نظامي السحب والدفع بوصفها نظاماً للسيطرة على المواد، وما الأسباب الحقيقية وراء ابتكار هذه البطاقة. أكدت الدراسة على مجموعة من المتطلبات الضرورية للتطبيق الكفء لبطاقة POLCA وعلى النحو الأتي :

1. يكون الترتيب الداخلي لتسهيلات الإنتاج وفق التنظيم الخلوي .
2. تنفيذ نظام التخطيط للموارد الصناعية في المستويات العليا HL/MRP .
3. تلائم بطاقة POLCA بيئات التصنيع ذات التنويع العالي للسلع المنتجة والطلب عليها بالايصاء .

ويتميز البحث الحالي عن الدراستين المذكورتين آنفاً لكونه الأول من نوعه في اقتراح خوارزمية تعتمد على قواعد الأسبقيات لإصدار الأوامر داخل الخلية وتحقيق الانسياب الكفء للمواد والأجزاء بين الخليتين. إذ اعتمد البحث آلية MRP لإطلاق أوامر العمل متضمناً التقارير الصادرة من نظام HL/MRP وبالتكامل مع بطاقة POLCA، مع الأخذ بخصوصيات التوجهات الجديدة مثل عدم وجود أي مستوى من الخزين تحت الصنع بوصفه احتياطياً بين المراحل.

ويغطي البحث **المحاور الأتية** :

أولاً– نشأة نظام POLCA ومفهومه
ثانياً– أساسيات تصميم نظام POLCA
ثالثاً- أفضليات بطاقة POLCA
رابعاً– تطبيق نظام POLCA
الاستنتاجات والمقترحات
المصادر

أولاً– **نشأة نظام POLCA ومفهومه**

1. نشأة النظام

لقد أصبح للزمن في البيئة المعاصرة أثر بالغ الأهمية في كسب الزبون، من هنا يجب على المصنعين متابعة تطور المنافسة باتجاه تطبيق استراتيجيات على أساس الزمن Time-Based Strategy، لتحقيق مزايا كبيرة متمثلة بسرعة تنفيذ العمليات (Dierdonck, 2000, 433). ومما لاشك فيه أن استراتيجيات التخطيط والسيطرة على الاحتياجات من المواد والأجزاء تصنف إلى نظم الدفع Push System ونظم السحب Pull System، أو نظم تصمم من خلال الدمج بين مزايا النظامين. هذا وترافق فلسفة الدفع نظم التخطيط والسيطرة على المواد الصناعية MRP ، في حين تتعامل نظم السحب مع نظام الإنتاج في الوقت المحدد JIT. ولقد عرف نظام JIT بعد ذلك بنظام الإنتاج الرشيق Lean Production الذي يستخدم نظام السحب Kanban بوصفه عنصراً أساسياً في استراتيجيته. ومن المفيد القول إن المؤيدين لنظام السحب كتبوا الكثير عن صعوبات تطبيق MRP وكيفية تجنب هذه الصعوبات من قبل نظام السحب ومن خلال بطاقة Kanban. وأزاء ذلك دعنا نحلل حالة الخزين في شركة تستخدم فلسفة السحب، وتتسم منتوجاتها بالتنويع العالي وطلب كبير ومتغير، إذ تنتج منتوجاتها على وفق الإيصاء وبدفعات صغيرة. وبطبيعة الحال فإن حالة الإنتاج في الشركة تتطلب الاحتفاظ بحد أدنى من الخزين لمخرجات كل مركز عمل. فعندما يتم الطلب الفعلي على وحدة واحدة من مركز عمل معين، فإنه يتم سحب الخزين

الاحتياطي، وهذا يعد طلباً حقيقياً للبدء بإنتاج وحدة أخرى وإحلالها محل الحاوية التي تم سحبها أي(**أشحن وحدة وأنتج وحدة أخرى**) (Krishnamurthy, 2004, 3-8) .

نستنتج مما سبق أن تبني نظام السحب في هذه الحالة يؤدي إلى (الأتروشي، 1993، 40- 45 ; Suri, 2003A, 2-4) :

1. تراكم خزين كبير أمام مراكز العمل نتيجة للتنويع العالي والطلب الكبير.
2. تعتمد الشركة التصميم حسب طلب الزبون، من هنا لا يمكنها البدء بالتصميم والتصنيع إلا بعد ورود الطلب الفعلي من قبل الزبون. فالشركة لا تزال لديها التنويع العالي في الخيارات ومزيج من المواصفات التي لا يمكنها الاحتفاظ بالخزين لجميع هذه الخيارات في مختلف مراحل الإنتاج.
3. يوصف نظام السحب بأنه مصمم ابتداءً لبيئات تصنيع تنتج منتوجات متكررة وذات طلب ثابت ومستقر. وتستخدم الاستهلاك الحالي من الخزين لتحديد الحاجة المستقبلية من هذا الخزين.

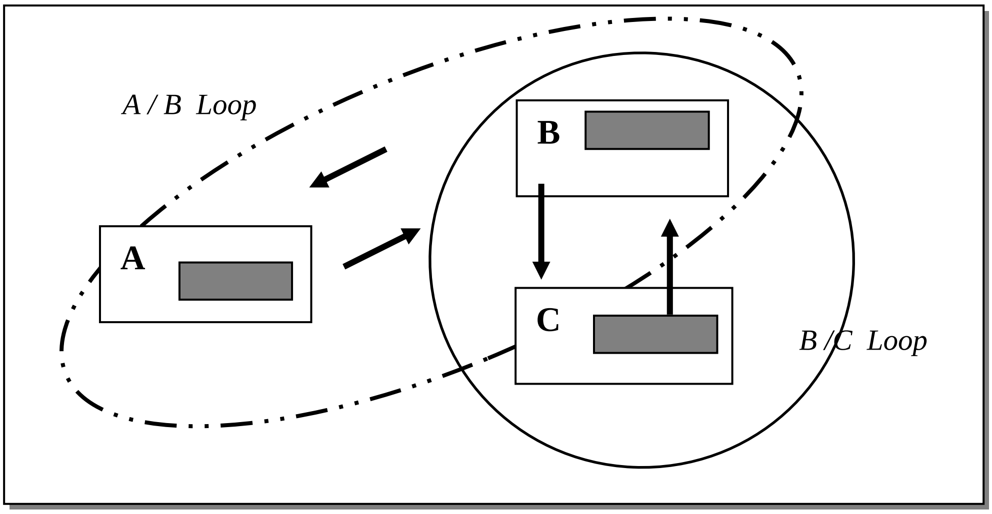
والذي يجب تأكيده في هذا المجال، أن **نظام السحب** لا يستطيع العمل بكفاءة في بيئات **التصنيع ذات المنافسة الشديدة**. إذ تتطلب بيئات التصنيع اليوم من الشركات الصناعية التعامل مع تنويع عالٍ من المنتوجات سواء بتزويد المستهلكين بقائمة كبيرة من الخيارات، أو بوساطة تصميم المنتوجات على وفق الإيصاء للزبائن وبشكل فردي. ومن أجل توفير آلية تتلاءم مع أسواق القرن الواحد والعشرين اقترح مركز التصنيع ذات الاستجابة السريعة جزءاً رئيساً من نظام QRM طريقة جديدة للسيطرة على المواد والأجزاء تربط بين إيجابيات نظامي السحب والدفع تسمى POLCA. (Suri,2005A,3 ; Suri, 2003A, 2).

2. مفهوم نظام POLCA

يوصف POLCA بأنه نظام السيطرة على الاحتياجات من المواد والأجزاء بوصفه مكوناً رئيساً لاستراتيجية QRM. إذ يوفر طريقة كفوءة لدعم كل من عمليات التصنيع، وكذلك السيطرة على المواد في المصانع التي تقوم بإنتاج السلع على وفق الإيصاء (Suri , 2003B, 3). ويشير Frank إلى أن POLCA أسلوباً كفءاً للتخطيط والسيطرة على المواد الصناعية في بيئات التطبيق، إذا توفرت المتطلبات الصحيحة (Frank, 2000, 3). ويمثل POLCA مختصر الجملة : **الحلقات المتداخلة لبطاقات ذات ترخيص لإطلاق الأوامر بين خلايا ثنائية** (**P**aired-Cell **O**verlapping **L**oops of **C**ards with **A**uthorization)، وبغية التعرف على معنى POLCA يعد من الضروري تحليل هذه الجملة (Frank, 2004, 1-7; Suri, 2002, 15: العبادي، 55، 2005-56) :

أ. البطاقات Cards وتمثل العنصر الرئيس في آلية النظام، ترفق بأمر العمل عند الإطلاق وترافقه بين الخلايا.تتسم البطاقة بأنها ذات مواصفات محددة وتتضمن معلومات خاصة بآلية استخدام البطاقة.

ب. الخلايا الثنائية Paired-Cell تستخدم بطاقة POLCA للسيطرة على حركة أمر العمل، ونقل احتياجاته بين خليتين، تبدأ بتحريك العمل من خلية مرسلة Upstream إلى خلية مستلمة Downstream، وهي لا تتعداها إلى غيرها من الخلايا.



الشكل 1

حلقات متداخلة في نظام POLCA

Source: Vandaele, N., and Others ,(2005), E-POLCA to Control Multi Machine Job Shops www.ideas.repec.org/s/ant/wpaper.html].

ت. ذات الحلقات المتداخلة Overlapping Loops نقصد بالحلقة حركة البطاقة مع أمر العمل إلى الخلية B، ومن ثم تعود إلى الخلية A، لتشكل حلقة بين الخليتين A/B، وكما في الشكل 1. هذا وتتشكل الحلقة بين زوج من الخلايا، ولكن المعالجة على أمر العمل يستمر مع بقية الخلايا في المسار التكنولوجي للمنتوج، فمثلاً عند إطلاق الطلبية من الخلية الأولى A إلى الخلية الثانية B تبقى البطاقة مع أمر العمل لحين تكملة الطلبية وانتقاله منB إلى C. من هنا فإن البطاقة A/B قبل الرجوع إلى الخلية A هناك حلقة أخرى تستحدث وهي B/C ذات بطاقة جديدة ترافق أمر العمل، أي إن معظم الخلايا يمكن أن تشترك مع أكثر من حلقة واحدة، وهذا يسمى بالتداخل في الحلقات.

ث. الصلاحيات Authorizations وتختص بإصدار أوامر العمل محدداً فيها وقت البدء بعمليات الإنتاج ، ويستخدم نظام POLCA التخطيط للاحتياجات من المواد الصناعية ولكن للمستويات العليا HL/MRP (High Level Materials Requirements Planning) .

تقوم بطاقة POLCA ومن خلال التكامل مع صلاحيات إطلاق الأوامر بدور كبير في السيطرة على تدفق الأعمال بين الخلايا المختلفة وعلى المسار التكنولوجي، إذ يتم توليد أوقات الترخيص بإطلاق الأوامر وباعتماد نظام HL/MRP الذي يوصف بأنه يعمل بآلية مشابهة لنظام MRP، ولكنه لا يعمل في **المستويات التشغيلية** Operational Levels، فضلاً عن استخدامه **تركيبة فنية مسطحة** Flat BOM.

ثانياً – أساسيات تصميم نظام POLCA

يعمل نظام POLCA وبشكل متزامن مع نظام فرعي لتخطيط الاحتياجات من المواد والأجزاء، ولكن بالتركيز على المستويات العليا HL/MRP. إذ يتم استحداث أوقات الترخيص لإطلاق أوامر العمل، أي متى تبدأ كل خلية بمعالجة الأمر المعين ، إلا أن HL/MRP لا يلزم الخلية ببدء العمل في الوقت المحدد، كما هو الحال في نظام MRP، وذلك لأن منطق المعالجة في نظام POLCA يتطلب توافر شروط أخرى للبدء بتنفيذ أمر العمل والمتمثلة بتوافر البطاقة.

يتضح مما سبق أن فلسفة POLCA ومنطق معالجته لأوامر العمل يبدو على نحو كبير مشابهاً لتلك المعتمدة في نظام Kanban إلا أن هناك اختلافات مهمة تتمثل في (Krishnomurthy,2004,4; Stevenson, 2003,Suri,2005B,26):

1. تستخدم بطاقة POLCA للسيطرة على حركة المواد بين الخلايا وليست داخل الخلية، وأن كل خلية لها الحرية الكاملة لاستخدام **الإجراءات المناسبة** لترتيب أسبقيات التنفيذ لأوامر العمل داخل الخلية.
2. بطاقة POLCA ليست مخصصة لمنتوج معين ولكنها مخصصة لزوج من الخلايا.
3. بطاقة POLCA تبقى مع العمل خلال مساره بين الخليتين، وبعد انتهاء المعالجة في الخليتين تعود البطاقة إلى الخلية الأولى من الخلية الثانية، حتى وإن لم **يكتمل أمر العمل بالكامل** من الخلايا الأخرى على المسار التكنولوجي. بينما تمثل بطاقة Kanban عملياً إصداراً لأمر عمل جديد حالما يتم سحب حاوية.

وفي ضوء ما سبق، يسهم نظام POLCA مساهمة فعالة في تخفيض المهل الزمنية، فالاقتصار على انسياب عدد محدود من البطاقات بين الخليتين يحقق تخفيضاً في أوقات الانتظار التي تمثل الجزء الأكبر من المهلة الزمنية لتصنيع المنتوج.

وبصدد تصميم نظام POLCA نؤشر الخطوات الأتية (Lindsay, 2002, 18; Suri, 2003A, 7-10) :

1. تحديد الحلقات Identifying the POLCA Loops، وذلك من خلال **تحليل المسارات التكنولوجية** ولمختلف السلع المخطط تصنيعها، وعندها يتم التعرف على الحلقات المتناظرة Corresponding Loops. فمثلاً في الشكل 1 يكون لجميع أوامر العمل التي لها المسار المتعاقب $A \rightarrow B \rightarrow C$ الحلقات الآتية: A / B/C B.

2. **حساب أوقات إطلاق أوامر العمل،** تحسب تواريخ إطلاق أوامر العمل في كل خلية، وذلك على أساس تاريخ استحقاق كل أمر، والمهلة الزمنية المخططة له وفي جميع الخلايا على المسار التكنولوجي، وذلك باستخدام منطق HL/MRP، إذ يتم إصدار قائمة بأوامر العمل لكل خلية، وتعد هذه القائمة سجلاً مبسطاً لكل أمر عمل .

3. **تحديد كمية العمل الذي تمثله البطاقة:** يتضح لنا مما سبق، أن البطاقة المرجعة من الخلية الثانية إلى الخلية الأولى تؤشر **الطاقة المتاحة** في الخلية الثانية. والسؤال الذي يطرح نفسه الآن هو:

ما هي كمية الطاقة المخصصة التي تحددها بطاقة POLCA

وهذا أفضل من أن يطرح تساؤل عن ما هي الطاقة المثلى التي يمكن تحديدها من هنا يمكن القول، إن هناك علاقة بين كمية العمل وعدد البطاقات بين الخليتين وذلك من خلال :

أ. إذا كانت كمية أمر العمل كبيرة، فهذا يفرض بالتأكيد عدداً قليلاً من البطاقات في الحلقة بين الخليتين، الأمر الذي ينتج عنه إشارة غير متكررة ومن المحتمل أن تكون البطاقات إجماليةLumpy Cards.

ب. في حين إذا كانت كمية العمل صغيرة جداً فالحالة هذه تتطلب عدداً كبيراً من البطاقات تستخدم بين الخليتين Excessive Cards . لذا فعند تحديد كمية العمل يجب الآخذ بنظر الاعتبار المبادلة بين القرارين المذكورين آنفاً، فضلاً عن حجم دفعة الإنتاج Production Batch في الخليتين وحجم دفعة الانتقال Transfer Batch بين الخلايا.

4. تصميم بطاقة POLCA وتوثيق الإجراءات، تتسم هذه البطاقة بخصائص واضحة، إذ تكون على شكل مربع مقسوم إلى جزئين كل جزء يخصص بلون بارز يمثل خلية واحدة، وتتم كتابة المعلومات الرئيسة على البطاقة وكما في الشكل 2.

بطاقة	***POLCA***
الخلية التي تبدأ بها الحلقة:	الخلية الأولى **A**
الخلية التي تنتهي بها الحلقة:	الخلية الثانية **B**
B	**A /**
رقم تسلسل البطاقة :	

الشكل 2

بطاقة POLCA والمعلومات التي تؤشرها

Source : Suri, R., and Krishnamurthy, A., (2003A), How to Plan Implement POLCA, Center for Quick Manufacturing .

تتضمن بطاقة POLCA معلومات خاصة تستلزم الدقة المتناهية فيها مثل رقم تسلسل البطاقة الذي يساعد في عملية التخطيط للمواد وحفظ تسلسل الأحداث للبطاقة، وتوضع البطاقة في موقع واضح داخل غلاف شفاف ليتسنى رؤيتها بوضوح من قبل العاملين.

5. يتم حساب عدد بطاقات POLCA لكل حلقة باستخدام الصيغة المبسطة الآتية (Lindsay,2002,17) :

$$N_{A/B} = (LT_A + LT_B) * (NUM_{A,B} / D)$$

اذ ان:

LT_A , LT_B : معدل المهل الزمنية المقدرة بالأيام للخليتين A,B

D : طول المدة الزمنية المخططة بالأيام

$NUM_{A,B}$: العدد الإجمالي للأعمال ضمن المسار من الخلية A إلى الخلية B

$N_{A/B}$: عدد البطاقات لحلقة POLCA التي تسير من الخلية A إلى الخلية B

6. تعامل نظام POLCA مع **التوقفات** عند تنفيذ أوامر العمل **بوصفها حافزاً** Incentive لإجراء التحسينات المستمرة في النشاطات وذلك لما لهذه التوقفات من تأثير بالغ الأهمية في كفاءة النظام. فالتوقفات سواء كانت بسبب نفاذ في المواد الأولية والأجزاء، أو بسبب مشكلات الجودة فإنها تؤدي إلى اختلال التوازن في انسياب البطاقات خلال مسار الحلقات.

ولقد تصدى نظام POLCA لهذه المشكلة من خلال ابتكار بطاقة الأمان Safety Card بوصفها معالجة سريعة لمشكلات التوقف، وتتسم بطاقة الأمان بكونها تحمل معلومات بطاقة POLCA نفسها ولكن تظهر بلون مغاير وسهل التمييز بالنظر، وكذلك تتوفر بعدد قليل يبلغ 15% من العدد الإجمالي لبطاقة POLCA.

ترفق بطاقة الأمان مع أمر العمل المنتظر، وتتم إعادة بطاقة POLCA إلى الخلية الأولى من الحلقة بهدف إصدار أمر عمل جديد. وتتميز بطاقة الأمان بالخصائص الآتية:(Suri,2003A,9)

1. تحل محل بطاقة POLCA المتوقفة بسبب النقص في المواد أو ظهور عيوب في الأجزاء المصنعة.
2. عندما تستأنف المعالجة على أمر العمل المتوقف حال استلام مركز العمل لكمية العجز فإن المسؤول عن الجدولة يقوم بسحب بطاقة الأمان وترفع البطاقة بخلاف بطاقة POLCA، أي لا يمكنها العودة إلى الخلية الأولى.

ثالثاً- أفضليات بطاقة POLCA على Pull/Kanban **و** Push/MRP

ومن قراءة منهجية لمفهوم POLCA والمتضمن اعتماده هيكل خلوي لترتيب تسهيلات الإنتاج، يمكننا تأشير أن هناك آثاراً بعيدة المدى لاستخدام الخلايا سواء للشركة الصناعية أو الزبون، وذلك من خلال الفوائد التي تتحقق من الآلية المبسطة الكفوءة لنظام POLCA (Riezebos, 2001, 34-36)، وتنعكس هذه الآثار على خصائص نظام POLCA الذي يجمع بين مزايا نظامي الدفع والسحب، ويجنب في الوقت نفسه المشكلات التي تواجه تطبيق النظامين ووبالشكل الأتي: (Suri, 2003A, 4-6; Suri, 2002; Suri, 2003B, 25-29)

1. تتجسد كفاءة نظام POLCA باستغلال الموارد المتاحة وضمان معالجة كل خلية للأعمال المقررة Destined، إرسالها الى الخلية التالية لها في المسار التكنولوجي، فضلاً عن قابلية الخلية لإنتاج الأعمال المخطط إنجازها في المستقبل القريب. وكثيراً ما يبدو ذلك مشابهاً لمنطق نظام Kanban، ولكن هناك اختلاف رئيس هو إن بطاقة POLCA تؤشر طاقة متاحة للخلية، في حين تمثل بطاقة Kanban ايذاناً لتنفيذ أمر عمل جديد بغية سد النقص الناتج من سحب حاوية.

وعلى هذا النحو **يحقق العدد المحدود من البطاقات التوازن في العمل تحت الصنع بين الخلايا**، اذ إن بقاء بطاقة POLCA في الحلقة الثانية: يعني أن الخلية الثانية أمامها تراكم من الأعمال غير المنجزة، فالبدء بإنجاز العمل في الخلية الأولى من دون وجود POLCA سوف يزيد من الخزين تحت الصنع أمام الخلية الثانية.

2. إن المردودات الإيجابية المتحققة من ملازمة نظام HL/MRP لنظام POLCA في التطبيق لا تنحصر في ضمان توفير مسارات مرنة لإنتاج المنتوجات من خلال **استخدام الخلايا وقت الحاجة** فقط ولبيئات الإنتاج على وفق الطلب. بل يتعدى ذلك إلى أن العمل في إطار الأوقات المرخصة لإطلاق أوامر العمل من قبل نظام HL/MRP يؤدي الى تجنب بناء خزين غير ضروري وتراكمه بين المراحل .

من هنا تقتضي الضرورة التمييز بين فلسفة رجوع البطاقة في نظام POLCA، وما تؤشره من طاقة متاحة فقط وبين رجوع بطاقة Kanban بوصفها عملية إصدار

لأمر عمل جديد، وذلك لدورها في تحقيق انسياب العمل في بيئة تعمل بحجم دفعات صغيرة وتنويع عالٍ للمنتوجات.

3. تسير بطاقات POLCA في مسار تكنولوجي طويل ذي حلقات متعددة ترتبط كل حلقة بزوج من الخلايا تتسم بمرونة كبيرة. في حين ترتبط مراكز العمل ارتباطاً محكماً بوساطة بطاقة Kanban التي تحقق توافقاً عالياً بين عمليات الإنتاج في إطار مزيج محدد للمنتوجات المزمع تصنيعها، وموازنة دقيقة لطاقات الإنتاج في كل مركز عمل بعد حساب أوقات الإنتاج بدقة Takt time .

الى جانب ما تقدم، فإن بيئات التصنيع حسب الإيصاء ولمزيج عالٍ من المواصفات تتطلب احتياجات تصنيع مختلفة وعلى موارد متعددة بين المنتوجات المتنوعة. وعلى الرغم من أن المصنع بإمكانه تخمين معدل الطاقة عند التخطيط الإجمالي، **فان المعدلات الحقيقة للطاقة وكذلك الاختناقات تختلف من يوم إلى آخر**. وهذا يعد من المبررات الرئيسة لتبني الحلقات المتداخلة في نظام POLCA .

4. تحقق خاصية التداخل لحلقات POLCA خلال مساراتها فوائد إضافية تتمثل بـ:

أ. إن كل خلية في المسار التكنولوجي ولأمر عمل معين تمثل المستهلك Customer لمدخلات خلية وهي في الوقت نفسه تمثل المجهزSupplier لخلية أخرى. لذا فإن الحلقات في نظام POLCA **تتيح الفرصة** لكل خلية لجدولة الإنتاج وتخصيص الطاقة لإنجاز الأعمال، وذلك من خلال استخدام المعلومات عن الاحتياجات ومعدلات التحميل ولجميع الخلايا المرسلة والمستلمة.

ب. إن تحسين جودة المنتوج والارتقاء بجودة عمليات تصنيعه يعد هدفاً متأصلاً في منطق المعالجة لنظام POLCA ، إذ يتلازم هذا الهدف مع إجراءات انسياب أمر العمل خلال مساره التكنولوجي. اذ إن متطلبات تكملة أمر العمل في كل خلية وقبل رجوع بطاقةPOLCA هو **ضمان عدم دفع أمر العمل** إلى الخلية التالية إلا بعد التأكد من اكتماله، وكذا خلوه من العيوب والنواقص. وهذا الإجراء بدون شك يعد حافزاً لتركيز الجهود وإيجاد المعالجات السريعة للمشكلات التي تواجه عمليات التصنيع وعدم تكرارها بهدف تحقيق الهدف الرئيس للنظام، وهو تخفيض المهل الزمنية وتحقيق الانسياب الكفء.

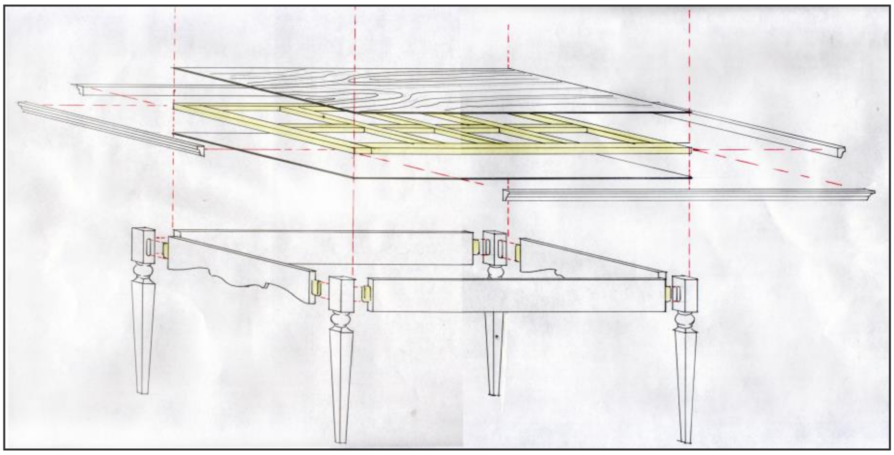
رابعاً- تطبيق نظام POLCA

تحاول الشركات الصناعية بصورة عامة إيجاد أسرع الأساليب التطبيقية وأكفأها من أجل التفوق، وأصبحت الميزة التنافسية للكثير من الشركات تتمثل في قدرتها على إنتاج منتوجات مصنعة وفقاً لطلب الزبون للإيفاء باحتياجاتهم. فبعد أن أصبح تخفيض الكلفة والنوعية العالية أمراً مسلماً به، بدأت الشركات الصناعية تركز على الإبداع في عملية تصميم المنتوج للعمل في ظل المنافسة العالية. إذ تؤكد الوصايا التي قدمها Deming الى المصانع اليابانية على دراسة احتياجات الزبائن، وتوظيف الذكاء لتطوير المنتوجات وعمليات التصنيع من خلال التحسينات المستمرة والتركيز على الإنتاج على وفق الإيصاء (Evans,1997,18). ولغرض مواجهة توقعات الزبائن تحتاج الشركة الصناعية الى المرونة والتحول الى نظام إنتاج

يستجيب وبسرعة الى رغبات وتفضيلات الزبائن، **وعندها تصبح الدفعات الصغيرة هي الإنموذج .**

ولقد تميزت نشاطات الشركة الوطنية لصناعة الأثاث المنزلي (حالة الدراسة) بالاستقرار في الطلب على منتوجاتها وإمكانية التنبؤ بها، فضلاً عن الاهتمام العالي بالنوعية ومحاولة الاستجابة لاحتياجات وتفضيلات الزبائن .هذا وقد شهدت الأسواق العراقية دخول سلع متنوعة تتنافس بالجودة نفسها والسعر ذاته، عليه بدأت الشركة حالة الدراسة بالتصدي للمخاطر التي تواجهها، وذلك من خلال تبني فكرة توجيه الإنتاج نحو الزبون أي فلسفة الإنتاج حسب الطلب، ولكن في إطار الأسواق المحلية، ومن ثم تسعى للارتقاء بالسلع المنتجة للمنافسة في الأسواق الاقليمية والعالمية .

وتأكيداً على ما سبق، تم اختيار أحد المنتوجات المخطط إنتاجها على وفق طلب حقيقي من الزبون وهو منضدة طعام خشبية موضوعاً للبحث، ويمثل الشكل 3 تصميم للمنتوج حالة الدراسة، ويجسد تطبيق بطاقة POLCA ومحاكاة العمليات الإنتاجية لمنتوج منضدة الطعام الهدفين الثاني والثالث للبحث، وذلك على وفق الافتراضات الأتية :



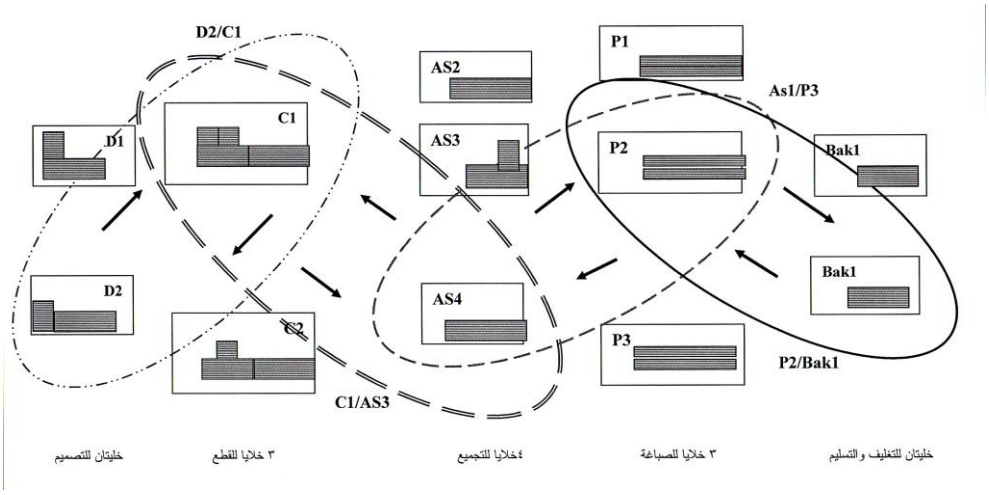
الشكل 3
تصميم منتوج منضدة الطعام

المصدر:من تصاميم الشركة العامة للاثاث المنزلي.

1. تصنف المنتوجات المزمع إنتاجها في الشركة إلى مجاميع Groups، وذلك على أساس التشابه في المسار التكنولوجي لتصنيعها. فضلاً عن أن جميع المجاميع

والمنتوجات التي تتضمنها تمر بعمليات التصنيع والتجميع بوساطة المكائن وعمليات أخرى يدوية .

2. يوصف الترتيب الداخلي لتسيهلات الإنتاج في الشركة بأنه على وفق مراكز العمل أو الخلايا، إذ تكون مخرجات خلية مدخلات للخلايا التي تليها، وكما في الشكل 4.



الشكل 4
الترتيب الداخلي لخلايا التصنيع والتجميع في الشركة الوطنية لصناعة الاثاث المنزلي في اطار بطاقة POLCA

المصدر: من تصميم الباحثة.

3. تعتمد الشركة جدولة ورش العمل Job Shop Scheduling، ولاسيما لأوامر العمل حسب الطلب، وتتميز هذه الجدولة بأنها تعمل بكفاءة مع بطاقة POLCA، وإن المسار التكنولوجي في هذه الجدولة يختلف من مجموعة منتوجات إلى أخرى.
4. تعاقب الأعمال يكون على وفق قواعد الأسبقيات لإصدار أوامر العمل Dispatching Priorities Rules، وتعتمد الشركة قاعدة وقت الاستحقاق المبكر Earliest Due Date لترتيب تعاقب التنفيذ .

وبطبيعة الحال يحتاج المنتوج موضوع البحث إلى احتياجات من المواد والأجزاء، ويؤشر الجدول 1 التركيبة الفنية للمنتوج، في حين يؤشر الشكل 4 المسار التكنولوجي لتصنيعه، ومن خلال متابعة عمليات التصنيع للمنتوج نؤشر الأتي:

أولاً- إصدار أوامر العمل

يتطلب منطق المعالجة لبطاقة POLCA بأن يكون لكل مركز عمل أو خلية **قائمة من أوامر الإنتاج المرخصة للإطلاق** Authorized Production order التي يتم إطلاقها على أساس الطلب الحقيقي وحالة النظام، إذ يمثل توفر بطاقة POLCA أهم مؤشراته. فقد تم **إطلاق أمر عمل لمنتوج منضدة الطعام بحجم دفعة 5 وحدات،** فضلاً عن أوامر عمل لمنتوجات أخرى مخطط لإنتاجها خلال هذه المدة .

ولقد تتطلب عملية إصدار أوامر العمل إجراءات متقدمة لتخطيط الموارد، إذ يستخدم HL/MRP نماذج الأمثلية في التخطيط الإجمالي مع الأخذ بالطبيعة العشوائية لبيئة عمليات الإنتاج، وذلك في إطار المراحل الأتية (Vandaele,2005, 3-12) :

1. التخطيط للمهل الزمنية وحجم الدفعة، إذ تتم نمذجة مجموعة من المنتوجات المخطط إنتاجها في إطار المراحل المتعددة والمرتبطة مع بعضها بشبكة تتخللها عمليات انتظار والتي تكون فيها جميع المتغيرات دالة لحجم الدفعة.وإن المسار الأمثل لحركة المواد والأجزاء بين الخلايا يحقق أقل وقت للانتظار خلال هذه الشبكة ولحجم دفعة إنتاج معينة، ويحقق تخفيضاً في المهل الزمنية المخططة .
2. خلال عملية التسوية، تعد الإدارة المهل الزمنية غير مقبولة وكثيراً ما تحاول تعديل هيكل الطاقة المتاحة، وذلك باستخدام الإستراتيجيات المحتملة ومن أبرزها زيادة الوقت الإضافي. إذ توفر شبكة الانتظار الفرصة للاختيار من بين البدائل المتاحة ومن خلال تحليل ماذا ... لوWhat if analysis. ومع الأخذ بنظر الاعتبار مخرجات نظام HL/MRP يتم إصدار أوامر الإنتاج واستحداث أوقات البدء بتنفيذ كل أمر عمل وكما في الشكل 6 وبالاعتماد على الصيغة الأتية :

وقت البدء بتنفيذ أمر العمل = تاريخ الاستحقاق المبكر لطلب الزبون - [المهل الزمنية المتوقعة + وقت الأمان]

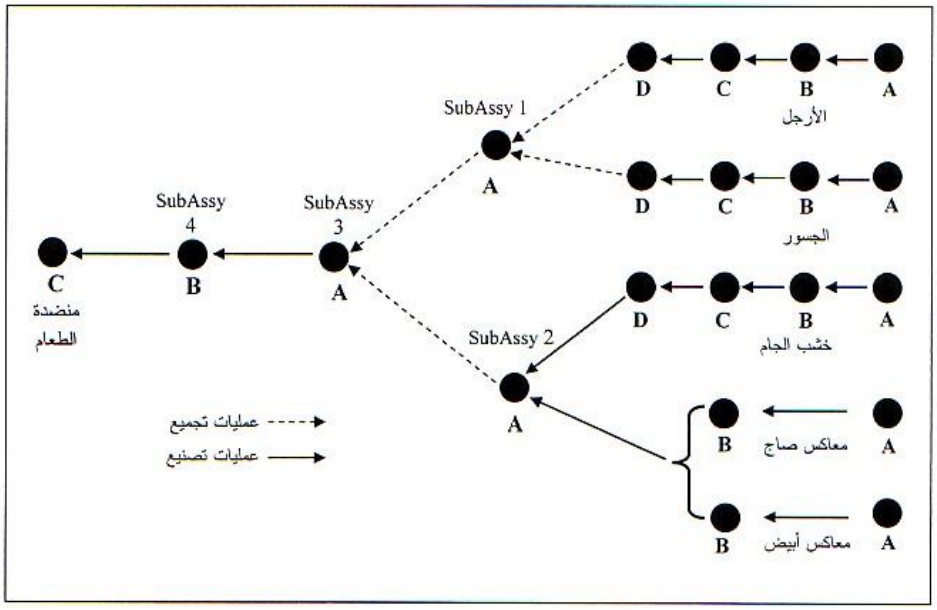
وعلى وفق منطق المعالجة لنظام POLCA تتم السيطرة على انسياب أوامر العمل خلال الحلقات المختلفة بوساطة الربط بين إجراءات إطلاق الترخيصات لأوامر العمل باستخدام HL/MRP وبطاقات POLCA للسيطرة على الإنتاج، ويبين الشكل 6 **أوقات إطلاق الترخيصات** لكل أمر عمل ولكل خلية .

ولقد تبين لنا من متابعة تنفيذ أمر العمل بحجم دفعة 5 وحدات، أن الشركة تبنت حجم دفعة انتقال مساوية إلى وحدة واحدة خلال عمليات التنفيذ. وتم تكملة أمر العمل لمنتوج منضدة الطعام قبل تاريخ الاستحقاق، ويعود السبب في ذلك إلى:

الجدول 1
التركيبة الفنية وعمليات الإنتاج لمنضدة الطعام

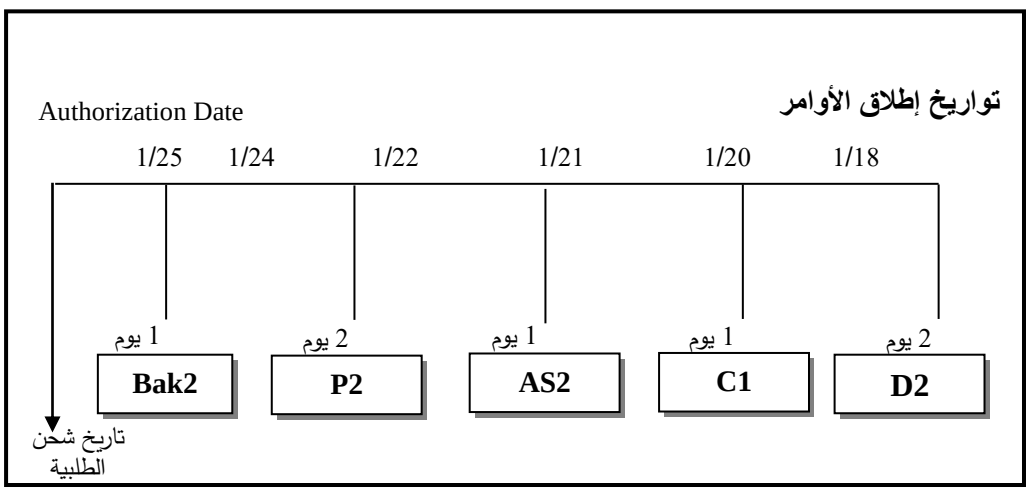
المكونات	الكمية	عمليات الإنتاج							
		العملية A		العملية B		العملية C		العملية D	
		الوصف	الوقت دقيقة	الوصف	الوقت دقيقة	الوصف	الوقت دقيقة	الوصف	الوقت دقيقة
الأرجل	٤	تقطيع	٥	تقشيط	٥	تنعيم	٥	نقر	٥
الجسور	١	تقطيع	١٠	تقشيط	٥	تنعيم	٥	لسان	٥
خشب الجام	١	تقطيع	١٠	تقشيط	٥	تنعيم	٥	تقفيص	١٠
معاكس صاج	١	تقطيع	١٠	تقشيط	٥				
معاكس أبيض	١	تقطيع	١٥	تقشيط	٥				
التجميع الفرعي / ١	١	تعشيق الجسور والأرجل	١٥						
التجميع الفرعي / ٢	١	كبس بالغراء	٢٠						
التجميع الفرعي / ٣	١	تجميع	١٥						
التجميع الفرعي / ٤	١			صقل	١٠				
منضدة طعام خشبية						صباغة	٢٠		

المصدر: من وثائق الشركة العامة للاثاث المنزلي.



الشكل 5
هيكل التصنيع والتجميع لمنتوج منضدة الطعام

المصدر: من تصميم الباحثة.



الشكل 6
تواريخ إطلاق أوامر العمل في الخلايا لمنتوج منضدة الطعام

1. المهل الزمنية المخططة في الشكل 5 تتضمن أوقاتاً تزيد عن الوقت الحقيقي الذي تستغرقه عمليات الإنتاج في الجدول 1. إذ تتم إضافة أوقات الأمان إلى الوقت الحقيقي عند التخطيط للمهل الزمنية، وذلك لتجنب التذبذبات العشوائية التي لايمكن السيطرة عليها خلال عمليات الإنتاج.
2. وفقاً لقاعدة: وقت الاستحقاق المبكر، تم البدء بتنفيذ أمر العمل حالة الدراسة في معظم مراكز العمل وبدون انتظار.

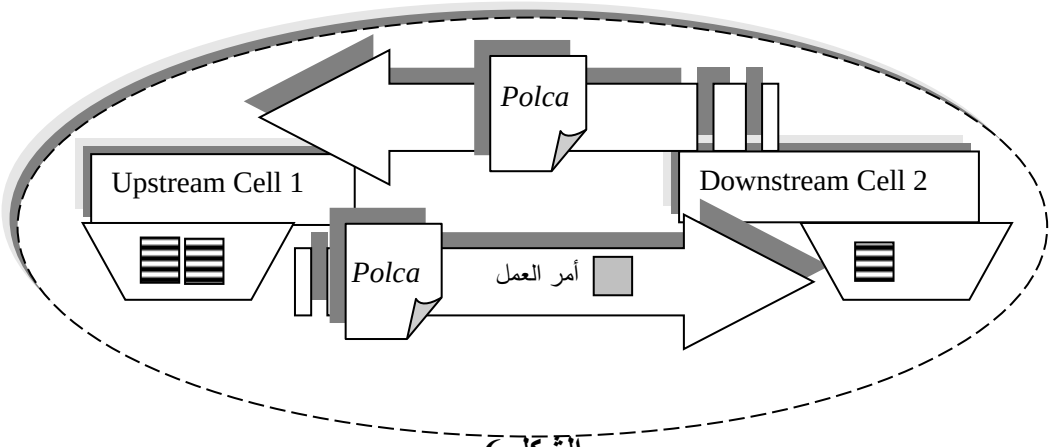
هكذا فإن تحليل منطق المعالجة لبطاقة POLCA يشير إلى أن تحديد تواريخ إصدار الأوامر المرخصة في كل مركز عمل يتميز بالمرونة العالية مقارنة بتحديد أوقات البدء والانتهاء لكل أمر عمل في نظام MRP. وتأتي هذه المرونة من احتواء المهلة الزمنية المخططة على وقت إضافي أي وقت الأمان بهدف دعم عمليات الإنتاج لمواجهة المتغيرات العشوائية المحتملة بين الخليتين في كل حلقة .عليه فإن تحقيق الانسياب الكفء أزاء الحفاظ على أوقات الاستحقاق للأوامر المرخصة وعلى مستوى المسار التكنولوجي، يجعل من ضروري استخدام إجراءات برمجية تهدف إلى تخفيض أوقات الانتظار لأوامر العمل أمام الخلايا.

ثانياً- خوارزمية لمحاكاة آلية السيطرة لبطاقة POLCA

يمكن تمييز ثلاثة أبعاد لحركة البطاقة بين الخليتين وضمن الحلقة الواحدة، ويظهر في الشكل 6 وبالشكل الأتي :

1. يشير البعد الأول Initialization إلى عدد البطاقات المحددة داخل كل حلقة، والتي يتم حسابها وفقاً إلى المعادلة المخصصة التي تعتمد معدل المهل الزمنية المخططة للخليتين، وكذا العدد الإجمالي للأعمال ضمن المسار بين الخليتين، عليه يمكن القول إن عدد البطاقات يتباين من حلقة إلى أخرى.
2. في إطار الحلقة الواحدة لحركة البطاقة تقوم الخلية الأولى Agent1 بتنفيذ أوامر العمل المرخصة وبعدد البطاقات المخصصة، وتدفع كل أمر عمل بعد الانتهاء من

معالجته ومرفقاً ببطاقة إلى الخلية الثانية، التي تبدأ بدورها بتنفيذ أوامر العمل بالتعاقب .



الشكل 6
حركة بطاقة POLCA بين الخليتين

3. في حين يعتمد البعد الثالث على انتهاء الخلية الثانية Agent 2 من أمر العمل المعين، عندها تتم إزالة البطاقة المرفقة منه، ويتم إرجاعها إلى الخلية الأولى . وتمثل هذه البطاقة بالنسبة للخلية الأولى إجراء للبدء بتنفيذ أمر عمل جديد تمهيداً لإرساله الى الخلية الثانية. وفي الوقت نفسه يمكن القول بأن إرجاع البطاقة من الخلية الثانية الى الخلية الأولى يعد طلباً لسحب أمر عمل، ولكن بعد معالجته على خلاف بطاقة Kanban التي تمثل سحباً لحاوية جاهزة بوصفها خزيناً احتياطي.

وبغية الإيفاء بأوقات الاستحقاق لمنتوجات متعددة ضمن الأوامر المرخصة وفي إطار الأساسيات السابقة لمنطق المعالجة في بطاقة POLCA، أصبح من الأهمية برمجة هذه الآلية لتحقيق الأمثلية في حركة البطاقة. وتتميز الخوارزمية في الملحق 1 بأنها محاكاة لعملية السيطرة على حركة البطاقة داخل الحلقة المغلقة بين الخليتين. فضلاً عن أن الخوارزمية اعتمدت على قواعد الأسبقيات في بناء حركة الأوامر بين الخليتين وعلى النحو الأتي :

عندما تقوم الخلية الأولى بإصدار أمر عمل، وذلك بعد رجوع البطاقة من الخلية الثانية فإن اختيار أمر العمل من بين الأوامر المرخصة في موقع الانتظار للبدء بتنفيذه يكون على وفق قواعد الأسبقيات من نوعين (Heizer, 1999, 590; Evans1997, 709) وكما يأتي :

1. ضمن القواعد الثابتة تم استخدام **وقت الاستحقاق المبكر** لأمر العمل Earliest Due Date من بين الأوامر المرخصة.
2. في حين تم اعتماد كمية الأعمال المنتظرة أمام الخلية اللاحقة Work in Next Queue ضمن القواعد المرنة، إذ توصف القواعد الثابتةStatic Rules بأنها

الأسبقيات التي يمكن حسابها قبل البدء بأي نشاط للإنتاج. في حين توصف القواعد المرنة Flexible Rules بأنها متغيرة باستمرار، نظراً لأن أسبقيات الأعمال تتغير خلال الوقت معتمداً على تطور العمل. ولأن الأعمال تصل الى المصنع بشكل متقطع يصبح من الضروري إعادة ترتيب أسبقيات الأوامر وفق متغيرات القرار بهدف الاستجابة السريعة لاحتياجات الزبائن وتفصيلاتهم.

الاستنتاجات والمقترحات

من خلال مراجعة الأدب النظري لفلسفة POLCA والدراسة التحليلية التي تضمنتها بناء إنموذج لتطبيق البطاقة وبناء خوارزمية لمحاكاة كيفية إصدار الأوامر في الخلية، يمكن تأشير الاستنتاجات الآتية:

1. لم ترد إجراءات محددة لكيفية إصدار الأوامر أو المفاضلة بين قائمة الأوامر المرخصة داخل الخلية على الرغم من وجود عدد من الدراسات حول هذا الموضوع، باستثناء الإشارة إلى ضرورة توافر البطاقة عند إصدار أوامر العمل. الأمر الذي يحتم القيام ببناء خوارزمية لمعالجة آلية إصدار الأوامر داخل الخلية مع الأخذ بنظر الاعتبار متغير حول كمية العمل المتبقي في الخلية التالية لها.
2. تؤكد الدراسة بأن كل خلية تعالج الأعمال المقرر إرسالها إلى الخلايا التالية لها في المسار التكنولوجي، وإن هذا الإقرار يعتمد على عدد البطاقات المخصصة للخلية.
3. أسفرت نتائج البحث عن أن العمل تحت الصنع WIP بوصفه خزيناً احتياطياً بين المراحل مساوٍ للصفر، إذ لا يمكن إصدار أمر عمل في الخلية الأولى إلا بوجود بطاقة وترافقه خلال مساره في الخلية الثانية.
4. تبين لنا من الدراسة أن تخصيص عدد البطاقات لكل خلية يتصف بالدقة، إذ يعتمد على معدل المهل الزمنية للخليتين في الحلقة، وكذلك يعتمد على العدد الإجمالي للإعمال ضمن المسار التكنولوجي. عليه فإن عدد البطاقات يختلف من حلقة إلى أخرى. وهذا يؤكد وبشكل كبير أن هناك معالجة حقيقية للاختناقات أمام الخلايا.
5. تتحرك بطاقة Polca بين الخليتين في إطار مجموعة من المنتوجات تشترك في المسار التكنولوجي الواحد. من هنا تشترك معظم الخلايا أو مراكز العمل بأكثر من حلقة تعود إلى مجاميع من المنتوجات مختلفة في المسار التكنولوجي.
6. بطاقة الأمان تستخدم في إدارة التذبذبات قصيرة الأجل في الطاقة المتاحة، فضلاً الى مساهمتها في تخفيض التراكم للمواد والأجزاء أمام الخلايا.

هكذا فإن الرؤيا واضحة حول نظام POLCA وما تحققه من فوائد تتجلى اكثر عندما يتم التعرف على الأهداف الرئيسة للنظام ومبررات تبنيها. وإزاء ذلك فإن محدودية الدراسات المتعلقة باستراتيجيات QRM ونظامها الفرعي POLCA، وافتقار المراجع العربية والعراقية لمثل هذه الدراسات يستلزم القيام بإجراء البحوث في المجالات الأتية بغية تقريب مفاهيم هذا التوجه الجديد وتوضيحها:

1. التعرف على آلية العمل في هذا النظام بإجراء دراسات متعمقة في تحديد أسبقيات تنفيذ الأوامر داخل الخلية. وبالتحديد استخدام الخوارزمية الجينية Genetic Algorithm في جدولة العمل داخل الخلية.
2. دور المعلومات والاتصالات بين الخلايا في تحقيق الانسياب المستمر لأوامر العمل والأجزاء.
3. بطاقة الآمان في فلسفة POLCA أداة فعالة لإجراء التحسينات المستمرة لبيئة التصنيع.

الملحق 1
خوارزمية لتحديد أسبقيات تنفيذ الأعمال بين الخلايا

```
Initialization
Begin
     Status[ celli ] =ready;                    for i = 1 to 2
     /*Calculate queue Length */
          N(A/B)  = [ (LT(A)+LT(B) )*(Num(A/B)/ D)
     /*reset  queues of cells Length */
          queue 1 [i] = Null ;                   for i = 1 to      N(A/B)
          queue 1 [i] = Null ;                   for i = 1 to       N(A/B)
     /*reset cells Press  queue Length */
          timer1=0 ;
          timer2 =0;
          Parallel – execute ( cell1,cell2) ;
 End;
Cell1  ,  agent1
Begin
   While empty ( queue1)          do no-oper;       end while;
   /* function empty       return   True   if queue1 is empty   and
   return   False  if queue1 otherwise   */
   While  not empty ( queue1)
        Begin
            If ststus [cell1] = ready and not full (queue2)  then
               Begin
                   J1=Pull (queue1);…. /*Pull Function return job from queue1 which
                                                      Have minimum due date */
                       Status [cell1]=busy;
                       Set timer1=process_time (J1,cell1);
                       Call timer1;
             Endif ;
   Endwhile ;
 End ;
Cell2  ,  agent 2
 Begin
     While empty ( queue2)          do no-oper;       end while;
     While  not empty ( queue2)
          Begin
            If ststus [cell2] = ready and not full (queue2)  then
               Begin
                   J2=Pull (queue2);…. /*Pull Function return job from queue2 which
                                                      Have minimum due date */
                   Status [cell2]=busy;
                   Set timer2=process_time (J2,cell2);
                   Call timer2;
            Endif ;
     Endwhile ;
     If status (cell1) = busy then go to  Loop ; end;
 Timer1
 Begin
     While  not is-over ( timer1)
     Push (J1,queue2);
     Status [cell1]=ready;
 End;
 Timer2
 Begin
     While  not is-over ( timer2)     do  no-oper;      end   while ;
     Status [cell2]=ready;   End;
```

المراجع

أولاً- المراجع باللغة العربية

1. شهلة سالم العبادي، نظام التصنيع بالاستجابة السريعة وآفاق تطبيقه، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الادارة والاقتصاد- جامعة الموصل ،2005.
2. عقيلة مصطفى الاتروشي، "الاختيار الاستراتيجي لنظم الإنتاج"، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى جامعة بغداد، كلية الإدارة والاقتصاد، 1993.

ثانياً- المراجع باللغة الاجنبية

1. Dierdonck,R.V., Operation Management "Crossing Borders and Boundaries, 7th International Conference of European Operation Management. [www.bwi.uni_mannheim.de] ,2000.
2. Evans,J,R., Production/Operation Management ,West Publishing Company, New York,1997.
3. Frank, R., POLCA your Way to Resource Planning and Control Success,The Educational Society for Resources Management, February, 2000.
4. Frank, R., How to Implement Quick Response Manufacturing , University of Wisconsin-Madison Center for QRM, 2004.
5. Heizer,J.,and Render,B. Principles of Operations Management , Prentice-Hall,Inc, 1997.
6. Krishnamurthy, A., Suri, R., Vernon, M., Re-Examining the Performance or MRP and Kanban Material Control Strategies for Multi-Product Flexible Manufacturing Systems, [www. Cs.wisc.edu/vernon/pupers/poem.00qnet] ,2004 .
7. Lindsay,H., and Strategem,M., QRM : An Enabler on the Road to Agility, Control May, part 1,2002.
8. Riezebos, Jan, Design of a Period Batch Control Planning System for Cellular Manufacturing , Print Partners IPSKamp, 2001.
9. Stevnson, M.,and Henry,L., A Review of Production Planning and Control Working Papers.[www.Lums.co.uk/publications] ,2003
10. Suri, R., Quick Response Manufacturing: A Company wide Approach to Reducing lead Times , Productivity Press Portland , 1998.
11. Suri, R., QRM and POLCA: A Winning Combination for Manufacturing Enterprises in the 21st Century, Center for Quick Response Manufacturing , May2003B.
12. Suri, R. ,Quick Manufacturing, We Can Compete With Low-wage Countries ,Fifth International conference on QRM . [www.engr.wisc.edu/centers/cqrm/files] , 2005A
13. Suri, R., and Krishnamurthy, A., How to Plan Implement POLCA: A Material Control System for High-variety or Custom Engineered Products, Center for Quick Manufacturing , May, 2003A.
14. Suri, R. Quick Response Manufacturing: A Competitive Strategy for the21st Century,Proceedings of the 2002, POLCA Implementing Workshop, 2002.
15. Suri,R., A lean Strategy for Job Shops , POLCA : An Alternative to Kanban for High Variety or custom-Engineered Products,[www.geartechnology.com] , 2005B.
16. Vandaele, N., and others, E-POLCA to Control Multi Machine Job Shops,2005
17. [www.ideas.repec.org/s/ant/wpaper.html]