مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

تخطيط المنشآت الصناعية باستخدام دالّة متعددة الأهداف

د. حاتم محمودي*

(تاريخ الإيداع 11 / 7 / 2011. قُبِل للنشر في 9 / 8 / 2011)

□ ملخّص □

يتناول هذا البحث مشكلة تخطيط المصانع بتركيز خاص على إنجاز مشاريع إعادة التخطيط والتي تنتج عن الطريقة المثالية وهي التبادل بطريقة الأزواج. وقد تم استخدام دالة متعددة الأهداف وأدمجت في طرق الحل وهي تتكون من قيمة الانخفاض في كلفة مناولة المواد والتغيير في رأس المال المطلوب لانجاز مشاريع إعادة التخطيط والذي سنطلق عليه مردود المشروع وهو بمثابة مقياس لاقتصادية المشروع. وقد تم تشكيل هذه الدالة لزيادة مردود المشروع إلى الحد الأعظمي والذي يعد المعيار الاقتصادي للربح وذلك بزيادة الانخفاض في قيمة الكلفة وتخفيض رأس المال المطلوب.

أخذت بعين الاعتبارثلاث طرق لاختبار ثلاث حالات مختلفة لمشكلة التخطيط، الطريقتان الأولى والثانية كان قد تم تطويرهما من قبل، بينما تم اقتراح الطريقة الثالثة، وجميع هذه الطرق لها مبادئ مختلفة لمعالجة مشكلة التخطيط. وقد تمت مناقشة نتائج الحالات جميعها.

الكلمات المفتاحية: تخطيط المنشآت الصناعية، مشاريع إعادة التخطيط، مناولة المواد.

* مدرس – قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

Plant Layout using a Multi-Purpose Function

Dr. Hatem Mahmoudi*

(Received 11 / 7 / 2011. Accepted 9 / 8 / 2011)

□ ABSTRACT □

This search considered the problem of plant layout with special emphasis on the implementation of re-layout projects resulted from the optimization procedure of the pairwise exchange. A multiple objectives function is incorporated into the solution procedure which consists of the value of reduction in materials handling costs and an economic variable of capital and outlay required for implementing the re-layout projects. The function is formulated to maximize the project return which is economic balance of the gain in handling cost by maximizing the reduction of cost value and the minimization of the capital outlay required for the re-layout project. Three methods are considered to test three different cases of the layout problem. Method # 1 and method # 2 were developed before, where method # 3 is proposed. Methods have different concepts and methodologies to handle the layout problem.

Keywords: Plant Layout, Re-layout Projects, Materials Handling.

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

مقدمة:

نتيجة للمنافسة العالمية في مجال الصناعة والإنتاج، فإنه يجب البحث دائما عن كل طريق يؤدي إلى تخفيض تكلفة المنتج سواء كانت هذه التكلفة ناتجة عن سعر المواد الأولية أو عن نظام مناولة المواد داخل المصنع أو عن أجور ورواتب العمال أوعن طريقة توضع الآلات وترتيب الأقسام وهذا الأخير ماندعوه بتخطيط المصنع أو المنشأة الصناعية. إن عملية تخطيط المصانع يمكن أن تعرّف بأنها طريقة التوصل للترتيب الأمثل لأقسام وآلات المصنع والتي تؤدي إلى الحصول على أقل تكلفة لمنتجات هذا المصنع.

وعلى كل حال فإن هناك تنوعا كبيرا في أنواع مشاكل التخطيط التي يمكن أن نواجهها، فعلى سبيل المثال يمكن أن تنشأ مشكلة التخطيط بسبب التغير في تصميم المنتج ذاته أو بسبب إضافة أو إلغاء منتج من خط إنتاج المصنع، أو بسبب زيادة أونقصان كبير في الطلب على منتج ما، أو بسبب تبني مقاييس أمان جديدة في المصنع، أو بسبب بناء منشأة أخرى جديدة أوالتوسع في المنشأة القديمة. وقد تنشأ مشاكل التخطيط نتيجة للتكدس الكبير في إحدى العمليات الجزئية مع توقف عملية جزئية أخرى وهذا مانسميه بظاهرة عنق الزجاجة، أو بسبب المساحات الضخمة للتخزين المؤقت أو بسبب العقبات في تدفق المواد.

وهناك أربعة أشكال تقليدية لتخطيط المصانع فمنها ماهو وفقا للمنتج كنظام خطوط التجميع، ومنها ما هو وفقا للعملية الإنتاجية بمعنى أن العمليات الإنتاجية المتشابهة تجري في أقسامها (كل عمليات اللحام في المصنع تنجز في قسم اللحام مثلا)، ومنها مايسمى بتخطيط المنتج الساكن أي عندما يكون المنتج ثقيلا وصعب الحركة كصناعة السفن، وأخيرا هناك التخطيط وفقا للمجموعات. وتتلخص الأهداف الرئيسية لتخطيط المصانع بما يلي:

- تقليل من استثمار وعمل الآلات.
- التقليل من زمن الانتاج الكلي.
- استخدام أفضل للمساحات الخالية.
- تأمين الأمان والراحة للعمال.
- المرونة في عمليات الترتيب.
- التقليل من كلفة مناولة المواد ومن التغييرات في معدات مناولة المواد.

أهمية البحث وأهدافه:

إن الغرض من استخدام الدالات متعددة الأهداف في حل مشاكل تخطيط المصانع هوإيجاد بدائل فعالة تمكن صانع القرار من اختيار أفضل الحلول بدون حصول أي تعارض مع أهداف أخرى. إن أساليب تخطيط المصانع إما أن تكون طرقا كمية يكون الهدف فيها تخفيض كلفة مناولة المواد، أو طرقا نوعية تأخذ بعين الاعتبار العلاقات الفعالة بين الأقسام أو درجة القرب بينها. تتضمن مشاكل التخطيط الكمية تخفيض مسافة تدفق المواد بين الأقسام، بينما تأخذ مشاكل التخطيط النوعية بعين الاعتبار توضع الأقسام التي تستخدم آلات متشابهة أو التي تشترك مع بعضها بعمال أو فنيين أو التي لها درجة اتصال كبيرة مع بعضها، بينما تفصل الأقسام عن بعضها بسبب العوامل البيئية كالضجيج والأمان وغيرها.

إن الأهداف المتعددة تعني إمكانية دمج الطرق النوعية مع الطرق الكمية في حل مشاكل تخطيط المصانع.

كما أن من أهم أهداف البحث هو زيادة مردود مشروع تخطيط المصنع إلى الحد الأعظمي الذي يعتبر مقياسا اقتصاديا هاما للربح وذلك بزيادة الانخفاض في قيمة الكلفة وتخفيض رأس المال المطلوب **[1]**.

طرائق البحث ومواده:

تتركز الأبحاث الأخيرة في مجال تخطيط المصانع على طرق تطوير برامج حاسوب لتساعد مصمم عملية التخطيط على الحصول على تصاميم بديلة للتخطيط. وقد بدأت الطرق المستخدمة في حل مشاكل التخطيط في الخمسينات من القرن الماضي باستخدام المخططات والرسومات التخطيطية، وفي بداية الستينات استخدمت طرق مخططات الانتقال وعمليات التحليل التسلسلي والتخطيط المنظم لكنها كانت محدودة في معالجة الحالة الآنية فقط وذلك بسبب مستوى التعقيد الموجود في المصانع. ومنذ ذلك الوقت وحتى الآن فإنه تم تطوير أنواع متعددة من الخوارزميات منها الإرشادية ومنها التحسينية لحل مشاكل التخطيط، اعتمدت هذه الخوارزميات على تقنيات مختلفة لمعالجة حالات مختلفة.

التخطيط باستخدام دالة وحيدة الهدف:

إن تطبيق التقنيات المثالية يستوجب أن نعبر عن معادلة الهدف في شكل رياضي **[2]**. ومعظم هذه التقنيات تتخذ من تصغير كلفة مناولة المواد هدفا لها، وهذا الهدف هو هدف وحيد. وتصاغ معادلة الهدف بالشكل التالي:

$$Z = \sum_{1<i<j<n} f_{ij}.c_{ij}.d(a(i),a(j))$$

حيث

f_{ij}: تدفق المواد بين القسمين i , j. ويعبر عن هذا التدفق بعدد الخطوات التي تنتقلها معدات مناولة المواد.

c_{ij}: كلفة مناولة المواد بين موقع القسمين i , j لكل وحدة حمولة.

d (a (i) , a (j)): المسافة بين موقع القسمين i , j في التحديد أو التخصيص a.

a: التحديد الحالي للأقسام.

n: العدد الكلي للأقسام.

التخطيط باستخدام الحاسوب:

إن التخطيط بواسطة الحاسوب يمكن مهندس التخطيط من توليد عدد كبير من الحلول البديلة لمشكلة التخطيط وبزمن قصير. ويمكن أن تصنف طرق التخطيط بواسطة الحاسوب إلى طريقتين رئيستين هما:

- **طرق الإنشاء:** وتطبق في حالة تخطيط المصنع للمرة الأولى، وتعتمد على البيانات النوعية مثل مخطط العلاقات الفعالة بين الأقسام REL. ومن أهم طرق الإنشاء طريقتيALDEP, CORELAP **[3]**.
- **طرق التطوير والتحسين:** وتبدأهذه الطرق بتخطيط أولي مقترح يمكن أن يعتبر حلا ملائما للمشكلة ثم محاولة تحسين هذا التخطيط. وبالتالي فإن المخطط الحالي الموجود للمصنع يعتبر تخطيطا أوليا. وتتطلب هذه الطرق بيانات كمية مثل مخطط (من – إلى) وكلفة الانتقال والمسافة بين الأقسام. ويستمر التحسين حتى

نصل إلى حالة لا يمكننا التحسين بعدها. وتعتبر هذه الطرق طرقا تجريبية والتالي فهي لاتعطي حلولا مثالية وكمثال عليها طريقة CRAFT **[4]**.

إن مشاريع إعادة التخطيط هي نتيجة استخدام طريقة التبادل الحاد، ويمكن أن تصاغ الخصائص الرئيسة لاستخدام هذه الطريقة كما يلي:

- التخطيط الأولي المقترح له تأثير كبير على التخطيط النهائي وهذا ما يدعى بالمسارالموجه.
- إن قيم الانخفاض في كلفة مناولة المواد يكون مرتفعا عند التكرارات الأولية.
- تعتبر فرص زيادة الانخفاض في الكلفة نادرة جدا بعد أن تكون قد ارتفعت.
- يحتمل أن تدخل الأقسام في عملية التبادل أكثر من مرة، وهذه الخاصة تعتبر من الخواص الهامة في حالة مشاريع إعادة التخطيط.

أخذت بعين الاعتبارثلاث طرق لاختبار ثلاث حالات مختلفة لمشكلة التخطيط، الطريقتان الأولى والثانية كان قد تم تطويرهما من قبل، بينما تم اقتراح الطريقة الثالثة.

الطريقة الأولى:

وهي تحسب مردود مشروع إعادة التخطيط المرتبط بكل زوجين ممكنين من الأقسام، وتستخدم هذه الطريقة منهج التبادل الحاد لحساب قيم الانخفاض الممكن من أجل تبادل كل زوجين من الأقسام. نحصل على مجموعة قيم لمردود المشروع ويتم اختيار البديل الذي يعطي أكبر قيمة لمردود المشروع. تستمر الطريقة حتى نصل إلى حالة لايوجد فيها قيم موجبة لمردود المشروع وتتوقف عندها العملية **[5]**. يمكن أن نعبر عن هذه الطريقة كما يلي:

Max E

Such that $E = (TC_{init} - TC_i).\ PWF - IR_i$

حيث:

IR_i: كلفة إعادة التخطيط عند التبديل رقم i

TC_{init}: القيمة الأولية لكلفة مناولة المواد الكلية

TC_i: قيمة كلفة مناولة المواد عند التبديل رقمi

PWF: عامل الاستحقاق الحالي

الطريقة الثانية:

وفيها يتم حساب قيم الانخفاض لكل زوج من الأقسام وتحديد أكبر قيمة لهذا الانخفاض وحساب مردود المشروع عندها ثم نتابع بنفس الطريقة السابقة. يمكن أن نعبر عن الطريقة الثانية كما يلي:

Max E

Such that $E = RED_I.\ PWF - IR_{ikI}$

حيث:

IR_{ikI}: كلفة إعادة التخطيط المطلوبة من أجل تبادل كل قسمين في التكرار رقم I

RED_I: الانخفاض في كلفة مناولة المواد عند التكرار رقم I

PWF: عامل الاستحقاق الحالي

الطريقة الثالثة:

سوف يتم في هذا البحث تطوير طريقة جديدة لمشاريع إعادة التخطيط، وستختبر هذه الطريقة باستخدام مجموعة من المشاكل التي ستوضح لاحقا في دراسة الحالة. تكون الدالات المتعددة في هذه الطريقة عبارة عن كلفة مناولة المواد إضافة إلى كلفة إعادة التخطيط. أما الهدف فهو تحسين مجموع بارامترات هاتين الدالتين وجعله مجموعا مثاليا، وبالتالي فإن مردود المشروع يكون الهدف الاقتصادي في هذه الحالة **[6]**. إن زيادة وتعظيم مردود المشروع إلى الحد الأعظمي سيكون نتيجة زيادة الانخفاض في كلفة مناولة المواد وكذلك نتيجة تخفيض رأس المال لمشروع إعادة التخطيط. وبالتالي فإن الشكل العام لمعادلة الهدف يكون:

Max E
such that: E= f (RD) - f (R)

حيث:

E: مردود المشروع ويساوي:

E = (initial TC - final TC) * PWF - IR

initial TC: الكلفة الإجمالية الأولية.

final TC: الكلفة الإجمالية النهائية.

f (RD): دالة الانخفاض في كلفة مناولة المواد.

f (R): دالة مجموع كلفة إعادة التخطيط.

تفترض هذه الطريقة أن مجموعة التبدلات المطلوبة للمشروع تنجز معا كمشروع إعادة تخطيط واحد. وتعمل هذه الطريقة وفقا لطريقة تبادل الهبوط الحاد وتختار أزواج التبادل بهدف تخفيض الكلفة الكلية لمناولة المواد وبالتالي فإنه يتم اختيار مشروع إعادة التخطيط وفقا للترتيب الأولي والترتيب النهائي للتخطيط الناتج عن تطبيق طريقة تبادل الهبوط الحاد ومقارنة هذين الترتيبين مع بعضهما البعض. وسيتم شرح هذه الطريقة عن طريق المثال التالي:

نفترض حالة ترتيب أولي ونهائي (بعد تطبيق طريقة الهبوط الحاد) لتخطيط مصنع يحتوي على 20 قسما كما هو موضح في الشكل (1):

INITIAL					**FINAL**				
1	2	3	4	5	17	1	5	18	3
6	7	8	9	10	4	7	2	14	10
11	12	13	14	15	11	8	15	12	6
16	17	18	19	20	16	8	19	9	13

الشكل (1) الترتيب الأولي والنهائي بعد تطبيق طريقة الهبوط الحاد

بمقارنة هذين التخطيطين يتوضح لنا أن القسم رقم 17 أصبح مكان القسم رقم 1، والقسم رقم 1 تحرك إلى موقع القسم رقم 2، والقسم رقم 2 أصبح مكان القسم رقم 8، والذي بدوره أصبح مكان القسم رقم 12، والقسم رقم 12 أصبح في موقع القسم رقم 14.. وهكذا... ولكي ننشئ مجموعة التبديلات يجب أولا أن نأخذ بعين الاعتبار أن القسم يجب أن لا يتوقف في موضع ما أكثر من مرة واحدة في أثناء بناء مجموعة التبديلات، بمعنى أنه يجب ألا يحدث ما يسمى بعملية المضاعفة أو التكرار والتي تؤثر على كلفة إعادة التخطيط والتي بدورها تؤثر على مردود المشروع.

وحتى نحذف تكرار توضع القسم في موضع ما عدة مرات، فقد تم تطوير منهج لإنشاء التبديلات كالتالي:

- نبدأ من الزاوية الشمالية الغربية للتخطيط وننشئ التبديلات كما هو موضح:

(17 - 1), (1 - 2), (5 - 3), (18 - 4), (3 - 5), (4 - 6), (2 - 8), (14 - 9) (13 - 20). (8-12), (15- 13), (12 - 14), (6 - 15), (20 - 17), (19 - 18), (9 - 19)

- نرتب الأقسام حسب تسلسلها أي القسم رقم 17 مع القسم رقم 1.. والقسم رقم 1 مع القسم رقم 2. والقسم رقم 2 مع القسم رقم 8.. وهكذا..حتى نعود للقسم الأول رقم 17 ونكون قد أنشأنا أحد المشاريع، وفي المثال هنا نلاحظ أنه لدينا مشروعان هما:

Project # A (17- 1- 2- 8-12-14- 9- 19-18- 4- 6-15- 13-20- 17)
Project # B (5 - 3 - 5).

وكما هو ملاحظ فإنه في هذه الحالة يوجد مشروعان لإعادة التخطيط أحدهما كبير ويمثل أكثر من 75% من عدد الأقسام وبما أن ذلك غير ملائم من وجهة نظر عملية فإنه تم تقسيم هذا المشروع الكبير إلى عدة مشاريع جزئية يحتوي كل واحد منها على ثلاثة أقسام موضحة كالتالي:

(17 - 1 - 2 - 17), (2 - 8 - 12 - 2), (12 - 14 - 9 - 12)
(9 - 19 - 18 - 9), (18 - 4 - 6 - 18), (6 - 15 - 13 - 6)
(13 - 20 - 13).

أخيرا يتم حساب مردود المشروع وكلفة مناولة المواد كما سنرى لاحقا.

النتائج والمناقشة:

إن الطرق الثلاث التي تم تقديمها في هذا البحث سوف تخضع للاختبارات التجريبية لكي تحقق المنطق الموجود في كل واحدة منها. الطريقتان الأولى والثانية تم تطويرهما سابقا **[5]** وعلى كل حال فإنه تم توضيح نتائج هاتين الطريقتين هنا من أجل عملية المقارنة مع الطريقة الجديدة.

تم استخدم ثلاث حالات مختلفة للدراسة تتكون كل واحدة من 20 قسما تختلف كل واحدة عن الأخرى بالتخطيط الأولي فقط لكنها تشترك مع بعضها البعض بعلاقات تدفق المواد نفسها وبمصفوفات توزيع الأعمدة نفسها والأسطر في أماكن التخطيط، ولا توجد علاقة معينة بين نتائج هذه الحالات الثلاث إلا أن هذا سوف يكون مفيدا لتوضيح سلوك هذه الطرق في معالجة مشاريع إعادة التخطيط بأهداف متعددة.

المتغيرات:

عدد الأقسام: 20
عدد الأعمدة: 5
عدد الأسطر: 4

مصفوفة فراغ التخطيط:

وهي موضحة في الشكل (2) حيث تشير الأرقام على مكان توضع الأقسام.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

الشكل (2) مصفوفة فراغ التخطيط

الحالات الثلاث:

كما ذكرنا فإنه توجد ثلاث حالات مختلفة للتخطيط الأولي **[7]** كما هو موضح في الشكل (3) وسنوضح على سبيل المثال الحالة No.(2) والتي تعني أن القسم رقم 7 يتوضع في الموقع رقم 1، والقسم رقم 14 يتوضع في الموقع رقم 2 ...

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**No.(1)**
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
7	14	10	5	13	17	4	19	18	16	**No.(2)**
9	15	2	12	6	11	20	1	3	8	
9	15	16	1	2	19	10	8	7	6	**No.(3)**
19	18	6	10	13	4	8	9	12	5	

الشكل (3) الحالات المدروسة الثلاث

العناصر الإقتصادية:

وتشتمل على معدل الفائدة السنوي الحالي والعمر الافتراضي للمشروع كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول (1) العناصر الاقتصادية

معدل الفائدة السنوي الحالي	15%
العمر الافتراضي للمشروع بالسنوات	15

مصفوفة تدفق المواد:

وهي تمثل كمية المواد المتدفقة بين الأقسام أو بين كل قسمين، وهي مصفوفة منتظمة أي أن كمية المواد المنتقلة مثلا من القسم 2 إلى القسم 4 تساوي كمية المواد المنتقلة من القسم 4 إلى القسم 2. كما هو موضح في الجدول (2).

الجدول (2) مصفوفة التدفق

0																		
50	30																	
0	100	20																

50	50	0	10															
20	10	50	0	50														
100	50	20	50	60	50													
30	10	40	20	60	20	0												
10	20	40	10	20	10	0	10											
50	40	50	0	50	60	0	10	20										
50	20	0	100	20	0	50	100	0	20									
50	50	0	20	0	0	100	100	30	50	50								
0	0	0	20	50	100	20	20	50	0	20	20							
0	100	50	0	10	0	20	0	50	50	50	100	20						
50	100	10	20	10	20	50	100	0	10	10	50	20	50					
40	30	0	10	10	0	10	20	50	0	100	0	10	50	30				
40	0	0	50	50	10	20	50	0	0	0	10	0	10	0	0			
0	50	50	20	20	0	10	20	0	50	20	10	0	50	50	0	50		
0	100	0	50	50	10	0	20	0	50	20	20	0	50	100	20	20	10	
10	50	0	50	10	50	100	100	20	20	50	50	50	0	100	0	0	10	60

عناصر كلفة إعادة التخطيط:

يبين الجدول (3) عناصر كلفة إعادة التخطيط، حيث أن القسم رقم 1 يحتاج لكلفة تشييد بقيمة 6500 وحدة نقدية، وكلفة نقل إذا أردنا تبديل مكانه قيمة 2000 وحدة نقدية، وكلفة الضياع في الإنتاج 1010 وحدة نقدية مما سيؤدي إلى ما مجموعه 13510 وحدة نقدية بالنسبة لهذا القسم على سبيل المثال... وهكذا...

الجدول (3) عناصر كلفة إعادة التخطيط

رقم القسم	كلفة التشييد	كلفة الاستخدام	كلفة النقل	كلفة الانتاج الضائع	كلفة إعادة التخطيط الكلية
1	6500	4000	2000	1010	**13510**
2	8000	12000	15000	11410	**46410**
3	7000	10000	7000	13800	**37800**
4	10000	9000	11000	19350	**49350**
5	5000	6000	3000	15610	**29610**
6	7000	3000	10000	14300	**34300**
7	10500	8500	12000	13590	**44590**
8	10000	12000	8000	17530	**47530**
9	3000	7000	2000	9560	**21560**
10	1000	2500	1500	5500	**10500**
11	3500	2500	3000	10600	**19600**
12	800	1200	2000	2650	**6650**
13	11000	13000	5000	10900	**39900**
14	6500	7500	4000	11750	**29750**
15	2000	2500	3500	4950	**12950**
16	8000	7000	6000	12600	**33600**
17	5500	8500	4500	16850	**35350**
18	10000	8100	12000	14000	**44100**

19	4500	6500	10400	15000	**36400**
20	8000	6000	3000	15200	**32200**

تم تطبيق الطريقة الأولى على الحالات الثلاث، ويوضح الجدول (4) مثالا للنتائج التي أعطتها الطريقة الأولى لدى تطبيقها على الحالة الأولى.

الجدول (4) النتائج التي أعطتها الطريقة الأولى على الحالة رقم 1

رقم التبديل	الأقسام التي تم تبديلها	كلفة مناولة المواد الكلية	كلفة إعادة التخطيط	مردود المشروع
التخطيط الأولي	----------	740460	----------	----------
1	2 9	697890	67970	180952
2	4 6	672090	83650	248164
3	13 20	648440	72100	314354
4	15 18	633820	57050	342793
5	9 17	617050	56910	**383943**
6	6 18	604150	78400	380974
7	1 17	597270	48860	372344
8	3 5	592110	67410	335107
9	8 12	589530	54180	296013
10	7 12	586950	51240	259859
11	9 19	586090	57960	206928
12	15 19	585230	49350	162607
13	15 20	582650	45150	132543
14	7 12	578350	51240	106447
15	2 12	577490	53060	58415
16	12 14	575340	36400	34587

تبين النتائج المأخوذة من الطريقة الأولى على الحالة رقم 1 مايلي:

1- توجد قيمة عظمى لمردود المشروع في كل حالة من الحالات الخمس.

2- القيمة العظمى لمردود المشروع تكون عادة في التبديلات الأولية في معظم الحالات. ويوضح الجدول (5) نتائج الطريقة الأولى على الحالات الثلاث وكذلك عدد التبديلات التي أعطت أكبر قيمة لمردود المشروع.

3- ليس من الصحيح أن نتوقف عن إكمال النتائج عندما يبدأ مردود المشروع بالتناقص لأنه يمكن أن يعود للارتفاع ثانية.

الجدول (5) نتائج الطريقة الأولى لجميع الحالات الثلاث

رقم الحالة	أكبر مردود مشروع	رقم التبديل	العدد الكلي للتبديلات
1	383943	5	16
2	345438	7	9
3	279198	8	12

الجدول (6) النتائج التي أعطتها الطريقة الثانية على الحالة رقم 1

رقم التبديل	الأقسام التي تم تبديلها	كلفة مناولة المواد الكلية	كلفة إعادة التخطيط	مردود المشروع
التخطيط الأولي	----------	740460	----------	----------

1	2	9	697890	67970	180952
2	4	6	672090	83650	248164
3	13	20	648440	72100	314355
4	6	10	635540	44800	344986
5	9	17	624790	56910	350935
6	15	18	611030	57050	**374345**

يوضح الجدول (6) أنه في الطريقة الثانية يتم اختيار التبديلات اعتمادا على القيمة العظمى لمردود المشروع. الحالتان (1) و (2) تتطلبان ستة تبديلات حتى نصل إلى القيمة العظمى لمردود المشروع، بينما نرى أن الحالة (3) تتطلب أربعة تبديلات فقط للوصول للقيمة العظمى لمردود المشروع.

بمقارنة هذه النتائج مع نتائج الطريقة الأولى يتوضح لنا أن الطريقة الثانية تتطلب عددا من التبديلات أقل من الطريقة الأولى كي نصل إلى القيمة العظمى لمردود المشروع.

ويوضح الجدول (7) النتائج التي أعطتها الطريقة الثالثة للحالات الثلاث مع تفصيل للمشاريع الجزئية التي تم تقسيمها.

الجدول (7) النتائج التي أعطتها الطريقة الثالثة لجميع الحالات الثلاث

الحالة	مشاريع إعادة التخطيط الجزئية	كلفة المناولة الكلية	مردود المشروع
1	17-1-2-8-12-14-9-19-18-4-6-15-13-20-17 5-3-5	575340	448147
2	2-1-12-2 11-3-10-16-4-11 19-5-19 18-6-18 15-9-15	582220	350427
3	7-1-13-14-11-7 9-2-9 17-4-10-17 19-5-18-19 16-12-16	572760	366347

الجدول (8) ملخص لنتائج الطرق الثلاث للحالات الثلاث

رقم الحالة	الطريقة الأولى		الطريقة الثانية		الطريقة الثالثة		PR% 3/1	PR% 3/2
	المردود	التكلفة	المردود	التكلفة	المردود	التكلفة		

1	383943	617050	374345	611030	448147	575340	117%	120%
2	345438	586090	351814	587270	350427	582220	102%	100%
3	279198	583510	261258	624790	366347	572760	132%	140%

الاستنتاجات والتوصيات:

من النتائج التي حصلنا عليها لدى تطبيق الطرق الثلاث يمكننا استنتاج التالي:

1- إن الطريقة الثالثة هي الطريقة الأفضل من بين الطرق الثلاث من حيث استخدامها لدالتين هما تكلفة مناولة المواد إضافة إلى كلفة إعادة التخطيط، وبالتالي فإن تعظيم مردود المشروع سيكون نتيجة زيادة الانخفاض في تكلفة مناولة المواد ونتيجة تخفيض رأس المال لمشروع إعادة التخطيط.

2- إن الانخفاض الكبير في الكلفة مع الارتفاع الكبير لمردود المشروع حصل عند التبديلات الأولية المبكرة

3- إن التكاليف في مشاريع إعادة التخطيط بحاجة لتكون أكثر تدقيقا لمعرفة كل عنصر من عناصر هذه التكلفة بدقة وتقدير الكلف بشكل صحيح.

المراجع

1. **DRIRA, H.PIERREVAL** – *Facility Lyout Problem*. Annual Reviews in Control – Vol:31, 2007, 255-267.
2. **WEN – CHYUAN CHIANG** - *Single – and Multi – Objective Facility Layout with Workflow Interference Considerations*. European Journal of Operational Research – Vol:174, issues 3, 2006, 1414-1426.
3. **G. AIELLO,M. and ENEA ,G. GALANTE** – *Amulti- Objective Approach to Facility Layout Problem*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing- Vol:22, 2006, 447-455.
4. **E.FERRARI, A.PARESCHI. and A. PERSONA** – *Plant Layout Computerized Design*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology- Vol:21 , No.12, 2003, 917 -922.
5. **S.KHATOR. and M.COLIN**- *Computer Assisted Plant LayoutUsing a graphics editor*. Computers & Industrial Engineering- Vol:8 , issues 3-4 , 1984, 171 – 179.
6. **R.ALAN, MCKENDALL, JR** – *Silated annealing Heuristics for the DYNAMIC Facility Layout Problem*. Computers & Operations Research - Vol:33, 2006 , 790-803.
7. **C.E.NUGENT. and T.E.VOLLMAN** – *An Experimental Comparison of Techniques for the Assignment of Facilities to Locations*. Journal of Operation Research , Vol: 16, 1968, 150-173.