تصميم ومحاكاة خلايا التصنيع*

"دراسة حالة في ورشة التحدي التابعة لشركة نصر للصناعات الميكانيكية"

أ. د. صباح مجيد النجار
قسم ادارة الاعمال
كلية الأدارة والاقتصاد/جامعة بغداد

آلاء طلال ياسين
الهيئة العراقية للحاسوب والمعلوماتية

المستخلص

اهتم هذا البحث بمشكلة إعداد نظام خلايا التصنيع في شركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية- ورشة التحدي التي تعاني من مشكلة تفاوت في كمية الانتاج وحجم الدفعة وتكرارية الطلب على الأجزاء المنتجة بشكل مستمر بحسب عائديتها واختلافات واضحة في الوقت الكلي الفعلي لإنتاج نفس المنتوج. أعدَ تصميم خلوي لورشة التحدي بأستخدام مصفوفة أحداث الماكنة – الجزء وخوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد وبمساعدة برمجية اكسل Excel ، فقد تم تشكيل عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن حيث تكونت خمس خلايا لإنتاج 67 جزء باستخدام 35 ماكنة. أظهرت نتائج البحث ان كل من فاعلية وكفاءة ومؤشر قدرة المجاميع تتفوق على المعايير العالمية وهذا يؤيد صحة الترتيب الخلوي، فضلا عن ذلك أفادت نتائج اختبارات المعنوية بان معايير أداء الترتيب الخلوي تختلف اختلافاً معنوياً عن معايير أداء الترتيب الفعلي ، كما ان معايير الأداء للترتيب الخلوي بأستخدام ذراع الإنسان الآلي تختلف غالبيتها عن معايير أداء الترتيب الخلوي بدون استخدام ذراع الإنسان الآلي. أوصى البحث باعتماد الترتيب الخلوي كحل لمشاكل الانتاج في ورشة التحدي واعتماد المنهجية التي استخدمتا في البحث في إعداد الترتيب الخلوي لبقية الورش في الشركة.

*البحث مستل من رسالة ماجستير في قسم الادارة الصناعية- كلية الادارة والاقتصاد- جامعة بغداد

ABSTRACT

This research deals with the problem of Manufacturing Cells formation at Al-Nassir General Company for Mechanical Industries – Al-Tahaddi Jobshop which faces the problems of different lot sizes, variable production volumes, and random arrivals of orders. In this research a cellular manufacturing system was designed using the Machine-Part Incidence Matrix along with the Ranked Order Clusturing Algorithm, and through the use of Excel, the part families and the machines groups were created to fit into five manufacturing cells that process 67 different parts. The Group Efficiency and Effectiveness and the Group Capability Index of the manufacturing cells created exceeded the international standards which confirms the cells' formation. In addition, the significance tests conducted in this research reveal that 96% of the performance criteria of the cellular manufacturing differ significantly from the criteria of the current layout of the Job shop. Furthermore, the majority of the performance criteria, gained from simulating the cells using the Robot Arm, differ significantly from the criteria of simulating the cells without the introduction of the Robot Arm. This research recommends the adoption of the manufacturing cells designed in this research as a solution to the production problems at Al-Tahaddi Jobshop.

المقدمة

يعتبر نظام التصنيع الخلوي احد أنواع الترتيب الداخلي للوحدات الإنتاجية في مواقع العمل الهجينة وهو أحد تطبيقات تكنولوجيا المجاميع ، ويرتكز على مبدأ التوصل الى مزايا الانتاج الواسع في بيئة الانتاج المتقطع. يستند التصنيع الخلوي على فكرة تجميع الأجزاء المتشابهة في عوائل، ومن ثم تحديد مجاميع المكائن او خلايا المكائن لتصنيع مختلف الأنواع والأحجام من عوائل الأجزاء . ولتحقيق انسيابية في حركة الأجزاء المصنعة من ماكنة الى أخرى توضع مجاميع المكائن بترتيب معين استناداً الى تتابع عمليات التصنيع الواجب إنجازها على عائلة الأجزاء، فخلايا الانتاج تساعد على رفع مستوى الكفاءة بواسطة تحسينها لانسياب المواد وتقليل مناولتها ورفع مستوى استغلال المكائن وتقليل الخزين من المواد تحت التشغيل. وتلعب استراتيجيات الشركة دوراً مهما في اختيار نوع الترتيب الداخلي. وتظهر الحاجة لمواكبة عجلة التقدم من خلال تطبيق إحدى التقنيات المتطورة -ذراع الروبوت الصناعي - ضمن خلية التصنيع بهدف أجراء عملية النقل التي تحتاجها الأجزاء المصنعة في موقع واحد وعلى مجاميع مكائن متشابهة لترشيد استخدام الموارد في العمليات الإنتاجية بالشكل الذي يؤدي الى تخفيض الوقت والكلفة .

اجري البحث في معمل القوالب والعدد المركزي في ورشة التحدي حيث تأشر وجود ظاهرة تنوع عال في الاجزاء المنتجة، وتفاوت في كمية الانتاج وحجم الدفعة، وتكرارية الطلب على الاجزاء المنتجة بشكل مستمر بحسب عائديتها، واختلافات واضحة في الوقت الكلي الفعلي لانتاج الدفعات المتشابهة من الاجزاء، والكثرة والتعقيد في مسار وانسيابية الاجزاء المنتجة، مما حفز الى التفكير في دراسة تصميم العمليات ومساراتها الحالية وتحليلها والبحث عن تصميم لترتيب يقضي على الظاهرة المشخصة. لذلك فقد تم تصميم نظام خلايا التصنيع- احد تطبيقات تكنولوجيا المجاميع- كخيار لإدارة الشركة وبديل عن الترتيب الحالي المطبق في ورشة التحدي، ومحاكاة اثر التشغيل قبل نصب المجاميع بشكل نهائي لتشخيص المزايا الممكن تحقيقها لاسيما أن إدارة الشركة ترغب باستخدام تقنية الروبوت الصناعي في عمليات تحميل وتفريغ المكائن في حالة تنفيذ تصميم نظام خلايا التصنيع المقترح.

أسفرت نتائج التحليل تفوق كل من فاعلية وكفاءة ومؤشر قدرة المجاميع على المعايير العالمية مما يؤيد صحة الترتيب الخلوي. فضلا عن ذلك أفادت نتائج اختبارات المعنوية بان معايير أداء الترتيب الخلوي تختلف اختلافاً معنوياً عن معايير أداء الترتيب الحالي في الورشة، كما ان معايير الأداء للترتيب الخلوي بأستخدام ذراع الانسان الالي تختلف غالبيتها عن معايير أداء الترتيب الخلوي بدون استخدام ذراع الانسان الالي. أوصى البحث باعتماد الترتيب الخلوي كحل لمشاكل الانتاج في ورشة التحدي واعتماد المنهجية التي استخدمت في البحث لإعداد الترتيب الخلوي لبقية الورش في الشركة.

أولا - منهجية البحث

1-1- مشكلة البحث

من خلال الزيارات الميدانية لمعامل شركة نصر للصناعات الميكانيكية ومحاولة فهم طبيعة العمليات التصنيعية والإنتاجية، تبين أن معمل القوالب والعدد المركزي التابع للشركة والمتخصص في إعداد القوالب بمختلف أنواعها يقوم بتصنيع وإنتاج الأجزاء النمطية وغير النمطية التي أعدت قوالبها في المعمل المذكور بحسب عائديتها، معتمداً إستراتيجية التدفق المرن باستخدام ترتيب ورش العمل على أساس العملية. وتبين أن لمعمل القوالب والعدد المركزي موقعين يستخدمان كبديلان للمعمل المذكور، وهما ورشة التحدي، وإحدى ورش الشركة العامة للصناعات القطنية والنسيجية الكائن في الكاظمية. ومن خلال المعايشة الميدانية في ورشة التحدي أجريت مراجعة لتقارير الانتاج الشهرية والمعلومات المستنبطة من المسلك التكنولوجي في تقارير المتابعة وبطاقة مسار العمليات للأجزاء وتأشر وجود ظاهرة تنوع عال في الأجزاء المنتجة، وتفاوت في كمية الانتاج ودفعة الطلب، وتكرارية الطلب على الأجزاء المنتجة بشكل مستمر، واختلافات واضحة في الوقت الكلي الفعلي لإنتاج دفعة من الأجزاء ذاتها بين طلبية وأخرى، والكثرة والتعقيد في مسار وانسيابية الأجزاء المنتجة مما شكل دافعا للتفكير في دراسة تصميم العمليات ومساراتها الحالية وتحليلها والبحث عن تصميم لترتيب يقضي على الظاهرة المشخصة .

تأسيسا على ما تقدم فان تصميم نظام خلايا التصنيع الخلوي كخيار لإدارة الشركة وبديل عن الترتيب الحالي، المستخدم في ورشة التحدي، ومحاكاة اثر التشغيل قبل نصب المجاميع بشكل نهائي وكذلك أثناء وبعد تنفيذ الترتيب لقياس مقدار المنافع الممكن تحقيقها قد جعل من هذه المشكلة حالة تستحق البحث، لاسيما أن إدارة الشركة اقترحت استخدام تقنية الروبوت الصناعي في عمليات تحميل وتفريغ المكائن في حالة تنفيذ تصميم نظام خلايا التصنيع المقترح.

وبناءاً على ذلك فأن مشكلة البحث تحددت بالتساؤلات الآتية:-

1. هل يحقق استخدام نظام خلايا المجاميع اداءاً جيدا مقارنة بالترتيب الحالي للورشة على وفق المعيارين الآتيين: معدل الإنتاج، ومعدل وقت الدورة.
2. هل يحقق استخدام نظام خلايا المجاميع باستخدام ذراع الروبوت الصناعي اداءاً جيدا مقارنة بالترتيب الخلوي للورشة على وفق المعايير الآتية: معدل الانتاج، ومعدل وقت الدورة، ومعدل وقت الانتظار، ومعدل وقت النقل.

1- 2 - اهداف البحث

1. تقديم إطار منهجي يساعد الشركة في توفير البديل للترتيب الحالي يهدف الى قياس مقدار الفوائد المحتملة لأداء عينة البحث باستخدام تكنلوجيا المجاميع .
2. مساعدة أدارة الشركة في اتخاذ قرار بتبني التصميم الخلوي وتزويدها بمتطلبات تطبيق الخيار التقني المقترح الذي يقدمه هذا البحث.
3. تزويد ادارة الشركة بمعطيات حول جدوى التحول بحالتين - الأولى في حالة أجراء التحول مع وجود المكائن والمعدات الإنتاجية الحالية في موقع البحث والتحول نحو خلايا التصنيع، والثانية في حالة توفر مكائن واستخدام الروبوت الصناعي في عملية التحميل والتفريغ والنقل.
4. تصميم برنامج محوسب لمساعدة الشركة في اتخاذ قرار تبني خلايا التصنيع وتوجيه عنايتها نحو الأساليب الحديثة المتعلقة بالترتيب الخلوي .
5. تقديم أدوات تحليلية تساعد مدير الانتاج العمليات على تحليل خلايا التصنيع باستخدام ذراع الروبوت الصناعي في ضوء بدائل عدة .
6. تقديم منهجية خطوات الترتيب الخلوي واستخدام برامجيات الحاسوب ، والروبوت بمعاونة الحاسوب.

1-3- أهمية البحث

1. الانتاج يمثل الركيزة الأساسية لبناء وتقدم أي مجتمع، ومسألة تطوير أساليب الانتاج والعمليات ضروري في قطاع الصناعة لمواكبة عجلة التقدم التكنولوجي بشكل علمي لتحقيق أهداف الشركة لذلك فان هذا البحث يعد مساهمة متواضعة لما سيقدمه في مجال تطوير الشركة.
2. يساعد هذا البحث الشركة في تقصي تأثير تنفيذ نظام خلايا التصنيع في ضوء مقارنة بيانات الواقع الحالي لورشة التحدي، ومحاكاة خلايا التصنيع في وفق المعايير التالية: معدل الانتاج، ومعدل وقت الدورة، ومعدل وقت النقل، وكفاءة الأداء، ومعدل خزين تحت التشغيل، ومتوسط وقت الانتظار للأجزاء المصنعة في ورشة التحدي، بغية رفع كفاءة الأداء لإيفاء الشركة بالتزاماتها ومساعدتها على تحقيق رضا الزبائن .
3. يقدم البحث أرضية موضوعية لإدارة الشركة لدراسة قرار تبني خلايا التصنيع، وحساب المردودات الاقتصادية من استخدام هذا المدخل في الورشة.

1-4- فرضية البحث

الفرضية الأولى:

تختلف معايير الأداء (معدل الانتاج ، ومعدل وقت الدورة) للتصميم الخلوي المقترح لورشة التحدي اختلافا معنويا عن معايير أداء التصميم الحالي للورشة .

الفرضية الثانية :

تختلف معايير الأداء (معدل الانتاج، ومعدل أوقات الانتظار، ومعدل وقت الدورة، ومعدل وقت النقل) للتصميم الخلوي المستخدم لذراع الإنسان الآلي في المناولة والتحميل والتفريغ اختلافاً معنويا عن معايير أداء التصميم الخلوي المقترح.

1-5- أدوات البحث

بهدف تحليل البيانات التي جمعت عن عينة البحث فقد استخدمت الأدوات التالية:-

أ - استخدام برنامج التصميم بمساعدة الحاسوب Computer Aided Design (CAD) لإعداد التصميم الخلوي المقترح وكذلك استخدام برنامج Simulation of PC Based Robotic Arm (SPAM) ضمن حزمة برامجيات الروبوت الصناعي بمساعدة الحاسوب Computer Aided Robot (CAR) لحساب اوقات نقل وتحميل وتفريغ الاجزاء بين مكائن خلية التصنيع.

ب - أستخدام برمجية (ACCESS) و (Excel) لانشاء قواعد بيانات لخزن واسترجاع البيانات مثل: قاعدة بيانات ترميز المكائن وأسمائها، وقاعدة بيانات ترميز الاجزاء وأسمائها، وأوقات إنجازها، وقاعدة بيانات تضم خاصية تتابع مسار المكائن لتصنيع الاجزاء، وقاعدة بيانات تضم اوقات تحميل وتفريغ ونقل الاجزاء المنتجة بواسطة ذراع الانسان الالي بين مكائن خلية التصنيع المصممة.

ج - المحاكاة: استخدمت لتمثيل تشغيل الترتيب المقترح لورشة التحدي باستخدام ذراع الإنسان الآلي للتحميل والنقل والتفريغ ومن دونه، وتم الحصول على مقاييس أداء الترتيبين واستخراج النتائج وتحليلها والتي في ضوئها تم اختبار الفرضيات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي في برمجية Excel.

د - استخدام مصفوفة أحداث الماكنة - الجزء وخوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد لاستخراج عدد الخلايا ومكونات كل خلية من الأجزاء والمكائن وحساب كفاءة خلايا التصنيع ومقارنة نتائج المحاكاة مع الواقع الفعلي باستخدام ذراع الإنسان الآلي ومن دونه.

هـ - الأساليب الإحصائية: منها الوسط الحسابي والانحراف المعياري وبناء جداول التوزيع التكراري والتجريبي في أغلب نواحي الجانب العملي، فضلا عن استخدام اختبار(t) لاختبار فرضيتي البحث واستخدام الحاسوب في مجال الاختبار ضمن برمجية Excel.

1-6- عينة البحث

شمل مجال البحث والدراسة في الجانب العملي مكائن ومعدات ومساحات الأرضية التابعة لورشة التحدي بكونها ممثلة لعينة البحث، إذ تم جمع بيانات تتعلق بأوامر العمل والمسارات التكنولوجية لأوامر العمل والترتيب الداخلي للورشة وأنواع المكائن المستخدمة في الورشة وعددها 27 ماكنة كما تضمنت عينة الدراسة 67 جزءا من مجموع 128 جزءا، وقد جمعت تلك البيانات عن الفترة من 1 /1/ 1999 ولغاية 2003/5/31.

7- مبررات اختيار ورشة التحدي

من المبررات التي شجعت على اختيار ورشة التحدي كعينة للبحث هي:-

استخدام ورشة التحدي أسلوب ورش العمل Job Shop واحتوائها على عدد كبير من كائن والمعدات الإنتاجية والتنوع الكبير في تصنيع الأجزاء ، والجهود المتميزة التي تسعى ورشة تقديمها في مجال الصناعات الميكانيكية واستعداد أدارة ورشة التحدي في إبداء المساعدة لتعاون من خلال تقديم البيانات الضرورية لإنجاز البحث.

نيا - الجانب النظري

1- تكنلوجيا المجاميع وخلايا التصنيع

تمثل تكنولوجيا المجاميع Group Technology (GT) فلسفة تصنيع وأحد خيارات رتيب الداخلي لنظم الانتاج منخفضة الحجم Low-Volume Systems ويعمل هذا الخيار على ميع الاجزاء او المنتوجات- ذات الخصائص المتشابهة- في عوائل وتخصيص مجموعة من كائن لمعالجة عوائل الاجزاء او المنتوجات، ويمكن حصر الاجزاء في عوائل على اساس الحجم الشكل او العمليات التصنيعية المطلوبة او المسالك التكنولوجية. بمجرد الانتهاء من حصر اجزاء في عوائل، فأن الخطوة التالية تتمثل في تنظيم المكائن والعدد في خلايا تصنيع Manufacturing Cells (MC منعزلة حيث لا تتطلب المكائن وقت اعداد طويل للانتقال من عالجة جزء لآخر ويطلق على هذه العملية تسمية التصنيع الخلوي (Groover,2001,421) (Krajweski & Ritzman, Cellular Manufacturin 436 -2002,435. ويعتبر نظام التصنيع الخلوي احد انظمة الانتاج التي تسعى لتحقيق المنافع لاقتصادية من خلال تجميع مكائن مسيطر عليها رقميا Computerized Numerical Control (CNC) ومعدات العمل على اساس تصنيف الأجزاء المتشابهة في مجاميع تسمى كل جموعة منها بخلية تصنيع Manufacturing Cell (MC) ، ويمكن استخدام المناولة والتحميل والتفريغ اليدوي بالاعتماد على فريق عمل من ذوي المهارات المختلفة او استخدام روبوت الصناعي بين مكائن CNC. وتعالج على المكائن المتشابهة مجموعة اجزاء تنتمي لعائلة ات مسار تكنلوجي وعمليات تصنيعية متشابهين ، والهدف من ذلك تخفيض اوقات تنفيذ العمليات لانتاجية لتصنيع مجاميع متجانسة من الاجزاء عبر تقليل اوقات التهيئة والاعداد واختزال لمسارات التكنلوجية.

ان خلايا العمل واستخدام الروبوت الصناعي في انجاز المهام الصناعية لا تعد فكرة حديثة العهد ، إذ قدمت فكرة خلايا العمل لأول مرة من قبل Flanders في عام 1925 في مقالته الموسومة "Design Manufacturing Production Control Of A Standard Machine" التي ألقيت في الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين ، حيث أوضح فيها تنظيم الانتاج في شركة Lampson & Jones وتسمى الطريقة التي قدمها اليوم بتكنلوجيا المجاميع . ومع التطبيق المتزايد لتكنولوجيا المجاميع في الاتحاد السوفييتي والسويد وأمريكا فقد اثبت التصنيع الخلوي فاعليته وحظي الموضوع باهتمام الباحثين والصناعيين إذ أوضح Flanders فيما بعد قدرة النظام في تقليل مسارات عملية النقل وتجميع الأجزاء في ما أسماه بالعوائل لمجموعة الأجزاء (Groover,2001,952) (الشمري ،1998,8) (البيرماني، 1989,23). وجاء Sokolovskiy السوفيتي في عام 1937 ليصف المستلزمات الأساسية وخصائص تكنلوجيا المجاميع وخلايا العمل موضحا إمكانية تجميع الأجزاء المتشابهة بترتيب يعتمد على تتابع الأجزاء لعمليات التصنيع ، الأمر الذي أدى الى إمكانية استخدام تقنيات التدفق الخطي للإنتاج في بيئة الانتاج بالدفعة . وفي عام 1948 قدم A. Korling السويدي في

باريس من خلال مقالة أعدها حول مجاميع العمل تعتمد مبادئ ما سمي بتكنلوجيا المج
ووصف تأثير تطبيقها في مصنع الشاحنات السويدية وأوضح طريقة تكييف مبادئ تقنيات الت
الخطي في بيئة الانتاج بالدفعات وكذلك طبيعة خلايا المجاميع المستقلة التي تتصف بأم
للامركزي. من جهة اخرى، عمل Mitrafanov السوفيتي على نشر كتاب تحت عن
"المبادئ العلمية لتكنلوجيا المجاميع في عام 1959 وكان الكتاب يضم وصفا لتنظيم الانتاج و
لتكنلوجيا المجاميع. وفي عام 1969 تم إعادة تنظيم مكائن إنتاج مصنع Kingston Division
of Harris في نيوجرسي في الولايات المتحدة الأمريكية على أساس خطوط عوائل الأج
ليتخصص بتصنيعها وقد تم تحسين الانتاج بنسبة 50% وانخفضت مدة العمل من أسابيع ل
أيام (Groover, 2001,421). وتعتبر جامعة Trondheim في النرويج من أوائل الجامع
التي قدمت مفهوم خلايا التصنيع في مختبر قسم الإنتاج التابع لها وكانت أول مقالة كتبت ع
مفهوم ومصطلح التصنيع الخلوي كإحدى تطبيقات تكنلوجيا المجاميع في دورية بحثية عام 9
للباحث Optiz (Reisman,A.,Kumar: 1997, 508-520)، (Optiz et al.,1969, 39-50)
ومع التطورات التكنلوجية المتسارعة في طرق التصنيع سعت اليابان تحديدا مع حلول التسع
الى تطوير التصنيع الخلوي المستخدم للروبوتات الصناعية ذات القابلية على التعلم والمعرف
والاستدلال واتخاذ القرارات والتي استخدمت في خطوط الانتاج لتجميع الأجزاء ذاتيا والفح
بعمليات الفحص المتطورة (البيرماني، 1989,20).

أن التطورات التي شهدها التصنيع الخلوي قد جعلت منه ميدانا واعدا ومفتاحا لمعظم
المداخل المعاصرة للتصنيع مثل الانتاج الآني Just In Time (JIT) و أنظمة التصنيع المرن
Flexible Manufacturing System (FMS).

2-2- فوائد تطبيق التصنيع الخلوي وتكنلوجيا المجاميع للشركات

اتفق العديد من الباحثين والمهتمين على ان تطبيق التصنيع الخلوي وتكنولوجيا المجا
في الشركة يمكن ان يحقق المزايا الآتية (الشمري، 1998,35) (Groover,2001,434)
(Smith, 1989,431) (زهير، 2003,320) (Taylor, 2000, 333) (العلي، 2000,508):-

1. تقليل خزين تحت التشغيلWIP ومدة الانتظار LT
2. تخفيض أوقات تنفيذ العمليات الإنتاجية
3. تخفيض أوقات التهيئة والإعداد للمكائن
4. تبسيط الجدولة والتخطيط
5. سهولة الأتمتة وتقليل كلف الوحدة الواحدة
6. تقليل مناولة الأجزاء
7. زيادة رضا العاملين وتعدد مهاراتهم
8. الارتقاء بالجودة
9. الاستفادة من المساحة

2-3- خطوات تطبيق التصنيع الخلوي

استنادا الى العديد من المختصين في حقل خلايا التصنيع (Groover,2001, 422) (Stevenson,1999, 276) (Heizer&Render,2001:345) فان تطبيق التصنيع الخلوي يتكون من المراحل الآتية:-

المرحلة الأولى: تحديد وإيجاد عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن :

تختص هذه المرحلة بإيجاد وتعيين عوائل الأجزاء واختيار مجاميع المكائن بأستخدام إحدى طرق تشكيل عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن والتي تركز على تحديد الأجزاء المتشابهة المنتجة او المصنعة ضمن خلية تصنيع وعلى تشكيلة مجاميع المكائن، ويمكن تشكيل خلايا المجاميع بإحدى الوسيلتين الآتيتين:

1. طريقة التشكيل المتعاقبة: وهي طريقة لتشكيل الخلايا ينتج عنها إيجاد عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن في مرحلتين متعاقبتين، يتم في المرحلة الأولى إيجاد عوائل الأجزاء وفي المرحلة الثانية أيجاد مجاميع المكائن. ومن السبل المستخدمة لانجاز ذلك هي تشكيل العوائل باستخدام الخبرة الشخصية ومعاينة الأجزاء، وترميز وتصنيف الأجزاء (Mujkwan,1997,46).
2. طريقة التشكيل المتزامنة: بموجب هذه الطريقة يتم إعداد تشكيل ينتج عنه إيجاد عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن في وقت واحد ، وتعتمد هذه الطريقة على مخطط الماكنة/ الجزء، ومن الأدوات المستخدمة في هذه الطريقة هي: تشكيل العوائل بطريقة تحليل تدفق الانتاج Production Flow Analysis (PFA) ، والطرق الرياضية مثل خوارزمية مصفوفة الإحداث Incidence Matrix (IM) ويتفرع منه خوارزميات مصفوفة الماكنة – الماكنة والتي بدورها تتضمن مدخل معامل التشابه وخوارزمية معدل الارتباط، ومدخل مصفوفة الماكنة – الجزء، والذي يضم خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد Ranked Order Clustering (ROC) والتي بدورها تعتمد على PFA، وخوارزمية العناقيد المباشرة، وأسلوب الفئة الاحلالية.

- **خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد (ROC).**

وهي من الطرق الرياضية المستخدمة لإيجاد تشكيلة العوائل ومجاميع المكائن معاً ويقترن تطبيقها بتحليل تدفق الانتاج (PFA) ، وقد طور King هذه الخوارزمية إذ تستند على ترتيب الصفوف والأعمدة في مصفوفة أحداث الماكنة – الجزء Machine-Part Incidence Matrix. واستنادا الى King فأن هذه الطريقة لاقت رواجا كبيرا لأنها استخدمت لتقليل معامل التشابه في المصفوفات بين المكائن والاجزاء وهي لا تحتاج الى الخبرة العميقة في البرمجة على الحاسوب وتتميز بالدقة بشكل عام وبالبساطة في الاستخدام ، ولا تعتمد على أسلوب الخطأ والصواب ولا على النظر للأجزاء او لرسوماتها في تشكيل مجاميع عوائل الأجزاء بل تعتمد على حساب وزن الترتيب لصفوف وأعمدة مصفوفة الأحداث بشكل تتضمن فيه العناقيد عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن ومن هنا جاءت التسمية (King,203,1980). كما وتعمل هذه الخوارزمية على تبسيط وتقليل مسار انسياب المواد وتتميز باعتمادها على إعداد ترتيب تنازلي لوزن القيمة في المصفوفة لكل صف وعمود (Mujcan,1997,46). ويتألف تطبيق هذه الخوارزمية من الخطوات الآتية:

- **الخطوة الأولى** : قراءة بيانات مصفوفة إحداث الماكنة – الجزء (الأولية Initial) وهي ذات بعدين، يحوي البعد الأول منها (الأعمدة) على الأجزاء ويحوي البعد الثاني منهما (الصفوف) على المكائن وفي حالة معالجة الجزء على الماكنة فان خلية تقاطع الصف بالعمود يقرأ القيمة (1) وفي حالة عدم معالجة الجزء على الماكنة تقرأ القيمة (0) .
- **الخطوة الثانية** : تحويل القيم الثنائية لكل صف في مصفوفة الماكنة- الجزء الى قيم عشرية.
- **الخطوة الثالثة** : ترتيب القيم الثنائية للصفوف تنازليا، وفي حالة وجود تعادل بالقيم الثنائية بين صفين او أكثر فترتب تلك الصفوف كما وردت في المصفوفة الأولية.
- **الخطوة الرابعة**: إعداد مصفوفة مرتبة على أساس نتائج الخطوة السابقة.
- **الخطوة الخامسة** : تحويل القيم الثنائية لكل عمود في مصفوفة الماكنة-الجزء الى قيم عشرية.
- **الخطوة السادسة** : ترتيب القيم الثنائية للأعمدة تنازليا، وفي حالة وجود تعادل بالقيم الثنائية بين عمودين او أكثر فترتب تلك الأعمدة كما وردت في المصفوفة الأولية.
- **الخطوة السابعة**: إعداد مصفوفة مرتبة على أساس نتائج الخطوة السابقة
- **الخطوة الثامنة** : إعادة الخطوات 2 – 7 ، وإذا لم يتغير ترتيب الأعمدة والصفوف فيتم الانتقال الى الخطوة التالية.
- **الخطوة التاسعة** : طباعة النتائج من عوائل الأجزاء لكل خلية، وعدد الخلايا المتكونة، وعدد المكائن في كل خلية.

وبتطبيق معادلة (3-1) يمكن حساب القيم الثنائية (Binary Value) لكل صف في مصفوفة الأحداث. أما المعادلة (3-2) فأنها تستخدم لحساب القيمة الثنائية للعمود.

$$Bv_i = \Sigma Xij \times 2^{N-j} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}1)$$

Bvi: القيمة الثنائية للصف i.

Xij: قيمة خلية المصفوفة للصف i و العمود j.

2^{N-j}: الأساس2 مرفوع للقوة (عدد أجزاء المصفوف N مطروحا منها عدد الأعمدة j)

$$Bvj = \Sigma Xij \times 2^{M-i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}2)$$

Bvj: القيمة الثنائية للعمود j.

Xij: قيمة خلية المصفوفة للصف j و والعمود i.

2^{M-i}: الأساس2 مرفوع للقوة (عدد مكائن المصفوفة M مطروحا منها عدد الصفوف i)

وبعد توضيح خطوات تطبيق خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد لابد من التطرق الى مفهومين مهمين هما العناصر الاستثنائية Exceptional Elements (EE) والعناصر الفارغة Void Elements (V E). إذ تعد العناصر الاستثنائية والعناصر الفارغة أول مشكلتين تواجهان المصمم الذي يقوم بعملية تشكيل مجاميع المكائن وعوائل الأجزاء لخلية التصنيع (Strong, Rajamani, & Adil, 1996, 1361-1380). فالعناصر الاستثنائية يمكن تعريفها على إنها تلك الأجزاء التي تتطلب سلسلة عمليات إنتاجية على مكائن تتواجد في خليتين او أكثر والتي تظهر في مصفوفة الأحداث (IM) بالقيم (1) خارج الخلايا المتراصفة مع بعضها والتي تمثل تشكيلة الخلية وتتكون العناصر الاستثنائية عندما يتطلب الجزء إجراء عملية تشغيل على ماكنة ليست ضمن مقطع خلية تصنيع.

أما العناصر الفارغة VE فهي تلك العناصر التي تقع ضمن عائلة الأجزاء المخصصة لخلية معينة ولا يتم معالجتها على إحدى مكائن تشكيلة الخلايا والتي تأخذ القيمة (صفر) (Kern,1991, 1535-1547) . إن العديد من تقنيات تشكيل خلية التصنيع تركز على إعداد الخلايا بالشكل الذي يحقق اقل ما يمكن من العناصر الاستثنائية او الأجزاء التي تتطلب عمليات تشغيلية خارج خلاياها (Dahel, 1995, 2079-2095)، ويتطلب تشكيل خلايا التصنيع في النظام الخلوي تحقيق اقل ما يمكن من التنقلات في داخل خلية التصنيع، وأكبر قدر ممكن من المرونة في خلية التصنيع (Dahel & Smith,1993, 933-945).

المرحلة الثانية: ترميز وتصنيف الأجزاء

الترميز عملية تستخدم لإعطاء دلالات ومفاهيم معينة والتي تكون أما أرقام او حروف او مزيج من الاثنين لتمثيل صفات خاصة لأجزاء معينة أي هي عملية تدوين نموذجية للمعلومات التي تتعلق بالخصائص الهندسية مثل الشكل والحجم والأبعاد والسماحات ونوعية المواد والدقة وغيرها. (الشمري، 37،1998)

أما التصنيف فيمثل مجموعة من الخصائص والصفات التي تبنى على أساسها عوائل الأجزاء والتي تساعد في تعريفها وتمييزها عن الأجزاء المتبقية والتي لاتنتمي الى أية عائلة من العوائل التي تم تحديدها، ولتكوين العوائل بشكل سليم فيجب جعل أنواع الخصائص والصفات ذات التأثير الأكبر على خطة عملية التصنيع في قمة الأولويات ، أما تلك التي لها تأثير اقل فتوضع بعدها في الأولوية (الشمري ،1998 ، 43).

وهنالك ثلاثة أنواع أساسية لهيكلة رموز الأجزاء وهي (Groover, 2001, 425-426):-

الهيكل الهرمي والذي يعتمد على خصائص التصميم مثل الشكل والحجم والأبعاد والسماحات ونوع المادة الأولية وهو ذا أطوال ثابتة ويكون عادة قصيرا ومن المآخذ على هذا النوع من طرق الترميز كثرة التفرعات والتداخلات الحاصلة في التصنيف، والهيكل المتسلسل ويعتمد على خصائص التصنيع ويسهل عملية تحديد متطلبات عمليات التصنيع ويزود الرقم بمعلومات عن العدد والأدوات وعن حجم دفعة الانتاج وغيرها من المعلومات. والهيكل الهجين والذي يعتمد على خصائص النوعين السابقين من الترميز، ويتم الترميز بحسب خصائص التصميم وخصائص التصنيع معا ويلجأ الى هذا النوع من الترميز لتلبية احتياجات كل من التصميم والتصنيع .

المرحلة الثالثة: حساب كفاءة خلايا التصنيع المشكلة بمقاييس كفاءة التشكيل:

بعد تنفيذ المرحلتين السابقتين، ينبغي حساب كفاءة خلايا التصنيع والعوائل المتكونة ومجاميع المكائن بأستخدام مقاييس تستخدم لهذا الغرض، وفيما يلي أهم المقاييس المستخدمة في حساب فاعلية وكفاءة المجاميع، ومؤشر قدرة المجاميع، والفاعلية الكلية للمجاميع:-

المقياس الأول : فاعلية المجاميع Group Effectiveness (GE)

يعد حساب فاعلية المجاميع احد المقاييس شائعة الاستخدام للوقوف على مدى نجاح عملية تشكيل خلايا التصنيع و عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن بأستخدام مصفوفة الأحداث ويرمز لفاعلية المجاميع بالرمز GE والذي يحسب بالمعادلة التالية: (Mukattash,1997,106)

$$GE = qn1+(1-q)\,n2 \qquad 0 \le q \le 1 \qquad \text{.....(3-3)}$$

حيث n1: مجموع عدد العناصر اللاصفرية /حاصل عدد المكائن ×عدد الأجزاء

n2 : مجموع عدد العناصر الصفرية /حاصل عدد المكائن× عدد الأجزاء

q : قيمة تتراوح بين صفر و واحد

$$e_d = \sum_{r=1}^{K} \sum_{i=M_{r-1}}^{M_r} \sum_{j=N_{r-1}+1}^{N_r} a_{ij}.M_0 = 0, N_0 = o \qquad \text{.....(3-4)}$$

حيث k : مجموع عدد القيم ضمن الخلية الواحدة .

Mr : مجموع صفوف المجموعة الواحدة .

Nr: مجموع أعمدة المجموعة الواحدة .

القيم الابتدائية لكل من M,N,K تساوي صفر

ed : عدد عناصر خلايا المصفوفة المشكلة .

وتحسب قيم n1,n2 كما يلي :

mn: حاصل ضرب صفوف المجموعة × مجموع أعمدة المجموعة

$$\eta 1 = \frac{e_d}{\left(\sum_{r=1}^{K} M_r N_r\right)} \qquad \text{.....(3-5)}$$

$$\eta 2 = 1 - \frac{e_d}{\left(mn - \sum_{r=1}^{K} M_r N_r\right)} \qquad \text{.....(3-6)}$$

المقياس الثاني: كفاءة المجاميع Group Efficiency (Ge)

استخدم هذا المقياس من قبل الباحثين Kumar & Chandrasekharan عام 1990 ويرمز له بـ(Ge) وكما في المعادلة (3 - 7) حيث يمثل البسط حاصل طرح عدد العناصر الاستثنائية (EE) من المجموع الكلي للعناصر مطروحة من واحد ، ويمثل المقام عدد العناصر الفارغة (VE) الى المجموع الكلي للعناصر مضافة إلى واحد (Mukattash,1997,107).

$$Ge = \frac{1 - \Psi}{1 + \varphi} \qquad \text{.....(3-7)}$$

حيث ان:

$$\Psi = \frac{\text{عدد العناصر الاستثنائية من مصفوفة الأحداث}}{\text{المجموع الكلي لعناصر مصفوفة الاحداث}}$$

$$\varphi = \frac{\text{عدد العناصر الفارغة في مصفوفة الأحداث VE}}{\text{المجموع الكلي لعناصرمصفوفة الاحداث}}$$

المقياس الثالث: مؤشر قدرة المجاميع Group Capability Index (GCI)

استخدم هذا المقياس من قبل الباحث Hsu عام 1990 ويرمز له بالرمز (GCI) وكما في المعادلة (3 - 8) .

$$GCI = 1 - \frac{e_o}{e} \qquad \text{.....(3-8)}$$

حيث:

e_o = عدد العناصر الاستثنائية EE في مصفوفة الاحداث .

e = مجموع عدد العناصر في مصفوفة الاحداث .

المرحلة الرابعة: التخطيط وتتابع العمليات لخلايا التصنيع المشكّلة:

تمثل هذه المرحلة الفعاليات الملازمة للقرار الذي يجب ان تتخذه ادارة الانتاج بقصد الاستغلال الأمثل لمختلف الموارد اللازمة للعملية الإنتاجية وهي تشمل تصميم العمليات طبقاً لمواصفات المنتج فضلاً عن عمليات الجدولة والتحميل (Scheduling and Loading) اللازمتين لإنتاج الاجزاء بالوقت المخطط وبأقل التكاليف وبأفضل جودة ممكنة بقصد تحقيق الربح والمنافسة، ويعد هذا التخطيط الحلقة الرابطة مابين تصميم طرق تصنيع المنتوج وجدولة الانتاج (Pandey,1980,170) .

ثالثا : الجانب العملي

3-1- نبذة عن موقع البحث :

تأسست شركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية عام 1984 كشركة عامة ذات استقلال إداري ومالي وهي مجمع صناعي ضخم، وكانت الشركة تعمل للحصول على نظام الايزو 9001 نهاية عام 2002. أسلوب التصنيع والإنتاج في الشركة ذو طابع نمطي، وغير نمطي، متكرر بتصاميم غير ثابتة إلى حد ما وبأحجام مختلفة وبكميات إنتاجية حسب الطلبات الواردة من الجهات المستفيدة من القطاع العام والخاص. وتضم الشركة مركز لنظم المعلومات يتم السيطرة من خلاله على جميع فعاليات الشركة بواسطة شبكة حواسيب حديثة. تتكون الشركة من ثلاثة مصانع رئيسية ومعمل واحد وهي: مصنع القوالب والعدد المركزي، ومصنع مسبك الصب الخاص، ومصنع الهياكل الحديدية، ومعمل الخدمات المركزي.

تقوم ورشة التحدي التابعة لمصنع القوالب والعدد المركزي بصنع القوالب المتنوعة والتراكيب الضرورية للإنتاج وحسب الطلب وتحتوي على المكائن المبرمجة وغير المبرمجة لأعمال التشغيل الميكانيكي المختلفة وكذلك تحوي افران المعاملات الحرارية المختلفة كالتقسية والمراجعة والنتردة ويمكن أيجاز الأعمال التي تنفذ في الورشة بما يلي:

1- إنتاج قوالب تشكيل المعادن على البارد وتشمل على: قوالب القطع-التشكيل- ألحني- التثقيب- قوالب السحب - وكذلك القوالب المركبة والتي تؤدي عدة وظائف في آن واحد.
2- إنتاج قوالب التشكيل على الحار وتشمل على قوالب البلاستك، قوالب كبس المطاط، قوالب السباكة المعدنية وقوالب الطرق الحار.
3- التراكيب والمثبتات الخاصة بأعمال التشغيل الميكانيكي وتنفيذ الالتزامات الإنتاجية حسب الطلبات مثل تصنيع المكائن والمعدات والمنتجات النمطية والأدوات الاحتياطية لشركات ومعامل وزارة الصناعة.

جهزت الورشة والمعمل بأكمله بمكائن مختلفة الأنواع من قبل شركة EBO-OERLICON السويسرية بالإضافة الى العديد من الشركات الاجنبية الاخرى مثل شركات DECKEL و BOKO و SHW و YAZDA و MAHO و RIEDEN الألمانية وشركة MATTIX الانكليزية وشركة WAHLI السويسرية.

ومن خلال دراسة ومراجعة التقارير الشهرية لـ 53 شهر (الفترة من 1999/1/1 لغاية 2003/5/31) اتضح تكرارية عدد من الأجزاء التي تعالج في الورشة بشكل دوري على الرغم من اختلاف حجم الطلب باستمرار والجهة المستفيدة من قوالب التشكيل الحار والبارد. ولغرض تحقيق أهداف البحث فقد تم تحديد مجتمع البحث بمجموعة من الاجزاء بلغ عددها 128 جزءا، واختير 67 جزءا (كعينة للبحث) بشكل قصدي أو عمدي من هذه المجموعة وقد شكلت هذه العينة 52 % من مجتمع الاجزاء التي تم حصرها خلال الفترة المشار اليها اعلاه، والجدول (3-1) يبين مفردات عينة البحث.

تستخدم ورشة التحدي العديد من المكائن لانجاز العمليات المختلفة على الاجزاء وتضم الورشة 27 ماكنة مختلفة الغرض والمنشأ بالاضافة الى 3 نقاط للفحص والتفتيش، والجدول (3-2) يبين مكائن عينة البحث والملحق (1) يبين الترتيب الحالي لورشة التحدي. اما الملحق (2) فأنه يوضح معايير اداء الورشة عند معالجتها لكل جزء من اجزاء عينة البحث خلال الفترة المشار اليها اعلاه. وتضم هذه المعايير: معدل وقت الاعداد والتهيئة بالدقيقة للجزء، ومجموع وقت التهيئة بالدقيقة للوجبة، ومعدل وقت النقل بالدقيقة للجزء، ومجموع وقت النقل بالدقيقة للوجبة، ومعدل وقت المعالجة بالدقيقة للجزء، ومجموع وقت المعالجة بالدقيقة للوجبة، ومعدل الانتاج بالساعة، ووقت الدورة.

3-2- اعداد الترتيب الخلوي لورشة التحدي

بأعداد مصفوفة أحداث الماكنة – الجزء وبتطبيق خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد ROC وبأستخدام معادلة (3 -1)، و (3-2) وبرمجية EXCEL فقد افرز ذلك عن تشكيل خمس خلايا عمل تختص كل منها بما يلي :-

تعالج الخلية الاولى 14 جزء وتتالف من 6 مكائن ، وتتضمن 11 عنصر أستثنائياً EE. الخلية الثانية تعالج 11 جزء وتتالف من 6 مكائن ، وتتضمن 5 عناصر أستثنائية. الخلية الثالثة تعالج 8 اجزاء وتتالف من 6 مكائن، وتتضمن 8 عناصر أستثنائية. الخلية الرابعة تعالج 13 جزء وتتالف من 4 مكائن، وتتضمن 4 عناصر أستثنائية. اما الخلية الخامسة فتعالج 21 جزء وتتالف من 5 مكائن، وتتضمن 5 عناصر أستثنائية. والملحق (3) يوضح التشكيل الاولي لخلايا التصنيع.

ولمعالجة العناصر الاستثنائية في التشكيل الاولي الذي يظهر في الملحق (3) فقد اضيفت مكائن اختناق Bottleneck Machines الى مجموع المكائن المستخدمة في كل خلية، ويبين الملحق (4) نتائج تطبيق خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد وهي الشكل النهائي لتشكيلة خلايا التصنيع بعد أضافة 8 مكائن اختناق الى مجموع المكائن ليصبح عدد المكائن 35 موزع على الخلايا الخمسة. والملحق (5) يوضح الترتيب الخلوي لورشة التحدي.

- الخطوة الأولى : قراءة بيانات مصفوفة إحداث الماكنة – الجزء (الأولية Initial) وهي ذات بعدين، يحوي البعد الأول منها (الأعمدة) على الأجزاء ويحوي البعد الثاني منها (الصفوف) على المكائن وفي حالة معالجة الجزء على الماكنة فان خلية تقاطع الصف بالعمود يقرأ القيمة (1) وفي حالة عدم معالجة الجزء على الماكنة تقرأ القيمة (0) .
- الخطوة الثانية : تحويل القيم الثنائية لكل صف في مصفوفة الماكنة- الجزء الى قيم عشرية.
- الخطوة الثالثة : ترتيب القيم الثنائية للصفوف تنازليا، وفي حالة وجود تعادل بالقيم الثنائية بين صفين او أكثر فترتب تلك الصفوف كما وردت في المصفوفة الأولية.
- الخطوة الرابعة: إعداد مصفوفة مرتبة على أساس نتائج الخطوة السابقة.
- الخطوة الخامسة : تحويل القيم الثنائية لكل عمود في مصفوفة الماكنة-الجزء الى قيم عشرية.
- الخطوة السادسة : ترتيب القيم الثنائية للأعمدة تنازليا، وفي حالة وجود تعادل بالقيم الثنائية بين عمودين او أكثر فترتب تلك الأعمدة كما وردت في المصفوفة الأولية.
- الخطوة السابعة: إعداد مصفوفة مرتبة على أساس نتائج الخطوة السابقة
- الخطوة الثامنة : إعادة الخطوات 2 – 7 ، وإذا لم يتغير ترتيب الأعمدة والصفوف فيتم الانتقال الى الخطوة التالية.
- الخطوة التاسعة : طباعة النتائج من عوائل الأجزاء لكل خلية، وعدد الخلايا المتكونة، وعدد المكائن في كل خلية.

وبتطبيق معادلة (3-1) يمكن حساب القيم الثنائية (Binary Value) لكل صف في مصفوفة الأحداث. أما المعادلة (3-2) فأنها تستخدم لحساب القيمة الثنائية للعمود.

$$Bv_i = \Sigma Xij \times 2^{N-j} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}1)$$

Bvi: القيمة الثنائية للصف i.

Xij: قيمة خلية المصفوفة للصف i و العمود j.

2^{N-j}: الأساس2 مرفوع للقوة (عدد أجزاء المصفوف N مطروحا منها عدد الأعمدة j)

$$Bvj = \Sigma Xij \times 2^{M-i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}2)$$

Bvj: القيمة الثنائية للعمود j.

Xij: قيمة خلية المصفوفة للصف j و والعمود i.

2^{M-i}: الأساس2 مرفوع للقوة (عدد مكائن المصفوفة M مطروحا منها عدد الصفوف i)

وبعد توضيح خطوات تطبيق خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد لابد من التطرق الى مفهومين مهمين هما العناصر الاستثنائية Exceptional Elements (EE) والعناصر الفارغة Void Elements (V E). إذ تعد العناصر الاستثنائية والعناصر الفارغة أول مشكلتين تواجهان المصمم الذي يقوم بعملية تشكيل مجاميع المكائن وعوائل الأجزاء لخلية التصنيع (Strong, Rajamani, & Adil, 1996, 1361-1380). فالعناصر الاستثنائية يمكن تعريفها على إنها تلك الأجزاء التي تتطلب سلسلة عمليات إنتاجية على مكائن تتواجد في خليتين او أكثر والتي تظهر في مصفوفة الأحداث (IM) بالقيم (1) خارج الخلايا المتراصفة مع بعضها والتي تمثل تشكيلة الخلية وتتكون العناصر الاستثنائية عندما يتطلب الجزء إجراء عملية تشغيل على ماكنة ليست ضمن مقطع خلية تصنيع.

أما العناصر الفارغة VE فهي تلك العناصر التي تقع ضمن عائلة الأجزاء المخصصة لخلية معينة ولا يتم معالجتها على إحدى مكائن تشكيلة الخلايا والتي تأخذ القيمة (صفر) (Kern,1991, 1535-1547) . إن العديد من تقنيات تشكيل خلية التصنيع تركز على إعداد الخلايا بالشكل الذي يحقق اقل ما يمكن من العناصر الاستثنائية او الأجزاء التي تتطلب عمليات تشغيلية خارج خلاياها (Dahel, 1995, 2079-2095)، ويتطلب تشكيل خلايا التصنيع في النظام الخلوي تحقيق اقل ما يمكن من التنقلات في داخل خلية التصنيع، وأكبر قدر ممكن من المرونة في خلية التصنيع (Dahel & Smith,1993, 933-945).

المرحلة الثانية: ترميز وتصنيف الأجزاء

الترميز عملية تستخدم لإعطاء دلالات ومفاهيم معينة والتي تكون أما أرقام او حروف او مزيج من الاثنين لتمثيل صفات خاصة لأجزاء معينة أي هي عملية تدوين نموذجية للمعلومات التي تتعلق بالخصائص الهندسية مثل الشكل والحجم والأبعاد والسماحات ونوعية المواد والدقة وغيرها. (الشمري، 37،1998)

أما التصنيف فيمثل مجموعة من الخصائص والصفات التي تبنى على أساسها عوائل الأجزاء والتي تساعد في تعريفها وتمييزها عن الأجزاء المتبقية والتي لاتنتمي الى أية عائلة من العوائل التي تم تحديدها، ولتكوين العوائل بشكل سليم فيجب جعل أنواع الخصائص والصفات ذات التأثير الأكبر على خطة عملية التصنيع في قمة الأولويات ، أما تلك التي لها تأثير اقل فتوضع بعدها في الأولوية (الشمري ،1998 ، 43).

وهنالك ثلاثة أنواع أساسية لهيكلة رموز الأجزاء وهي (Groover, 2001, 425-426):-

الهيكل الهرمي والذي يعتمد على خصائص التصميم مثل الشكل والحجم والأبعاد والسماحات ونوع المادة الأولية وهو ذا أطوال ثابتة ويكون عادة قصيرا ومن المأخذ على هذا النوع من طرق الترميز كثرة التفرعات والتداخلات الحاصلة في التصنيف، والهيكل المتسلسل ويعتمد على خصائص التصنيع ويسهل عملية تحديد متطلبات عمليات التصنيع ويزود الرقم بمعلومات عن العدد والأدوات وعن حجم دفعة الانتاج وغيرها من المعلومات. والهيكل الهجين والذي يعتمد على خصائص النوعين السابقين من الترميز، ويتم الترميز بحسب خصائص التصميم وخصائص التصنيع معا ويلجأ الى هذا النوع من الترميز لتلبية احتياجات كل من التصميم والتصنيع .

المرحلة الثالثة: حساب كفاءة خلايا التصنيع المشكلة بمقاييس كفاءة التشكيل:

بعد تنفيذ المرحلتين السابقتين، ينبغي حساب كفاءة خلايا التصنيع والعوائل المتكونة ومجاميع المكائن بأستخدام مقاييس تستخدم لهذا الغرض، وفيما يلي أهم المقاييس المستخدمة في حساب فاعلية وكفاءة المجاميع، ومؤشر قدرة المجاميع، والفاعلية الكلية للمجاميع:-

المقياس الأول : فاعلية المجاميع Group Effectiveness (GE)

يعد حساب فاعلية المجاميع احد المقاييس شائعة الاستخدام للوقوف على مدى نجاح عملية تشكيل خلايا التصنيع و عوائل الأجزاء ومجاميع المكائن بأستخدام مصفوفة الأحداث ويرمز لفاعلية المجاميع بالرمز GE والذي يحسب بالمعادلة التالية: (Mukattash,1997,106)

$$GE = qn1+(1-q)\,n2 \qquad 0 \le q \le 1 \qquad \text{.....(3-3)}$$

حيث n1: مجموع عدد العناصر اللاصفرية /حاصل عدد المكائن ×عدد الأجزاء

n2 : مجموع عدد العناصر الصفرية /حاصل عدد المكائن× عدد الأجزاء

q : قيمة تتراوح بين صفر و واحد

$$e_d = \sum_{r=1}^{K} \sum_{i=M_{r-1}}^{M_r} \sum_{j=N_{r-1}+1}^{N_r} a_{ij}.M_o = 0, N_o = o \qquad \text{.....(3-4)}$$

حيث k : مجموع عدد القيم ضمن الخلية الواحدة .

Mr : مجموع صفوف المجموعة الواحدة .

Nr: مجموع أعمدة المجموعة الواحدة .

القيم الابتدائية لكل من M,N,K تساوي صفر

ed : عدد عناصر خلايا المصفوفة المشكلة .

وتحسب قيم n1,n2 كما يلي :

mn: حاصل ضرب صفوف المجموعة × مجموع أعمدة المجموعة

$$\eta 1 = \frac{e_d}{\left(\sum_{r=1}^{K} M_r N_r\right)} \qquad \text{.....(3-5)}$$

$$\eta 2 = 1 - \frac{e_d}{\left(mn - \sum_{r=1}^{K} M_r N_r\right)} \qquad \text{.....(3-6)}$$

المقياس الثاني: كفاءة المجاميع Group Efficiency (Ge)

استخدم هذا المقياس من قبل الباحثين Kumar & Chandrasekharan عام 1990 ويرمز له بـ(Ge) وكما في المعادلة (3 - 7) حيث يمثل البسط حاصل طرح عدد العناصر الاستثنائية (EE) من المجموع الكلي للعناصر مطروحة من واحد ، ويمثل المقام عدد العناصر الفارغة (VE) الى المجموع الكلي للعناصر مضافة إلى واحد (Mukattash,1997,107).

$$Ge = \frac{1 - \Psi}{1 + \varphi} \qquad \text{.....(3-7)}$$

حيث ان:

Ψ = عدد العناصر الاستثنائية من مصفوفة الأحداث / المجموع الكلي لعناصر مصفوفة الاحداث

φ = عدد العناصر الفارغة في مصفوفة الأحداث VE / المجموع الكلي لعناصر مصفوفة الاحداث

المقياس الثالث: مؤشر قدرة المجاميع Group Capability Index (GCI)

استخدم هذا المقياس من قبل الباحث Hsu عام 1990 ويرمز له بالرمز (GCI) وكما في المعادلة (3 - 8) .

$$GCI = 1 - \frac{e_o}{e} \qquad \text{.....(3-8)}$$

حيث:

e_o = عدد العناصر الاستثنائية EE في مصفوفة الاحداث .

e = مجموع عدد العناصر في مصفوفة الاحداث .

المرحلة الرابعة: التخطيط وتتابع العمليات لخلايا التصنيع المشكّلة:

تمثل هذه المرحلة الفعاليات الملازمة للقرار الذي يجب ان تتخذه ادارة الانتاج بقصد الاستغلال الأمثل لمختلف الموارد اللازمة للعملية الإنتاجية وهي تشمل تصميم العمليات طبقا لمواصفات المنتج فضلاً عن عمليات الجدولة والتحميل (Scheduling and Loading) اللازمتين لإنتاج الاجزاء بالوقت المخطط وبأقل التكاليف وبأفضل جودة ممكنة بقصد تحقيق الربح والمنافسة، ويعد هذا التخطيط الحلقة الرابطة مابين تصميم طرق تصنيع المنتوج وجدولة الانتاج (Pandey,1980,170) .

ثالثا : الجانب العملي

3-1- نبذة عن موقع البحث :

تأسست شركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية عام 1984 كشركة عامة ذات استقلال إداري ومالي وهي مجمع صناعي ضخم، وكانت الشركة تعمل للحصول على نظام الايزو 9001 نهاية عام 2002. أسلوب التصنيع والإنتاج في الشركة ذو طابع نمطي، وغير نمطي، متكرر بتصاميم غير ثابتة إلى حد ما وبأحجام مختلفة وبكميات إنتاجية حسب الطلبات الواردة من الجهات المستفيدة من القطاع العام والخاص. وتضم الشركة مركز لنظم المعلومات يتم السيطرة من خلاله على جميع فعاليات الشركة بواسطة شبكة حواسيب حديثة. تتكون الشركة من ثلاثة مصانع رئيسية ومعمل واحد وهي: مصنع القوالب والعدد المركزي، ومصنع مسبك الصب الخاص، ومصنع الهياكل الحديدية، ومعمل الخدمات المركزي.

تقوم ورشة التحدي التابعة لمصنع القوالب والعدد المركزي بصنع القوالب المتنوعة والتراكيب الضرورية للإنتاج وحسب الطلب وتحتوي على المكائن المبرمجة وغير المبرمجة لأعمال التشغيل الميكانيكي المختلفة وكذلك تحوي افران المعاملات الحرارية المختلفة كالتقسية والمراجعة والنتردة ويمكن أيجاز الأعمال التي تنفذ في الورشة بما يلي:

1- إنتاج قوالب تشكيل المعادن على البارد وتشمل على: قوالب القطع-التشكيل- ألحني- التثقيب- قوالب السحب - وكذلك القوالب المركبة والتي تؤدي عدة وظائف في آن واحد.
2- إنتاج قوالب التشكيل على الحار وتشمل على قوالب البلاستك، قوالب كبس المطاط، قوالب السباكة المعدنية وقوالب الطرق الحار.
3- التراكيب والمثبتات الخاصة بأعمال التشغيل الميكانيكي وتنفيذ الالتزامات الإنتاجية حسب الطلبات مثل تصنيع المكائن والمعدات والمنتجات النمطية والأدوات الاحتياطية لشركات ومعامل وزارة الصناعة.

جهزت الورشة والمعمل بأكمله بمكائن مختلفة الأنواع من قبل شركة EBO-OERLICON السويسرية بالإضافة الى العديد من الشركات الاجنبية الاخرى مثل شركات DECKEL و BOKO و SHW و YAZDA و MAHO و RIEDEN الألمانية وشركة MATTIX الانكليزية وشركة WAHLI السويسرية.

ومن خلال دراسة ومراجعة التقارير الشهرية لـ 53 شهر (الفترة من 1999/1/1 لغاية 2003/5/31) اتضح تكرارية عدد من الأجزاء التي تعالج في الورشة بشكل دوري على الرغم من اختلاف حجم الطلب باستمرار والجهة المستفيدة من قوالب التشكيل الحار والبارد. ولغرض تحقيق أهداف البحث فقد تم تحديد مجتمع البحث بمجموعة من الاجزاء بلغ عددها 128 جزءا، واختير 67 جزءا (كعينة للبحث) بشكل قصدي أو عمدي من هذه المجموعة وقد شكلت هذه العينة 52 % من مجتمع الاجزاء التي تم حصرها خلال الفترة المشار اليها اعلاه، والجدول (3-1) يبين مفردات عينة البحث.

تستخدم ورشة التحدي العديد من المكائن لانجاز العمليات المختلفة على الاجزاء وتضم الورشة 27 ماكنة مختلفة الغرض والمنشأ بالاضافة الى 3 نقاط للفحص والتفتيش، والجدول (3-2) يبين مكائن عينة البحث والملحق (1) يبين الترتيب الحالي لورشة التحدي. اما الملحق (2) فأنه يوضح معايير اداء الورشة عند معالجتها لكل جزء من اجزاء عينة البحث خلال الفترة المشار اليها اعلاه. وتضم هذه المعايير: معدل وقت الاعداد والتهيئة بالدقيقة للجزء، ومجموع وقت التهيئة بالدقيقة للوجبة، ومعدل وقت النقل بالدقيقة للجزء، ومجموع وقت النقل بالدقيقة للوجبة، ومعدل وقت المعالجة بالدقيقة للجزء، ومجموع وقت المعالجة بالدقيقة للوجبة، ومعدل الانتاج بالساعة، ووقت الدورة.

3-2- اعداد الترتيب الخلوي لورشة التحدي

بأعداد مصفوفة أحداث الماكنة – الجزء وبتطبيق خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد ROC وبأستخدام معادلة (3 -1)، و (3-2) وبرمجية EXCEL فقد افرز ذلك عن تشكيل خمس خلايا عمل تختص كل منها بما يلي :-

تعالج الخلية الاولى 14 جزء وتتالف من 6 مكائن ، وتتضمن 11 عنصر أستثنائيا EE. الخلية الثانية تعالج 11 جزء وتتالف من 6 مكائن ، وتتضمن 5 عناصر أستثنائية. الخلية الثالثة تعالج 8 اجزاء وتتالف من 6 مكائن، وتتضمن 8 عناصر أستثنائية. الخلية الرابعة تعالج 13 جزء وتتالف من 4 مكائن، وتتضمن 4 عناصر أستثنائية. اما الخلية الخامسة فتعالج 21 جزء وتتالف من 5 مكائن، وتتضمن 5 عناصر أستثنائية. والملحق (3) يوضح التشكيل الاولي لخلايا التصنيع.

ولمعالجة العناصر الاستثنائية في التشكيل الاولي الذي يظهر في الملحق (3) فقد اضيفت مكائن اختناق Bottleneck Machines الى مجموع المكائن المستخدمة في كل خلية، ويبين الملحق (4) نتائج تطبيق خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد وهي الشكل النهائي لتشكيلة خلايا التصنيع بعد أضافة 8 مكائن اختناق الى مجموع المكائن ليصبح عدد المكائن 35 موزع على الخلايا الخمسة. والملحق (5) يوضح الترتيب الخلوي لورشة التحدي.

جدول (3-1)
مفردات عينة البحث وعدد عمليات المعالجة لكل جزء

ت	الجزء المصنع	رقم الجزء	عدد عمليات
1	PUNCH HOLDER	QA 316139	3
2	ASSEMBLY MOTOR FRONT COVER	QC020566-u	5
3	BACK EJECTOR PLATE	QC111911	5
4	BAK EJCTOR PLATE	QB110614	4
5	BAR	QD305898-8	3
6	BASE PLATE	QD305767-2	2
7	BEARING BUSHING	QD305948-1	4
8	BELVEL GEAR	QD305561	3
9	BENDING FIXTUE	QD313750-U	5
10	BLANK-3	QA 752335-3	3
11	BLANK HALDER	QA215135	5
12	BLNK -1	QH 752835-1	7
13	BLOCK	7A	6
14	BUSH SCREW1	QA951258-8	7
15	BUSH V1	QB305861-3	3
16	CABLE FIXUTURE	QA951314-3	4
17	CAM	QD 800090	6
18	CENTERING RING (m.s)	QC312777	5
19	CHANEL-1	QA951271-X	3
20	CLAMBING PLATE F.S	QB021168	2
21	CONTENER OF DIE	QB021178	4
22	CONTROL ARM	QA 951290-8	7
23	DEVICE	27A	7
24	DIE	QA 215131	1
25	DIS TRIBUTER	QB310622	3
26	DISTANCE PLATE	QA 215135	3
27	EJECTOR	QA316146	2
28	EJECTOR PLATE	QA112759	3
29	ELECTROD	QA426074	5
30	ENTERING SLEEVE	QB411036	4
31	FILTER BODE	QA0210101A	3
32	FLANGE	QD842905	7
33	FLANGE TOOL	QA112952-U	2
34	FLANGING PUNCH	QA418021	3
35	GUIDE	QB 305821	
36	HELICAL GEAR-2-	QD820637	
37	HOUSING	QD810407	
38	INSERT-1-	QA417820	
39	INSERT (f.s)	QC111896	
40	L-BOX-3-	QA951269-X	
41	l-plate	QD831774	
42	LEVER KEY	QA951360-2	
43	LOWER PIATE	QA 215130	
44	MAIRIJFS NIPPLIF	QC305603-3	
45	NUT	QD842984	
46	PANCH	QA215077	
47	PART	QD 752822	
48	PILLER SUPPOT	QB411035	
49	PLATE	QB305975-7	
50	PLERCING TOOL	QA 112946-V	
51	PONCH HOLDER	QA215141	
52	PULLY	QD820697	
53	PUNCH	QA 316134	
54	RIGHT ARM	QD810250	
55	RING	QA 752828	
56	RODS S-1	QA 752829-2	
57	ROKEY	QA951360-1	
58	ROLLER BLOCK	QC301824-2	
59	SCREW	QA 418014	
60	SHAFT	QA9511260-X	
61	STRIPPER	QA 316135	
62	TRANSPORT PLATE	QB310624	
63	UPPER CHANNAL	QA 95129010	
64	UPPER HOLDER	QA215144	
65	UPPER PLATE	QA112644	
66	WARM GEAR SHAFT	QH305754	
67	WASHER	18A	

جدول (3-2)
مكائن عينة البحث

اسم الماكنة	الكمية
CNC Milling 1000C(MAHO)	2
CNC NASAR2 Matrix	2
CNC Milling(MAHO) MAT	1
CNC NASAR3 Matrix	3
CNC Milling 800C(MAHO)	1
CNC Jig Grinding	1
CNC Milling UF21(Shw)	1
Surface Grinding	2
Spark D-20 charmille	1
Turing Colchester	2
Turing ALPIN VOEST	1
Turing WEILER	1
Turing Broad Bent	2
Turing VDF	3
Turing TAKISAWA	1
Check Point 1,2,3	3
المجموع	27

3-3- حساب كفاءة خلايا التصنيع المشكلة بمقاييس كفاءة التشكيل

لحساب كفاءة خلايا التصنيع بعد اضافة مكائن الاختناق والعوائل المتكونة ومجاميع المكائن فقد تم استخدام المقاييس التي وردت في الجانب النظري، حيث حسبت فاعلية المجاميع GE وكفاءة المجاميع Ge ومؤشر قدرة المجاميع GCI باستخدام المعادلات (3 -3) الى (3-8) . والجدول (3-3) يبين مدخلات حساب مقاييس كفاءة خلايا التصنيع، والذي يضم عدد الاجزاء، وعدد المكائن، وابعاد المصفوفة، ومجموع القيم الصفرية واللاصفرية، وعدد العناصر الاستثنائية لكل خلية.

جدول (3-3)
مدخلات حساب مقاييس كفاءة خلايا التصنيع

CELL الخلايا	عناصر المصفوفة		البيانات			
	الأجزاء (P)	المكائن (M)	P*M	مجموع القيم الأحادية	مجموع العناصر الصفرية VOIDS	العناصر الاستثنائية EE
CELL1	14	8	112	78	34	11
CELL 2	11	8	88	53	24	5
CELL 3	8	8	64	46	18	8
CELL 4	13	5	65	29	16	4
CELL 5	21	6	126	63	39	5
Sum	67	35				

أما الجدول (3-4) فأنه يقدم خلاصة بمعايير كفاءة تشكيل الترتيب الخلوي ، ومن خلال مقارنة هذه النسب مع المعيار العالمي والبالغ 60% - لخلايا التصنيع التي تعالج اقل من 100 جزء - يظهر بأن جميع المقاييس الموضحة في جدول (3-4) قد تجاوزت نسب المعيار العالمي لفاعلية وكفاءة وقدرة المجاميع المشكلة (Conchran,1998,3) وهذا يؤيد صحة الترتيب الخلوي المصمم في هذا البحث.

جدول(3-4)
معايير كفاءة تشكيل الترتيب الخلوي

المقياس	خلية1	خلية2	خلية3	خلية4	خلية 5	معدل الترتيب الخلوي
فاعلية المجاميع	%65	%61	%65	%57	%56	%60,8
كفاءة المجاميع	%67	%65	%63	%56	%57	%61,6
مؤشر قدرة المجاميع	%84	%90	%79	%88	%92	%86,6

3-4- محاكاة الترتيب الخلوي

بهدف تمثيل تشغيل الترتيب الخلوي المقترح ولتزويد الشركة بتصور عما يمكن ان يحدث في المستقبل بخصوص عمل ورشة التحدي بتطبيق الترتيب الخلوي فقد تم بناء نموذج لمحاكاة عمل خلايا التصنيع بأتباع منهجية محاكاة مونت كارلو والتي تتكون من الخطوات الآتية: تعريف المشكلة، جمع البيانات، بناء نموذج الحاسوب، تصميم وتنفيذ تجارب المحاكاة، تحليل نتائج المحاكاة (Heizer & Render,2001,851-855). تضمنت مدخلات عملية المحاكاة تشكيلة خلايا التصنيع الموضحة بالملحق (4) {5 خلايا عمل، 67 جزء، 35 ماكنة }، والبيانات المتعلقة بأوامر العمل مثل اسم الجزء وتاريخ الطلبية ومعلمات وقت المعالجة ووقت التهيئة ووقت النقل، والمسار التكنولوجي للجزء. كما تم بناء توزيعات احتمالية تجريبية لتوليد عدد الطلبيات من كل جزء بالسنة، وحجم الدفعة العشوائي لكل جزء، وتوليد الفترة الزمنية بين طلبية واخرى. كما استخدم التوزيع المنتظم لكل جزء لتوليد:- رقم الجزء بين 1-67، وقت المعالجة، ووقت النقل والتحميل والتفريغ والذي تم توليده ببرمجية SPAM.

استخدمت برمجية اكسل لمحاكاة معالجة كل جزء في خلايا التصنيع لمدة سنة كاملة على وفق الافتراضات الاتية: لا يوجد خزين تحت التشغيل عند الشروع بالمحاكاة، تعالج كل خلية عائلة واحدة من الاجزاء، تعمل الخلايا بشكل مستقل واحدة عن الاخرى، تبدأ الخلية بمعالجة وجبة جديدة بعد انتهائها من معالجة وجبة بأكملها، تعمل الورشة بواقع 15 ساعة عمل باليوم (900 دقيقة)، ولا توجد اعمال صيانة اثناء عملية المحاكاة. والجدول (3-5) يبين مقطعا من خلاصة نتائج محاكاة الجزء رقم 39 Blank Holder والذي يحمل الرمز QA215135 وتطلب معالجة

جدول (3-5)
مقطع من خلاصة معايير اداء الجزء 39

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
التسلسل	الجزء	مسار العملية	حجم الدفعة	رقم الخلية	مجموع وقت أنجاز الطلبية	مجموع خزين تحت التشغيل	مجموع وقت الانتظار دقيقة	عدد أيام العمل اللازمة لإنتاج الدفعة (وجبتين باليوم)	وقت الدورة دقيقة	الإنتاج اليومي وجبتين عمل	وقت النقل
1	39	23456	40	1	728	34	146	0.81	18	49	31
2	39	23456	13	1	312	15	20	0.35	24	38	34
3	39	23456	20	1	435	9	28	0.48	22	41	17
4	39	23456	12	1	289	13	37	0.32	24	37	35
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	39	23456	10	1	462	16	18	0.51	46	19	21
19	39	23456	40	1	700	42	97	0.78	18	51	32
المجموع			515		10780	351	1045	12	437	791	459
المعدل			27		567	18	55	0.630	23	42	24
الانحراف المعياري						14	40	0.164	7	9	8

على خمس مكائن في الخلية رقم واحد اذ بلغ عدد الدفعات 19 دفعة بالسنة، كما يقدم هذا الجدول المعدل والانحراف المعياري لمعايير اداء معالجة هذا الجزء والتي استخدمت في اختبار الفرضيات.

لمحاكاة خلايا التصنيع المصممة في هذا البحث بأستخدام ذراع الانسان الالي لاجراء عملية النقل بين مكائن خلايا التصنيع، فلقد اختير ذراع الانسان الالي IRB2004 وذلك لملائمة هذا النوع لتأدية مهمة النقل ما بين 125°-360°. والملحق (6) يبين موقع ذراع الانسان الالي في خلايا التصنيع. وبتطبيق اجراءات المحاكاة المشار اليها انفا، بأستثناء وقت النقل والتحميل والتفريغ حيث تم حسابه بشكل محدد ولكل جزء بأعتبار ان هذا الوقت يعتبر ثابتا وليس متغيرا كونه ينفذ بواسطة ذراع الانسان الالي.

وقد نفذت اجراءات المحاكاة على عينة الاجزاء ولمدة سنة لكل جزء، والجدول (3-6) يبين خلاصة معايير معالجة الجزء رقم 33 في الخلية الاولى، ويظهر في اسفل الجدول الانحراف المعياري ومعدل معايير الاداء والتي استخدمت في اختبار الفرضيات.

جدول (3-6)

خلاصة محاكاة معيير اداء الجزء 33 باستخدام ذراع الانسان الالي

التسلسل	الجزء	مسار العملية	حجم الدفعة	رقم الخلية	مجموع وقت أنجاز الطلبية	مجموع خزين تحت التشغيل	مجموع وقت الانتظار دقيقة	عدد أيام العمل اللازمة لإنتاج الدفعة (وجبتين باليوم)	وقت الدورة دقيقة	الانتاج اليومي وجبتين عمل	وقت النقل
1	33	126	10	2	275	8	55	0.31	28	55	13
2	33	126	90	2	1355	5	32	1.51	15	94	13
3	33	126	40	2	655	9	45	0.73	16	80	13
4	33	126	23	2	430	6	32	0.48	19	75	13
5	33	126	10	2	281	5	45	0.31	28	75	13
6	33	126	20	2	358	4	45	0.4	18	75	13
7	33	126	90	2	1370	7	40	1.52	15	72	13
8	33	126	40	2	674	8	55	0.75	17	55	13
9	33	126	40	2	661	4	35	0.73	17	78	13
10	33	126	10	2	220	7	70	0.24	22	55	13
المجموع			373		6279	63	454	7	194	714	130
المعدل			37		628	6	45	1	19	71	13
الانحراف المعياري			30			2	12		5	13	0

رابعا : اختبار الفرضيات*

لغرض اختبار فرضيات البحث والوقوف على معنوية أداء الترتيب الخلوي ومقارنته بالترتيب الحالي لعينة البحث من جهة ، وبالترتيب الخلوي باستخدام ذراع الانسان الالي من جهة اخرى فقد طبق اختبار t على جميع أجزاء عينة البحث. فبالنسبة للفرضية الاولى فقد اجري اختبار لمعياري (وقت الدورة، ومعدل الانتاج) بين الترتيب الحالي لورشة التحدي والترتيب الخلوي المقترح وكان هناك 134 اختبار (2 معيار × 67 جزء). وأظهرت نتائج الاختبار ان 96% من الاختبارات كانت معنوية للمعيارين وهذا يثبت صحة الفرضية الأولى .

وبنفس الطريقة أجريت اختبارات المعنوية بين معايير اداء الترتيب الخلوي (معدل الانتاج، ومعدل وقت الدورة، ومعدل وقت الانتظار، ومعدل وقت النقل) ومعايير اداء الترتيب الخلوي باستخدام ذراع الإنسان الالي وكان هناك 268 اختبار معنوية (4 معيار × 67 جزء). اظهرت نتائج اختبارات المعنوية ما يأتي :-

68% من الاختبارات كانت معنوية لمعيار وقت الدورة.

68% من الاختبارات كانت معنوية لمعيار معدل الانتاج .

88% من الاختبارات كانت معنوية لمعيار وقت النقل

53% من الاختبارات كانت معنوية لمعيار معدل وقت الانتظار.

تؤيد نتائج الاختبارات التي اجريت بان الترتيب الخلوي يقود الى نتائج تختلف اختلافا معنويا عن الترتيب الحالي لعينة البحث ، كما ان استخدام ذراع الانسان الالي يؤدي الى تحسين اداء الورشة بشكل ملموس وذلك ينعكس على جوانب عديدة للاداء في الشركة منها معدل الانتاج، والاستغلال العالي للطاقة، وانخفاض كلفة الوحدة الواحدة، والايفاء بطلبات الزبائن، وانخفاض معدل دورة الانتاج، بمعنى اخر ان الورشة يمكن ان تحقق مزايا تنافسية على صعيد الكلفة والوقت والجودة.

خامسا – الاستنتاجات والتوصيات

5-1- الاستنتاجات

1. تعد تكنلوجيا المجاميع فلسفة تصنيع وتمثل تحولا تكنلوجيا ويعتبر هذا التحول عاملا حاسما في تحقيق مزايا تنافسية، فتكنلوجيا المجاميع يمكن ان تغير بشكل جذري مصانع الانتاج ذات الحجوم المنخفضة والتنوع العالي، كما ان التطور والابداع باستخدام تكنلوجيا المجاميع يزود الشركة بقدرات متميزة يصعب مضاهاتها من قبل المنافسين، ولاتأتي المزايا التنافسية من اقتناء التكنلوجيا فحسب بل من استخدام تلك التكنلوجيا وتكاملها مع التكنلوجيا الحالية في المصنع .
2. تتخطى قرارات الترتيب الداخلي للشركة حدود ترتيب مراكز النشاطات الاقتصادية لتشمل تحديد المراكز التي ينبغي شمولها بالترتيب والمساحات اللازمة لكل مركز واستغلال تلك المساحات، وينبغي ان يعكس قرار الادارة خيار العمليات Pocess Choice، فالتدفق المرن يتطلب ترتيب على اساس العملية في حين يتطلب التدفق الخطي ترتيب على اساس المنتوج، بينما يتضمن الترتيب الهجين تصميم عامل واحد وعدة مكائن وخلايا تكنلوجيا المجاميع ونظم الانتاج المرن.

---

* نظرا لكثرة جداول الاختبارات ولعدم تجاوز عدد الصفحات المسموح بها للنشر في المجلة فلقد اكتفينا بعرض خلاصة نتائج الاختبارات فقط . وبالامكان الرجوع الى اصل الرسالة للأطلاع على تفاصيل تلك الجداول.

3. ان اعادة ترتيب الورش وفق مبدأ تكنلوجيا المجاميع يؤدي الى تقليل المهل الزمنية والتي بدورها تؤدي الى تقليل وقت انجاز الاعمال في خلايا التصنيع وتقليل المسارات التكنلوجية بين الوحدات الانتاجية فضلا عن سهولة السيطرة والمراقبة على عمليات الانتاج في خلايا التصنيع مما ينعكس بشكل ايجابي في قدرة الشركة على تحقيق مزايا تنافسية.
4. يعدّ الاستثمار المالي وكلفة مناولة ونقل المواد داخل خلايا التصنيع من المعايير المهمة في تقييم الترتيب الداخلي للمصنع، ويتطلب تصميم ترتيب داخلي ناجح لخلايا التصنيع جمع المعلومات الضرورية واعداد مخططات مقبولة ثم ترجمة تلك المخططات الى ترتيب داخلي تفصيلي.
5. اشارت المشاهدات الميدانية الى وجود تنوع عالي في الاجزاء المنتجة وتفاوتا في كمية الانتاج ودفعة الطلب وتكرارية الطلب في عينة البحث، وان عملية الانتاج في الواقع الحالي تخضع لظروف واعتبارات مختلفة منها الاختلاف في حجم الدفعة وورود الدفعة من جهة معينة وهذا ما برر دراسة الترتيب الخلوي في ورشة التحدي .
6. ان تشكيل خلايا التصنيع باستخدام مصفوفة احداث الماكنة - الجزء وتطبيق خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد لايشير الى وجود علاقة بين عدد الاجزاء ضمن عائلة ومكائن تصنيع العائلة الواحدة وبين معايير اداء التصميم الخلوي بل تعتمد هذه العملية على عدد العناصر الاستثنائية (EE) والعناصر الفارغة(VE).
7. افاد التحليل الذي اجري في هذا البحث جدوى التحول نحو النظام الخلوي المقترح ، إذ بلغ معدل معيار فاعلية المجاميع حوالي61 % بينما بلغ معدل كفاءة المجاميع حوالي 62 % اما مؤشر قدرة المجاميع فقد بلغ 87 % وان النسب السابقة تتجاوز المعايير العالمية لتشكيل خلايا التصنيع .
8. اشارت نتائج اختبار الفرضية الاولى تفوق 96% من معايير اداء الترتيب الخلوي على معايير اداء الترتيب الحالي للورشة مما يشكل دافعا قويا نحو تبني هذا التحول نحو خلايا التصنيع.
9. تعد محاكاة الترتيب الخلوي باستخدام ذراع الانسان الالي وبدونه اسلوبا اقتصاديا يساعد الشركة في عملية دراسة وتخطيط عملية التحول من النظام الحالي لورشة التحدي الى نظام تكنلوجيا المجاميع، بدون ان يتأثر الترتيب الحالي للورشة.
10. تشير نتائج اختبارات المعنوية ان معدلات الانتاج ووقت الدورة ووقت الانتظار ووقت النقل للترتيب الخلوي بأستخدام ذراع الانسان الالي تختلف اختلافا معنويا عن معايير اداء الترتيب الخلوي بدون استخدام ذراع الانسان الالي وهذا ما يشجع نحو التفكير في اقتناء تكنولوجيا الانسان الالي في ورشة التحدي.
11. اتضح من خلال هذا البحث عدم تبني ورشة التحدي اسلوبا علميا في حساب الفوائد المتحققة من ترتيب عينة البحث على اساس الترتيب الخلوي، لذلك فان دراسة تصميم العمليات ومساراتها الحالية لعينة البحث يمكن ان يقضي على الظاهرة المشخصة في ورشة التحدي.
12. غياب استخدام الحاسوب وتطبيقاته من قبل مديرو العمليات لاسيما في مجال الترتيب الداخلي لعينة البحث وسبب ذلك يعود الى اسباب خارجة عن حدود البحث والابتعاد عن التطورات العلمية حتى في مجال اختصاصاتهم مع عدم تطوير القابليات في مجال الحاسوب .

5-2- التوصيات

1- تبني إدارة الشركة فكرة الترتيب الخلوي المقترح وذلك لما يحققه من تحسن ملحوظ في نسب معايير معدل الانتاج ومعدل وقت الدورة، ومعدل وقت المناولة والتحميل والتفريغ ، ومعدل وقت الانتظار وتقليل خزين تحت التشغيل.

2- العمل على تثقيف الادارة العليا في الشركة بالمداخل والفلسفات الحديثة في نظم الانتاج والتصنيع بهدف ادخال تلك التغييرات في مصانع وورش الشركة.

3- اعتماد خوارزمية الترتيب الصفي للعناقيد ومصفوفة احداث الماكنة - الجزء كمنهجية لاعداد ترتيب خلوي لباقي ورش الشركة.

4- الاستعانة ببرمجيات المحاكاة التي اعدت في هذا البحث وتدريب العاملين وذلك لاهمية استخدامها في دراسة التحول نحو الترتيب الخلوي.

5- العمل على تطوير قاعدة البيانات الخاصة بالشركة لتشمل اعداد اخرى من الاجزاء لتسهيل عملية تطبيق التصنيع الخلوي.

6- يوصي البحث بشراء مكائن الاختناق التي اشير اليها بعلامة (××) في الملحق (4) وذلك لانجاح عملية تشكيل خلايا التصنيع.

7- الاطلاع على تجارب شركات سابقة قامت بتجربة التحول الى الترتيب الخلوي والاستعانة بخبراتها.

8- ضرورة ادراك الشركة بالجوانب التشغيلية بنظام التصنيع الخلوي لاسيما مسائل التخطيط والسيطرة على الانتاج والجدولة لتجنب الاختناقات في عملية الانتاج وتأخر تلبية الطلبات.

المصـــادر

المصادر العربية

<u>الكتب العربية</u>

1- العلي، عبد الستار محمد، أدارة الانتاج والعمليات، دار وائل للنشر عمان، الاردن، 2000.

2- السعد، مأمون حسن واخرون، أدارة العمليات الانتاجية، الطبعة الاولى، دار الامل للنشر، عمان، 1991.

3- البيرماني، صباح عبود أحمد، هندسة الروبوتات الانسان الالي، الطبعة الاولى، وزارة التعليم والبحث العلمي، الجامعة التكنلوجيا ، 1989.

4- البكري، سونيا محمد، أدارة الإنتاج والعمليات، مدخل النظم، الدار الجامعية، مصر، 2000.

5- الموسوي، منعم زمزير، أدارة الإنتاج والعمليات، النظرية والتطبيق، دار زهران للنشر والتوزيع عمان- الاردن ، 1995.

6- بفا، الورد اس - وسارن، راكيش كي، أدارة الانتاج والعمليات، مدخل حديث، دار المريخ، الرياض، السعودية، 1999.

7- عبيدات، سليمان خالد، أدارة الإنتاج والعمليات، الطبعة الاولى، عمان، الاردن، 1997.

8- عادل، مازن بكر، محاضرات غير منشورة، الجامعة التكنلوجية بغداد، 1995.

9- محسن، عبد الكريم، وصباح مجيد النجار، أدارة الإنتاج والعمليات، الطبعة الاولى، دار وائل للنشر، عمان، الاردن، 2004 .

الدوريات والمجلات العربية

1. أبو خريمة، حسن، مقالات عن تكنلوجيا الروبوت، جريدة الثورة، سلسلة مقالات 1985-1986.
2. أبو خريمة، حسن، إدخال تكنلوجيا الروبوت في العراق، محاضرة عامة، الجامعة التكنلوجية، 1983.
3. أبو خريمة، حسن، محاضرات عن تكنلوجيا الروبوت، سلسلة محاضرات، التعليم المستمر، الجامعة التكنلوجية ، بغداد ، 1985.
4. عبد المالك، عادل، العلاقة الرياضية بين فترة الاسترداد وعمر استبدال المكائن الانتاجية، مجلة الهندسة والتكنلوجيا، المجلد الحادي عشر، العدد الحادي عشر، 1992.

البحوث والاطاريح العربية

2- حمزة، سناء علي، دراسة تأثير تطبيق تكنلوجيا المجاميع - دراسة تطبيقية في المنشاة العامة للصناعات الجلدية، دراسة ماجستير مقدمة الى الجامعة التكنلوجية ، 1989.
3- عبد الله، أبتسام، تصميم حزمة محاكاة وبرمجة لذراع الروبوت - دراسة تطبيقية، رسالة ماجستير، مقدمة الى الجامعة التكنلوجية، 1990.
4- البياتي، بيداء ستار لفته، نظام تكنلوجيا المجاميع واثر تنفيذه في تخفيف الوقت وكلفة العمل المباشرة - دراسة تطبيقية في المنشاءة العامة للصناعات الجلدية، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الادارة والاقتصاد ، جامعة بغداد، 1993.
5- الشمري، زهرة عبد محمد، تصميم نظام ترميز وتصنيف الاجزاء لتطبيق تكنلوجيا المجاميع، دراسة تطبيقية مقدمة الى كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، 1998.

ندوات ومؤتمرات

1. احمد، زهير موسى، تأثير تكنلوجيا المجاميع في زيادة الانتاجية في المنشأت الصناعية، الندوة العلمية الاولى، الجامعة التكنلوجية، 1988.

2. احمد، زهير موسى، أستخدام تكنلوجيا المجاميع في الشركات الصناعية، المؤتمر العلمي الخامس لكلية الهندسة في جامعة بغداد، 2003.

المصادر الاجنبية - الكتب الاجنبية

1- Amrine, H. J. et al, Manufacturing Organization & Management, 2nd ed., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall ,1966.

2- Ahuja, K. K., Production Management ,1st ed., CBC Publisher and Distribution, New Delhi, 1993.

3- Adam, Everett E. and Ebert, Ronald D., Production and Operations Management: Concepts, Models and Behaviors, 5th ed, Prentice-Hall ,New Jersey, 1996.

4- Arn, E. A., Group Technology: An Integrated Planning and Implementation Concept For Small and Medium Batch Production, Springer – Verlag , New York , 1975.

5- Buffa, E. S., ,Modern Production & Operations Management , 7th ed. Eight Wiley Eastern, New Dellhi , 1993.

6- Bertoline ,Gary R, Fundamentals of Graphics Communication, Purdue University, IRWIN, 1996.

7- Bedworth, D. D. and Balley J. E., Integrated Production Control Systems, John Wiley and Sons, USA, 1987.

8- Buzacott, J. A. and Shanthikumar, J. G., Stochastic Models of Manufacturing Systems, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

9- Chase, Richard B., Nicholas Aquilano and Robert F. Jacobs, Operations Management for Competitive Advantage , 9th ed., McGraw-Hill, New York , 2001.

10- Dilworth, James B., Production and Operations Management Manufacturing & Service , 5th ed., McGraw Hill, New York , 1993.

11- Evans, James A., Production and Operations Management , 5th ed., West Publishing, New York , 1997.

12- Fitzmmans, James A. and Robert S. Sullivan, Service Operations Management, McGraw-Hill, New York, 1982.

13- Groover, M. and Zimmers E., CAD/Cam, Computer Aided Design and Manufacturing, Prentice –Hall, New Jersey, 1984 .

14- Groover, Mikell P, Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing,1st ed., Prentice-Hall, New York , 1987.

15- Groover, Mikell P, Fundamentals of Modern Manufacturing Material ,Processes and Systems, Prentice-Hall, New Jersey, 1996.

16- Groover, Mikell P, Automation, Production System, and Computer Integrated Manufacturing,2nd ed., Prentice Hall, 2001.

17- Heizer, J. and Barry Render, Production and Operations Management , 6th ed. , Prentice-Hall , New York, 2001.

18- Krajewski, Lee J. and Larry P. Ritzman, Operations Management , Strategy and Analysis, 5th ed., Wesley Publishing Co., New York, 1999.