

تحليل النظم التصنيعية ودراسة نظام تقليل الفاقد

د. سمير نمر كفا*

(تاريخ الإيداع 3 / 2 / 2011. قُبل للنشر في 19 / 12 / 2011)

□ ملخص □

يتناول البحث دراسة مشكلة بناء خطوط الإنتاج، وإيجاد الفاقد الأمثل وعلاقته بتقليل الكلفة العامة. ونهتم في هذا البحث بأنموذج محدد من خطوط الإنتاج وهي خطوط الإنتاج المستمر المستخدم في الصناعات الثقيلة. ويتم ذلك من خلال الدراسة المرجعية لتوازن خطوط الإنتاج واقتراح أنموذج رياضي يعتمد على علم بحوث العمليات والبرمجة الخطية وذلك بتمثيل هدف البحث ومحدداته بجملة معادلات رياضية تحل بمساعدة برنامج الـ MATLAB وحزمة Optimization. ودراسة علاقة ذلك بسياسة تقليل الفاقد ونظام إدارة الجودة الشاملة في المؤسسات الصناعية.

الكلمات المفتاحية: الانتاج، التصنيع، إزالة الفاقد، الأمثلة.

* أستاذ - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Analysing Industrial Systems and Identifying Waste Elimination Time

Dr. Samir Nmr Kafa*

(Received 3 / 2 / 2011. Accepted 19 / 12 / 2011)

□ ABSTRACT □

This study deals with the building problems of production lines, finding out the optimum loss relationship with general cost reduction. It also deals with a definite model of continuous production lines used in heavy industries.

This research is carried out by reference studies for balancing production lines and proposing a mathematical program that depends on the science of operational research and linear programming. This helps model the research aims and its determinants on a mathematical group of equations that could be solved by the MatLab program. This could also be studied in terms of its optimization and its relation to political–educational costs and the general feasibility policy of industrial establishments.

Keywords: Production, manufacturing, Waste Elimination, Optimization.

* Professor, Design and Production Engineering Department, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

إن النظم الصناعية للإنتاج وجدت منذ بدء تكون المجتمعات البشرية، إلا أن مفهوم إنتاج السلع بهدف البيع والربح لم يبدأ إلا مع حقبة الثورة الصناعية وظهور المفهوم الحديث لنظم التصنيع. ومنذ مستهل ثمانينات القرن الماضي وحتى الآن، فإن المنافسة في الأسواق العالمية والمحلية تزداد شراسة بين المنتجين وذلك لضمان البقاء وزيادة الحصص في السوق. لذا تركزت الجهود في الفترة الأخيرة على الاهتمام بجوانب مثل: الجودة والمرونة وتقليل الوقت وتكامل المعلومات. فالتطور السريع للتكنولوجيا الصناعية، وتكنولوجيا المعلومات والحاسبات ومتطلبات السوق وعمر السلع المنتجة الذي أصبح أقصر فأقصر، طرح بشدة إمكانية الإنتاج بأقل كلفة ممكنة. إن البحث عن إنتاج أمثل يطرح بدوره مشكلة تصور خط الإنتاج مع العلم بأن أي خطأ على هذا المستوى يكلف غالباً جداً، بسبب أثر المقياس المالي المستخدم [1].

لذا فإن أنشطة وفعاليات الهندسة الصناعية في ضوء المستجدات السريعة والكبيرة للثورة التكنولوجية يتوجب أن تتسم بصيغة ديناميكية، والتبدل السريع المرادف لسرعة التغيرات التكنولوجية بالنظم وباستخدام الأساليب الكمية المتطورة لإحكام عملية أي نشاط أو فعالية إنتاجية ضمن معيار كمي يستهدف لاستبعاد أي اجتهاد أو سوء تنظيم قد يترتب عليه هدر الطاقات الإنتاجية والمواد الأولية فضلاً عن سوء استخدام قوة العمل وعدم استغلالها بالصيغ المطلوبة [2].

أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية الدراسة الحالية في تناولها لموضوع يتسم بالحدائثة، حيث يعد هذا الموضوع والذي يطلق عليه اسم " نظام تقليل الفاقد" من أكثر (أو أكثر) أنظمة إدارة التصنيع شهرة ونجاحاً في العالم. بدأ تطبيق هذا النظام في سبعينيات القرن الماضي في اليابان وأظهر نتائج باهرة. وفي الثمانينيات بدأت الشركات الأمريكية والأوروبية تفاجأ بتفوق الشركات اليابانية عليها نتيجة لتطبيق هذا النظام، ولذلك بدؤوا في محاولة فهم هذه السياسة ومحاولة تطبيقها. وإلى الآن مازالت هذه السياسة تتفوق على أية سياسة أخرى لإدارة التصنيع، بل وإدارة الخدمات كذلك [3].

ما هي سياسة (نظام) تقليل الفاقد؟

تهدف سياسة تقليل الفاقد إلى تقليل الفوائد في جميع العمليات الإنتاجية، وتتميز هذه السياسة بأنها تساعد في التخلص من الكثير من الفوائد التي عادة ما نعتبرها أمراً حتمياً. فالكثيرون ينظرون إلى زمن تهيئة وضبط خطوط المعدات والآلات بوصفه أمراً طبيعياً ويجب التعايش معه وكذلك الحال بالنسبة إلى المخزون وأعطال المعدات وأوقات الانتظار والنقل... الخ.

إن تطبيق سياسة تقليل الفاقد تتيح إمكانية تقليل هذه الفوائد بشكل هائل وتقرب من إمكانية إيجاد زمن الفاقد الأمثل، مما يزيد من كفاءة عملية الإنتاج.

يسمى هذا النظام باللغة الإنكليزية بأسماء عدة نذكر منها:

Just In Time - أي الإنتاج بالوقت المناسب، وتعويض المخزون في الوقت المناسب، وهي من أشهر التسميات وتختصر إلى (JIT).

Lean Production – أي الإنتاج الرشيق غير المحمل بمخزون زائد أو عمالة زائدة أو فواقد أخرى.

Lean manufacturing – أي التصنيع الرشيق.

Toyota Production System – أي نظام تويوتا نسبة إلى مؤسس هذه السياسة في شركة تويوتا لصناعة السيارات وتختصر إلى (TPS).

من الجدير بالذكر أن جميع التسميات المذكورة أعلاه تعني نفس السياسة وتهدف إلى تقليل أو إزالة الفاقد *Waste Elimination* ويبدو أن هذا المصطلح هو الأفضل باللغة العربية لأنه يوضح بشكل أفضل هذه السياسة. إن مصطلح *Just In Time* يعطي انطباعاً بأن هذه السياسة تعني فقط. أن لا يكون هناك مخزون على الإطلاق وهذا خطأ كبير.

فهذا النظام لا يهدف فقط إلى تقليل المخزون، بل يهدف إلى تقليل الفاقد ومنه المخزون وزمن التهيئة الذي لا يمكن الاستغناء عنها وجعلها أصغر ما يمكن مقارنة بالشركات التي لا تطبق هذا النظام [4]. ونخلص لتعريف سياسة تقليل الفاقد بوصفها نظاماً يتكون من عدة أنظمة (عناصر) تهدف كلها لتقليل الفاقد. هذه الأنظمة تتفاعل مع بعضها لتعطينا التأثير الناجح لسياسة تقليل الفاقد، فهي ليست مجرد أسلوب لإدارة المخزون أو تخطيط الإنتاج بل هي ثقافة وفلسفة ومجموعة من الأنظمة التي تساند بعضها بعضاً. وفي هذا الإطار تهدف الدراسة إلى:

عرض وتقديم الإطار الفكري والنظري لأسلوب الجودة الشاملة بوصفه فلسفة من حيث النشأة والتطور والمفهوم ومجالات التطبيق وإظهار المخاطر التي تحول دون نجاح تطبيقها في الواقع العملي، في محاولة لتقليل الفجوة المعرفية والعلمية في تبني هذه الفلسفة بهدف استخلاص الأساليب المناسبة.

محاولة إيجاد صلة وثيقة بين أثر هذه الفلسفة الحديثة بوصفها أحد العوامل الأكثر تفسيراً وتحليلاً للنظم الصناعية الموجودة مع حسن تطبيقها وبناء وتعزيز الميزة التنافسية للمؤسسة، مما يؤدي إلى تحقيق الأداء المتميز كهدف يضمن البقاء والنمو.

محاولة إظهار التقنيات المناسبة لتطبيق نظام إدارة الجودة الشاملة بوصفها من القرارات المحورية، حيث تنشأ مشكلات وأضرار جسيمة نتيجة الاستخدام غير المسوغ لتقنيات لا تتناسب مع ظروف المؤسسة وطبيعة الخدمات التي تقدمها ومدى انعكاس تطبيق هذه التقنيات على تحسين الأداء لمنظومة الأعمال وصولاً إلى تقديم بعض الاستنتاجات والتوصيات بهذا الشأن.

دراسة مشكلة بناء خطوط الإنتاج – وفق المعايير المذكورة أعلاه – كتطبيق – ومحاولة إيجاد كلفة الاستثمار المثلى من خلال دراسة تقليل الفاقد.

طرئق البحث ومواده:

إن تحقيق الأهداف الثلاثة الأولى للبحث تتطلب الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي بغية تقديم ركائز هذا المدخل وإطارة بوصفه أسلوباً حديثاً يهدف إلى تطوير وتحسين الجودة ونجاح المؤسسة وتحقيقها لأداء مميز خلال التغطية الأكاديمية والإطار النظري لمختلف جوانبه. وسيتم تحقيق هذا الغرض من خلال التعرض بشيء من التفصيل للمحاور المذكورة في أهداف البحث وهي:

- الجودة الشاملة: وهي عبارة عن نظام شامل للقيادة والتشغيل تعتمد على مشاركة جميع العاملين من زبائن وموردين أو تهدف إلى التحسين المستمر للجودة والأداء على المدى البعيد وترسيخ فلسفة إدارية للمؤسسة تنقلها من أنماط تفكير تقليدية إلى أنماط تفكير عصرية ومرنة تتلاءم مع البيئة والمتطلبات الحديثة.

فنتطبيق إدارة الجودة الشاملة يحقق ما يلي [5]:

- 1- تقليل تكاليف الجودة وشكاوى المستهلكين مما يساهم في تحقيق رضا الزبون؛
- 2- تعزيز الموقف التنافسي للمؤسسة وزيادة ولاء الزبون للمنتج؛
- 3- زيادة الإنتاجية والأرباح المحققة؛
- 4- زيادة شهرة المؤسسة.

- علاقة إدارة الجودة الشاملة بالأداء المميز :

إن المقصود بالأداء المميز، ليس فقط عدد الوحدات التي ينتجها العامل أو عدد العملاء الذين يقومون بخدمتهم فقط، ولكن أيضاً بالجودة التي يؤدي بها عمله، فالمؤسسات ذات الأداء المميز يرجع وجودها إلى وضوح الأهداف الأساسية المتمثلة في الرؤية والقدرة على الابتكار .

- الميزة التنافسية:

وهي قدرة المؤسسة على صياغة وتطبيق الاستراتيجيات التي تجعلها في مركز أفضل بالنسبة للمؤسسات الأخرى العاملة في نفس المجال. وتتحقق الميزة التنافسية من خلال الاستغلال الأمثل للإمكانيات والموارد الفنية والمادية والمالية والتنظيمية والمعلوماتية بالإضافة إلى القدرات والكفاءات ... الخ.

وتنشأ الميزة التنافسية بمجرد توصل المؤسسة إلى اكتشاف طرائق جديدة أكثر فعالية من الطرائق المستخدمة من قبل، ويتركز جوهر الميزة التنافسية على القيمة التي يمكن للمؤسسة أن تخلقها لعملائها، والتي تأخذ شكل أسعار منخفضة مع المنافسين بالرغم من تقديمها لنفس المنتج، أو شكل تقديم منتجات وخدمات فريدة تسوغ الأسعار المرتفعة التي تباع بها. ويؤكد خبير الجودة العالم الأمريكي آرثر ديليتل وفق دراسة أجراها على 500 شركة أمريكية بأن برنامج إدارة الجودة الشاملة له تأثير ودلالة على قدرتهم التنافسية [6].

ويمكن للمؤسسة أن تتميز عندما تنفرد عن منافسيها ببعدها أو أكثر من أبعاد الميزة التنافسية الأربعة التالية:

1- التكلفة الأقل.

2- الجودة.

3- الوقت.

4- المرونة.

مما سبق نجد بأن البندين الأول والثالث مرتبطان ببعضهما، ويرتبطان مع البند الرابع ودراستهم تقود إلى تحقيق الهدف الرابع من البحث. مع الأخذ باعتبار أن التكلفة الأقل نتاجاً للتمتع بمزايا اقتصاديات الحجم، وتعويض انخفاض هامش الربح الناتج عن تخفيض الأسعار.

أما الجودة فالزبون عند اتخاذ قرار الشراء يرغب في البحث عن الجودة الأفضل إلى جانب السعر المناسب. وفي الآونة الأخيرة زاد الاهتمام بعنصر الوقت الذي أصبح بعداً أساسياً تتنافس من خلاله المؤسسات، ويتم التعبير عن الوقت، كما ذكرنا سابقاً، كبعد تنافسي.

أما العنصر الرابع المتمثل في المرونة فيقصد به مدى نجاح المؤسسة في تكيف نظامها الإنتاجي للتغيرات في عمليات العرض والطلب [7].

وهذا كله يندرج تحت مسمى تقليل الفاقد، وسيتم دراسته من خلال تطبيق مفاهيم علم بحوث العمليات على خطوط الإنتاج بهدف تحسين الإنتاجية، وإيجاد الفاقد الأمثل.

- التصميم الداخلي للمصنع وخطوط الإنتاج:

إن التصميم الداخلي الجيد للمصنع، يساعد في تدفق المواد خلال عملية التصنيع بسهولة وانتظام من لحظة وصولها إلى بوابة المصنع إلى حين خروجها بوصفها منتجات نهائية.

وبشكل عام فإن خط الإنتاج يملك نقطة تحميل (محطة تقع في بداية الخط)، أو نقطة تفريغ (محطة تقع في نهايته)، ومجموعة من محطات العمل تقع بينهما، حيث تنتج كل محطة مجموعة من العمليات على المنتج ومحطات العمل يمكن أن تكون متقطعة أو مستمرة، ويتم نقل المنتج من محطة عمل إلى أخرى عبر نظام نقل معين (كبساط نقل مثلاً) ويمكن أن تحوي خطوط الإنتاج على نقاط تفتيش ثابتة أو متحركة للتحقيق من جودة العملية الإنتاجية. ويتمتع خط الإنتاج بمجموعة من المواصفات:

كعدد الماكينات والمعدات المستخدمة، وكمية وسائل النقل وأنواعها... الخ.

توزع العمليات الإنتاجية على محطات العمل مع الأخذ بالحسبان كل القيود المتوافرة كزمن الدورة، أسبقية العمل... الخ. مع افتراض أن زمن الدورة لكل المحطات متساوٍ.

إن هذا النوع من الخطوط يستخدم في الصناعات الثقيلة كصناعة الآلات الثقيلة والسيارات... الخ.

إن دراسة هذا النوع من خطوط الإنتاج يتطلب تحديد المدخلات مثل: معرفة خواص المنتج المراد تصنيعه، الآلات والمعدات اللازمة، نمط نظام النقل والمناولة، نظام التحكم... الخ. وأيضاً المخرجات: كعدد المحطات وعدد المخازن وبالتالي الكلفة العامة لإنشاء الخط واستثمار المساحة المشغولة... الخ.

إن هذا النوع من المشاكل (إسناد عمليات التجميع على محطات العمل) يندرج تحت مسمى موازنة خطوط الإنتاج *Line balancing* وسنقدم لاحقاً تفصيلاً لهذه المشكلة [8].

- موازنة خطوط الإنتاج:

وتعني ترتيب الخط الإنتاجي بالشكل والأسلوب الذي يحدث الانسياب السهل والمنظم للعمليات الإنتاجية من إحدى محطات العمل *Work Station* إلى الأخرى التي تليها، بحيث لا يكون هناك أي تأخير أو تعطيل في أية محطة عمل، والتي من شأنها أن تتسبب في توقف المحطة التالية لها عن العمل، في انتظار وصول المواد أو الأجزاء لإتمام العمليات التصنيعية اللازم عليها.

ويشير التوازن إلى حالة تناسب مخرجات جميع المراحل الإنتاجية المتعاقبة في الخط الإنتاجي، ويتحقق هذا التناسب عندما تتطلب جميع المراحل في خط الإنتاج أو التجميع نفس الوقت، بحيث تأخذ كل عملية من العمليات الإنتاجية على خط الإنتاج نفس الكمية من الوقت لإنجازها، فلا يكون هناك أي تعطل أو انتظار لإتمام العمليات

الإنتاجية اللاحقة، وبذلك ينعدم الوقت الضائع في أية محطة، فيحصل ما يسمى بالتوازن التام، حيث تتدفق الوحدات بشكل منتظم من مرحلة إنتاجية إلى أخرى، ويؤدي انعدام حالة التوازن إلى حدوث ظاهرتي الاختناق *Bottleneck* والوقت الضائع *Slack time*.

ويطلق على الزمن اللازم لإنجاز المهمة على المحطة بزمن الدورة *Cycle time* حيث يحدد بأقصى وقت مطلوب لإنجاز العمل على المحطة، ولا يمكن لخط الإنتاج أن يسير بأسرع من أبطأ محطة على خط الإنتاج. وتسمى هذه المحطة بنقطة الاختناق *Bottleneck* [9].

- تحليل المشكلة وصياغة الموديل الرياضي:

سيتم صياغة الموديل الرياضي *Mathematical models* اعتماداً على مفاهيم بحوث العمليات *Operation Research* وذلك من خلال كتابة المشكلة على شكل معادلات تضم في تكوينها مجموعة من المتغيرات التي يمكن التحكم بها، وعلى هذا فإن الأنموذج الرياضي لا يقف عند حد نمذجة *Simulation* المشكلة واستعراض المتغيرات، ولكن أيضاً تحليل العلاقة والتفاعل بينها من خلال سلسلة المعادلات الرياضية.

إن صياغة المشكلة *Problem Formulation* في أنموذج رياضي تتعلق بـ:

(a) المدخلات *Input Data* التي لا نستطيع التحكم بها. مثل كلفة الإنتاج، وكذلك المدخلات التي لا نستطيع المؤسسة التحكم بها، مثل عدد الوحدات المنتجة أو كميتها، ونعرفها بالمجاهيل التي يجب تحديدها لحل الأنموذج.

(b) المحددات *Constraint* وتمثل القيود الفنية والاقتصادية وغيرها، والتي تحد من قيمة الحلول الممكنة.

(c) دالة الهدف *Objective Function* وتحدد مقياس الكفاية، وتمثل بدالة رياضية للمتغيرات المتحكم بها، ونحصل على الحل الأمثل *Optimum Solution* حينما تحقق قيمة المتغيرات المتحكم بها أحسن قيمة للدالة في حدود القيود المفروضة [10].

وعليه مما تقدم، فإن صياغة مشكلة توازن خطوط الإنتاج *Production Lines Balancing* وتختصر إلى (PLB) ذات الارتفاع المنتظم مع أزمنة عملياته محددة تفترض أن:

N - عدد العمليات؛

M - عدد محطات العمل؛

t - الزمن المنجز للعملية N و $i \in N$ (عداد)؛

T - زمن دورة الخط.

وبأخذ الأسبقية في تنفيذ العمليات فإن المحددات الأخرى لدالة الهدف هي الأزمنة العملياتية، أي:

$$\forall i \quad t_i \leq T$$

بهذه الحالة يمكن دائماً إيجاد تصور واحد مقبول على الأقل لخط الإنتاج والذي سيتكون في أسوأ الحالات من $|N|$ محطة عمل، وهذا يعني محطة واحدة لتنفيذ كل عملية.

أما دالة الهدف فتتلخص في الحصول على الإنتاجية العظمى لخط الإنتاج، أي القيمة الصغرى (المثلى)

للفاقد.

ويمكن التعبير عن دالة الهدف مع الأخذ بالحسبان أن زمن الدورة (T) معروف وبالتالي دالة الهدف تأخذ الشكل:

$$PLB = \min \{m \mid (m,T) \text{ Realizable For } T\}$$

يصاغ الأنموذج الرياضي لـ PLB على شكل برنامج خطي بأعداد صحيحة.

إن متحولات القرار لهذا الأنموذج هي:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{For Opration } i \text{ Effect } Do \ j \\ 0 & \text{No} \end{cases}$$

القيود الذي يؤكد أن كل عملية تنفذ على محطة واحدة يأخذ الشكل:

$$\sum_{j=1}^{|M|} X_{ij} = 1, \quad \forall i \in N$$

حيث: N - مجموعة تتألف من (n) عملية.

M - مجموعة تتألف من (m) محطة.

إن الزمن العملياتي لكل محطة يجب أن لا يتجاوز زمن الدورة (T)، أي:

$$\sum_{i \in N} t_i X_{ij} \leq T \quad ; \quad \forall j \in M$$

ويجب المحافظة على قيود الأسبقية بين العمليات، حيث:

$$X_{ej} \leq \sum_{k=1}^j X_{ik}, \quad \forall j \in M \text{ and } \forall e \in N \text{ and } \forall i \in P(e)$$

و:

$$P(e) = \{i \in N \mid (i, e) \in R\} ; \{R = \text{tonts}(i, e) \mid i \in e\}$$

إن دليل كل محطة يبين ترتيب مرور المنتجات. يكتب هذا القيد على الشكل التالي:

$$\forall (i, j) \in N : \sum_{k=1}^m K \cdot x_{ik} \leq \sum_{k=1}^m K \cdot x_{jk}$$

متحولات القرار هي متحولات صحيحة وثنائية، أي:

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N \text{ and } j \in M$$

إن دالة الهدف هي إيجاد الزمن الأمثل *Optimum time* من خلال تحديد الفاقد الزمني الأصغري (الزمن

الميت) S، وحيث:

$$S = mT - \sum_N t_i$$

حيث: mT - زمن الوجود الكلي لكل قطعة على خط الإنتاج.

النتائج والمناقشة:

لحل الأنموذج الرياضي السابق نعتمد طريقة البرمجة الخطية *Linear Programming* التي تسمح بوصف

دالة الهدف ومحدداتها المختلفة تحت شكل خطي، إذا كانت متحولات القرار أعداداً صحيحة، تأخذ الصيغة الشكل

التالي:

$$\min \quad Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\delta \cdot t \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} b_i \quad \text{Constraint } s$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

حيث:

C_j - الكلفة أو الزمن للوحدة الواحدة ؛

X_j - متغيرات القرار *Decision Variables* ؛

a_{ij} - المعاملات الفنية *Technical coefficients* ؛

b_i - الكميات المتاحة للاستخدام *Availability amounts* .

وعليه تتحول الصيغة السابقة إلى صيغة قياسية، أي تحويل قيود المتباينات إلى معادلات كما يلي:

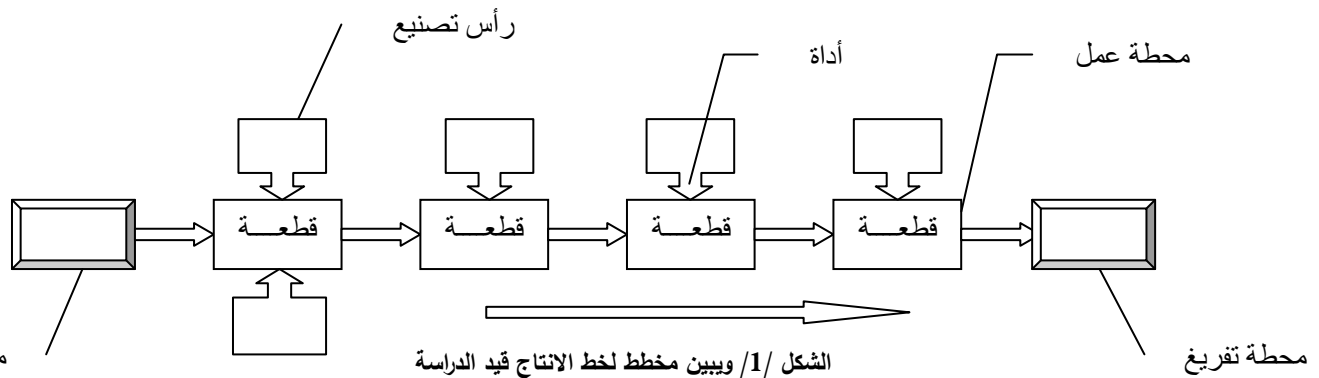
$$\sum a_{ij} \cdot X_j \leq b_i \Leftrightarrow \sum a_{ij} \cdot X_j + S_i = b_i$$

$$\sum a_{ij} \cdot X_j \geq b_i \Leftrightarrow \sum a_{ij} \cdot X_j - S_i = b_i$$

إذ إن S_i تمثل متغيرات الكود *Slack Variables* وهي متغيرات وهمية وتكون غير سالبة (أي $S_i \geq 0$)، ونعتمد لحل جملة المعادلات السابقة الطريقة المبسطة *Simplex method* وهي إحدى الوسائل الرياضية ذات الكفاءة العالية في استخراج الحلول المثلى *Optimum Solutions* لمشكلات البرمجة الخطية من خلال استخدام إمكانيات برنامج *MATLAB* والحزمة البرمجية *Optimization* [11].

الاختبارات:

لاختبار الأنموذج الرياضي السابق نطبقه على خط تجميع سيارات حيث إن محطات العمل هي آلات مؤتمتة، والمعدات هي رؤوس تصنيعية تملك أكثر من أداة تعمل على التوازي وتحقق كل أداة عملية واحدة، كما هو مبين في الشكل المرفق /1/ لخط تجميع السيارات، وخصوصية هذه الخطوط تكمن في إمكانية تنفيذ العمليات المسندة لمحطة ما على التوازي، حيث إن عدد العمليات الضرورية وترتيبها في تصنيع المنتج تكون معلومة.



وعليه فقد تم اختيار تطبيق عددي لخط إنتاج مكون من 12 عملية وأربعة نماذج من الآلات مدرجة في الجدول رقم 1/، وهذه المعلومات تم أخذها من مجمع زيل لتصنيع وتجميع السيارات حيث تم إعداد البحث في معهد السيارات والطرق بموسكو *MADI* أثناء الايفاد بمهمة بحث علمي طويلة لمدة أربعة أشهر [12]:

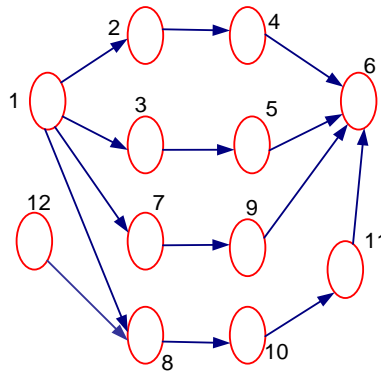
الجدول رقم 1/ ويبين تطبيق عددي لخط الإنتاج المدروس

رأس التصنيع الكلفة C_i	E_1	E_2	E_3	E_4	العمليات اللاحقة	
	1200	740	550	380		
رقم العملية	1	62	55	62	40	1, 2, 3, 7, 8
2	∞	35	29	22		4
3	81	57	∞	∞		5
4	62	∞	64	41		6
5	35	33	∞	21		6
6	19	12	8	∞		-
7	48	∞	∞	∞		9
8	29	10	40	15		10
9	72	∞	56	33		6
10	14	14	∞	14		11
11	42	36	22	∞		6
12	10	10	∞	∞		8

ومن خلال تحليل خط الإنتاج المدروس، كان لابد من اعتبار الآلة أو المعدة رأس تصنيع، ولكل محطة يجب اختيار رؤوس التصنيع من مجموعة الآلات المتاحة، وبنفس الوقت توزيع الأعمال عليها . وجدير بالذكر أن الرؤوس المختارة لمحطة ما يجب ان تكون متجانسة مع بعضها وقادرة على تحقيق كل العمليات المسندة إليها، وعند إسناد رأس إلى محطة يبقى ثمنه هو نفسه مهما كان عدد العمليات التي يقوم بها. لذلك لابد من تحديد عدد العمليات اللازمة لتصنيع المنتج والعلاقة بينهما (علاقة الأسبقية) حسب مخطط الأسبقية $G(N,V)$ ، حيث N . عدد العمليات، V . الأوقاس الفاصلة بين العمليات التي تبين أي عملية ستسبق غيرها وذلك حسب اتجاه السهم عليها.

نرمز بـ E_i لرؤوس التصنيع، t_{ij} زمن العملية i المنفذة على الرأس j ، وهو زمن معلوم ولايتجاوز زمن الدورة T . يقوم *MatLab* بتوليد المصفوفة الزمنية بشكل عشوائي مع اعتبار زمن الدورة $T=85$ وحدة زمنية. إن الرؤوس E_2 و E_3 يقعان في حالة عدم تجانس وإشارة عدم التعيين في الجدول ∞ تشير إلى أن رأس التصنيع لا يستطيع القيام بالعملية الموافقة.

إن مخطط الأسبقية يتولد بشكل عشوائي ويوضح بالشكل رقم 2/.



الشكل 2/ ويبين مخطط الأسبقية

ويطبق الطريقة المشروحة سابقاً نحصل على النتيجة التالية (جدول رقم 2/):

محطة عمل /آلة	محطة 1	محطة 2	محطة 3	محطة 4
E ₁	-	3,7,8	5,9,10	-
E ₂	1,12	-	-	-
E ₃	-	2	-	-
E ₄	-	-	4	6,11

ويبين الجدول رقم 2/ الحلول الفعالة حيث تم الحصول على الحل الأمثل بزمن وقدره 4.33 ثانية مع كلفة مثلى تبلغ 5333.67 وحدة مالية، وهي نتائج تعتبر جيدة. جدير بالذكر أن دراسة هكذا خطوط تأخذ بالحسبان كافة القيود وتحقق الأمثلة لكافة المعايير المدروسة وهي: (الكلفة، المساحة، الانزياح بالكفاءة المفروضة بين المحطات) وهذه المعايير تعتبر ضرورية جداً من أجل الشركات التي تبحث عن زيادة عائداتها وتخفيض إنفاقها. والخوارزمية المقترحة تسمح بحل مشاكل من مقاييس مختلفة مع زمن تنفيذي معتدل وفاقد أصغري. إن كل دورة من هذه الخوارزمية تولد مجموعة من الحلول الفعالة تعطي خياراً لصاحب القرار.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- 1- اعتبار إدارة الجودة الشاملة الإطار الفلسفي المتكامل للعمل من خلال جعلها هدفاً استراتيجياً، إضافة إلى التركيز على رضى العاملين في المؤسسة من خلال مشاركتهم في صنع القرار وما يترتب على ذلك من إيجابيات تدعم تطبيق هذه الفلسفة وصولاً إلى تحقيق الأداء المتميز.
- 2- مساعدة المؤسسة الصناعية في السعي لتحقيق الكمال من خلال إزالة كل عيوب العملية الإنتاجية ومخرجاتها، تقليص الانحرافات وإيجاد معايير يمكن أن يثمنها المستهلك كالكلفة المتدنية والجودة المرضية.
- 3- وضع خوارزمية ونمذجة رياضية لمشاكل بناء خطوط الإنتاج وتوازنها، حيث إن أزمان العمليات معروفة بشكل دقيق وإسناد العمليات إلى المحطات تستوفي جميع القيود كالأسبقية وزمن الدورة الكلي.
- 4- تقليل الفاقد وإيجاد القيم المثلى للوصول إلى:
- 5- تخفيض كلفة التشغيل السنوية، زيادة الإنتاج السنوي، تقليل المساحة المشغولة من قبل خط الإنتاج.. الخ.
- 6- زيادة فعالية المؤسسات الصناعية وتقليل التعقيدات المترتبة لأنظمة الإنتاج.

التوصيات:

- 1- ضرورة أن تقوم إدارة المؤسسات الصناعية باحترام المنهج العلمي، واتخاذ كافة التدابير الضرورية، والقيام بالممارسة العملية اللازمة لنشر وتعميم ثقافة الجودة في مختلف المستويات.
- 2- إدخال مفهوم الجودة الشاملة في المناهج التدريسية في جميع مراحل التعليم حتى تصبح جزءاً من ثقافة المجتمع بالإضافة إلى كونها علماً.

- 3- الانفتاح على التجارب العالمية في هذا المجال في الدول المتقدمة والاستفادة من تطبيقاتها.
- 4- تطوير الخوارزمية المقترحة من خلال البحث عن حدود صغرى و/ أو عظمى أخرى للمشكلة قيد البحث.
- 5- اختبار نفس الأسلوب من أجل إيجاد حلول مثلى لمشاكل أخرى مع إضافة قيود جديدة لنقترّب أكثر من الواقع الصناعي.
- 6- تصميم الخوارزمية ورفع قدرتها على التعامل مع معايير جديدة ومحاولة تنفيذها على تطبيقات بشرط الصناعة السورية .

المراجع:

1. NICHOLAS, J. *Competitive Manufacturing*, Irwin McGraw Hill, 1998,840.
2. Grant, R. *Contemporary Strategy Analysis*, Blackwell, 2002,515.
3. Collins, J. *Good to Great*, Irwin, 2001,300.
4. Daft, R. *Essentials of Organization Theory and Design*, South Western, 2009,672.
5. Goetsh, D. ,Davis, S. *Introduction to total Quality Management for Production*, 2ed. New Jersey : Prentice Hall, 1997,682.
6. Lascal, *Top of performance*, Irwin McGraw Hill, 1998, 350.
7. Hopp and Spearman, *Factory Physics*, Irwin, 2007, 668.
8. Gerard, M. *The Complete Management Office, Handbook* ,2008, 690.
9. Yalaoui, F. , Dolgui, A. *Balancing of Production Lines*, 2002, 568.
10. Howard, B. *Advanced Mathematics and Mechanics Applications Using MatLab*, 3ed,Chapman & Hill/CRC, 2003,665.
11. Won, Yang. Morris, J. *Applied Numerical Method Using MatLab*, Wiley-Interscience, 2005, 509.
12. Alexandre, D. *Equipment Cost minimization for transfer Line with blocks of Operations*, Porto, 2003, 285.