



جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الإدارة الهندسية والتشييد

تطوير نموذج رياضي للحصول على استثمار أمثل للعمالة

أعدت هذه الرسالة كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الهندسة المدنية- الإدارة الهندسية والتشييد

إعداد :

المهندسة نور ايلين ممدوح عبود

إشراف :

الدكتور المهندس ماهر مصطفى

العام الدراسي

2015

ملخص البحث

Abstract

عمالة المشروع تملك الأثر الأكبر على الهدر والفاقد في الكلفة. لذلك تزويد المشروع بالعمالة الماهرة المؤهلة له أثر كبير على نجاحه وانهاؤه محققاً الكلفة والزمن المطلوبين.

إذ أنّ المشكلة الرئيسية في صناعة التشييد هي نقص العمالة الماهرة وما يترتب على ذلك من مشاكل، والسبب في هذا النقص هو غياب الاستراتيجيات الفعالة لإدارة العمالة بالشكل الأفضل.

لذلك تم في هذا البحث تطوير نموذج رياضي من اجل الاستثمار الأمثل لعمالة المشروع، وتم استخدام البرمجة الخطية لتشكيل النموذج وحلّه باستخدام برنامج **LINGO MODELLING 14.0**. تم تطبيق النموذج المطور على البيانات المأخوذة من مشروع محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الزبداني. شملت البيانات مجموعات العمال اللازمة للمشروع، وكلف التدريب على مهن إضافية، وكلف التوظيف للعمال، والكلف الناتجة عن الأجور الساعية، ومعاملات الارتباط بين المهن الذي تم تحديده من خلال مقابلات مع المهندسين ومدراء المشاريع والعمال وتحديد الربط الأنسب بين المهن ثم استخدام برنامج حزمة البرمجيات الإحصائية SPSS لتحديد معاملات الارتباط.

باستخدام النموذج المطور يستطيع مدراء المشاريع اتخاذ القرار الأفضل من حيث عدد العمال الذين سيتم توظيفهم وعدد العمال الذين سيتم تدريبهم ومستوى التدريب والمهن التي سيتم التدريب عليها بالإضافة لتوزيع وتخصيص العمال بالشكل الأمثل من أجل تحقيق متطلبات المشروع بأقل كلفة ممكنة.

شكر و تقدير

في نهاية هذا العمل، أتقدم بالشكر الجزيل إلى من تقصر كل كلمات الشكر وعبارات الثناء عن الوفاء بحقه، إلى الدكتور المهندس ماهر مصطفى المشرف على الرسالة، هذا الرجل المعطاء الذي تتجسد في عطائه كل معاني الكرم والمروءة. له الشكر على ما منحني إياه من الوقت والجهد والإهتمام وكل ما من شأنه تعزيزي لإخراج هذا العمل في أفضل صورة ممكنة، فكان نعم المشرف ونعم المعلم.

وأتوجه بالشكر إلى الحنان الخالص والحب بأبهى حله إلى أمي التي واكبتني أطوار الحياة، وإلى أبي الذي دفعني إلى العلم وبه أزداد افتخاراً.

كما أتقدم بالشكر إلى أصدقائي الأعزاء وإخوتي الأحباء لتشجيعهم لي على مواصلة مشواري التعليمي، وعلى تهيئتهم لكافة الظروف التي ساعدتني على تحقيق ذلك، إضافة إلى ما قدموه لي من خدمات جلييلة لن أنساها ما حييت، أسأل الله أن يحقق آمالهم ويوفقهم لما يحب ويرضاه.

وفائق الاحترام والعرفان إلى كل من أشعل شمعة في دروب عملنا، وإلى كل من وقف على المنابر وأعطى من حصيلة فكره لينير دربنا ويذل كل عائق أمامنا، إلى الأساتذة الكرام في كلية الهندسة المدنية.

فهرس المحتويات

Contents

I	فهرس المحتويات	
V	فهرس الأشكال	
VII	فهرس الجداول	
1	الفصل الأول	
1	Introduction	مقدمة
1	1.1	صناعة التشبيد وواقع العمالة فيها
2	2.1	المشكلة البحثية
3	3.1	الهدف من البحث
3	4.1	منهجية البحث
4	5.1	تنظيم الرسالة
5	الفصل الثاني	
5	Literature Review	الدراسات السابقة
5	1.2	مقدمة
5	2.2	الحاجة لإدارة وتخطيط العمالة
12	3.2	الحاجة لتعدد المهن
15	4.2	استخدام الأمتلية في الاستثمار الاستراتيجي للعمالة

21..... الفصل الثالث

18 Research Background الخلفية النظرية

18	مقدمة	1.3
18	إدارة الموارد البشرية	2.3
19	مفهوم إدارة الموارد البشرية على صعيد المؤسسة	3.3
23	مفهوم إدارة الموارد البشرية على صعيد المشروع	4.3
24	1.4.3 إدارة العمالة في المشروع	
25	واقع العمالة في سورية	5.3
25	الحاجة لإدارة وتخطيط العمالة	6.3
26	مفهوم تعدد المهن	7.3
27	1.7.3 تطبيق استراتيجية تعدد المهن	
29	2.7.3 المجال الأنسب لتطبيق استراتيجية تعدد المهن	
30	الأمثلية الرياضية	8.3

34..... الفصل الرابع

34..... Analysis and Model Formulation التحليل وصياغة النموذج

34	مقدمة	1.4
34	صياغة النموذج	2.4
34	1.2.4 الأمثلية الرياضية وخوارزمية الحل	
35	2.2.4 تحديد متغيرات القرار	
36	3.2.4 تابع الهدف	
38	4.2.4 القيود	
39	5.2.4 الشكل النهائي للنموذج	
41	6.2.4 البرنامج المستخدم	

42	3.4	تنفيذ النموذج باستخدام برنامج LINGO MODELLING 14.0
42	1.3.4	دراسة الحالة
43	2.3.4	الاحتياج من العمالة
46	3.3.4	العمالة المتوفرة في بداية المشروع
47	4.3.4	معامل الارتباط بين المهن
49	5.3.4	كف التدريب
51	6.3.4	الحد الأقصى للتدريب
51	7.3.4	كف التوظيف
52	8.3.4	الحد الأعظمي للتوظيف
53	9.3.4	الأجور
54	4.4	نتائج تطبيق النموذج
54	1.4.4	الحالة الأولى
56	1.4.4	الحالة الثانية
57	1.4.4	الحالة الثالثة
58	1.4.4	الحالة الرابعة
59	1.4.4	الحالة الخامسة
60	1.4.4	مقارنة الحالات الخمسة
63	5.4	تحليل الحساسية
63	1.5.4	تحليل الحساسية لكف التدريب
66	2.5.4	تحليل الحساسية لكف التوظيف
69	3.5.4	تحليل الحساسية للأجور

73.....	الفصل الخامس
73	النتائج و التوصيات Results and Recommendations
73	النتائج 1.5
74	التوصيات لأعمال مستقبلية 2.5
75	الملاحق Appendices
79	المراجع References

فهرس الأشكال

Figures List

- 9 الشكل (1-2): النماذج الثانوية المرتبطة بنموذج المحاكاة
- 10 الشكل (2-2): العلاقة بين الإنتاجية وإدارة الموارد البشرية
- 11 الشكل (3-2): العلاقة بين الرضا العام للعمل وإدارة الموارد البشرية
- 11 الشكل (4-2): العلاقة بين معدل ترك العمالة وإدارة الموارد البشرية
- 17 الشكل (5-2): نسبة العمالة المتعددة المهن من العمالة الكلية
- 17 الشكل (6-2): مدة البقاء في المشروع للعمالة المتعددة المهن تصبح هامشية بعد امتلاك العامل لثلاث مهن
- 27 الشكل (1-3): العمالة المحتاجة والتوظيفات خلال المشروع
- 32 الشكل (2-3): حلول البرمجة الخطية
- 35 الشكل (1-4): مخطط عملية تشكيل نموذج الأمثلية
- 60 الشكل (2-4): مقارنة كلف التدريب للحالات الخمس
- 61 الشكل (3-4): مقارنة كلف التوظيف للحالات الخمس
- 62 الشكل (4-4): مقارنة الكلفة الناتجة عن الأجور للحالات الخمس
- 62 الشكل (5-4): مقارنة الكلفة الكلية للحالات الخمس
- 63 الشكل (6-4): عدد العمال لتوظيفها أو تدريبها نسبة لتغيير كلفة التدريب للعامل

- 64 الشكل (7-4): الكلفة الكلية نسبة لتغيير كلفة التدريب للعامل
- 64 الشكل (8-4): كلف التدريب نسبة لتغيير كلفة التدريب للعامل
- 65 الشكل (9-4): كلفة التوظيف نسبة لتغيير كلفة التدريب للعامل
- 65 الشكل (10-4): الأجر نسبة لتغيير كلفة التدريب للعامل
- 66 الشكل (11-4): عدد العمال لتوظيفها أو تدريبها نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل
- 67 الشكل (12-4): الكلفة الكلية نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل
- 67 الشكل (13-4): تغير كلفة التدريب نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل
- 68 الشكل (14-4): تغير كلفة التوظيف نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل
- 68 الشكل (15-4): تغير الأجر نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل
- 69 الشكل (16-4): تغير عدد العمال لتوظيفها أو تدريبها نسبة لتغيير الأجر الساعية للعامل
- 70 الشكل (17-4): تغير الكلفة الكلية نسبة لتغيير الأجر الساعية للعامل
- 70 الشكل (18-4): تغير كلفة الأجر الكلية الحاصلة بتغير الأجر الساعي للعامل
- 71 الشكل (19-4): تغير كلفة التدريب بتغيير الأجر الساعية
- 72 الشكل (20-4): تغير كلفة التوظيف بتغيير الأجر الساعية

فهرس الجداول

Tables List

7	الجدول (1-2): الخصائص الأساسية لـ Tier I & Tier II
13	الجدول (2-2): الاستراتيجيات الأربعة لتعدد المهن
43	الجدول (1-4): الاحتياج من العمالة
45	الجدول (2-4): الاحتياج الأعظمي
46	الجدول (3-4): العمالة المتوفرة بمهنة واحدة
46	الجدول (4-4): العمالة المتوفرة بمهنتين
48	الجدول (5-4): معامل الارتباط
48	الجدول (6-4): معامل الارتباط النهائي
50	الجدول (7-4): كلف التدريب لمستوى محترف (معلم)
50	الجدول (8-4): كلف التدريب لمستوى مساعد معلم
51	الجدول (9-4): العدد الأعظمي للعمال الممكن تدريبها
52	الجدول (10-4): الحد الأعظمي للتوظيف بمهنة واحدة
52	الجدول (11-4): الحد الأعظمي للتوظيف بمهنتين
53	الجدول (12-4): الأجر الأسبوعي للعمال بمهنة واحدة

- 53 الجدول (13-4): الأجر الأسبوعي للعمال بمهنتين
- 54 الجدول (14-4): التوظيف والتدريب للحالة الأولى
- 55 الجدول (15-4): الكلفة الناتجة عن الحالة الأولى
- 56 الجدول (16-4): التوظيف للحالة الثانية
- 56 الجدول (17-4): الكلفة الناتجة عن الحالة الثانية
- 57 الجدول (18-4): التوظيف والتدريب للحالة الثالثة
- 57 الجدول (19-4): الكلفة الناتجة عن الحالة الثالثة
- 58 الجدول (20-4): التوظيف والتدريب للحالة الرابعة
- 58 الجدول (21-4): الكلفة الناتجة عن الحالة الرابعة
- 59 الجدول (22-4): التدريب للحالة الخامسة
- 59 الجدول (23-4): الكلفة الناتجة عن الحالة الخامسة
- 59 الجدول (24-4): ملخص نتائج الحالات الخمس

الفصل الأول

مقدمة

Introduction

1.1 صناعة التشييد وواقع العمالة فيها

Construction Industry and its Labor Condition

تشكل صناعة التشييد بيئة تحد في مجال الإدارة الفعالة للعمالة بسبب التغيرات التنظيمية والديناميكية ومتطلبات المشروع وتعدد المهن. وبالتالي إيجاد استراتيجية لإدارة العمال الذين تختلف خبرتهم من أعلى درجات المهارة والخبرة إلى عمال بدون أي خبرة أو مهارة، وذلك للحصول على إدارة فعالة لها آخذين بالاعتبار أولويات إدارة العمالة التنافسية ومتطلبات المشروع وأولويات واحتياجات الموظفين.

إذ لا يمكن التسليم المطلق بأن موارد المشروع ومنها العمالة اللازمة للتنفيذ ستكون متاحة في الموقع عند الطلب ويعود ذلك للكثير من العوامل منها التغيرات الموسمية والطلبات الكثيرة على مورد معين وترك العمالة للمهنة بسبب عدم استمرارية العمل بالمهنة الدائم والتوقعات الكبيرة في العمل مما يجعل العمال يتركونها ليحصلوا على أعمال في صناعات أخرى حيث الصناعات الأخرى تملك بيئة أكثر لطفاً وأماناً. لذلك كان لابد من إيجاد وسيلة لتزويد المشروع بالعمالة اللازمة بحيث يتم تسليم الأعمال بالتوقيت المطلوب وبتكلفة واقعية بحدود الموازنة المقدرة.

أحد الصعوبات التي تواجه إدارة العمالة هو قلة الدراسات حول سوق العمالة والافتقار إلى الإحصاءات الموثقة وبالتالي عدم وجود خطط فعالة بعيدة المدى تحدد الحاجة من العمالة ومستوى تدريبها ومهارتها المطلوبة، فإدارة العمالة تتلقى جهود قليلة في مجال التخطيط الاستراتيجي (Maloney 1997).

من التحديات الحرجة التي تواجه صناعة التشييد هي محدودية توفر العمالة الماهرة كما يظهر تقرير The World Bank (1984)، والحاجة لزيادة فعالية الكلفة وتحسين الجودة، وأحد الحلول الواعدة لهذه المشكلة كانت تطوير نظريات للاستخدام الأمثل والأفضل للعمالة المتوفرة حالياً في المشروع (Burlson et.al.,1998). خاصة أنه لا يتم استخدام استراتيجيات لإدارة العمالة بشكل منظم ورسمي، ولا تملك طريقة لقياس نجاح ممارسات الاستراتيجيات الحالية (Haas et.al.,2003).

ولمواجهة مشكلة النقص في العمالة الماهرة وتخفيف الضغط الناتج عن هذا النقص كان لا بد من تطوير الفهم لمعلومات التزود بالعمالة، فكانت أحد الحلول الممكنة هو تعدد المهن Multiskilling، وهي استراتيجية تبحث في استخدام العمالة الحالية بطريقة أكثر فعالية وتوفر فرص عمل أفضل للعمال من حيث تأمين توظيف مستمر لهم في الموقع والشركة (Burluson et. al.,1998).

بتعدد المهن يمتلك العمال سلسلة مهن مناسبة لأكثر من عملية في المشروع والتي يمكن استخدامها بمرونة في المشروع أو الشركة، حيث تؤدي المهن المتعددة للعمالة منافع لمالكي الشركات، ومدراء المشاريع، والعمال (Stanley, 1997). لذلك كان لا بد من الاعتماد على تقنيات الأمثلية من أجل الاستثمار الأفضل للعمالة ومن المبادرات في هذا المجال كان تعدد المهن والتدريب وذلك للاستفادة من العمالة بما يحقق متطلبات المشروع من الزمن والكلفة والجودة، بالإضافة لتعزيز ثقة العمالة والاستفادة القصوى منها.

2.1 المشكلة البحثية

Problem Statement

على الرغم من الدور الحيوي لقطاع البناء والتشييد في خطط التنمية الاقتصادية التي أقرتها الدولة كونه المشغل الرئيسي للعاملة في سورية، مع ذلك لا يتم استثمار هذه العمالة بالشكل الأمثل ليحقق هذا القطاع دوره في التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وعلى الرغم من أهمية هذا القطاع ودوره في الناتج القومي، إلا أنه يعاني من نقص بالعمالة الماهرة كما أظهر الاستبيان الذي أجراه مركز الأعمال والمؤسسات السوري (2012) ويعتبر تزويد المشروع بالعمالة الماهرة المطلوبة وبأقل كلفة ممكنة واستثمارها بالشكل الأمثل هو أحد التحديات التي تواجه هذا القطاع، لذلك كان لا بد من الاهتمام بعنصر العمالة وتدريبها وتحسين إدارتها واستثمارها بالاعتماد على تقنيات الأمثلية وذلك للمساهمة في تحسين صناعة التشييد كون العمالة من أهم الموارد اللازمة لهذه الصناعة.

خاصة أن نجاح أي مشروع مرتبط بشكل وثيق بأداء العمال في الموقع، إذ حالما يدخل المشروع مرحلة التنفيذ فإن العمالة في الموقع هي المتغير الأكبر التي من الممكن التحكم أو التأثير بها عن طريق إدارتها بالشكل الأفضل.

فتوافر عمالة ماهرة، مؤهلة، ومدربة بالشكل الصحيح وبالكمية المطلوبة يساهم في إنجاح المشروع وإنهائه محققاً أهدافه، وبالعكس فإن نقصها يؤدي إلى مجموعة مشاكل:

✓ التأخير في التنفيذ.

- ✓ عدم الحصول على الجودة المطلوبة نتيجة نقص كفاءة أطر العمل وتدريبها.
- ✓ التأثير على سلامة العمال.
- ✓ نقص الإنتاجية.
- ✓ تجاوز الكلفة بشكل ملحوظ حيث للعمالة الأثر الأكبر على الهدر والفاقد في الكلفة مقارنة بالخدمات، والمعدات، والمواد والموقع.

3.1 الهدف من البحث

Research Scope

يهدف هذا البحث إلى تطوير نموذج رياضي يساعد مدراء المشاريع خلال مرحلة التخطيط للمشروع على تأمين متطلبات المشروع من العمالة بأقل كلفة ممكنة واستثمار العمالة المتوفرة بالشكل الأفضل خلال المشروع. اعتماد تقنيات الأمثلية لتكون أداة توجيه لمدراء المشاريع، والتغلب على مشكلة نقص العمالة الماهرة وتقليل زمن التوقيفات (Idle duration) خلال فترة تنفيذ المشروع من خلال الاستثمار الأمثل للعمالة.

4.1 منهجية البحث

Research Methodology

تم في هذا البحث اعتماد أسلوب دراسة الحالة والنمذجة الرياضية لتطوير نموذج رياضي قادر على تزويد مدراء المشاريع بالمعلومات المطلوبة وتم حل هذا النموذج باستخدام برنامج (LINGO MODELLING 14.0) وتم اختبار النموذج على مشروع محطة معالجة الزيداني وذلك بعد الحصول على البيانات المطلوبة وتحليلها وتحديد الافتراضات الرئيسية لإدخالها للنموذج واختباره والحصول على النتائج المطلوبة.

5.1 تنظيم الرسالة

Thesis Organization

تتألف الأطروحة من خمسة فصول:

الفصل الأول: يحتوي مقدمة عن العناصر الأساسية في هذا البحث، حيث يبدأ بمقدمة عن صناعة التشييد وواقع العمالة فيها ودور التدريب وأسلوب تعدد المهن (Multiskilling) في الاستفادة من هذه العمالة، ثم تم عرض المشكلة البحثية وأهميته وهدف البحث والمنهجية المتبعة وعرض محتويات البحث.

الفصل الثاني: تم فيه استعراض الدراسات السابقة في مجال إدارة واستثمار العمالة، حيث تم التركيز على واقع العمالة وصناعة التشييد في سورية ثم ذكر الحاجة لوجود استراتيجيات إدارة وتخطيط للعمالة لتأمين متطلبات المشروع وذكر النظريات التي تم تطويرها في هذا المجال. ثم تم بحث أهمية التدريب وتعدد المهن كأحد الاستراتيجيات المتبعة في عملية استثمار العمالة والدراسات التي ركزت على هذه الاستراتيجيات. وأخيراً بحث أهمية تطبيق نماذج الأمثلية الرياضية لتحسين عملية استثمار العمالة وتخصيصها في المشروع وتقليل كلفتها.

الفصل الثالث: يتم التركيز في هذا الفصل لعرض الخلفية النظرية للبحث، حيث تم تقسيمه لجزأين رئيسيين: يركز الجزء الأول لعرض بعض المفاهيم الأساسية للبرمجة الخطية. أما الجزء الثاني فيكرس لبيان مفاهيم إدارة الموارد البشرية على صعيد المؤسسة – المشروع.

الفصل الرابع: يتضمن دراسة الحالة التي تمت في هذا البحث، حيث تم صياغة النموذج المعتمد في التحليل، والحديث عن المشروع المستخدم والبيانات التي تم الحصول عليها واستخدامها ثم حل النموذج باستخدام برنامج النمذجة LINGO MODELLING 14.0. ثم القيام بدراسة عدة حالات مشتقة من الحالة الأصلية والقيام بتحليل الحساسية للنتائج الحاصلة ومقارنة النتائج مع بعضها.

الفصل الخامس: يلخص النتائج التي تم التوصل إليها بالإضافة إلى وضع توصيات من أجل الأعمال المستقبلية.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

Literature Review

1-2 مقدمة Introduction

يستعرض هذا الفصل أهم الدراسات السابقة التي تعرضت لواقع صناعة التشييد وحالة العمالة واستثمارها، بالإضافة لتسليط الضوء على الطرائق المتبعة للاستثمار الأمثل للعمالة. والنماذج الرياضية التي تم تطويرها لهذا الغرض.

2-2 الحاجة لإدارة وتخطيط العمالة

Need for Planning and Managing Labor

بما أن إدارة العمالة أصبحت حاجة ملحة بدل أن تكون عملية مدروسة أو استراتيجية لذلك تم العمل على تطوير مفهوم Two-Tier لإدارة العمالة. حيث قام الباحثون في مركز الدراسات الإنشائية (CCIS) في جامعة تكساس في أوستن بالتعاون مع معهد الصناعات الإنشائية (CII) بتطوير قياسات تحدد أساسيات استراتيجية لإدارة عمالة التشييد يتضمن مفهوم Two-Tier.

حيث نتج عن التعاون إنتاج نموذج نظري (Tire II) قادر على حل مشكلة إدارة العمالة وتوفير العمالة الماهرة للمشروع بطريقة أكثر شمولية، حيث سيكون لهذه المنهجية تأثير مهم على صناعة التشييد وعمالها. فهي استراتيجية ثورية ومستقبلية التوجه، صممت لتحسين مهارات العمال وإنتاجيتهم بخلق وضع حيث قيمة العامل مرتفعة (Borcherding et. al., 2001)، الغاية من رفع قيمة العامل هي زيادة الأجور وزيادة مدة عمل العامل في مجال التشييد. حيث تستخدم عمال يملكون بعض مهارات الإدارة والمسؤولية، وفرق عمل عالية الأداء، وزيادة استخدام تكنولوجيا المعلومات. أظهر (Chang, 2002) شرح مفصل عن هذه المنهجية، ومفهومها، والقياسات التي يتم استخدامها لتقدير مستويات تطبيقها وترتكز هذه المنهجية على الاقتراحات التالية:

✓ تحتاج صناعة التشييد لمنهجية منظمة تدمج أفضل الممارسات المعروفة بطريقة منسقة.

- ✓ من المتوقع أن تؤدي هذه المنهجية المنظمة لعمالة أكثر مهارة، وإنتاجية أعلى، وتقليل الكلف.
- ✓ استخدام قياسات مقبولة عالمياً سيؤدي لتغييرات في صناعة التشييد عن طريق تقديم استراتيجيات ترحح عمال هذه المنهجية.

على الرغم من أهمية هذه المنهجية إلا أنه قد يكون هناك حالات يكون فيها استخدام هذه النظرية غير عملي، في حالة المشاريع قصيرة الأمد وفي حال عدم توفر إمكانية للتدريب (Branddenburg, 2004). لذلك تم تطوير استراتيجية مكملة لها لحل مشكلة إدارة العمالة في الحالات التي لا يمكن فيها تطبيق (Tire II). تدعى هذه المنهجية (Tire I) صممت هذه الاستراتيجية من أجل الإدارة الفعالة للعمالة الموجودة حالياً بغض النظر عن مستويات المهارة، والتركيز على التنظيم، والاتصالات، واستخدام حقول الإدارة. فهي ليست نظرية ثورية أو جديدة لكنها استراتيجية إدارة شاملة تركز على إدارة العمالة بمستوى الإشراف. المشرفون (رئيس العمال، رئيس الورشة، والمراقبون) مطلوبون للحصول على إدارة فعالة للعمالة وبالتالي إدارة وتنسيق طواقمهم بشكل فعال. الإدارة العليا يجب أن تركز على التخطيط الشامل، والجدولة لتعظيم فرص النجاح. الهدف من Tier I هو تحسين فترة التخطيط القصيرة، وتحسين الاحتفاظ بالعمالة، وتحسين إنتاجية المشروع بشكل عام. وتقوم هذه المنهجية على مبدأ أن الإنتاجية الحاصلة من الإدارة الأنسب للموارد البشرية ستخفف الضغط على الاحتياج وستشجع العمال على البقاء في المشروع. هذه الإنتاجية الحاصلة سيتم تحقيقها بتطبيق التدريب، والتعاون، والاستخدام المنظم للتكنولوجيا لتعظيم فعالية المشرفين. كما تقترح هذه المنهجية أن التطبيق المتناسك والمنظم الناتج عن قبول الممارسات الأفضل سيقود لتحسين الإنتاجية، وتقليل الغياب وترك العمل، وأخيراً نجاح المشروع عموماً.

كلا الاستراتيجيتان تركزان على تطوير العمالة كجزء من مفهوم إدارة الموارد البشرية الشامل. الخصائص الأساسية لهاتين النظريتين يوضحها الجدول (1-2).

Tier I	Tier II
مشرفون بمستوى مهارة جيد لكل المهن	عمال بمستوى مهارة جيد للمهن الرئيسية
عمال مهرة ويمتلكون مهنة واحدة	عمال مهرة ويمتلكون أكثر من مهنة
لا يختلف الأجر حسب المهارة	كلما زادت المهارة زاد الأجر
الهيكل الإداري هرمي تقليدي	الهيكل الإداري أفقي قابل للتعديل
اتصال فعال بين المشرفون والمدراء	اتصال فعال بين العمال والمدراء
تكنولوجيا المعلومات مستخدمة باتساع على مستوى المشرفون والمدراء	تكنولوجيا المعلومات مستخدمة باتساع على كل المستويات
توفر العمالة بوفرة (من المحتمل أنها غير ماهرة)	توفر عمالة ماهرة
التدريب على التخطيط والكمبيوتر والإدارة متوفر للمشرفون فقط	التدريب على التخطيط والكمبيوتر والإدارة متوفر للعمال
التدريب ضمن الموقع متوفر لكل العمال	التدريب في معاهد متخصصة متوفر للعمال
بيئة عمل هرمية تقليدية لطواقم العمل لكل المهن	يتم استخدام طواقم عمل عالية الأداء (للمهن الرئيسية)

الجدول (1-2): الخصائص الأساسية لـ Tier I & Tier II (Brandenburg, 2004)

يظهر من الدراسات السابقة أن استراتيجية Two-Tier المقترحة تدعو لتدريب العمال على أكثر من مهنة إن أمكن، متضمنة الإدارة وغيرها من المهن. إذ لتطبيق Tier I بنجاح فإن المشرفون الأساسيون (رئيس العمال، رئيس الورشة بشكل عام، المدراء) يجب أن يرغبوا بالاشتراك. العنصر الرئيسي لهذه الاستراتيجية هو التدريب، خاصة التدريب على استخدام التكنولوجيا، والمهارات الإدارية، والمهارات التخطيطية (التنظيمية). أما تطبيق Tier II بنجاح يتطلب نسبة عالية من العمالة الماهرة، ونسبة عالية من العمالة الماهرة التي تملك أكثر من مهنة، ولتحقيق هذا المطلوب يجب تطبيق تدريب فعال على المهن لتأكيد وجود عدد كاف من العمال المهرة وعمال يمتلكون أكثر من مهنة. وتطبيق هاتين النظريتين من المتوقع أن يؤدي لتقليل الحاجة للعمالة من خلال تحسين الإنتاجية في الموقع بشكل عام والمساعدة على الاحتفاظ بالعمالة الحالية.

لذلك يسعى هذا البحث للعمل على الاستفادة من تطبيقات هذه الاستراتيجية في تدريب العمال والحصول على عمال متعددي المهن.

بين (Byrom et. al., 2006) الحاجة لاستخدام استراتيجيات لإدارة وتخطيط العمالة من خلال استخدام مفهوم Tier I وتحديد المقاييس والجراءات المطلوبة لتطبيق هذه الاستراتيجية. حيث قام الباحثون بزيارة المواقع لتسعة مشاريع، كما تم توزيع استبيان لأكثر من 900 عامل بمستوى مساعد ومحترف ورؤساء ورشات.

تم تحديد المقاييس من خلال خمسة مؤشرات:

1- مهارات العامل المتوسطة ضمن المشروع:

معرفة بمقاييس جزئيين هما:

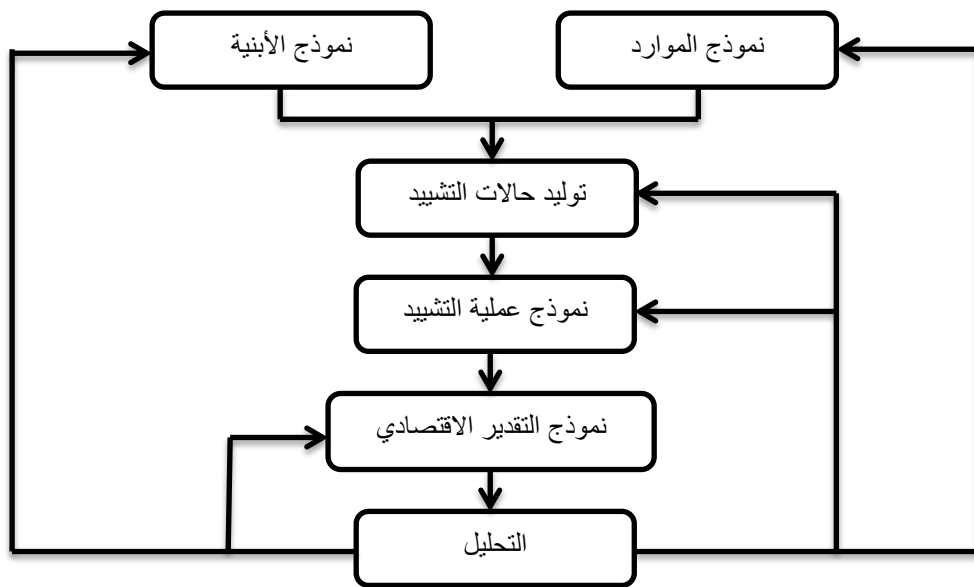
- المهارات لعامل عادي ومقاييسها هي البراعة ومعدل التوظيف.

- المهارات لعامل مشرف ومقاييسها هي الخبرة بالتكنولوجيا والتدريب والتعلم المستمر والمهارات الإدارية للكلفة والموارد ومخطط التشغيل ومهارات الكمبيوتر ومهارات التخطيط ومهارات إدارة العمل.
 - 2- استخدام أنظمة المعلومات ومقاييسها هي:
 - القدرة على الوصول للمعلومات والمكاملة بينها.
 - القدرة على استخدام الكمبيوتر.
 - 3- استخدام المهن ومقاييسها تشمل:
 - طواقم العمل ومدى تشكيلها بشكل جيد ومتوازن بين العمال والمشرفين.
 - القدرة على الاحتفاظ بالعمال ضمن المشروع لتأمين استمرارية العمل وتقليل انخفاض الانتاجية.
 - 4- التواصل ضمن المشروع وتشمل مقاييسها:
 - التواصل بين مدير المشروع والمشرفون في الموقع.
 - التواصل بين العمال والمشرفون في الموقع.
 - 5- بنية الإدارة وتشمل مقاييسها:
 - أنشطة و مواد وأدوات المشروع.
 - التخطيط.
 - الرقابة اليومية والأسبوعية والشهرية.
- وكل عنصر في المؤشرات الخمسة السابقة يتم قياسه على مقياس مدرج يتراوح من 0 إلى 10 ثم يضرب بالوزن الخاص به الذي يتم تحديده بناءً على رأي وخبرة المهنيين، لتحديد المقياس النهائي لكل عنصر. النتيجة الحاصلة لكل مقياس تجمع ثم تقسم على 50 لإنتاج مقياس يتراوح من 0 إلى 10، وذلك لقياس درجة تطبيق المؤشر ومدى تأثير ذلك على نجاح المشروع.
- من خلال دراسة تطبيق هذه المقاييس خلص الباحثون لضرورة وجود استراتيجية لإدارة العمالة بشكل فعال بغض النظر عن مستويات المهارة لديها. ومن أجل التطبيق الناجح لاستراتيجية Tier I فإن هذه الاستراتيجية يجب أن تصبح جزء من البنية التنظيمية للمشروع والمؤسسة، ومنافعا يجب أن تجاري أهداف المشروع بالإضافة لأهداف المؤسسة بشكل عام.
- بحث (Lill, 2009) موضوع تطوير استراتيجيات إدارة العمالة وتقليل الفجوة بين العمالة المتوفرة والعمالة التي يحتاجها المشروع، من خلال تطوير نموذج محاكاة يبين أداء شركات التشييد. ساعد النموذج على تقييم استراتيجيات الإدارة المختلفة

أخذين بالاعتبار اهتمامات المالكون والمقاولون والعمال. وهذه الاستراتيجيات تشمل عمال بمهنة واحدة مقابل عمال متعددا المهن، وتدريب العمالة الحالية مقابل استخدام مقاولين ثانويين.

حيث أظهر الباحث أن تبني أي استراتيجية للإدارة يجب أن يتم بناءً على الحساب الاقتصادي وليس التفكير الحدسي، أي لابد من توافر أداة تقييم لتقدير مختلف استراتيجيات الإدارة.

يستند النموذج على مفهوم الشركة التي تعمل على مجموعة من المشاريع بأن معاً. ويتألف النموذج من خمسة نماذج ثانوية مرتبطة كما يظهر الشكل (1-2).



الشكل (1-2): النماذج الثانوية المرتبطة بنموذج المحاكاة (Lill, 2009)

في نموذج الأبنية تم أخذ الشروط التكنولوجية والتنظيمية بعين الاعتبار. المتغيرات في نموذج الموارد تشمل: العمالة والآليات والتمويل. في نموذج توليد حالات التشييد تم توليد عدة حالات مختلفة بتغيير المتغيرات في نموذج الأبنية ونموذج الموارد. تم معاملة نموذج عملية التشييد ككتلة منفصلة في نموذج المحاكاة لتساعده على أخذ دور تفاعلي في نموذج التحليل مما يجعل دقة العملية ضمن النموذج كافية. يقدم نموذج التقدير الاقتصادي تابع الهدف لأنشطة المشروع، ويحدد تابع الكلفة مجموعة الغرامات والمكافآت في حال اختلاف الحالة الواقعية لأي من عناصر النظام عن ما تم تخطيطه. حيث يتم البحث عن تقديرات اقتصادية تمثل مصالح المقاول ومصالح الزبون، وعند توازن مصالح المقاول مع الزبون ومصالح المقاول مع العمال فإنه سيكون من الممكن الحصول على قرار نهائي بمدى فعالية تعدد المهن (Multiskilling).

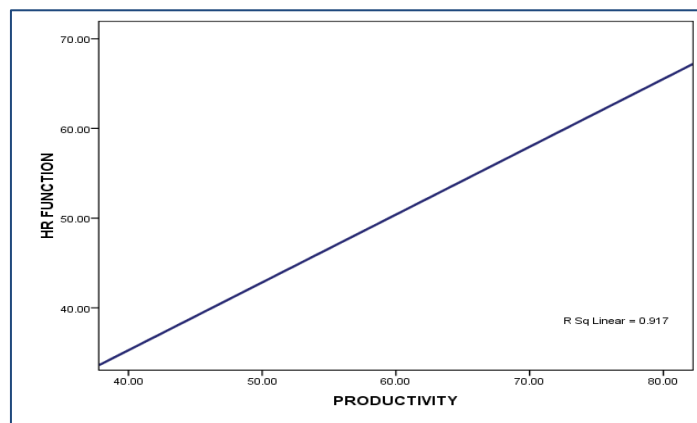
من خلال تطبيق استراتيجيات مختلفة لاستخدام العمالة باستخدام النموذج تم التوصل لنتيجة أن توافر عمالة متعددة المهن في طاقم العمل تساعد على استقرار الطاقم دون الحاجة لإضافة عمالة جديدة عند ظهور مستجدات. كما تم استنتاج انه باستخدام عمالة متعددة المهن فإن كلفة البناء ستتناقص بحدود 3% من خلال تطوير العمل وتقصير مدة العمل بحدود 20% لكن هذه الأهمية تتناقص بعد امتلاك العامل لأربع مهن.

على الرغم من أهمية هذا النموذج في المساعدة على اختيار استراتيجية الإدارة المثلى للعماله، لكن مشكلته الرئيسية هي عدم كفاية الأهداف التي تم تشكيلها وهذا سيكون عامل أساسي عند القيام باستنتاجات على نطاق واسع ولأنظمة حقيقية.

أظهرت (الأحمد، 2011) أهمية تطبيق إدارة الموارد البشرية من خلال دراسة حول تأثير تطبيق إدارة الموارد البشرية وأثرها على المشروع في سورية، حيث استخدمت ست مؤشرات للأداء: الزمن، والكلفة، وإنتاجية اليد العاملة، والرضا من العمل، والصحة والأمان. وجمعت المعلومات من الشركات المنتقاة بطريقة الاستبيان والمقابلة وحلت باستخدام حزمة البرمجيات الإحصائية (SPSS).

حيث أظهرت نتائج التحليل وجود علاقة قوية بين تطبيق إدارة الموارد البشرية وبين مؤشرات الأداء المستخدمة، وظهرت هذه العلاقة بوضوح في:

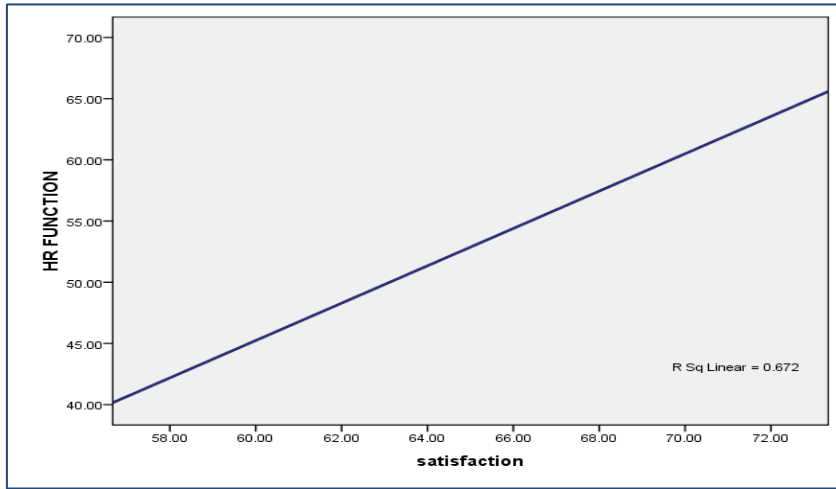
✓ معدل الإنتاجية: حيث وجدت علاقة طردية قوية بين معدل الإنتاجية وبين تطبيق إدارة الموارد البشرية بمعامل ارتباط 96% كما يظهر الشكل (2-2).



الشكل (2-2): العلاقة بين الإنتاجية وإدارة الموارد البشرية (الأحمد، 2011)

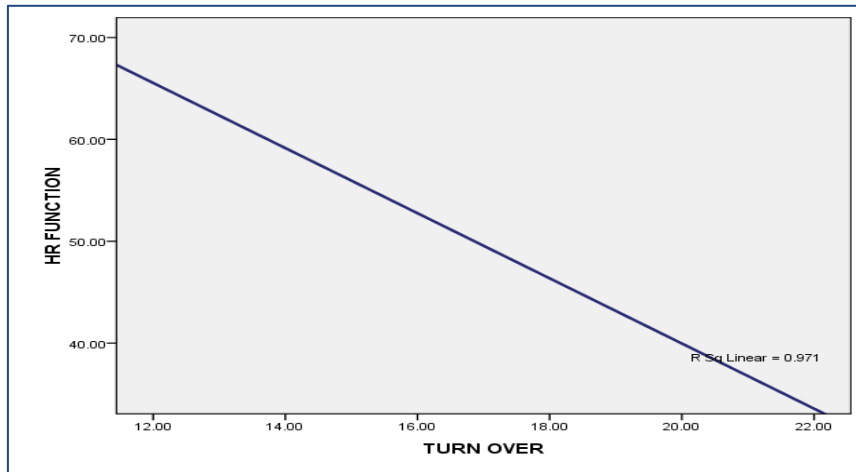
✓ تخفيض تأخير المشروع: إن تطبيق إدارة الموارد البشرية يلعب دورا في تقليل التأخير في زمن تنفيذ المشاريع بالإضافة لعوامل أخرى لها دور في التأخير.

✓ الرضا العام عن العمل: أظهرت الدراسة علاقة طردية قوية بين الرضا العام عن العمل وتطبيق إدارة الموارد البشرية بمعامل ارتباط 82% كما يظهر الشكل (3-2).



الشكل (3-2): العلاقة بين الرضا العام بالعمل وإدارة الموارد البشرية (الأحمد، 2011)

✓ معدل ترك العمل: أظهرت الدراسة علاقة عكسية قوية بمعامل ارتباط 98% بين معدل ترك العمل وتطبيق إدارة الموارد البشرية، مما يدل على أهميتها في تخفيض معدلات ترك العمل ذات الأثر السلبي على أداء المشروع كما يظهر الشكل (4-2).



الشكل (4-2): العلاقة بين معدل ترك العمل وإدارة الموارد البشرية (الأحمد، 2011)

✓ حوادث العمل: أظهرت الدراسة أن وجود إدارة موارد بشرية تهتم بصحة العاملين وسلامتهم يقلل من حوادث العمل والخسائر الناجمة عن هذه الحوادث سواء بعدد المصابين أو بزمن التوقف نتيجة هذه الحوادث.

3-2 الحاجة لتعدد المهن

Need for Multiskilling

تناولت العديد من الدراسات طريقة تعدد المهن كاستراتيجية لإدارة العمالة وتطويرها والاستفادة منها بالشكل الأمثل، كما بينت أهمية هذه الطريقة وفائدتها على المشروع ككل من حيث الوقت والكلفة.

درس (Villalobos et. al., 1997) استراتيجية تعدد المهن من خلال تقديم مصفوفة لمجموعات المهن التي تم تطويرها باستخدام البيانات المأخوذة من الاستبيان الذي تم توزيعه على 93 شخص من 5 شركات تابعة لمعهد الصناعات الإنشائية (CII) حيث تم دراسة 62 مهنة، أظهرت المصفوفة عدد المرات (النسبة المئوية) التي تم ضم أي مهنتين معاً في مجموعة واحدة بغض النظر عن نوع المشروع وبغض النظر إذا ما كان دمج أي مهنتين ناجح ام لا، ولتطبيق الاستراتيجية قام الباحثون بعملية التدريب التي قد تتم ضمن موقع العمل أو في معاهد متخصصة أو باستخدام خليط من الطريقتين، وخلال مرحلة معينة من المشروع فإن العامل ذو الخبرة الأكثر في مهنة معينة يأخذ دور المشرف على الطاقم وبقية العمال يكونون إما مساعدين أو محترفين.

ومن خلال تطبيق هذه الاستراتيجية تبين أنه من الممكن الحصول على تخفيض بقدر 30%-35% بعدد العمالة المطلوبة. لكن لم يقدم الباحثون تفسير لعدم التماثل في قيم ضم المهن مع بعضها، فمثلاً نجد في القيم أن تدريب الطيان على مهنة تشغيل الآليات تكررت 28% أما تدريب مشغل الآليات على مهنة الطيان تكررت 51%.

قام (Burlison et.al., 1998) بتطوير نموذج تحليل لتقييم أربع استراتيجيات لتعدد المهن (مهارتين، أربع مهن، أربع مهن بمستوى مساعد، الحد الأعلى النظري) على محطة بترول بكلفة 70 مليون دولار. حيث يظهر الجدول (2-2) هذه الاستراتيجيات:

- استراتيجية ثنائي المهنة (Dual-Skill): تعرف هذه الاستراتيجية مجموعات المهن بالتكامل مع مجموعات المهارة للسماح للعمال بالعمل في المشروع مدة أطول عن طريق العمل بمهام متعددة قبل التسريح من العمل.

- استراتيجية المهن الأربعة (Four-Skill): تعكس المراحل الأساسية للمشروع بتغيير تعقيدات المهارة وتشابه المهن على حد سواء. هذه الاستراتيجية تحوي استراتيجيتين ثانويتين:

- ❖ استراتيجية المهن الأربعة (Four-Skill A) A: تقسم هذه الاستراتيجية المهن لمجموعات. عمال الأعمال

المدنية/الإنشائية، عمال المساعدة بشكل عام، عمال الأعمال الميكانيكية، وعمال الأعمال الكهربائية. حيث

كل من المجموعات الأربعة تتضمن العمال بالمستويات (مساعد، حرفي، ورئيس عمال).

❖ استراتيجية المهن الأربع B (Four-Skill B): أيضاً تقسم هذه الاستراتيجية المهن لمجموعات كسابقتها، لكن بدلا من تضمين المجموعات على مستويات المهارة الثلاثة فإن مستوى المساعد تم حذفه من مجموعة الأعمال المدنية/الإنشائية ، وعمال الأعمال الميكانيكية، وعمال الأعمال الكهربائية. وأضافت لمجموعة عمال المساعدة بشكل عام مجموعات متعددة المهن.

• استراتيجية الدرجة القصوى النظرية (Theoretical Optimum Strategy): افترضت استخدام تصنيف مهنة واحدة في صناعة التشييد. كل العمال في هذه الاستراتيجية من المفترض أنهم سيكتسبون المهارات الكافية في أي مهنة في التشييد.

Dual-Skill Strategy	Four-skill Craft Strategy A	Four-skill Craft Strategy B	Theoretical Optimum Strategy
Electrical Work/Insulation Worker	Civil/Structure: Carpenter, Iron Worker, Concrete Finisher, Structural steel Erector	Civil/Structure: Carpenter, Iron Worker, Concrete Finisher, Structural steel Erector	Construction Worker: Carpenter, Iron Worker, Concrete Finisher, Structural steel Erector, Labor, Equipment Operator, Truck Driver, Crane Operator, Rigger, Surveyor, Painter, Insulation worker, Millwright, Pipe Worker, Welder, Electrician, Instrumentation.
Rigging/Equipment Operation	General Support: Labor, Equipment Operator, Truck Driver, Crane Operator, Rigger, Surveyor, Painter	General Support: All helper, Labor, Equipment Operator, Truck Driver, Crane Operator, Rigger, Surveyor, Painter	
Carpentry/Pipe Work	Mechanical: Insulation worker, Millwright, Pipe Worker, Welder	Mechanical: Insulation worker, Millwright, Pipe Worker, Welder	
Surveyor/Instrumentation	Electrical: Electrician, Instrumentation.	Electrical: Electrician, Instrumentation.	
Iron Work/Structural Steel Erection			
Crane Operation/Painting			
Concrete Finishing/Millwright Work			

الجدول(2-2): الاستراتيجيات الأربعة لتعدد المهن.(Burlson et. al., 1998)

حيث قدروا الفوائد من هذه الاستراتيجيات بتخفيض بالعمالة المطلوبة بمقدار 18% باستخدام استراتيجية ثنائية المهنة وحتى 35% باستخدام استراتيجية المهن الأربع B. زيادة مدة التوظيف بمعدل 18% باستخدام استراتيجية ثنائي المهنة وحتى 47% باستخدام استراتيجية المهن الأربعة B، كنتيجة من المتوقع أن العمال سيحصلون على مدة توظيف أطول، وتحسين استمرارية التخصيص في العمل، وتقليل وقت التوقف. الزيادة المحتملة في الدخل الصافي السنوي للعامل أيضاً، مما يؤدي للتأثير على النقص في العمالة الماهرة.

علاوة على ذلك وبعد الأخذ بعين الاعتبار الادخار بالأجور الحاصلة وانخفاض الكلف الأخرى مثل التوجيه، توظيف العمال، وأجور العمال. فإن تحسين بمقدار 15% بالإنتاجية يمكن أن يؤدي لإدخار بالكلفة بمقدار 17.3% لاستراتيجية ثنائي المهنة و

20.2% لاستراتيجية الدرجة القصوى النظرية. كما اقترح الباحثون ضرورة إيجاد عملية تحليل مؤتمتة لتحديد استراتيجيات تعدد المهن المثلى.

أظهرت دراسة (Tuker et. al., 2003) تخفيض بمقدار 20% بعدد ساعات العمل الكلية باعتماد عمالة متعدد المهن، هذا الانخفاض بعدد ساعات العمل يعطي المرونة لتحقيق إنهاء مبكر أو توظيف عمالة أقل اعتماداً على متطلبات المشروع.

درس الباحثان (Dada and Ekpe, 2006) تطبيق عمالة متعددة المهن في مشاريع التشييد في نيجيريا ومدى تأثير هذه الاستراتيجيات وعوائق تطبيقها. حيث قاموا بتوزيع استبيان على مدراء المشاريع والعمال في مشاريع التشييد بولاية لاغوس.

تم اختيار المهن التالية لدراستها: نجارة البيتون، والحدادة، والألمنيوم. تم تحليل البيانات باستخدام الاحصاء الوصفي حيث تم جمع بيانات حول استخدام عمالة متعددة المهن، وفوائد تعدد المهن، والعوامل المحفزة لتعلم المهن، وأسباب التوجه لتعدد المهن، ومشاكل تطبيق تعدد المهن، ومعوقات تعدد المهن. وبعد حساب هذه البيانات الحاصلة وتصنيفها وتحليلها، تبين أن استخدام عمالة متعددة المهن أدى لتقليل وقت التوقف (Idle Time) وزيادة مدة التوظيف للعامل. كما أظهرت نتائج الاستبيان معوقات استخدام هذه الاستراتيجية وهي: قلة التدريب، وصعوبة تأمين متطلبات الحصول على شهادة في المهنة، وأيضاً مقاومة التغيير من قبل العمال. مع ذلك توصي هذه الدراسة بضرورة تشجيع العمال ليكونوا متعددي المهن وأيضاً تشجع الشركات أن تؤمن التدريب لعمالها. كما تم اختبار فرضيتين:

- الفرضية الأولى:

H_0 : تعدد المهن لا تحسن إمكانية استخدام العمال.

H_1 : تعدد المهن تحسن إمكانية استخدام العمال.

- الفرضية الثانية:

H_0 : تعدد المهن لا تعيق التخصص.

H_1 : تعدد المهن تعيق التخصص.

وباستخدام مربع كاي كانت نتائج الاختبار:

- الفرضية الأولى: تم رفض الفرضية H_0 وهذا يظهر أن تعدد المهن تحسن إمكانية استخدام العمال.

- الفرضية الثانية: تم رفض الفرضية H_0 وهذا يظهر أن تعدد المهن تعيق التخصص.

3-2 استخدام الأمثلية في الاستثمار الاستراتيجي للعمالة

Optimization for a Strategic Investment in Labor

لقد تم استخدام الأمثلية في مجالات عديدة كالاتصالات، والنقل، والرعاية الصحية، والتمويل وغيرها من المجالات. وأحد أهم الحقول الذي طبقت فيه الأمثلية بنجاح هو صناعة التشييد.

أجرى (Stewart et. al., 1994) دراسة عن تدريب العمالة في مجال التصنيع، وصف فيها أن قرار من سيتم تدريبه وكيف سيتم تدريبه غالباً ما يؤخذ بطريقة نوعية من قبل مدراء الموارد البشرية، وكان لابد من إيجاد طريقة مثلى لتحديد هذه القرارات. وطور لهذا الغرض مجموعة نماذج للحصول على حل أمثلي لهذه المشاكل للأهداف التالية:

- ✓ تقليل الكلف الكلية للتدريب
- ✓ تعظيم مرونة العمالة المدروسة
- ✓ تقليل الوقت اللازم للتدريب
- ✓ تحسين الاختيار والموازنة بين تقليل كلفة التدريب وتعظيم مرونة العمالة.

مجموعة القيود في كل من هذه النماذج تتضمن ساعات الإنتاج المتوقعة، ومتطلبات الجدولة، وحدود الميزانية. وباستخدام هذا النموذج أجاب عن السؤالين: ما المهن التي سيتم التدريب عليها؟ وما عدد العمال الذين سيتم تدريبهم؟

درس (Brusco and Johns, 1996) توظيف عمالة متعددة المهن بمستويات مختلفة من الإنتاجية مستخدمين عمليات مصنع ورق كنموذج. تم البحث باستخدام نموذج برمجة هدف صحيحة (Integer goal-programming)، وتم اختياره باستخدام البيانات التي تم جمعها من عمليات الصيانة في مصنع الورق. الاتساع والعمق للعمالة متعددة المهن كانت متغيرات أولية في هذه الدراسة. الاتساع: تم تصويره بعدد مجموعات المهن التي تم تدريب العامل عليها، والعمق: مقدار مهارة العامل في مهنة معينة. تم قياس اتساعات وأعماق مختلفة لاختبار المبادلات بين هذين العاملين. استنتجت هذه الدراسة أن اتساع التدريب له تأثير بارز على حجم العمالة المطلوبة وهو أكثر أهمية من عمق التدريب.

طور (Campbell, 1999) نموذج أمثلية لتخصيص العمال المدربين في بيئة خدمية متعددة الأقسام. تم وصف قدرات العامل بمتغيرات تتراوح من 0 إلى 1، مع قيم ضئيلة تمثل العمال الذين هم دون الأهلية. تم تطوير النموذج عن طريق سلسلة من التجارب لتحري قيمة الاستخدام كتابع لمجموعة عوامل مثل تغير الاحتياج، واتساع الاستخدام، وعمق التدريب. النتائج من

الدراسة أظهرت أن الفائدة من الاستخدام تصبح أساسية، وفي العديد من الحالات درجة صغيرة من التدريب أو الاتساع تستطيع أن تحقق أكثر الفوائد. بعد كمية معينة فإن تدريب إضافي يعطي قيمة مضافة قليلة، والكمية المفضلة تعتمد بشكل كبير على مستويات تغير الاحتياج.

أما في مجال صناعة التشييد فكان هناك العديد من الدراسات التي اعتمدت تقنيات الأمثلية من أجل استثمار العمالة.

اعتمد (Tam et. al., 2001) الخوارزميات الجينية لتحسين توزيع العمالة، حيث صمّم النموذج المقترح لتقليل كلفة العمالة الكلية عن طريق تخصيص العمال ذو المهن المختلفة لينجزوا كمية عمل محددة خلال زمن معين. تم دراسة ثلاث سيناريوهات:

✓ عدد العمالة المتوفرة تجاوزت عدد العمالة المطلوبة.

✓ بعض مستويات الحرفيين غير كافية.

✓ توريد متزايد لمهنة معينة.

النتائج الرئيسية لهذه الدراسة أن الخوارزميات الجينية تستطيع تعظيم استعمال العمالة الموجودة. لكن على الرغم من أن هذه الدراسة تقدم نموذج لتحسين توزيع العمالة إلا أنها لا تقدم توجيه عن كيفية استثمار العمالة المتوفرة. أي أنها لم تقدم اقتراحات عن كيفية تحسين مجموعات المهن للعمالة المتوفرة من أجل تحقيق احتياجات المشروع خلال أوقات نقص العمالة.

طور (Gomer et.al., 2002) نموذج برمجة خطية قادر على تحسين عملية تخصيص وتوزيع العمالة باستخدام عمالة متعددة المهن جزئياً وعمالة بمهنة واحدة. أعطى النموذج عدد العمال الذين سيتم توظيفهم بمرور الوقت للمهن المختلفة. تابع الهدف لهذا النموذج يتألف من المجموعات التالية:

✓ تقليل عدد العمالة المستخدمة في المشروع.

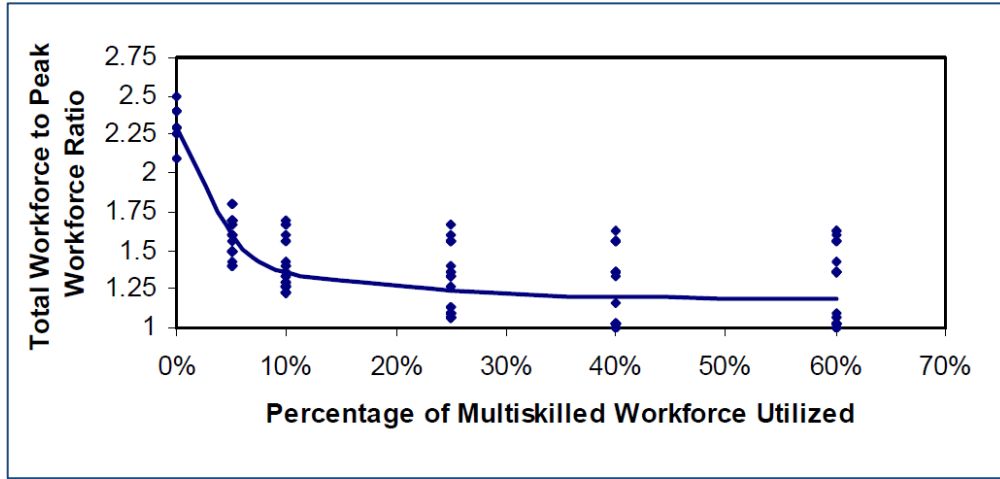
✓ تقليل عمليات توظيف العمالة والاستغناء عنها.

✓ تقليل استبدال العمال بين مجموعات العمل وبين الأنشطة.

✓ تعظيم مدة التوظيف للعمالة في المشروع.

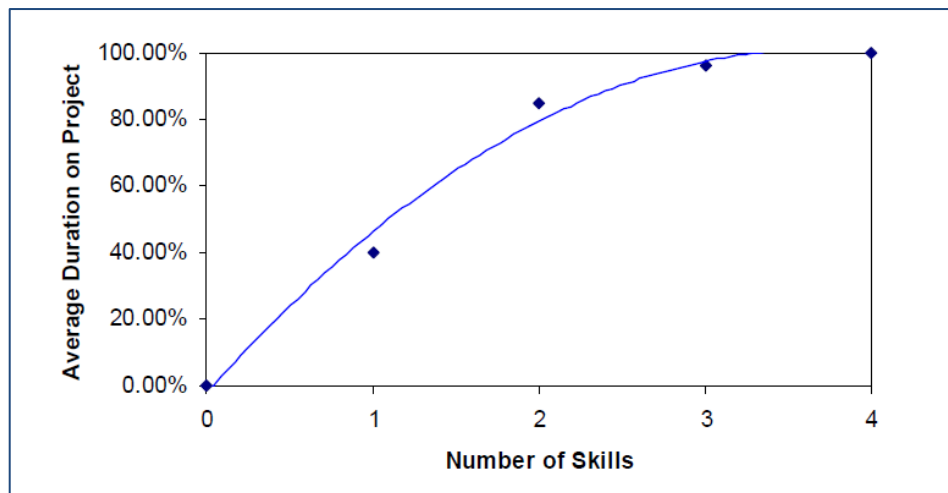
تم تطبيق النموذج على مشروع تم تطويره من قبل معهد صناعة التشييد (CII) في جامعة تكساس. حيث طبق النموذج على جزء من جدول المشروع بمدة 10 أيام وبعدها عمالة 20 عاملاً، أغلبهم متعدّدوا المهن.

أجرى الباحثون اختبارات وذلك بتغيير النسبة المئوية للعمالة المتعددة المهن من العمالة الكلية المستخدمة من 0% - 60%، حيث أظهرت النتائج أن الفائدة تصبح هامشية بعد النسبة 15%، كما يظهر الشكل (2-5).



الشكل (2-5): نسبة العمالة متعددة المهن من العمالة الكلية (Gomer et. al., 2002)

كما درس الباحثون العلاقة بين عدد المهن التي يمكن لعامل أن يحصل عليها والمدة الممتدة له في المشروع، وأظهرت النتائج أن الفائدة تصبح هامشية بعد امتلاك العامل لثلاث مهن، كما يظهر الشكل (2-6).



الشكل (2-6) : مدة البقاء في المشروع للعمالة متعددة المهن تصبح هامشية بعد ثلاث مهن (Gomer et. al., 2002)

اقترح الباحثون ضرورة إيجاد نماذج لدراسة المشاريع التي يزيد عدد عمالتها عن 20 عامل ولأجل فترة زمنية تزيد على 10 أيام. كما اقترحوا القيام باختبارات مختلفة بناء على ربط المهن مع بعضها بتشكيلات مختلفة تظهر الارتباط بين المهن وذلك لتحديد الربط الأنسب بين هذه المهن .

الفصل الثالث

الخلفية النظرية

Research Background

Introduction

1-3 مقدمة

يستعرض هذا الفصل واقع العمالة في سورية والحاجة لإدارة وتخطيط العمالة، بالإضافة لعرض مفاهيم إدارة الموارد البشرية على صعيد المؤسسة - المشروع. كما تم التركيز على بعض المفاهيم الأساسية للنمذجة الرياضية والبرمجة الخطية.

2-3 إدارة الموارد البشرية

Human Resources Management

بما أن المورد البشري يعتبر مورد أساسي في أي منظمة لذلك كان لابد من معرفة كيفية اجتذابه وترغيبه في العمل ومعرفة كيفية المحافظة عليه والعمل على تدريبه وتنميته حتى يستطيع أن يؤدي دوره كاملاً.

فالنشاط الخاص بالمورد البشري في المؤسسة يعتبر من الأنشطة المهمة التي يمكن أن تكسب المؤسسة ميزتها التنافسية غير قابلة للتقليد من قبل المنافسين، كونه يتعامل مع الإنسان الذي لا يمكن تقليده في حاجاته ورغباته. فالموارد البشرية موارد أساسية في المؤسسة لا يجب إغفالها أثناء التخطيط للمشروع.

إذ يعرف الكاتب جيفري فيفر Jeffrey Pfeffer أهمية الموارد البشرية بقوله: إن نجاح المؤسسات يعتمد على طاقاتها البشرية، ويصفها بأنها مصدراً للميزة الاستراتيجية التنافسية لهذا يجب الاستثمار في المورد البشري والعناية به (أبو النصر، 2007).

لهذا كان لابد من توافر إدارة موارد بشرية في كل مؤسسة، هذه الإدارة التي تعنى بكل ما يتعلق بالموارد البشري من حيث البحث عنه واختياره ثم تعيينه وتدريبه لغاية تحقيق ما يسمى التنمية البشرية وتهيئة المناخ الملائم له.

3-3 مفهوم إدارة الموارد البشرية على صعيد المؤسسة

Human Resources Management in Organization

إدارة الموارد البشرية هي العلم الذي يركز على عامل البشر في الإدارة وذلك للاستفادة من خدماتهم وتطوير مهاراتهم وتحفيزهم، ليقدموا أعلى مستويات الأداء الممكنة والتأكد بأنهم ملتزمون بسياسات المؤسسة من أجل تحقيق الأهداف التنظيمية للمؤسسة. وحسب الجمعية الأمريكية لإدارة الأفراد يعرف مفهوم إدارة الموارد البشرية بأنه فن اكتساب القوى العاملة ذات الكفاءة وتنميتها والاحتفاظ بها من أجل تحقيق أهداف المنظمة بأقصى قدر من الكفاءة (غربي، 2007).

تقوم إدارة الموارد البشرية على:

- تخطيط الموارد البشرية:
- ❖ تحليل الوظائف.
- ❖ تخطيط الاحتياجات من الموارد البشرية.
- الاستقطاب والاختيار والتعيين.
- تنمية الموارد البشرية:
- ❖ التأهيل والتهيئة المبدئية.
- ❖ التدريب والتنمية.
- ❖ التطوير الإداري والتنظيمي.
- التعويض والتحفيز.
- صيانة الموارد البشرية.
- علاقات العمل.

Planning of Human Resources

1-3-3 تخطيط الموارد البشرية

1- تحليل الوظائف:

يقصد بتحليل الوظائف عملية جمع المعلومات عن محتوى الوظيفة ثم عرضها بطريقة منظمة بحيث يتم تحديد طبيعة وواجبات الوظيفة وكذلك أنواع الأفراد وشروط شغلهم لهذه الوظيفة. يتم في عملية تحليل الوظائف عملية الاختيار والتعيين، وتحديد الأجور والتعويضات، وتقييم الأداء، والتدريب، وتحسين ظروف العمل، وضمان تأدية الواجبات على الوجه الأكمل، والترقية، كما يتم تحديد الشروط الواجب توافرها في من سيشغل الوظيفة سواء من حيث المستوى التعليمي والخبرة والسمات الشخصية.

2- تخطيط الاحتياجات من الموارد البشرية:

هي العملية التي يتم بها تحديد العدد المناسب من العاملين وبالنوعية التي تمكنها من إتمام الأعمال بكفاءة وفاعلية، كما يتم بها تحديد الاحتياجات المستقبلية من الموارد البشرية اللازمة للمؤسسة من خلال جمع المعلومات واتخاذ القرارات. وتقوم على المراحل التالية:

1- تحديد أهداف المؤسسة التنظيمية.

2- تحليل الطلب من الاحتياجات من الموارد البشرية.

3- تحليل العرض من الموارد البشرية.

4- تحقيق التوازن بين كل من قوى الطلب والعرض.

تهدف هذه العملية إلى:

1- إعداد موازنة الموارد البشرية سواء في مجال التوظيف أو التدريب أو الخدمات أو إنهاء الخدمة.

2- اختيار أفضل العناصر الفعالة للتوظيف وبالأعداد المناسبة.

3- تمكين المؤسسة من توقع مشكلات الفائض أو العجز.

4- زيادة قدرة المؤسسة على المنافسة بنجاح.

Recruitment, Selection, and Appointment

2-3-3 الاستقطاب والاختيار والتعيين

1- الاستقطاب:

هو عملية إعداد جمع أو حشد من طالبي الوظيفة يمكن الاختيار من بينهم، وكلما زاد عدد المتقدمين للوظيفة كلما تمكنت المؤسسة من تحقيق درجة أكبر من الانتقائية. يوجد مصدران لاستقطاب العمالة المطلوبة:

- المصادر الداخلية التي تعتمد على العمالة المتوفرة بداخل المؤسسة. حيث يتم الاستقطاب عن طريق:
 - ❖ الإعلان على لوحة إعلانات المؤسسة.
 - ❖ فحص سجلات العاملين.
 - ❖ فحص قواعد البيانات الخاصة بالعاملين بالمؤسسة.
 - ❖ إعادة تعيين العاملين الذين تركوا المؤسسة.
- المصادر الخارجية التي تستهدف سوق العمل المفتوح خارج المؤسسة. حيث يتم الاستقطاب عن طريق:
 - ❖ الإعلان إما في الجريدة اليومية أو جريدة متخصصة أو التلفزيون.
 - ❖ شركات أو وكالات التوظيف كالشركات الحكومية أو شركات تدار من خلال منظمات غير حكومية أو شركات خاصة.
 - ❖ الوكالات المتخصصة في الاستقطاب للوظائف التنفيذية العليا حيث تكون فائدة هذه الوكالات في قدرتها على الاتصال بمرشحين للوظائف العليا من خلال قاعدة البيانات لديها وشبكة علاقاتها مما يؤدي لتوفير نفقات كثيرة كانت ستحملها المنظمة في حال الإعلان عن الوظيفة الشاغرة بالطرق التقليدية.
 - ❖ المؤسسات التعليمية كالكليات والجامعات.
 - ❖ الطلبات المباشرة للعمل حيث يقوم الباحثون عن العمل بتقديم طلبات برغبتهم في العمل مباشرة إلى المؤسسة.
 - ❖ الاستقطاب من خلال الانترنت.

2- الاختيار:

هي عملية تقييم المرشحين للتوظيف وتعيين الأفضل، حيث يتم تقليص حجم قائمة المرشحين للتوظيف من خلال أدوات فحص مختلفة للوصول إلى أفضل المرشحين الذين تتلائم مواصفاتهم وخبراتهم ومؤهلاتهم مع احتياجات المؤسسة.

Development of Human Resources

3-3-3 تنمية الموارد البشرية

1- التأهيل والتوجيه المهني:

هي العملية التي يتم من خلالها إعداد الموظفين الجدد وتأهيلهم لأعمالهم الجديدة على نحو منظم ومخطط له، ويتم ذلك من خلال تعريفهم بأعمالهم وأدوارهم الوظيفية الجديدة، وزملائهم ورؤسائهم في العمل، وأنشطة المؤسسة، وأنظمتها وسياساتها، حتى يكونوا على إمام تام بها بما يساعدهم على تكوين اتجاهات إيجابية نحو أعمالهم والتكيف معها والنهوض بأعبائها على الوجه الصحيح.

2- التدريب والتنمية:

عملية منتظمة تهدف إلى تزويد الموظف بمعارف ومهارات جديدة وقدرات في مجالات محددة لتحسين أدائه في العمل أو تغيير اتجاهاته وأنماطه السلوكية اللازمة لأداء عمله الحالي أو المستقبلي بما يساعد في تحقيق أهداف المؤسسة. حيث يتم التدريب بعد تحديد الاحتياجات والأهداف التدريبية، وتصميم البرامج التدريبية، وتقويمها. يتم التدريب إما أثناء القيام بالوظيفة، أو تدريب بالورش، أو التعلم غير الرسمي، أو التدريب التوجيهي، أو المحاضرات، أو التدريب من خلال المحاكاة، أو التعلم عن بعد باستخدام مؤتمرات الفيديو.

Retention of Human Resources

4-3-3 صيانة الموارد البشرية

1- الأجور والرواتب:

تشمل كل أشكال المدفوعات المالية التي تدفعها جهة العمل للموظفين بشكل مباشر أو غير مباشر مقابل عملهم فيها، أي تبادل العمل مقابل الأجر.

أهم المبادئ التي يجب مراعاتها عند رسم سياسة الأجور:

- تحقيق العدالة والمساواة في الأجور.
- تناسب الأجور مع ظروف المعيشة.
- مراجعة سياسة الأجور من وقت لآخر للتأكد من مناسبتها للظروف.

حيث يتم تحديد الأجور والرواتب بناءً على:

- العوامل الاقتصادية.
- العوامل الاجتماعية.

- سياسة الأجور.
- قوانين العمل.
- المساواة وتأثيرها في تحديد الأجر.

2- إدارة الحركة الوظيفية:

من خلال الترقية حيث يتم إسناد وظيفة للموظف تكون ذات مستوى أعلى في السلم الوظيفي من وظيفته الحالية ويصاحبها عادة زيادة في الواجبات والمسؤوليات والمزايا المادية والمعنوية. حيث تتم الترقية بناءً على الأقدمية أو الجدارة أو من خلال جمع الأسلوبين.

3- ضبط الأداء الوظيفي:

من خلال التأديب الذي يعبر عنه بأنه مجموعة من القواعد النظامية التي تحدد الإطار العام للواجبات التي ينبغي للموظف الالتزام بها، والمحظورات التي ينبغي له الامتناع عنها، والضوابط التي يتقيد بها الموظفون في مزاولة مهامهم، والاجراءات التي تتبع لمحاسبة من يخل بها. إذ يشكل التأديب ضماناً لحسن الأداء وفاعلية العمل ويسهم في تحقيق صيانة المصالح العامة وحسن سير العمل وحماية حقوق الأفراد.

3-4 مفهوم إدارة الموارد البشرية على صعيد المشروع

Human Resources Management in Project

تتضمن إدارة العمالة في المشروع حصر تفصيلي للاحتياجات من كل نوع من الأطقم اعتماداً على البرنامج الزمني، فإذا تبين أن العمالة المتوفرة كافية للاحتياجات المستقبلية عندئذ يمكن القول أن المشروع يمكن تنفيذه بالعمالة المتوفرة لتحقيق البرنامج الزمني، ولا داعي لإجراء تعديلات على البرنامج الزمني فيما عدا بعض التسوية على متطلبات العمالة لضمان كفاءة التنفيذ. أما إذا أظهر حصر الاحتياجات من الموارد أن الطلب أكثر من المتاح في أي وقت، فإن ذلك يتطلب تنفيذ بعض الترتيبات مثل:

- العمل ساعات أو ورديات إضافية.
- طرح بعض الأعمال على مقاولي الباطن وذلك لتلافي التأخير في التنفيذ.

Labor Management

1-4-3 إدارة العمالة في المشروع

يمكن بيان إدارة عمالة المشروع بالخطوات التالية:

1- تحديد الاحتياج من العمالة:

تبدأ عملية إدارة العمالة في المشروع بتحديد الاحتياج من كل مهنة لأنشطة المشروع، بالاعتماد على البرنامج الزمني.

2- إعداد برنامج تشغيل العمالة:

يتم إعداد برنامج تشغيل العمالة وخاصة للمهن الرئيسية للمشروع. يعتمد إعداد برنامج تشغيل العمالة على القسم البياني من البرنامج الزمني وذلك لتحديد الفترات الزمنية التي يحتاج فيها المشروع للعمالة، يمكن الحصول على مخطط تشغيل العمال الكلي وذلك من خلال جمع برامج تشغيل جميع العمال الفنيين وغير الفنيين في برنامج واحد.

3- مقارنة الاحتياج بالإمداد من العمالة:

عند مقارنة الاحتياج من العمالة بما هو متاح يمكن مصادفة الحالتين التاليتين:

• الحالة الأولى:

تمثل الوضع الذي يكون فيه إمداد العمالة كافياً أو على الأقل يمكن تحريك المتطلبات القصوى بحيث يكون الطلب بحدود المتوفر، والتركيز على طلب العمال بأعداد كبيرة وبأوقات مختلفة من المشروع يمكن الحكم عليه بأنه غير عملي وغير مرغوب فيه، حيث يؤدي إحضار العمال ثم الاستغناء عنهم بطريقة متكررة على مدار المشروع إلى حدوث متاعب، ويعتبر غير كفؤ ومكلف ولا يغري العمال المهرة بالبقاء في المشروع، ولذلك يتم عمل تسوية المتطلبات من العمالة.

• الحالة الثانية:

هي التي يكون فيها الإمداد من العمالة لا يكفي الاحتياج وينتج عن ذلك وجود تصارع بين النشاطات على موارد معينة في فترات متعددة من البرنامج الزمني ويمكن حل هذه الحالة باستخدام مفهوم توزيع الموارد.

5-3 واقع العمالة في سورية

Labor condition in Syria

حال قطاع التشييد في سورية كحال باقي بلدان العالم في توظيفها لنسبة هامة من العمالة، فحسب مركز الاحصاء فإن هذه الصناعة تشغل حوالي 16.1% من القوة العاملة، (الاحصائيات لعام 2010).

كما أن لقطاع التشييد مساهمة بالنتائج المحلي الإجمالي، حيث يمثل قطاع التشييد حسب دراسات الخطة الخمسية العاشرة 7.6% من الناتج القومي المحلي، كما أنه يعتبر مسؤولاً عن الاستمرار المنظم للمهن الصناعية التي تدخل في مكونات قطاع البناء والتشييد لتأتي مخرجاته مشاريع حيوية تسهم في رفع مستوى التنمية الاقتصادية والاجتماعية (تقرير لجنة البناء والتشييد 2011).

لذلك يوجد توجه عام نحو التركيز على هذا القطاع والاهتمام فيه حيث ارتفعت نسبة النمو فيه لـ 4% نتيجة تنفيذ الخطة الخمسية التاسعة إلى أن تصل لـ 12% أو على الأقل لـ 9% سنوياً، كما يتوقع من هذا القطاع حتى نهاية 2010 المساهمة في تشغيل فرص عمل بمهارات عالية بحدود 150 فرصة عمل (تقرير هيئة تخطيط الدولة، 2004).

6-3 الحاجة لإدارة وتخطيط العمالة

Need for Planning and Managing Lbor

انطلاقاً من الدور المهم الذي تلعبه العمالة في صناعة التشييد فإن الدراسات تتجه نحو العمالة في صناعة التشييد وطرائق إدارتها واستثمارها بالشكل الأمثل، خاصة وأن كلفة العمالة في المشروع تشكل حوالي 30%-50% من كلفة المشروع الكلية (Adrian, 1987). حيث أن سورية تعد من الدول ذات التنمية المتوسطة لمواردها البشرية (تبعاً لمؤشرات التنمية البشرية وفق تقرير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لعام 2004).

تعتبر إدارة الموارد البشرية عامل مهم في عملية تخطيط وإدارة النشاطات في صناعة التشييد: وإن عدم اعتماد أساليب لإدارة الموارد البشرية يمكن أن يؤثر على العمالة من حيث نقص الإنتاجية، وزيادة معدلات ترك العمل، وتقليل التحفيز للتدريب والتخطيط للمستقبل.

فالنشاطات الرئيسية لإدارة الموارد البشرية تتضمن تخطيط وتطوير العمالة، والأجور، والتحكم بالعمالة، وإدارة السلامة، والعلاقات ضمن الصناعة، والتعويضات والمنافع (Patchett, 1983).

عملية تخطيط وتطوير إدارة العمالة تمت مناقشتها على نحو واسع والمراحل الرئيسية لهذه العملية هي:

- تقييم العمالة الحالية: الخبرة، تنوع العمر، أنماط الرواتب، الأداء، ومستوى التعلم.
 - تقييم العوامل الخارجية:
 - ❖ العوامل الفيزيائية: الطقس، والموقع، والنقل.
 - ❖ عامل التكنولوجيا: تكنولوجيا جديدة، والحالة المعرفية للعامل.
 - ❖ التغييرات السياسية والاجتماعية: مستوى العمالة المحلية، والتغيير السكاني، والاتجاه الاقتصادي.
 - سياسة التدريب والتطوير للعمالة: فائض الخبرة والمهارة، والأداء، ومعدل الحوادث، ومعدل ترك العمل.
 - تنبؤات الحاجة للعمالة: نوع العمالة المطلوبة، وعددها، وعدد العمال الذين يتركون العمل.
 - تنبؤات التزود بالعمالة:
 - ❖ تزود داخلي: منصب شاغر مستقبلي، وأعمال حقيقية، والمناصب الحالية.
 - ❖ عوامل خارجية: التغيير السكاني، والتغيير الاقتصادي، والحاجة لمهارة معينة، وسياسات الحكومة.
- لذلك كان لابد من العمل على تطبيق استراتيجيات وطرائق لتخطيط وإدارة القوة العاملة، كونها من الموارد ذات القيمة الأعلى والتي تصعب إدارتها مقارنة ببقية الموارد في صناعة التشييد، خاصة وأن هذه الصناعة تركز على حجم كبير للعمالة. إذ تشير دراسات تحسين الإنتاجية أنه يمكن تخفيض 20% من عدد ساعات العمل الكلي من خلال الإدارة الفعالة للعمالة الماهرة.

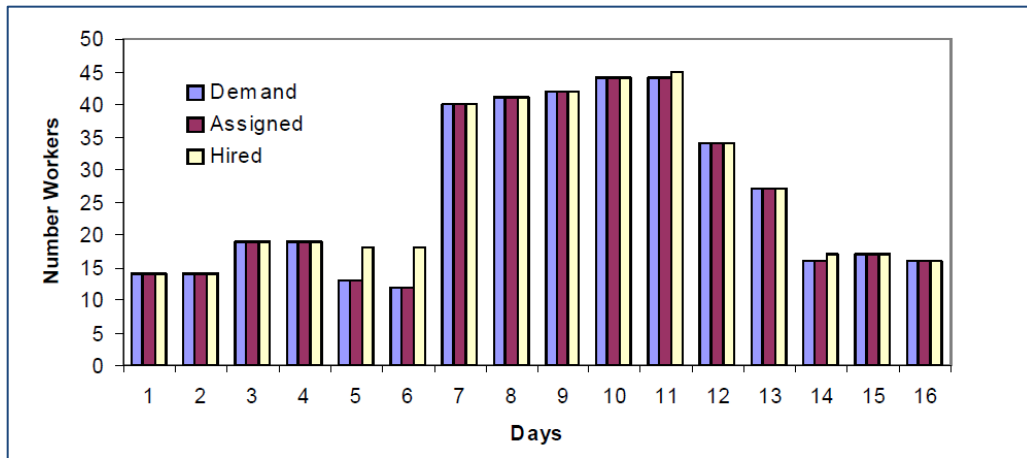
7-3 مفهوم تعدد المهن

Multiskilling Concept

أحد المنهجيات المتبعة من أجل الإدارة الفعالة لمجموعات العمل في المشروع هي استخدام العمالة متعددة المهن، حيث تشير الأبحاث أن تعدد المهن يمكن أن يزيد الإنتاجية وذلك ناجم عن إدراك العامل لعملية البناء بشكل تكاملي، والتنوع، والاستخدام الأفضل للعمالة الحالية المتوفرة من خلال إسناد مهام واسعة الاختلاف لهم حتى لو لم تكن تتضمن مهنتهم الأساسية، واستمرارية العمل، بالإضافة للتزود بموقع عمل أكثر أماناً وتزود المدراء بمرونة أكبر لتخصيص المهام. بالإضافة للاستفادة الفعالة من العمال أصحاب المهن الرئيسية الذي يؤدي لتحسين أداء المشروع بالإضافة للدخل، والرضا عن العمل، وفرص عمل أفضل لكل عامل، كما تعطيه هذه الاستراتيجية إمكانية أكبر للتقدم في مهنته وتطوير مهاراته مما يسمح في

إنجازهم عمل جيد حتى لو تقدموا في العمر، بالإضافة لزيادة التحفيز للعامل من خلال زيادة إنتاجيته وإنقاص أوقات التوقف له وتشجيع مشاركته بالعمل.

العمال متعددا المهن هم عمال يملكون مهارات إضافية لمهنتهم الأساسية تسمح لهم بالقيام بعدة مهام، فهم يقومون بمهنتهم الأساسية ويتم استخدام المهنة الإضافية عند وجود نقص بالعمال لهذه المهنة، ويتم استخدامهم ضمن المشروع بمرور الوقت. حيث يتم تخصيص العمال للمهام المختلفة في المشروع بناءً على قدرتهم على أداء المهام المطلوبة دون التقيد بحدود العمل التقليدية. وباستخدام هذه المنهجية يتم تقليل وقت التوقيفات (idle time) حيث يظهر الشكل (1-3) أن العمالة الكلية التي يحتاجها المشروع تزداد حتى اليوم الرابع ثم تتناقص في اليوم الخامس وتعود لتزداد في اليوم السابع، وهذا يؤدي لتوظيف العمال ثم إيقافهم ثم إعادة توظيفهم، لكن مع امتلاك العمال لمهنتين سيؤدي ذلك لتقليل عملية التوقيفات للعامل الناتجة عن توقيفه وإعادة توظيفه مما يؤدي لزيادة مدة عمل العامل في المشروع أي مدة توظيف أطول له، وزيادة الأمان والسلامة للعامل، وتخفيض تكلفة العمالة بشكل عام (Carley, 1999). بالإضافة لتخفيض وقت الانتقال، إذ لاجابة لتغيير طواقم العمل مثل الحالة مع العمالة ذات المهنة الواحدة.



الشكل (1-3): العمالة المحتاجة والتوظيفات خلال المشروع. (Carley, 1999).

Multiskilling Strategy

1-7-3 تطبيق استراتيجية تعدد المهن

يتطلب تطبيق استراتيجية تعدد المهن على مستوى المشروع والشركة تغيير نظام المشروع أو الشركة وهذا قد يتضمن: التدريب وتطوير العمالة، وتحسين الأجر للعامل، وممارسات التوظيف والاحتفاظ، وإدارة أنظمة المعلومات، واستراتيجيات تنفيذ المشروع.

إذ أن الحصول على هذه العمالة المتعددة المهن يحتاج للتدريب الفني والمهني الذي يعتبر عامل هام في التعامل مع نقص العمالة الماهرة، من ناحية الإنتاجية وأيضاً من ناحية التوظيف والإبقاء على الموظفين (Curt,2001). لذلك كان لابد من اعتماد استراتيجية التدريب بالتوافق مع استراتيجية تعدد المهن. فتزويد العمالة بالتدريب الجيد يؤدي لتخفيف الضغط الناتج عن نقص العمالة الماهرة. حيث يدخل العمال لمجال صناعة التشييد ويبدؤون مهنتهم كعمال مساعدين أو متمرنون، بعضهم قد يحصل على المهارة المطلوبة في عملهم بسرعة، لكن بعض المهن تتطلب سنوات ليتعلم العامل المهارات المطلوبة لها. فعن طريق التدريب ضمن موقع العمل أو في صفوف خاصة يمكن تسريع عملية التطور والتعلم للمهنة، وبتدريب العمال نحصل على عمال يعملون باستقلالية ومسؤولية أكبر. مع الانتباه أن العمال الذين يدخلون هذا المجال من خلال المعاهد الفنية والتقنية قادرون على التعلم وتلقي التدريب بخطى أسرع لأنهم يملكون أساس جيد في مهنتهم. والتدريب بشكل عام له فوائد متعددة:

- ✓ التدريب يؤدي لزيادة إنتاجية العامل وتقليل فترة التعلم عند البدء بعمل جديد.
- ✓ تحقيق إنتاجية ونوعية أفضل للمشروع خاصة وأن صناعة التشييد تعتمد لحد كبير على العمالة.
- ✓ زيادة معرفة وخبرة العامل وبالتالي إزالة النواقص التي تؤدي لأدائه السيء، وزيادة قدرته على مواكبة التكنولوجيا.
- ✓ زيادة الربح من خلال كلف التشغيل المنخفضة، القدرة على حل المشاكل، مهارات التواصل الداخلية والخارجية العالية، وتقديرات يعتمد عليها (Saoud, 1996).

أما فوائد تدريب العمال على مهن إضافية فهي:

- ✓ تقليل كلف العمالة والمشروع.
- ✓ تقليل في كمية العمالة المطلوبة.
- ✓ زيادة مدة التوظيف للعامل.
- ✓ زيادة أجر العامل.
- ✓ تحفيز العمال.
- ✓ زيادة الإنتاجية: الحصول على عمالة متحمسة للعمل، قادرة على تجاوز المشكلات مما يؤدي إلى تخفيض بوقت التوقف (Idle Time). (Burlison،1997).

فالتدريب يساعد المؤسسات على الاستمرار والبقاء رغم التغيرات الحاصلة في بيئة التشييد، كما يتيح التدريب للمؤسسة القدرة على التكيف.

مما سبق تظهر أهمية استخدام عمالة متعددة المهن وتقنيات التدريب كاستراتيجيات للاستفادة من عمالة المشروع، وكان لابد من استخدام تقنيات الأمثلة للحصول على استثمار فعال.

فالأثار السلبية لعدم التدريب تظهر في الغياب، وترك العمل، وإعادة الأعمال، والإنتاجية، وكلفة المشروع (Phillips, 1991) حيث أن زيادة بمقدار 5% في نسبة العمالة المدربة له تأثير في زيادة الأجر الساعي بـ 2% والإنتاجية بـ 4%.

2-7-3 المجال الأنسب لتطبيق استراتيجية تعدد المهن Multiskilling Strategy Suitable Field

إن مشاريع الصيانة هي من أنسب المشاريع لتطبيق هذه الاستراتيجية، إذ لا يمكن التنبؤ دائما بالمهام التي سيحتاجها المشروع. وبامتلاك عمالة متعددة المهن فإنها ستكون قادرة على أداء أي نشاط لأن العمالة ذات المهن المتعددة تملك مهارات واسعة الاختلاف. علاوة على ذلك، العمال سيكونون قادرين على تشخيص مشاكل العمليات والتي تتضمن عدة مهن. استخدام تعدد المهن سيؤدي لطاقتهم على الاستجابة لأي وضع أو حالة في الموقع (Haas et. al., 1999).

المشاريع الكبيرة يمكن أن تكون مناسبة لعمال متعددي المهن أيضاً. شرحت شركة Cianbro كيف أن استخدام الشركة لعمالة متعددة المهن كوسيلة للمشاركة في مشاريع واسعة الاختلاف، أعطاهم مرونة أعلى (Haas et. al., 1999). حيث وظفوا نفس العمالة في مشاريع ثقيلة مختلفة في التشييد والصناعة. حيث أنه خلال مراحل البدء والانتهاء للمشروع يوجد اختلاف واسع في المهن مما يؤدي للحاجة لعدد كبير من العمالة المطلوب توظيفها ثم تسريحها لعدم الحاجة لها. وباستخدام استراتيجية العمالة متعددة المهن تقل الكلفة الناتجة عن ذلك. إذ يمكن الإبقاء على هؤلاء العمال خلال مدة المشروع كاملة، لأنهم قادرين على أداء العديد من المهن والمهام. أيضاً يساعدون في المجالات الأخرى مع الأمان بامتلاك مدة توظيف أكبر. وخلال وقت الذروة للمشروع على الأغلب كل العمالة يتم إسناد مهام لها حسب المهن التي هم مختصون بها. والمدراء يحاولون دائماً تعظيم الفائدة من استخدام العمال متعددي المهن، حيث يمكن لهؤلاء العمال أداء المهام ضمن اختصاصهم الأساسي أو العمل في الطواقم الأخرى إذا لم يكن هناك عمل مسند لهم والطواقم الأخرى بحاجة لمساعدة.

كما أن هذه الاستراتيجية مناسبة للمشاريع الصغيرة التي تتضمن أنشطة قصيرة نسبياً (Haas et. al., 1999). طالما أن هذه المشاريع الصغيرة تكون ضمن صناعة مختصة وتتضمن مهام ذات أنماط محددة يمكن تنفيذها بالمهن الموجودة ضمن العمالة. بالاستخدام الجيد لهذه العمالة المتعددة المهن فإن ذلك سيؤدي لإدخال بكلفة عمالة المشروع رغم أن العمال يقبضون رواتب أعلى وذلك من خلال تخفيض ترك العمل، وزيادة الإنتاجية، وتقليل الحوادث.

8-3 الأمثلية الرياضية

Mathematical Optimization

التعبير التاريخي البرمجة الرياضية مرادف للأمثلية، تمت صياغته في عام 1940 قبل ربط البرمجة ببرامج الكمبيوتر. تتضمن البرمجة الرياضية دراسة البناء الرياضي لمسألة الأمثلية، ايجاد طرائق الحل لهذه المسألة، ودراسة الخصائص الرياضية لهذه الطرق، وتطبيق هذه الطرق على الكمبيوتر. فحسب (Gann and Senker, 1998) فإن الحاجة لتقنيات البرمجة الرياضية لاستثمار استراتيجية إدارة مثلى تم التنبيه له في عدة دراسات. مسائل الأمثلية الرياضية تكون إما برمجة خطية، أو مسائل برمجة لخطية، أو البرمجة التصادفية - الاحتمالية (Stochastic).

البرمجة الخطية (Linear Programming) هي الأكثر تطبيقاً بين طرائق الأمثلية (Pike, 1986). وتم تطويرها في 1947 بواسطة جورج داتزيج الذي أدرك التعميم في مسائل الجدولة والتخطيط الرياضية. تستخدم هذه التقنية بشكل يومي لتخصيص وتنظيم الموارد حيث تستخدم لحل مجموعة من مشاكل التشييد:

- الاستخدام الأمثل للموارد.

- تحديد أكثر الحلول اقتصادية بين مجموعة حلول.

- تخصيص القوى العاملة، وغيرها من الاستخدامات.

وعادة ما تكون البرمجة مفضلة للاستخدام في الحياة الواقعية وذلك بسبب القدرة على تقديم البرمجة الخطية باستخدام مفهوم بياني، والسهولة النسبية لطريقة الحل، والانتشار والتوافر لبرامج البرمجة الخطية، والمدى الواسع للتطبيقات. بالإضافة لذلك فإن البرمجة الخطية توفر فرصة ممتازة لتحليل فكرة "ماذا - لو" وذلك بسبب الأدوات الفعالة لتحليل مابعد الأمثلية. كما يتم تطبيقها بنجاح على مشاكل مثل موازنة رأس المال، وتوقع النمو الاقتصادي، وأنظمة النقل وغيرها من التطبيقات.

فالنموذج المشكل باستخدام البرمجة الخطية، تكون العلاقات فيه خطية وقيوده خطية. ولتشكيل نموذج البرمجة الخطية، أولاً يجب تحديد متغيرات القرار، التعبير عن الهدف باستخدام متغيرات القرار، وأخيراً كتابة القيود (Bertsimas and Tsitsiklis, 1997):

$$c_1 \times x_1 + c_2 \times x_2 + \dots + c_n \times x_n$$

تابع الهدف لنموذج البرمجة الخطية والذي قد يكون تعظيم أو تقليل حسب سياق المسألة. ويكون خاضع لعدد من القيود:

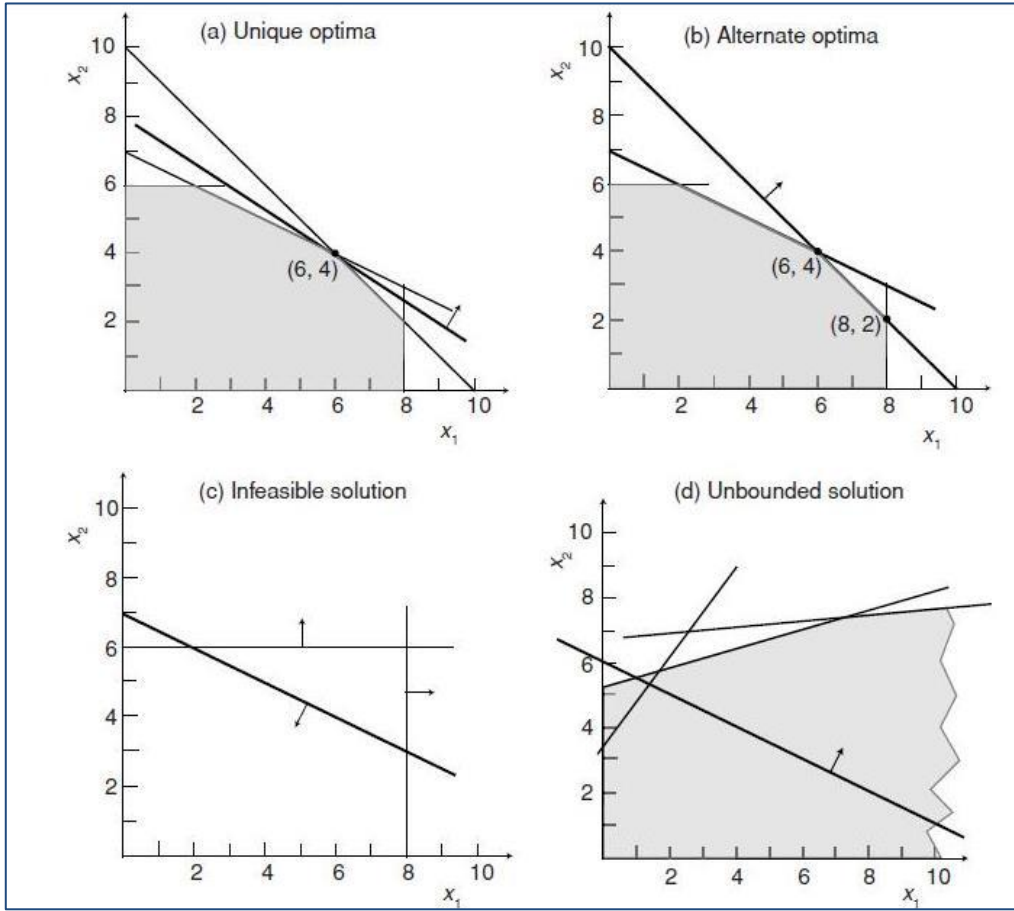
$$a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + \dots + a_n \times x_n \leq a$$

$$b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + \dots + b_n \times x_n = b$$

$$c_1 \times x_1 + c_2 \times x_2 + \dots + c_n \times x_n \geq c$$

عند تشكيل النموذج وحله ينتج لدينا أحد الحلول الأربعة التالية كما في الشكل (2-3):

- ✓ حل مثالي وحيد: النقطة (4-6) في الشكل (2-3)، هي النقطة الوحيدة التي تحقق جميع القيود، بالتالي الحل المثالي للبرمجة الخطية هو حل وحيد.
- ✓ تعدد الحلول المثلى (عدد لا نهائي من الحلول): تابع الهدف يوازي أحد القيود الفاعلة في منطقة الحلول الممكنة (فضاء الحلول). هذا الحل هو الأكثر شيوعاً كلما كبر حجم مسألة البرمجة الخطية.
- ✓ الحل غير الممكن (غير قابل للتطبيق): من المحتمل أن لا يوجد حل ممكن للمسألة، بسبب خطأ في صياغة المسألة المعطاة، خطأ في صياغة القيود، خطأ في الإدخال أو الإخراج، المسألة مقيدة أكثر من اللازم لدرجة أنه لا يوجد حل يحقق جميع القيود.
- ✓ الحل غير المحدود: ينتج هذا الحل من مسائل مقيدة بشكل غير كافٍ. حيث تكون منطقة الحلول الممكنة مفتوحة من أحد جوانبها بحيث يمكن زيادة تابع الهدف إلى اللانهاية وهذا غير واقعي وغير منطقي.



الشكل (2-3): حلول البرمجة الخطية

a: الحل المثالي الوحيد

b: حلول مثالية متعددة

c: الحل غير الممكن

d: الحل غير المحدود

تم اقتراح العديد من الخوارزميات لحل مسائل البرمجة الخطية، لكن طريقة السيمبلكس (Simplex Method) التي طوّرها دانترزيغ (1954) أثبتت فعاليتها، تقوم هذه الخوارزمية على الانتقال من حل ممكن لحل ممكن آخر بطريقة يتم فيها دائماً زيادة تابع الهدف في مسائل التعظيم أو إنقاصه دائماً في مسائل التقليل. يمكن الحل باستخدام هذه الطريقة يدوياً، لكن تصبح مملة للمسائل من الحياة الواقعية التي تحوي العشرات أو المئات من المتغيرات أو أكثر. لذلك تم تطبيق هذه الطريقة للعديد من برامج الكمبيوتر التي لديها القدرة على حل المسائل المعقدة بأجزاء من الثانية.

بعد إيجاد الحل المثالي لمسألة البرمجة الخطية، يتم القيام بتحليل الحساسية لهذا الحل، وذلك بتغيير المعاملات المختلفة للمسألة، حيث أنه للوصول للحل الأمثل افترضنا أن جميع المدخلات قيم محددة وثابتة، لكن الواقع العملي يقول أن هذه المدخلات قيم احتمالية متغيرة مع الزمن وذلك حسب المؤثرات الخارجية.

أي تحليل الحساسية يحول أداة البرمجة الخطية من أداة ستاتيكية لأداة ديناميكية، أي لأداة مناسبة عند السؤال "بماذا لو؟". لدينا ثلاث أنماط لتحليل الحساسية، وهي: معامل تابع الهدف، معامل الجانب الأيمن للمسألة، ومصفوفة الجانب الأيسر.

الفصل الرابع

التحليل وصياغة النموذج

Analysis and Model Formulation

Introduction

1-4 مقدمة

يهدف هذا الفصل إلى تشكيل نموذج رياضي يساعد مدراء المشاريع خلال مرحلة التخطيط للمشروع على تأمين متطلبات المشروع من العمالة بأقل كلفة ممكنة واستثمار العمالة المتوفرة بالشكل الأفضل خلال المشروع بما يحقق متطلباته.

بالحصول على مخطط تشغيل العمال، والعمالة المتوفرة في المشروع، وتحديد الافتراضات الرئيسية، وتحديد البيانات المطلوبة، تم تشكيل النموذج الرياضي وتطبيق مشروع الدراسة عليه واختباره ثم القيام بتحليل الحساسية، وبالنهاية تم الحصول على النتائج المطلوبة التي سيستفيد منها مدراء المشاريع لتخطيط عمالة المشروع.

Model Formulation

2-4 صياغة النموذج

1-2-4 الأمثلية الرياضية وخوارزمية الحل

Mathematical Optimizaton and Solution Algorithm

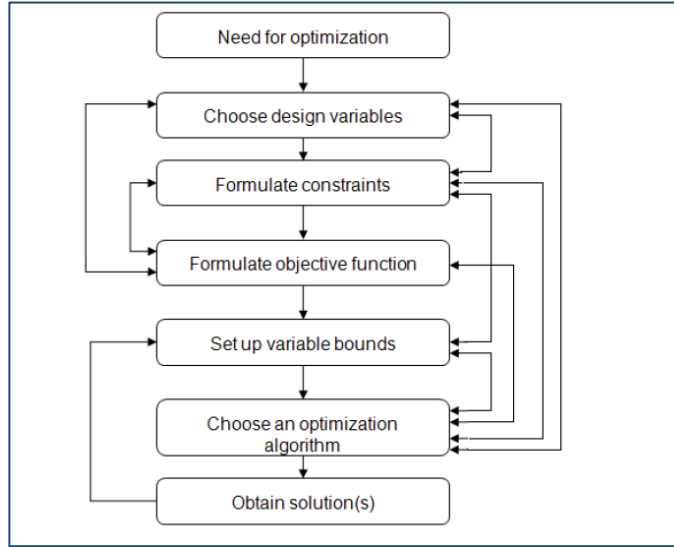
تم تشكيل النموذج بالاعتماد على تقنيات الأمثلية الرياضية، هذه التقنية التي تم تطبيقها في حقول عدة كما ذكر بالفصل الثاني. إذ أن تطور تقنيات الأمثلية له فوائد ليس فقط في علوم الكمبيوتر بل في بحوث العمليات، التحليل العددي، الاقتصاد الرياضي، ونظرية التحكم. حيث تملك مسائل الأمثلية النموذجية ثلاث عناصر رئيسية:

✓ تابع الهدف: كمية عددية واحدة قد تكون تعظيم أو تقليل.

✓ متغيرات القرار: كميات يمكن التحكم بقيمها لتحسين تابع الهدف.

✓ القيود: تقيد القيم التي تأخذها المتغيرات.

حيث يظهر الشكل (1-4)، مخطط عملية تشكيل نموذج الأمثلية.



الشكل (1-4): مخطط عملية تشكيل نموذج الأمثلية (www.cbssyr.sy)

قيم المتغيرات في مسائل الأمثلية قد تكون مستمرة كتخصيص الموارد، منفصلة، أو مترابطة. مما يؤدي لاختلاف الخصائص الرياضية للمسائل.

Decision Variables

2-2-4 تحديد متغيرات القرار

النموذج الرياضي الذي يتم بناؤه يسعى لتزويد مدراء المشاريع بالطريقة المثلى لاستثمار العمالة، أي سيتم الإجابة على السؤال، هل العمالة الحالية تكفي متطلبات المشروع وإذا لم تكفيه ما الحل الأمثل لسد الحاجة من العمالة بأفضل كلفة ممكنة. لذلك فإن متغيرات القرار للنموذج كمايلي:

x_{ijk} : عدد العمال الذين يملكون المهنة i وسيتم تدريبهم على المهنة j بمستوى تدريب محدد k .

y_i : عدد العمال الذين سيتم توظيفهم بالمهنة i .

z_{ij} : عدد العمال الذين سيتم توظيفهم ويمتلكون المهنتين i و j .

l_{ijt} : عدد العمال الذين يمتلكون المهنتين i و j وسيعملون بمهنتهم الأصلية i خلال المدة t .

m_{jit} : عدد العمال الذين يمتلكون المهنتين i و j وسيعملون بمهنتهم الثانية j خلال المدة t .

n_{it} : عدد العمال الذين يملكون المهنة i وسيعملون خلال الفترة t .

المتغيرات الثلاث الأخيرة تساعد على تخصيص عمالة المشروع لأداء عمل معين خلال مدة معينة من مدة المشروع الكلية، أما المتغيرات الثلاث الأولى تساعد مدراء المشاريع على اتخاذ القرار المناسب في استثمار عمالة المشروع بالشكل الأنسب. أي هل سيتم توظيف عمالة إضافية لتأمين متطلبات المشروع أو هل سيتم تدريبها. على الرغم من أن بعض المقاولون يمانعون تدريب العمالة لديهم، إما لخوفهم من أن يتركهم عمالهم بعد تدريبهم ليعملوا في شركات أخرى، أو رفضاً لزيادة راتب عمالهم بعد زيادة مهارتهم، وغيرها من الأسباب. لكن بكل الأحوال، فإن تدريب العمال على مهنة إضافية أمر مهم خاصة عند وجود نقص بالعمالة الماهرة لبعض المهن. مع الانتباه أن التدريب يجب أن يتم لعمالة الشركة الرئيسية، أي العمالة التي تبقى في الشركة وتعمل في عدة مشاريع، وليس للعمالة العابرة الذين يتم توظيفهم من أجل مشروع معين وقد لا يكملون مع الشركة بعد نهاية المشروع (Pappas, 2004).

Objective Function

3-2-4 تابع الهدف

بما أن الهدف من النموذج هو تقليل كلفة العمالة الحاصلة فإن تابع الهدف من النوع تقليل (minimize)، لذلك فإن تابع الهدف هو مجموع مكونات كلفة العمالة للمشروع التالية:

✓ الكلفة الناتجة عن تدريب العمال الذين يملكون المهنة i على المهنة j بمستوى مهارة محدد k . أي تدريب العامل سيكون لأحد مستويين إما مستوى مساعد في المهنة j أو مستوى محترف فيها.

$$\sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{j=1}^{j=mn} \sum_k c_{ijk} \times x_{ijk}$$

حيث:

$$c_{ijk} = \frac{traincost_{ijk}}{\alpha_{ijk}}$$

$traincost_{ijk}$: كلفة تدريب العامل الذي يملك المهنة i على المهنة j بمستوى k .

α_{ijk} : معامل الارتباط بين المهنتين i و j بقيم تتراوح بين 0-1.

✓ الكلفة الناتجة عن توظيف عامل يملك المهنة i :

$$\sum_{i=1}^{i=mn} y_i \times h_i$$

✓ الكلفة الناتجة عن توظيف عامل يملك المهنتين i و j :

$$\sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{j=1}^{j=mn} z_{ij} \times h_{ij}$$

✓ رواتب العمال ضمن موقع المشروع:

- كلفة رواتب العمال الذين يمتلكون المهنة i:

$$\sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{t=1}^{t=duration} n_{it} \times swage_i$$

حيث:

$swage_i$ = الراتب الساعي للعامل الذي يملك مهنة i مضروباً بعدد ساعات العمل خلال أسبوع.

- كلفة رواتب العمال الذين يملكون المهنتين i&z ويعملون بالمهنة i خلال المدة t:

$$\sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{j=1}^{j=mn} \sum_{t=1}^{t=duration} l_{ijt} \times mwage_{ij}$$

حيث:

$mwage_{ij}$ = الراتب الساعي للعامل الذي يملك مهنتين i&z مضروباً بعدد ساعات العمل خلال أسبوع.

- كلفة رواتب العمال الذين يملكون المهنتين i&z ويعملون بالمهنة z خلال المدة t:

$$\sum_{j=1}^{j=mn} \sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{t=1}^{t=duration} m_{jit} \times mwage_{ji}$$

مما سبق فإن تابع الهدف للنموذج بشكله النهائي:

$$W = \min(\sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{j=1}^{j=mn} \sum_k c_{ijk} \times x_{ijk} + \sum_{i=1}^{i=mn} y_i \times h_i + \sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{j=1}^{j=mn} z_{ij} \times h_{ij} + \sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{j=1}^{j=mn} \sum_{t=1}^{t=du} m_{jit} \times mwage_{ij} + \sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{j=1}^{j=mn} \sum_{t=1}^{t=du} l_{ijt} \times mwage_{ij} + \sum_{i=1}^{i=mn} \sum_{t=1}^{t=du} n_{it} \times swage_i)$$

Constraints

4-2-4 القيود

قيود النموذج كمايلي:

✓ توفير احتياج المشروع من العمالة $needed_{it}$ من المهنة i خلال الفترة الزمنية t باستخدام عمال يملكون مهنة واحدة i أو مهنتين i و j :

$$x_{ijk} + y_i + z_{ij} + n_{it} + l_{ijt} + m_{jit} \geq needed_{it}$$

يعبر هذا القيد عن أن مجموع العمال الذين يعملون بالمهنة i خلال الفترة الزمنية t يجب أن يكون مساو أو أكبر من احتياج المشروع من العمالة بالمهنة i خلال نفس الفترة الزمنية. حيث $needed_{it}$ يمكن الحصول عليها من مخطط تشغيل العمال للمشروع باستخدام برنامج Primavera P6.

✓ الحد الأعظمي لتدريب العمال على المهنة j :

$$\sum_i \sum_k x_{ijk} \leq traincap_{jk}$$

يعبر هذا القيد عن ظروف قد تكون فيها إمكانية التدريب محدودة خلال فترة زمنية معينة. كأن لا يتوافر عدد كاف من العمال الماهرين لتدريب العمال ذو المهارة الأقل في حال كان التدريب ضمن المشروع أو موقع العمل، أو عدم توفر الدورات اللازمة خلال الفترة الزمنية المطلوبة فيما لو كان التدريب خارج موقع العمل بالطريقة التقليدية.

✓ الحد الأعظمي لتوظيف العمال:

• محدودية توظيف عمال يمتلكون المهنة i :

$$y_i \leq hirecap_i$$

• محدودية توظيف عمال يمتلكون المهنتين i و j :

$$z_{ij} \leq hcap_{ij}$$

هذا القيد ضروري في حال كان المشروع في منطقة محدودة الموارد العمالية، أوفي حال كان هناك نقص في

العمالة الماهرة لسبب ما.

✓ توفر عمالة بمهنة i :

$$n_{it} \leq y_i - \sum_j \sum_k x_{ijk} + availableworker_i$$

يؤمن هذا القيد عدم استخدام النموذج لعمالة بمهنة i أكثر من المتوفر، حيث $availableworker_i$ تعبر عن العمالة التي تملك المهنة i والمتوفرة حالياً في المشروع.

✓ توفر عمالة بمهنتين i و j :

$$l_{ijt} + m_{jit} \leq x_{ijk} + z_{ij} + multiavailable_{ij}$$

يؤمن هذا القيد عدم استخدام النموذج لعمالة بمهنتين i و j أكثر من المتوفر، حيث $multiavailable_{ij}$ تعبر عن العمالة التي تمتلك مهنتين i و j والمتوفرة حالياً في المشروع.

5-2-4 الشكل النهائي للنموذج Full Formulation

1- المجموعات:

mn : مجموعة المهن التي تمت دراستها حيث $i \in mn, j \in mn$

$duration$: المدة الزمنية للمشروع $t \in duration$

2- البيانات:

$traincost_{ijk}$: كلفة تدريب العامل الذي يملك المهنة i على المهنة j بمستوى k .

α_{ijk} : معامل الارتباط بين المهنتين i و j وقيم تتراوح بين 0-1 .

h_i : كلفة توظيف عامل يملك المهنة i .

h_{ij} : كلفة توظيف عامل يملك المهنتين i و j .

$swage_i$ = الراتب الساعي للعامل الذي يملك مهنة i مضروباً بعدد ساعات العمل خلال أسبوع.

$mwage_{ij}$ = الراتب الساعي للعامل الذي يملك مهنتين i و j مضروباً بعدد ساعات العمل خلال أسبوع.

$needed_{it}$: عدد العمال الذين يحتاجهم المشروع من المهنة i وسيعملون خلال المدة t .

$traincap_{jk}$: العدد الأعظمي من العمال الذين يملكون المهنة i وسيتم تدريبهم بمستوى k على المهنة j .

$hirecap_i$: العدد الأعظمي من العمال الذين سيتم توظيفهم على المهنة i .

$hcap_{ij}$: العدد الأعظمي من العمال الذين سيتم توظيفهم ويمتلكون المهنتين i & j .

$availableworker_i$: عدد العمال الذين يملكون المهنة i ومتوفرون حالياً في بداية المشروع.

$multiavailable_{ij}$: عدد العمال الذين يمتلكون المهنتين i & j ومتوفرون حالياً في بداية المشروع.

3- متغيرات القرار:

x_{ijk} : عدد العمال الذين يملكون المهنة i وسيتم تدريبهم على المهنة j بمستوى تدريب محدد k .

y_i : عدد العمال الذين سيتم توظيفهم بالمهنة i .

z_{ij} : عدد العمال الذين سيتم توظيفهم ويمتلكون المهنتين i & j .

l_{ijt} : عدد العمال الذين يمتلكون المهنتين i & j وسيعملون بمهنتهم الأصلية j خلال المدة t .

m_{jit} : عدد العمال الذين يمتلكون المهنتين i & j وسيعملون بمهنتهم الثانية j خلال المدة t .

n_{it} : عدد العمال الذين يملكون المهنة i وسيعملون خلال الفترة t .

4- تابع الهدف:

$$W = \min(\sum_{i=1}^{mn} \sum_{j=1}^{mn} \sum_k c_{ijk} \times x_{ijk} + \sum_{i=1}^{mn} y_i \times h_i + \sum_{i=1}^{mn} \sum_{j=1}^{mn} z_{ij} \times h_{ij} + \sum_{i=1}^{mn} \sum_{j=1}^{mn} \sum_{t=1}^{du} m_{jit} \times m_{wage_{ij}} + \sum_{i=1}^{mn} \sum_{j=1}^{mn} \sum_{t=1}^{du} l_{ijt} \times (m_{wage_{ij}} + \sum_{i=1}^{mn} \sum_{t=1}^{du} n_{it} \times swage_i))$$

5- القيود:

$$x_{ijk} + y_i + z_{ij} + n_{it} + l_{ijt} + m_{jit} \geq needed_{it}$$

$$\sum_i \sum_k x_{ijk} \leq traincap_{jk}$$

$$y_i \leq hirecap_i$$

$$z_{ij} \leq hcap_{ij}$$

$$n_{it} \leq y_i - \sum_j \sum_k x_{ijk} + availableworker_i$$

$$l_{ijt} + m_{jit} \leq x_{ijk} + z_{ij} + multiavailable_{ij}$$

$$\forall i \in mn, j \in mn, t \in duration$$

حيث :

$$x_{ijk}, y_i, z_{ij}, n_{it}, l_{ijt}, m_{jit} \geq 0$$

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

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

$$t = 1, 2, \dots, duration$$

Software Selection

6-2-4 البرنامج المستخدم

توجد العديد من البرامج التي تستخدم لحل نماذج البرمجة الخطية. مايكروسوفت إكسل توفر أداة أمثلية تدعى "Excel Solver"، لديها القدرة على حل مسائل البرمجة الخطية الصغيرة والمتوسطة. لكن كما تظهر العديد من الدراسات فإن هذه الوسيلة غير عملية ويصبح إدخال البيانات مجهد وغير مجد في المسائل الكبيرة، مع ضرورة إعادة إدخال البيانات في حال وجود أي تغيير صغير على المسألة.

برنامج GAMS قادر على حل جميع أنواع المسائل، الخطية، اللاخطية، المختلطة الصحيحة وغيرها من مسائل الأمثلية. قادر على نمذجة المسائل الكبيرة والمعقدة، لكن هذا البرنامج قادر فقط على نمذجة المسألة ولا يستطيع حلها. لكنه يستدعي العديد من برامج الحل مثل (CPLEX, ZOOM) وغيرها.

في هذه الأطروحة تم استخدام برنامج LINGO MODELLING 14.0 لتشكيل النموذج واختباره. حيث أنه أداة شاملة بسيطة صممت لجعل عملية تشكيل وحل نماذج الأمثلية الرياضية أسهل وأكثر فعالية. كما يزودنا هذا البرنامج بحزمة متكاملة

تتضمن لغة قوية للتعبير عن نماذج الأمثلية، بيئة عرض كاملة لتشكيل وتعديل المسائل، ومجموعة من برامج الحل المضمنة فيه السريعة القادرة على حل معظم أصناف مسائل الأمثلية بشكل كفوء. مميزات البرنامج الرئيسية تتضمن:

- لغة نمذجة جبرية: تساعد على التعبير عن نماذج الأمثلية.
- خيارات ملائمة للبيانات: يساعد على بناء نماذج تأخذ معلوماتها مباشرة من قاعدة بيانات وجدول الإكسل. كما يستطيع أن يخرج البيانات بوساطة جداول الإكسل أو قاعدة بيانات ويجعل من السهل صنع تقرير بالتطبيق الذي تريده. فصل كامل للنموذج عن البيانات مما يعزز إمكانية إجراء التغييرات على النموذج بسهولة.
- تفاعلية النموذج أو إمكانية خلق تطبيقات كاملة: أي إمكانية بناء وحل النموذج ضمن بيئة الـ LINGO أو استدعاه مباشرة من تطبيق مكتوب.
- مساعدة شاملة: يزودنا البرنامج بكل الأدوات اللازمة لجعل العمل عليه مفهوم وسريع.
- أدوات وبرامج حل قوية: البرنامج مزود ببرامج حل شاملة وسريعة لمسائل البرمجة الخطية، اللاخطية، التربيعية، التربيعية المقيدة، والصحيحة. أي لا حاجة لتحميل برنامج حل لأن الـ LINGO يقرأ النموذج ويختار برنامج الحل المناسب بشكل أوتوماتيكي.

3-4 تنفيذ النموذج باستخدام برنامج LINGO MODELLING 14.0

Case Study

1-3-4 دراسة الحالة

مشروع الدراسة الذي تم تطبيق النموذج عليه، هو مشروع محطة معالجة مياه الصرف الصحي بغزارة تتجاوز 9000 متر مكعب يومياً في الزبداني، ريف دمشق. تتألف المحطة من عدة أقسام (قسم دخول المياه ومرورها بالشبكات الخشنة والناعمة، أحواض فصل الزيوت والرمال والخلط والمزج، أحواض التهوية والترسيب الثانوي والكلورة، حوض تكثيف وتجميع الحمأة، قسم التجفيف الميكانيكي، شبكة توزيع المياه المعالجة وأحواض التجميع، المبنى الإداري، المبنى الكهربائي والميكانيكي). وثائق المشروع المطلوبة تتألف ممايلي:

- تقرير مفصل عن ساعات العمل، والكلفة التقديرية.

- المخطط الزمني للمشروع
- مخطط تشغيل العمال، المواد، والآليات.

الكلفة التقديرية للمشروع حوالي 512 مليون ليرة، وقدرت كلفة متطلبات العمالة والمواد والآليات بـ 390 مليون.

يمتد المشروع على مدى خمسة وسبعون أسبوعاً بمدة عمل ثماني ساعات باليوم ولمدة ستة أيام.

تم تطبيق النموذج على المهن الرئيسية في المشروع، والتي كان لها الأثر الأكبر على تقدم المشروع، زمنه، وكلفته.

2-3-4- الاحتياج من العمالة Labor Demand Requirements

تم اعداد البرنامج الزمني للمشروع وتحديد نشاطاته وإسناد المواد والعمال لكل نشاط بعلاقات منطقية. تم تحديد المدة المطلوبة

لكل نشاط كما تم تحديد العمالة الكلية المطلوبة له.

يظهر الجدول (1-4) الاحتياج من العمالة خلال خمسة وسبعون أسبوعاً لتنفيذ المشروع.

المهنة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
عامل الكهرباء										
عامل اللحام										
عامل نجار البيتون	8					38	26	35		
عامل الخزانات				18	16	72	48	44		
عامل العزل		16	24	4	4	4	12	32	12	31
عامل الأنابيب										
عامل الصحية										
عامل حداد	23	52	55	47	16	70	44	55	58	60

الجدول (1-4): الاحتياج من العمالة

المهنة	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
عامل الكهرباء										
عامل اللحام										
عامل نجار البيتون										
عامل الخزانات			20	60	10					
عامل العزل	39	25	16	17	22	18	8	24	30	22
عامل الأنابيب										
عامل الصحية										
عامل حداد	75	83	60	70	60	79	80	83	67	51

الجدول (1-4): الاحتياج من العمالة (تتمة)

المهنة	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
عامل الكهرباء					6		6	14	8	
عامل اللحام										12
عامل نجار البيتون							3			6
عامل الخزانات				18	75					
عامل العزل	2				2	2	4	16	18	12
عامل الأنابيب				6	36	34	28	53	90	66
عامل الصحية							4	6	11	
عامل حداد	64	20				5		3	4	16

الجدول(1-4): الاحتياج من العمالة(تتمة)

المهنة	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
عامل الكهرباء	3				20					
عامل اللحام	18	18	18	14	8	6	7	6	9	10
عامل نجار البيتون	17	5	4	8	20	7		3	3	10
عامل الخزانات					60					
عامل العزل	27	11	9	13	17	22	38	42	27	17
عامل الأنابيب	50	89	96	45	60	50	4	75	72	55
عامل الصحية					5					
عامل حداد	16	17	9	17	83	6		4	4	9

الجدول(1-4): الاحتياج من العمالة(تتمة)

المهنة	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
عامل الكهرباء				4	5	2	4	10	7	9
عامل اللحام	12	12	6							
عامل نجار البيتون	9		3	10	23	21	8	8	19	16
عامل الخزانات										
عامل العزل	32	40	30	19	22	39	41	52	46	35
عامل الأنابيب	70	50	55	77	51	50	84	52	98	84
عامل الصحية										
عامل حداد	11		8	11	16	15	12	16	28	25

الجدول(1-4): الاحتياج من العمالة(تتمة)

المهنة	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
عامل الكهرباء	30	25	27	27	39	39	30			
عامل اللحام										
عامل نجار البيتون	6	3	2	4		11	4	21	17	14
عامل الخزانات										
عامل العزل	32	35	26		48	37				
عامل الأنابيب	75	76	51	50	52	52	47			
عامل الصحية					6	6	2			
عامل حداد	7	15	5	9	7	13	10	12	16	10

الجدول(1-4): الاحتياج من العمالة(تتمة)

المهنة	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
عامل الكهرباء		5	30	55	58	57	53	52	35	50
عامل اللحام										
عامل نجار البيتون	10	12	14	11	13	13	12	10	10	17
عامل الخزانات										
عامل العزل										
عامل الأنابيب			27	13	20	20	51	39	44	50
عامل الصحية						4				
عامل حداد	6	8	12	11	15	13	11	4	4	12

الجدول(1-4): الاحتياج من العمالة(تتمة)

المهنة	71	72	73	74	75
عامل الكهرباء	57	5	50	58	35
عامل اللحام					
عامل نجار البيتون	13	12	17	13	10
عامل الخزانات					
عامل العزل					
عامل الأنابيب	20		50	20	44
عامل الصحية	4				
عامل حداد	13	8	12	15	4

الجدول(1-4): الاحتياج من العمالة(تتمة)

يظهر الجدول(2-4) الاحتياج الأعظمي من العمالة لكل مهنة.

المهنة	الاحتياج الأعظمي
عامل الكهرباء	58
عامل اللحام	18
عامل نجار البيتون	38
عامل الخزانات	75
عامل العزل	52
عامل الأنابيب	98
عامل الصحية	11
عامل حداد	83

الجدول(2-4): الاحتياج الأعظمي

من الجدولين (1-4) و (2-4) نجد أن:

ذروة الاحتياج = 273 عامل لكل المهن وحصلت خلال الأسبوع 35.

3-3-4 العمالة المتوفرة ببداية المشروع Available Labor

يظهر الجدول (3-4) قيم العمالة المتوفرة في بداية المشروع ويمتلكون مهنة واحدة مع الانتباه أن هذه القيم تمثل العمالة التي تبقى مع الشركة لأكثر من مشروع ولم يؤخذ بالحسبان العمالة التي تؤدي مشروع واحد مع الشركة وتتركها. حيث تم الحصول على هذه القيم من وثائق المشروع ولوحظ أن هذه القيم كانت قريبة من قيم ذروة الاحتياج الأعظمي لكل مهنة. الجدول (4-4) يبين قيم العمالة المتوفرة في بداية المشروع ويمتلكون مهنتين والتي تم الحصول عليها من وثائق المشروع، و لوحظ أن نسبة العمالة التي تملك مهنتين لا تتجاوز 10%-20% من نسبة العمالة التي تملك مهنة واحدة.

العدد	المهنة
25	عامل الكهرباء
10	عامل اللحام
25	عامل نجار البيتون
55	عامل الخزانات
15	عامل العزل
55	عامل الأنابيب
9	عامل الصحية
70	عامل الحداد

الجدول(3-4): العمالة المتوفرة بمهنة واحدة

المهنة الرئيسية	المهنة الثانية							
	عامل الكهرباء	عامل اللحام	عامل نجار البيتون	عامل الخزانات	عامل العزل	عامل الأنابيب	عامل الصحية	عامل حداد
عامل الكهرباء		2					1	
عامل اللحام	1					1		2
عامل نجار البيتون					1			
عامل الخزانات					2			
عامل العزل				1				
عامل الأنابيب		1					1	
عامل الصحية		1				1		
عامل حداد						2		

الجدول(4-4): العمالة المتوفرة بمهنتين

Skill Affinity Coefficient**4-3-4 معامل الارتباط بين المهن**

بما أن أحد عناصر النموذج هو تدريب بعض العمال على مهنة غير مهنتهم الرئيسية وذلك لتوفير متطلبات المشروع من العمالة. لذلك كان لابد من تحديد الارتباط بين مجموعات المهن، طالما أنه لا توجد العلاقة نفسها بين بعض المهن ومستوياتها. كما أظهر (Pappas,2004) " بعض مجموعات المهن مفضلة وذات فائدة أكثر من غيرها" حيث أوضح أن المقاولون يجب أن يحدودا مجموعات المهن المفضلة التي تعود بالفائدة ليس فقط على المشروع بل وعلى العمال أيضاً. حيث تم في هذه الدراسة عدم استخدام مجموعات المهن كما ورد في الدراسات السابقة بل تم القيام بتحليل الارتباط لاكتشاف أنماط المهن التي يسعى العمال والمهندسون لربطها مع بعضها.

تم استخدام معامل الارتباط بيرسون لتحديد الارتباط بين المهن. معامل بيرسون هو معامل احصائي يستخدم لقياس الارتباط بين متغيرين مستقلين عشوائيين ويفترض أن قيم البيانات للأزواج المختبرة مأخوذة من مجتمعات ذات توزيع طبيعي، تتراوح قيمة معامل بيرسون بين 1 & -1. القيمة 1 تعبر عن علاقة خطية موجبة تربط المتغيرين المدروسين وكلما زاد أحد المتغيرين زاد معه المتغير الآخر، القيمة -1 تعبر عن علاقة خطية سالبة تربط المتغيرين المدروسين وزيادة أحد المتغيرين تؤدي لنقصان المتغير الآخر، أما القيمة 0 فتعبر أن النموذج الخطي غير مناسب أي لا يوجد علاقة خطية تربط بين المتغيرين.

من خلال مقابلة ما يقارب 20 مهندس ومدير مشروع وسؤالهم عن الربط الأنسب للمهن مع بعضها بما يناسب متطلبات المشروع وأداء العمال، بالإضافة لسؤال ما يقارب 70 عامل عن المهن الأخرى التي يجدون أنها مناسبة بالنسبة لهم للتعلم بالإضافة لمهنتهم الأساسية، تم ايجاد معامل الارتباط بيرسون لإيجاد العلاقة بين أي مهنتين عن طريق إدخال البيانات التي حصل عليها إلى برنامج حزمة البرمجيات الاحصائية (SPSS Statistic 21). يظهر الجدول (4-5) معامل الارتباط بين المهن. بدرجة موثوقية 0.05.

بدراسة معامل بيرسون الحاصل نجد أن المهنتين اللتين تمتلكان قيم موجبة لمعامل الارتباط تظهر أن العامل إذا امتلك أحد المهنتين المدروستين فهناك احتمال كبير لامتلاك المهنة الثانية، أما المهنتين اللتين تمتلكان معامل ارتباط سالب تظهر أن العامل الذي يمتلك أحد المهنتين فهناك احتمال ضئيل لامتلاك المهنة الثانية.

لذلك ولتأمين قابلية القسمة تم تحويل قيم معاملات الارتباط الناتجة للقيمة المطلقة التي تتراوح بين 0 - 1، حيث كلما كبرت القيمة زاد احتمال ربط المهن مع بعضها. القيم الأقل من (-0.2) تم تحويلها للقيمة (0.25)، القيم بين (-0.2)،(0) تم تحويلها للقيمة (0.5)، القيم بين (0)،(0.2) تم تحويلها للقيمة (0.75)، القيم الأكبر من (0.2) تم تحويلها للقيمة (1). وهكذا فإن المعامل

الذي يتم استخدامه للحصول على كلفة التدريب يعتمد على مدى الترابط بين مهنة العامل الرئيسية والمهنة التي سيتم تدريبيه عليها. يظهر الجدول(4-6) معامل الارتباط بين المهن المختلفة بشكله النهائي.

Correlations

		electrician	welder	bar_bender	concretor	isolation	tank	plumber	mechanic_pip e
electrician	Pearson Correlation	1	.174*	-.115-	-.163-	-.135-	-.118-	.319**	.010
	Sig. (2-tailed)		.014	.104	.021	.057	.098	.000	.883
	N	200	200	200	200	200	200	200	200
welder	Pearson Correlation	.174*	1	.107	-.374**	-.227**	-.270**	-.137-	.184**
	Sig. (2-tailed)	.014		.131	.000	.001	.000	.053	.009
	N	200	200	200	200	200	200	200	200
bar_bender	Pearson Correlation	-.115-	.107	1	-.249**	-.207**	-.141-	-.091-	-.162*
	Sig. (2-tailed)	.104	.131		.000	.003	.046	.199	.022
	N	200	200	200	200	200	200	200	200
concretor	Pearson Correlation	-.163-	-.374**	-.249**	1	-.090-	-.065-	-.129-	-.229**
	Sig. (2-tailed)	.021	.000	.000		.203	.361	.069	.001
	N	200	200	200	200	200	200	200	200
isolation	Pearson Correlation	-.135-	-.227**	-.207**	-.090-	1	.347**	-.107-	-.078-
	Sig. (2-tailed)	.057	.001	.003	.203		.000	.132	.274
	N	200	200	200	200	200	200	200	200
tank	Pearson Correlation	-.118-	-.270**	-.141-	-.065-	.347**	1	-.093-	-.042-
	Sig. (2-tailed)	.098	.000	.046	.361	.000		.190	.552
	N	200	200	200	200	200	200	200	200
plumber	Pearson Correlation	.319**	-.137-	-.091-	-.129-	-.107-	-.093-	1	.275**
	Sig. (2-tailed)	.000	.053	.199	.069	.132	.190		.000
	N	200	200	200	200	200	200	200	200
mechanic_pipe	Pearson Correlation	.010	.184**	-.162*	-.229**	-.078-	-.042-	.275**	1
	Sig. (2-tailed)	.883	.009	.022	.001	.274	.552	.000	
	N	200	200	200	200	200	200	200	200

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

الجدول(4-5): معامل الارتباط.

	عامل الكهرباء	عامل اللحام	عامل نجار البيتون	عامل الخزانات	عامل العزل	عامل الأنابيب	عامل الصحية	عامل الحداد
عامل الكهرباء	n/a	1	0.5	0.5	0.5	0.25	1	0.5
عامل اللحام	1	n/a	0.25	0.25	0.25	0.75	0.5	0.75
عامل نجار البيتون	0.5	0.25	n/a	0.75	0.75	0.5	0.5	0.25
عامل الخزانات	0.5	0.25	0.5	n/a	1	0.5	0.5	0.5
عامل العزل	0.5	0.25	0.5	1	n/a	0.5	0.5	0.25
عامل الأنابيب	0.5	0.75	0.5	0.5	0.5	n/a	1	0.5
عامل الصحية	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	n/a	0.5
عامل الحداد	0.5	0.75	0.25	0.5	0.25	0.5	0.5	n/a

الجدول(4-6): معامل الارتباط النهائي

Training Costs

5-3-4 كلف التدريب

إن تدريب العامل على مهنة ثانية إضافة لمهنته الأساسية هو عملية استثمار الشركة للعمالة المتاحة لديهم، مع الأخذ بعين الاعتبار أن تدريب العامل سيتم على مهنة إضافية واحدة فقط. وهذا القيد ناتج عن الدراسات السابقة التي أظهرت أن الفائدة تصبح هامشية بعد امتلاك العامل لثلاث مهن (Gomar et al,2002, Burleson et al,1998).

التدريب قد يتم خلال موقع العمل من خلال الاستفادة من العمال الأكثر المهارة الذين يقومون بعملية تدريب غيرهم والإشراف عليهم، حيث تصل مدة التدريب في هذه الحالة لثلاثة أشهر بكلفة تعتمد على الراتب اليومي للعامل، أو يمكن أن يتم التدريب بالطريقة التقليدية من خلال تسجيل العامل في معاهد متخصصة تقوم بالمهمة. بكلا الحالتين فالتدريب يجب أن يتم قبل البدء بتنفيذ المشروع، أي في مرحلة التخطيط.

لدينا مركز التدريب المهني التابع لوزارة الأشغال العامة الذي يمكن تدريب العمال فيه، حيث مدة الدورة 9 أشهر تتضمن يوم نظري و5 أيام لدروس العملي ويأخذ العامل في النهاية شهادة مصدقة تخوله للعمل في القطاعين العام والخاص. تتراوح الكلف فيه بين (20000 – 40000 ل.س). كما يوجد معاهد خاصة يمكن التسجيل فيها كمعهد المأمون وأيضاً يحصل العامل على شهادة معترف عليها تخوله للعمل وكلفة الدورة فيه (25000 – 50000 ل.س).

في هذه الدراسة تم اعتماد كلفة وسطية من الكلف الموجود واتخذت بمقدار 30000 ل.س لتدريب العامل ليصل إلى مستوى محترف على أي مهنة أخرى. هذه القيمة تختلف حسب قيمة معامل الارتباط بين المهنتين.

$$\text{كلفة التدريب} = 30000 \text{ ل.س}$$

يظهر الجدول (7-4) كلف التدريب لمستوى الاحتراف بين المهن المختلفة اعتماداً على معامل الارتباط بينها. مع الانتباه أن كلفة تدريب العامل الذي يملك المهنة i على المهنة j هو نفس كلفة تدريب عامل يملك المهنة j على المهنة i ، لكن في الحياة الواقعية الكلفة تختلف حسب المهنة وأهميتها. لذلك ولتجاوز هذه المشكلة من قبل مستخدمي النموذج فإنهم يجب أن يضعوا قيم التدريب الخاصة بهم وبما يتناسب مع كل مهنة.

تدريب العامل الذي يملك المهنة i ليصل لمستوى مساعد في المهنة j يتم في الموقع من خلال إشراف عامل محترف في هذه المهنة على عملية التعلم وتقدر الكلفة في هذه الحالة بحدود 25000. يظهر الجدول (7-4) كلف التدريب لمستوى محترف بين المهن المختلفة اعتماداً على معامل الارتباط بينها. وأيضاً يجب الانتباه أن كلفة تدريب العامل الذي يملك المهنة i على المهنة j هو نفس كلفة تدريب عامل يملك المهنة j على المهنة i .

المهنة الرئيسية	المهنة الثانية							
	عامل الكهرباء	عامل اللحام	عامل نجار البيتون	عامل الخزانات	عامل العزل	عامل الأنابيب	عامل الصحية	عامل حداد
عامل الكهرباء	n/a	30000	60000	60000	60000	120000	30000	60000
عامل اللحام	30000	n/a	120000	120000	120000	40000	60000	40000
عامل نجار البيتون	60000	120000	n/a	40000	40000	60000	60000	120000
عامل الخزانات	60000	120000	60000	n/a	30000	60000	60000	60000
عامل العزل	60000	120000	60000	30000	n/a	60000	60000	120000
عامل الأنابيب	60000	40000	60000	60000	60000	n/a	30000	60000
عامل الصحية	30000	60000	60000	60000	60000	30000	n/a	60000
عامل حداد	60000	40000	120000	60000	120000	60000	60000	n/a

الجدول(7-4): كلف التدريب لمستوى محترف (معلم)

المهنة الرئيسية	المهنة الثانية							
	عامل الكهرباء	عامل اللحام	عامل نجار البيتون	عامل الخزانات	عامل العزل	عامل الأنابيب	عامل الصحية	عامل حداد
عامل الكهرباء	n/a	25000	50000	50000	50000	100000	25000	50000
عامل اللحام	25000	n/a	100000	100000	100000	33333	50000	33333
عامل نجار البيتون	50000	100000	n/a	33333	33333	50000	50000	100000
عامل الخزانات	50000	100000	50000	n/a	25000	50000	50000	50000
عامل العزل	50000	100000	50000	25000	n/a	50000	50000	100000
عامل الأنابيب	50000	33333	50000	50000	50000	n/a	25000	50000
عامل الصحية	25000	50000	50000	50000	50000	25000	n/a	50000
عامل حداد	50000	33333	100000	50000	100000	50000	50000	n/a

الجدول(8-4): كلفة التدريب لمستوى مساعد معلم

Training Capacity

6-3-4 الحد الأقصى للتدريب

بما أن تابع الهدف يخضع لقيود، لذلك كان لابد أن يكون هناك محدودية لعملية التدريب حسب وضع الشركة، توافر قدرة على التدريب، والعمال الجاهزين الذين سيتم تدريبهم. لذلك تم افتراض قيم معينة للعدد الأعظمي من العمال الذين سيتم تدريبهم بناء على قرار مدير المشروع حيث يظهر الجدول(4-9) هذه القيم. مستخدمى النموذج يستطيعون إدخال القيم الخاصة بهم والمتناسبة مع ظروف كل مشروع.

المهنة	العدد الأعظمي
عامل الكهرباء	20
عامل اللحام	10
عامل نجار البيتون	15
عامل الخزانات	20
عامل العزل	10
عامل الأنابيب	15
عامل الصحية	5
عامل حداد	10

الجدول(4-9): العدد الأعظمي للعمال الممكن تدريبهم

Employment Costs

4-3-7 كلف التوظيف

حسب مدير الموارد البشرية فإن كلفة التوظيف لأي عامل تتألف من مجموع المكونات التالية:

- كلفة تقدم العامل للعمل: ناتجة عن كلفة المقابلات، والاختبارات، وفحص الأداء والمهارة، والتأكد من مرجعيات العامل. مجموعها مساو تقريبا لـ 7000 ل.س حسب مدرء الموارد البشرية.
- كلفة معدات الحماية: بما أن كل عامل في موقع العمل يجب تزويده بمعدات حماية، هذه المعدات تتألف من: خوذة، قفازات، نظارات واقية، وأحزمة الأمان. يتم عادة التزود بوسائل الحماية من قبل المقاول وكلفتها حوالي 15000 ل.س حسب المقاولون.
- كلفة التأمين الصحي: حسب مدرء الموارد البشرية فإن كلفة التأمين الصحي السنوية مساوية لـ 16800 ل.س سنويا، وبالتالي الكلفة الشهرية للتأمين مساوية لـ 1400 ل.س
- كلفة التأمينات الاجتماعية: حسب مدرء الموارد البشرية فإن التأمين الاجتماعي يؤخذ كنسبة من راتب العامل، تتراوح هذه النسبة بين 7 – 21 % حسب مرتبة الموظف. بما أننا هنا نتعامل مع عمالة المشروع فإن النسبة تكون مساوية لـ 7%. وبافتراض أن متوسط الراتب الساعي للعامل 150، فيكون خلال أسبوع مساو لـ $150 \times 40 = 6000$ ل.س. حيث 40 هي عدد ساعات العمل خلال أسبوع، وبالتالي يكون الراتب خلال شهر = $6000 \times 4 = 24000$ ل.س، تتحمل الشركة 3.5% من كلفة التأمين الاجتماعي للعامل والعامل يتحمل 3.5% وهكذا تكون الكلفة النهائية للتأمين الاجتماعي للعامل شهريا مساوية لـ 840 ل.س.

بجمع الكلف السابقة مع بعضها نحصل على كلفة التوظيف النهائية

كلفة التوظيف الوسطية = 24240 ل.س

Employment Capacity

8-3-4 الحد الأعظمي للتوظيف

إن هذا القيد ضروري وذلك لأخذ شروط السوق بعين الاعتبار، إذ أن أي مهنة لها حد يمكن تأمينه مهما كانت متطلبات المشروع، ففي الحالات التي لا نكون فيها قادرين على تأمين العدد اللازم من العمال للمهنة عن طريق التوظيف، عندها يظهر تدريب بعض العمال على هذه المهنة كحل بديل. يظهر الجدول (10-4) الحد الأعظمي للتوظيف حسب قرار مدير المشروع وذلك لعمال يمتلكون مهنة واحدة.

المهنة	العدد
عامل الكهرباء	15
عامل اللحام	20
عامل نجار البيتون	10
عامل الخزانات	0
عامل العزل	5
عامل الأنابيب	5
عامل الصحية	20
عامل حداد	0

الجدول (10-4): الحد الأعظمي للتوظيف بمهنة واحدة

نفس الشروط أيضاً تنطبق على العمال الذين يمتلكون مهنتين، تم اقتراح مجموعة قيم من قبل مدير المشروع كما يظهر الجدول (11-4).

المهنة الرئيسية	المهنة الثانية							
	عامل الكهرباء	عامل اللحام	عامل نجار البيتون	عامل الخزانات	عامل العزل	عامل الأنابيب	عامل الصحية	عامل حداد
عامل الكهرباء		3					2	1
عامل اللحام				1				2
عامل نجار البيتون					2			
عامل الخزانات	3		2		1	2	1	
عامل العزل			1	1				
عامل الأنابيب		2		2			1	1
عامل الصحية	1				1	3		
عامل حداد		1						

الجدول (11-4): الحد الأعظمي للتوظيف بمهنتين

Wages 9-3-4 الأجر

حسب مدراء المشاريع والمقاولون فإن الأجر اليومي للعامل يتبع مهارته، فالعامل الماهر تتراوح أجرته بين 1200 – 1500،
والعامل نصف الماهر تكون أجرته 750.

في هذه الدراسة وبعد سؤال مدير المشروع كانت الأجر الأسبوعية للعامل لكل مهنة حسب الجدول (4-12).

المهنة	الأجر
عامل الكهرباء	6000
عامل اللحام	4250
عامل نجار البيتون	4500
عامل الخزانات	6500
عامل العزل	5000
عامل الأنابيب	6000
عامل الصحية	5000
عامل حداد	6000

الجدول (4-12): الأجر الأسبوعي لعمال بمهنة واحدة

بما أن الأجر يختلف حسب المهارة، لذلك فإن العامل الذي يمتلك مهنتين سيكون أجره أعلى من العامل الذي يملك مهنة واحدة،
وذلك لأنه يكون ذو مهارة أعلى. تم افتراض أن أجر العامل الذي يمتلك مهنتين i&j هو الأجر الأعلى بين هاتين المهنتين، كما
يظهر الجدول (4-13).

المهنة الرئيسية	المهنة الثانية							
	عامل الكهرباء	عامل اللحام	عامل نجار البيتون	عامل الخزانات	عامل العزل	عامل الأنابيب	عامل الصحية	عامل حداد
عامل الكهرباء	6000	6000	6000	6500	6000	6000	6000	6000
عامل اللحام	6000	4250	4500	6500	5000	6000	5000	6000
عامل نجار البيتون	6000	4500	4500	6500	5000	6000	5000	6000
عامل الخزانات	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500
عامل العزل	6000	5000	5000	6500	5000	6000	5000	6000
عامل الأنابيب	6000	6000	6000	6500	6000	6000	6000	6000
عامل الصحية	6000	5000	5000	6500	5000	6000	5000	6000
عامل حداد	6000	6000	6000	6500	6000	6000	6000	6000

الجدول (4-13): الأجر الأسبوعي لعمال بمهنتين

4-4 نتائج تطبيق النموذج

Results of Applying the Model

تم تطبيق النموذج بأخذ البيانات من المشروع الذي تم توصيفه بالفقرات السابقة. حيث تم دراسة عدة حالات للتطبيق، على افتراض أن الواقع العملي ليس دائماً مثالي ويزودنا بكل ما نريد لتأمين متطلبات المشروع. الملحق A يوضح خوارزمية الحل للنموذج باستخدام برنامج LINGO MODELLING 14.0

1-4-4 الحالة الأولى

تم في هذه الحالة افتراض شروط مثالية. أي لدينا عمالة متوفرة للتوظيف منها سواء بمهنة واحدة أو بمهنتين، مع إمكانية للتدريب عند الحاجة. هذه الحالة هي حالة توزيع الموارد أي يتم تنفيذ البرنامج الزمني كما هو بدون تعديل. باستخدام النموذج تم الحصول على النتائج حسب الجدول (14-4).

حسب الجدول فإن النموذج رجح توظيف عمالة إضافية بدل خيار التدريب. حيث اقترح تدريب معلم عزل واحد على مهنة الخزانات بمستوى مساعد وتدريب معلم اللحام على مهنة حداد بمستوى مساعد فقط، كما اقترح توظيف العديد من العمال بمهنة واحدة وبمهنتين. هذه النتيجة متوقعة طالما أن كلفة التوظيف أقل من كلفة التدريب. أيضاً تعكس هذه النتيجة الحل الشائع وهو تدريب العمال عند الحاجة فقط. ففي الواقع العملي يتم توظيف عمالة إضافية بدل تدريب العمالة الحالية. أيضاً من النتائج نستنتج أن النموذج يرجح توظيف عمالة بمهنتين بدل عمالة بمهنة واحدة، على الرغم من أن الكلفة الناتجة عن أجور العمالة بمهنتين أعلى من أجور العمال بمهنة واحدة، إلا أن الفائدة الناتجة من توظيف عمال بمهنتين تجاوزت هذا الأمر. حيث أن الفائدة تكمن في أنه يمكن للعمالة بمهنتين أن تأخذ أكثر من عمل بفترات مختلفة من المشروع، مما يقلل الحاجة لعمال بمهنة واحدة ويحقق احتياج المشروع من العمالة.

التوظيف		التدريب		
عمال بمهنة واحدة	عمال بمهنتين	المهنة الأساسية	مهنة التدريب	المستوى
عامل الكهرباء	12	عامل الخزانات	2	مساعد
عامل اللحام	10	عامل العزل	1	مساعد
عامل الأنابيب	7	عامل اللحام	3	
عامل الصحية	6	عامل العزل	2	
		عامل حداد	1	
		عامل نجار البيتون	1	
		عامل الخزانات	3	
		عامل نجار البيتون	2	

الجدول (14-4): التوظيف والتدريب للحالة الأولى

مخرجات النموذج الأخرى وهي تخصيص العمال لأداء نشاطات المشروع خلال المدة الزمنية المقررة. وهذه المخرجات هي:

- l_{ijt} : عدد العمال الذين يملكون المهنة $i&z$ ويعملون بالمهنة الأساسية i خلال المدة t . حيث تظهر مصفوفة أعمدها هي المدة الزمنية بالأسابيع، بينما صفوفها تمثل مجموعات المهن المشكلة.
- m_{ijt} : عدد العمال الذين يملكون المهنة $i&z$ ويعملون بمهنتهم الثانية z خلال المدة t . حيث تظهر مصفوفة أعمدها هي المدة الزمنية بالأسابيع، بينما صفوفها تمثل مجموعات المهن المشكلة.
- n_{it} : عدد العمال الذين يملكون المهنة i ويعملون خلال المدة t . حيث تظهر مصفوفة أعمدها هي المدة الزمنية بالأسابيع، بينما صفوفها تمثل المهن المختلفة المستخدمة في هذه الدراسة.

يمكن العودة للمصفوفات الثلاث في الملحق B.

أيضاً من مخرجات النموذج هو كلف العمالة الحاصلة، التي تتألف من الكلفة الناتجة عن أجور العمال، وكلف التدريب، وكلف التوظيف. يظهر الجدول (4-15) هذه الكلف. بملاحظة الجدول، نجد أن الكلفة الناتجة عن أجور العمال هي الأعلى بين الكلف، وهذا طبيعي نظراً لطول مدة المشروع. لذلك تعطى لها الأولوية عند حساب كلفة العمالة الكلية.

كلفة التدريب	58333
كلفة التوظيف	945360
الأجور	8608000
الكلفة الكلية	9611693

الجدول(4-15): الكلف الناتجة عن الحالة الأولى

2-4-4 الحالة الثانية

في هذه الحالة تم افتراض أنه لا يمكن تدريب العمال على مهنة إضافية. تظهر هذه الحالة في حال كان موقع المشروع حيث لا وجود لوسائل التدريب، أو كانت مدة المشروع غير مرنة ولا وجود لوقت كاف لتدريب العمال. يظهر الجدول (4-16) نتائج هذه الحالة. حيث يرجح النموذج توظيف عمال بمهنتين قدر المستطاع لتحقيق متطلبات المشروع أكثر من توظيف عمال بمهنة واحدة.

كما يظهر الجدول (4-17) كلف العمالة الحاصلة من هذه الحالة. حيث نجد زيادة بكلفة التوظيف والكلفة الحاصلة من الأجور، وبالتالي زيادة بالكلفة الكلية، نسبة للحالة الأولى.

التوظيف				
عمال بمهنة واحدة		عمال بمهنتين		
عامل اللحام	9	عامل الأنابيب	عامل الخزانات	2
عامل نجار البيتون	8	عامل الأنابيب	عامل العزل	1
عامل الأنابيب	8	عامل الكهرباء	عامل اللحام	3
عامل الصحية	5	عامل الصحية	عامل العزل	2
عامل الكهرباء	12	عامل الصحية	عامل حداد	1
		عامل الصحية	عامل الخزانات	1
		عامل العزل	عامل الخزانات	2
		عامل الصحية	عامل اللحام	3
		عامل الكهرباء	عامل الخزانات	3

الجدول(4-16): التوظيف للحالة الثانية

تكلفة التدريب	0
تكلفة التوظيف	1002880
الأجور	8764000
الكلفة الكلية	9766880

الجدول(4-17): الكلف الناتجة عن الحالة الثانية

3-4-4 الحالة الثالثة

تم في هذه الحالة افتراض إمكانية تدريب العمال على مهنة إضافية، مع عدم إمكانية توظيف عمال يمتلكون مهنتين. يظهر الجدول(4-18) خيارات التدريب والتوظيف حسب هذه الحالة. في هذه الحالة ولعدم إمكانية توظيف عمال بمهنتين، فإن النموذج اقترح تدريب عمال أكثر وذلك لتأمين متطلبات المشروع.

كما يظهر الجدول(4-19) ملخص الكلف الناتجة عن هذه الحالة. بالمقارنة مع الحالة الأولى فإن الكلفة الناتجة عن الأجور انخفضت عن الحالة الثانية وذلك بسبب عدم توظيف عمال بمهنتين نظراً لارتفاع أجور العمال الذين يمتلكون مهنتين نسبة

للعمال الذين يملكون مهنة واحدة، أيضاً أدى ذلك لزيادة بكلفة التدريب وكلفة التوظيف، لكن على الرغم من ذلك فإن الكلفة الكلية الحاصلة تظهر أهمية توظيف عمال بمهنتين.

التوظيف		التدريب		
		المهنة الأساسية	مهنة التدريب	المستوى
عمال بمهنة واحدة				
عامل الكهرباء	5	عامل العزل	عامل الخزانات	2
عامل اللحام	2	عامل الكهرباء	عامل الخزانات	1
عامل الأنابيب	8	عامل الصحية	عامل الأنابيب	1
عامل العزل	10	عامل اللحام	عامل حداد	1
عامل الخزانات	8			
عامل حداد	8			
عامل نجار بيتون	4			
عامل الصحية	5			

الجدول(4-18): التوظيف والتدريب للحالة الثالثة

كلفة التدريب	108333
كلفة التوظيف	1154480
الأجور	8609000
الكلفة الكلية	9871813

الجدول(4-19): الكلف الناتجة عن الحالة الثالثة

4-4-4 الحالة الرابعة

تفترض هذه الحالة عدم القدرة على توظيف عمال بمهنة واحدة، على الرغم أن هذه الحالة لا يمكن أن تحصل في الواقع العملي إلا أنه تمت دراستها لمقارنة نتائجها مع نتائج الحالات الأخرى.

يظهر الجدول(4-20) خيارات التوظيف والتدريب لهذه الحالة. بما أنه لا يمكن توظيف عمال بمهنة واحدة فإن النموذج اقترح تدريب عمال أكثر، كما اقترح توظيف عمال بمهنتين أكثر من الحالة الأولى.

أما الجدول(4-21) فيظهر الكلف الناتجة عن هذه الحالة، حيث نجد زيادة بكلفة التدريب، نقص بكلف التوظيف، زيادة بالأجور نظراً لتوظيف عمالة بمهنتين وعدم توظيف عمال بمهنة واحدة، إذ أن أجور العمال بمهنتين أعلى من أجور العمال بمهنة واحدة.

التوظيف			التدريب			
عمال بمهنتين			المهنة الأساسية	مهنة التدريب	المستوى	
عامل الخزانات	عامل الكهرباء	3	عامل الصحية	عامل الخزانات	1	محترف
عامل اللحام	عامل الخزانات	2	عامل اللحام	عامل حداد	1	مساعد
عامل اللحام	عامل حداد	2	عامل الصحية	عامل الأنابيب	1	مساعد
عامل الخزانات	عامل العزل	1				
عامل الخزانات	عامل الصحية	2				
عامل العزل	عامل نجار البيتون	2				
عامل الأنابيب	عامل اللحام	3				
عامل الأنابيب	عامل الصحية	2				
عامل الأنابيب	عامل حداد	3				
عامل العزل	عامل الخزانات	1				

الجدول(4-20): التدريب والتوظيف للحالة الرابعة

كلفة التدريب	173333
كلفة التوظيف	290880
الأجور	9750000
الكلفة الكلية	10214213

الجدول(4-21): الكلف الناتجة عن الحالة الرابعة

4-4-5 الحالة الخامسة

تم في هذه الحالة افتراض أنه لا إمكانية للتوظيف أبداً. لذلك فالتدريب هو الخيار الوحيد لتحقيق احتياجات المشروع. هذه الحالة قد تحصل إذا كان المشروع في منطقة نائية ولا يمكن الحصول على عمالة. يظهر الجدول(4-22) خيارات التدريب لهذه الحالة.

أما الجدول(4-23) فيظهر الكلف الناتجة عن هذه الحالة. إن عدم القدرة على التوظيف أدى لزيادة واضحة بالكلفة الكلية.

التدريب			
المهنة الأساسية	مهنة التدريب		المستوى
عامل الصحية	عامل الخزانات	2	مساعد
عامل اللحم	عامل الأنابيب	1	مساعد
عامل العزل	عامل الخزانات	1	مساعد
عامل الصحية	عامل الأنابيب	1	مساعد
عامل نجار البيتون	عامل العزل	1	مساعد
عامل الصحية	عامل حداد	1	محترف

الجدول(4-22): التدريب للحالة الخامسة

تكلفة التدريب	276666
تكلفة التوظيف	0
الأجور	9890980
الكلفة الكلية	10167646

الجدول(4-23): الكلف الناتجة عن الحالة الخامسة

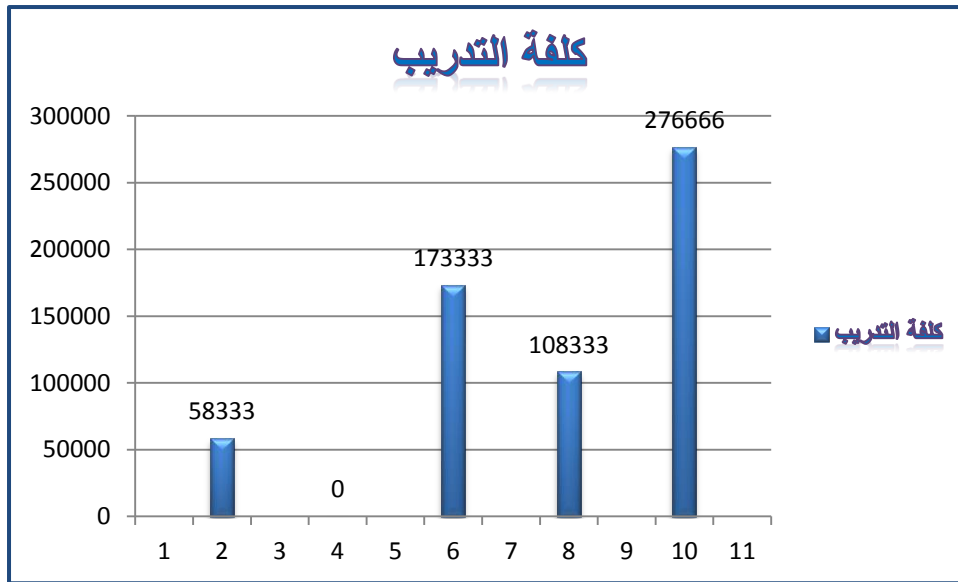
4-4-6 مقارنة الحالات الخمسة

يظهر الجدول(4-24) ملخص للنتائج الصادرة عن الحالات الخمسة ومقارنة بينها.

التكاليف	الحالة				
	إمكانية التدريب والتوظيف	لا إمكانية للتدريب	لا إمكانية للتوظيف بمهن متعددة	لا إمكانية للتوظيف بمهارة واحدة	لا إمكانية للتوظيف أبدا
تكلفة التدريب	58333	0	173333	108333	276666
تكلفة التوظيف	945360	1002880	1154480	290880	0
الأجور	8608000	8764000	9006000	9750000	9990980
الكلفة الكلية	9611693	9766880	10333813	10149213	10267646

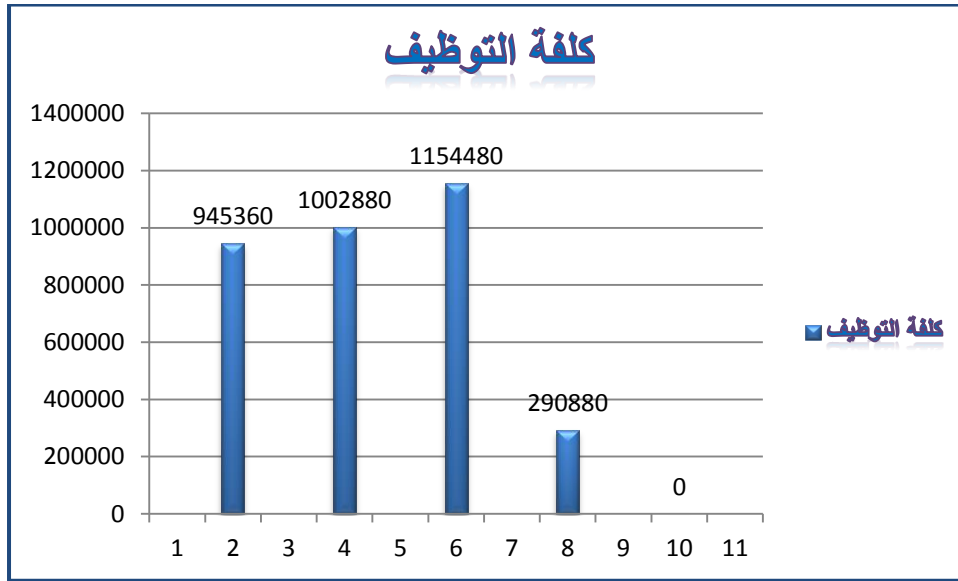
الجدول(4-24): ملخص النتائج الخمسة

يظهر الشكل(4-2) مقارنة لكلف التدريب الحاصلة من الحالات الخمسة، نجد بالمقارنة أن كلفة التدريب تزداد بشكل كبير في الحالتين الثالثة حيث لا إمكانية لتوظيف عمال بمهنتين والخامسة حيث لا إمكانية للتوظيف أبدا. مما يعزز الدراسات السابقة التي تطرح التدريب كخيار في حال عدم إمكانية التوظيف. كما تبين أهمية امتلاك عمالة متعددة المهن فغيابها أدى لزيادة الطلب على التدريب.



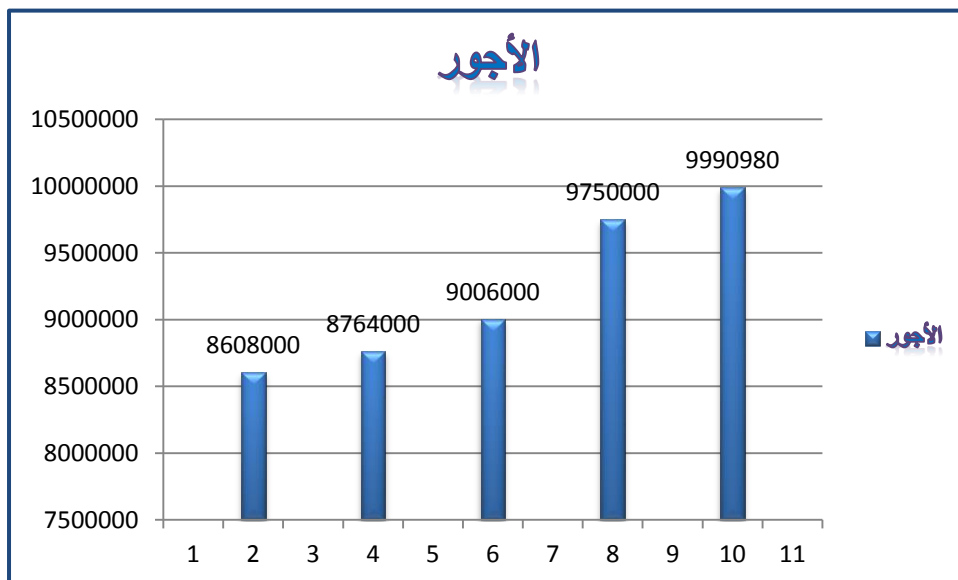
الشكل(4-2): مقارنة كافة التدريب للحالات الخمس

أما كلفة التوظيف تتناقص بشكل كبير عند عدم القدرة على توظيف عمال مهنة واحدة، أو عند عدم القدرة على التوظيف أبدا سواء بمهنة واحدة أو مهنتين، وتزداد عند عدم القدرة على توظيف عمالة متعددة المهن كما يظهر الشكل(4-3). ذلك يعزز أهمية امتلاك عمالة متعددة المهن فبتواجدها ضمن عمالة المشروع تخف الحاجة للتوظيف.



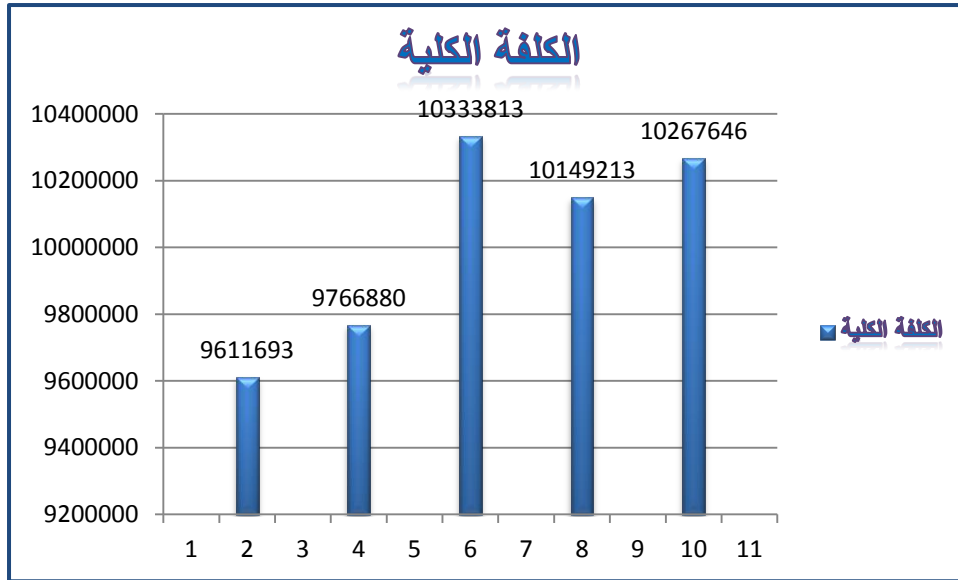
الشكل(4-3): مقارنة كافة التوظيف للحالات الخمس

أما الكلف الناتجة عن الأجور فتزداد بشكل ملحوظ في الحالتين الأخيرتين وذلك بسبب ارتفاع أجر العمال الذين يملكون مهنتين نسبة للعمال الذين يملكون مهنة واحدة، كما يظهر الشكل(4-4). مع الانتباه أن الكلفة المتعلقة بالأجور كانت أعلى من كلفة التدريب وكلفة التوظيف بكل الحالات ويرجع ذلك لحجم المشروع وطول مدته الزمنية. لذلك يخصص لها الجزء الأكبر من العقد حيث أنها تشكل الجزء الأكبر من الكلفة الكلية.



الشكل(4-4): مقارنة الكلفة الناتجة عن الأجور للحالات الخمس

يظهر الشكل(4-5) الكلفة الكلية الحاصلة، حيث نجد أن الكلفة في الحالات الثانية والثالثة والرابعة والخامسة ارتفعت نسبة للحالة الأولى. الحالة الخامسة حدث فيها الارتفاع الأكبر في الكلفة حيث لم يكن هناك إمكانية للتوظيف فقط إمكانية التدريب، اما الحالة الثانية فكانت الزيادة فيها هي الأقل حيث لم يكن هناك إمكانية للتدريب فقط للتوظيف مقارنة بالحالة الأولى. من ذلك نستنتج أن عدم القدرة على توظيف العمال له أثر أكبر من عدم القدرة على التدريب.



الشكل(4-5): مقارنة الكلفة الكلية للحالات الخمس

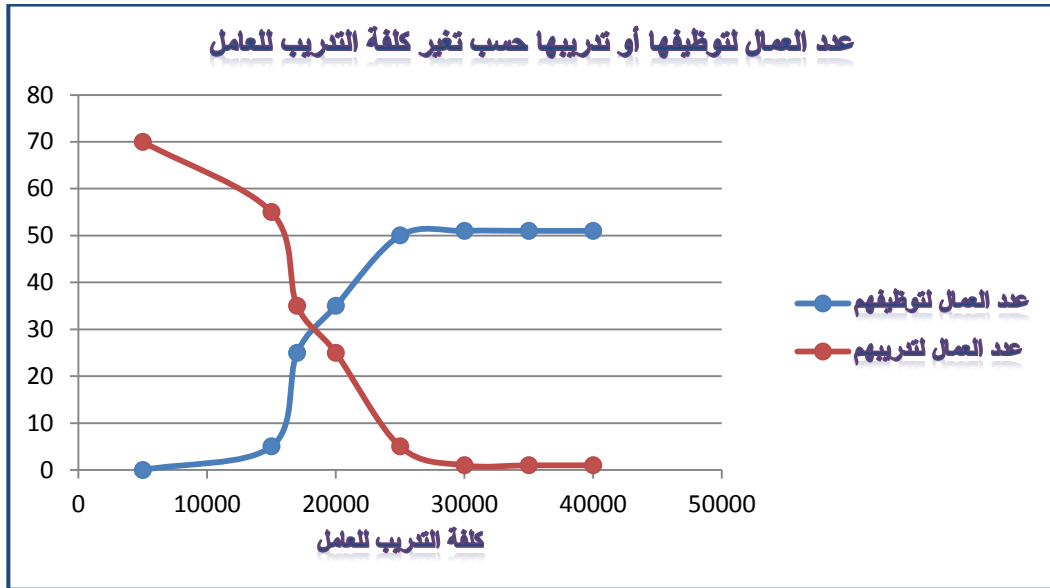
Sensitivity Analysis

5-4 تحليل الحساسية

سيتم دراسة حساسية النموذج لبعض مدخلاته، وهي المدخلات التي لها تأثير مباشر على الكلفة: كلفة التدريب للعامل، كلفة التوظيف للعامل، والأجور. تأثير تغيير هذه القيم على نتائج النموذج تم إظهارها في : عدد العمال للتدريب، عدد العمال للتوظيف، كلف التدريب، كلف التوظيف، الكلف الناتجة عن الأجور، والكلف الكلية.

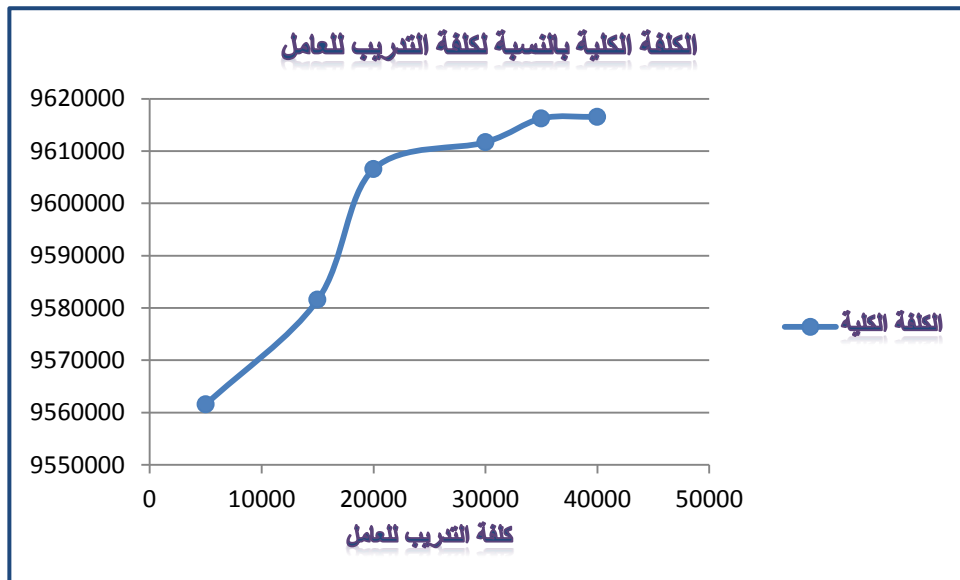
4-5-1 تحليل الحساسية لكلف التدريب

الشكل(4-6) يظهر تأثير تغيير كلفة التدريب للعامل على عدد العمال الذين سيتم توظيفهم وعدد العمال الذين سيتم تدريبهم باعتماد الحالة الأولى، حيث كان في هذه الحالة كلفة التدريب مساوية لـ 30000. كما نلاحظ مع زيادة كلفة التدريب للعامل تقل أفضلية التدريب نسبة للتوظيف. كلا الخيارين مقبولين عندما تكون كلفة التدريب مساوية لـ 20000.



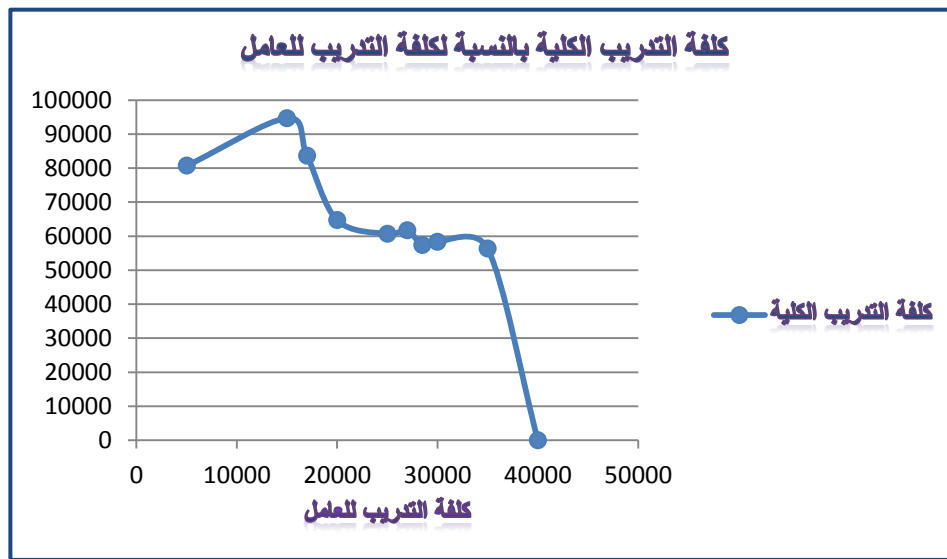
الشكل(4-6): عدد العمال لتوظيفها أو تدريبها نسبة لتغيير كلفة التدريب للعمال

الشكل(4-7) يظهر التغييرات في كلفة العمالة الكلية نسبة لتغيير كلفة التدريب للعمال. إن الكلفة الكلية تزداد مع ازدياد كلفة التدريب حتى تصل لنقطة يصبح فيها التدريب غير مجد ويصبح توظيف عمال سواء بمهنة واحدة أو مهنتين هو الحل الأفضل. تحصل هذه الحالة عندما تصل كلفة التدريب لـ 35000.



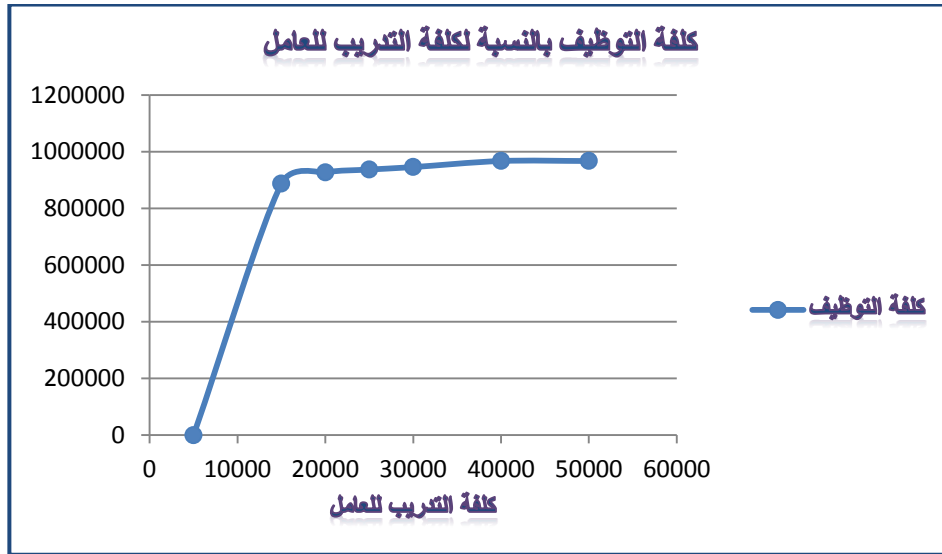
الشكل(4-7): الكلفة الكلية بالنسبة لتغيير كلفة التدريب للعمال

أما الشكل(4-8) فيظهر تغير كلفة التدريب الكلية نسبة لتغيير كلفة التدريب للعامل. إن زيادة كلفة التدريب للعامل حتى 15000 تؤدي لزيادة بكلفة التدريب الكلية، أي في هذه المرحلة يكون التدريب حل أكثر اقتصادية من التوظيف، لذلك يقترح النموذج تدريب العمال بدلا من توظيفهم. بعد هذه النقطة يصبح التوظيف أكثر اقتصادية لذلك يقترح النموذج تدريب عمال أقل طالما أن كلفة التدريب الكلية تتناقص. وبعد القيمة 35000 يصبح التدريب خيار غير فعال أبداً، فعند القيمة 40000 التدريب كان مرفوض وبدل عليه القيمة 0 على المنحني.



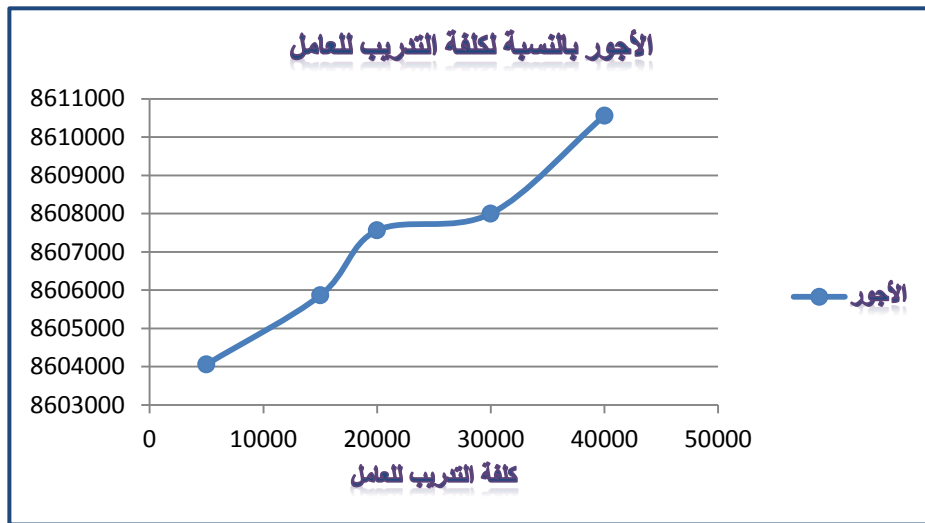
الشكل(4-8): كلف التدريب نسبة لتغيير كلفة التدريب للعامل

الشكل(4-9) يظهر تغير كلفة التوظيف نتيجة لتغيير كلفة التدريب للعامل. إن كلفة التوظيف تزداد بازدياد كلفة التدريب للعامل، وذلك حتى تصل لقيمة معينة قدرها 35000. بعد هذه القيمة أي زيادة بكلفة التدريب لا يؤثر على النموذج من ناحية التدريب أو التوظيف.



الشكل(4-9): كلف التوظيف نسبة لتغيير كافة التدريب للعامل

الشكل(4-10) يظهر تأثير تغيير كافة التدريب للعامل على الأجر. نلاحظ من الشكل أن الزيادة في كافة التدريب يؤدي لزيادة بالأجر.

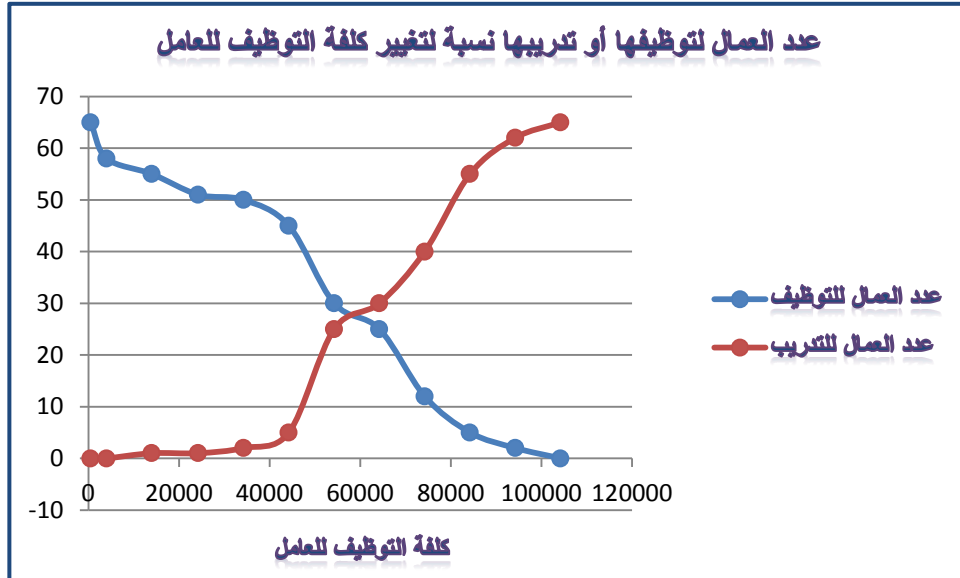


الشكل(4-10): الأجر نسبة لتغيير كافة التدريب للعامل

4-5-2 تحليل الحساسية لكافة التوظيف

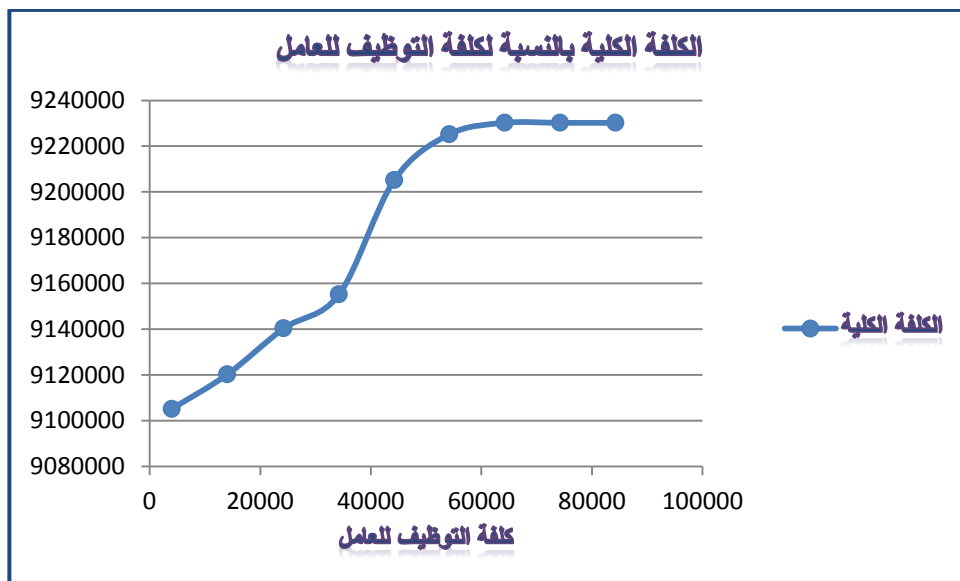
الشكل(4-11) يظهر التغيير في عدد العمال الذين سيتم تدريبهم وعدد العمال الذين سيتم توظيفهم كما يقترح النموذج نسبة للتغيير في كافة التوظيف للعامل باستخدام الحالة الأولى، حيث كافة التوظيف المعتمدة 24240. من الشكل يظهر أن التوظيف يصبح

خيار غير مفضل نسبة للتدريب بتزايد كلفة التوظيف للعامل. كلا الاختياران يصبحان متساويان عندما تصبح كلفة التوظيف مساوية لـ 55000 تقريباً.



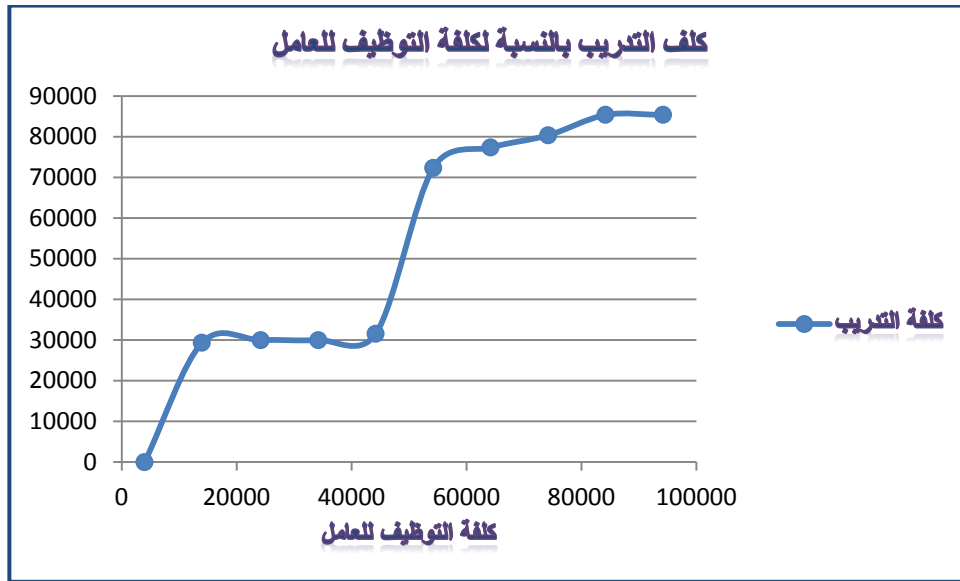
الشكل(4-11): عدد العمال لتوظيفها أو تدريبها نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل

يظهر الشكل(4-12) التغيير في الكلفة الكلية نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل. تزداد الكلفة الكلية مع ازدياد كلفة التوظيف للعامل حتى تصل لقيمة معينة عندما تصبح كلفة التوظيف 50000 للعامل، لا يتغير بعدها المنحني. في هذه الحالة ينصح النموذج بتدريب العمال بدلاً من توظيفهم.



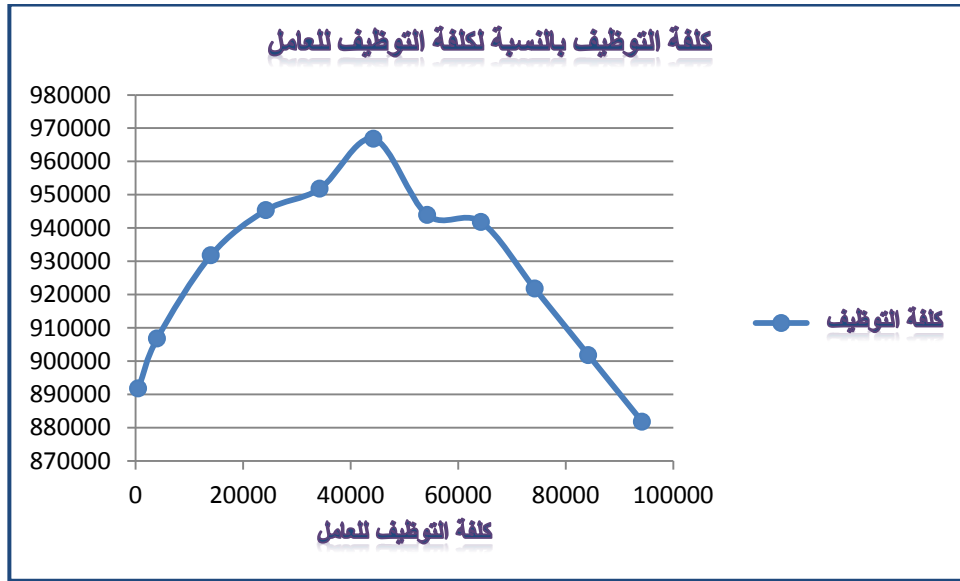
الشكل(4-12): الكلفة الكلية نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل

يظهر الشكل(4-13) تغير كلفة التدريب مع تغيير كلف التوظيف للعامل. يظهر الشكل أن التدريب غير مرغوب عندما تكون كلفة التوظيف أقل من 25000. الزيادة بكلفة التوظيف بعد هذه النقطة تؤدي لزيادة واضحة بكلف التدريب حتى تصل كلفة التوظيف لـ 65000، بعد هذه النقطة الحل لا يتغير، ويصبح التوظيف خيار غير مفضل.



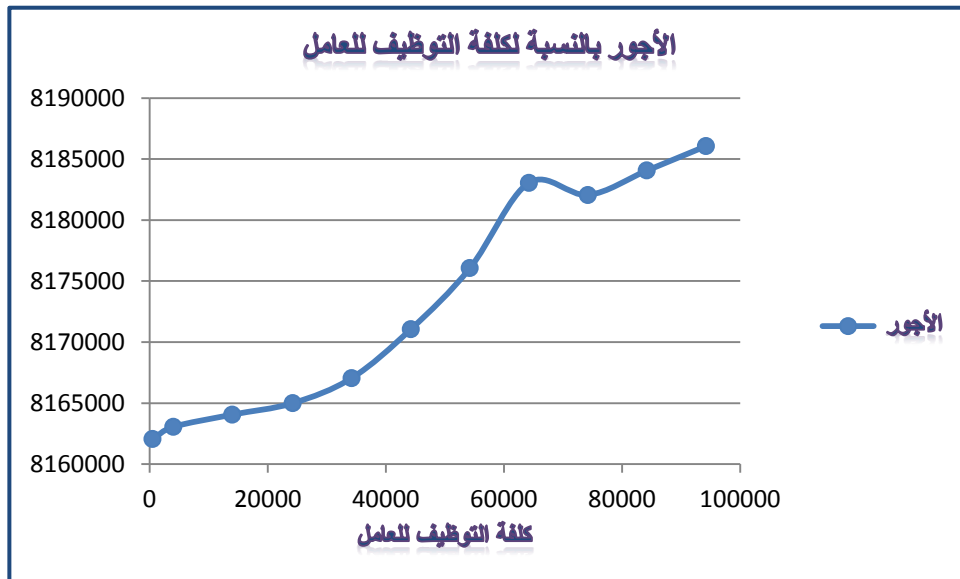
الشكل(4-13): تغير كلفة التدريب نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل

يظهر الشكل(4-14) تغير كلفة التوظيف نسبة لتغيير كلفة التوظيف للعامل. زيادة بكلفة التوظيف للعامل حتى 40000 تؤدي لزيادة بكلفة التوظيف. بعد هذه النقطة يصبح التدريب خيار جيد نسبة للتوظيف. حتى نصل للكلفة 65000 للعامل التي يصبح عندها التوظيف خيار غير مفضل.



الشكل(4-14): تغير كافة التوظيف نسبة لتغيير كافة التوظيف للعامل

الشكل(4-15) تظهر تغير الأجر نسبة لتغيير كافة التوظيف للعامل. حيث أن زيادة كافة التوظيف ستؤدي لزيادة بالأجر.

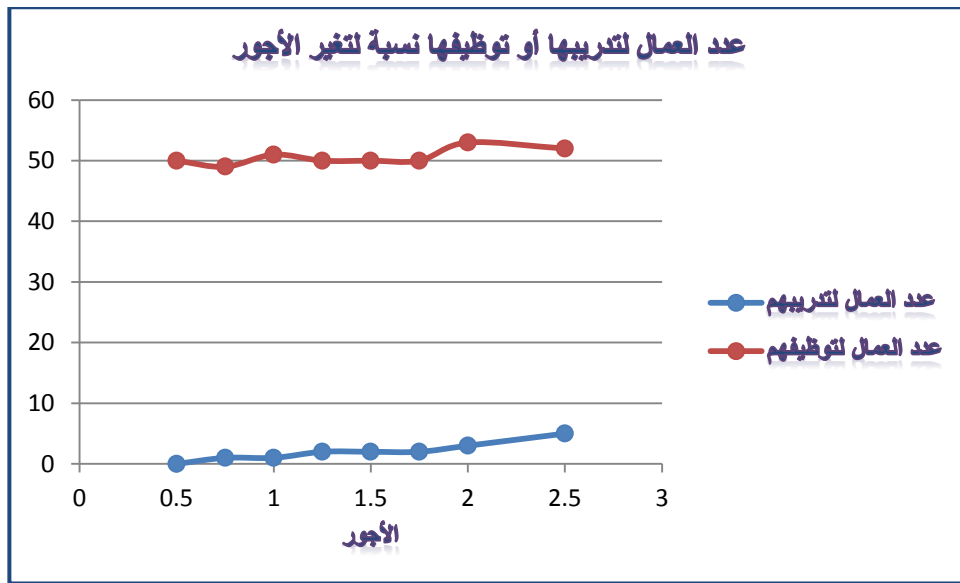


الشكل(4-15): تغير الأجر نسبة لتغيير كافة التوظيف للعامل

3-5-4 تحليل الحساسية للأجور

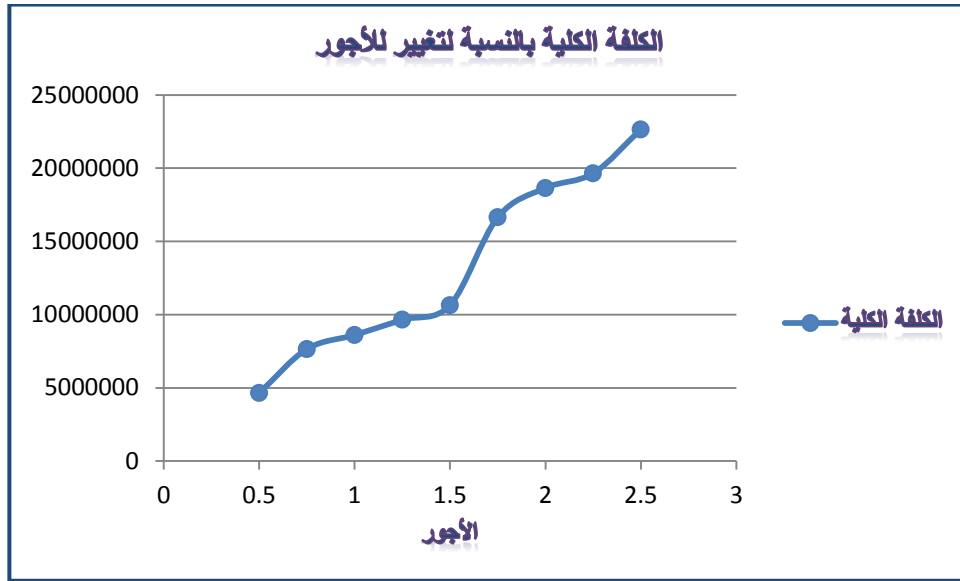
تم في هذا القسم دراسة أثر تغيير الأجر على بقية الكلف. ولتسهيل عملية التغيير للأجور ورسمها بيانياً، تم ضرب الأجور الساعية للعمال بمعامل يتراوح بين 0.5 – 2.5.

الشكل(4-16) يظهر تغير عدد العمال لتوظيفها أو تدريبها نسبة لتغير الأجور. عدد العمال الذين سيتم توظيفهم أو تدريبهم لا يتأثر كثيراً بتغيير الأجر الساعي للعمال. كما أن النموذج يقترح التوظيف بدل التدريب طالما أن كلفة التوظيف أقل من كلفة التدريب.



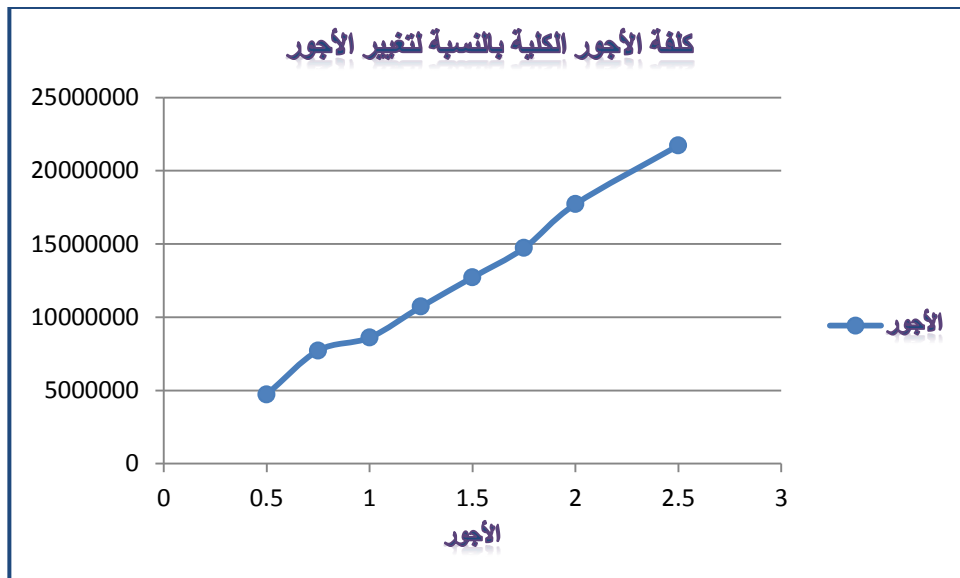
الشكل(4-16): تغير عدد العمال لتوظيفهم أو تدريبهم مع تغير الأجور الساعية للعمال

الشكل(4-17) يظهر التغير بكلفة العمالة الكلية نسبة لتغيير الأجور الساعية. تزداد الكلفة الكلية مع ازدياد الأجور الساعية، هذه الزيادة تكون بشكل خطي. سبب ذلك أن الكلفة الكلية هي تابع خطي: للأجور الساعية، كلف التدريب، وكلف التوظيف.



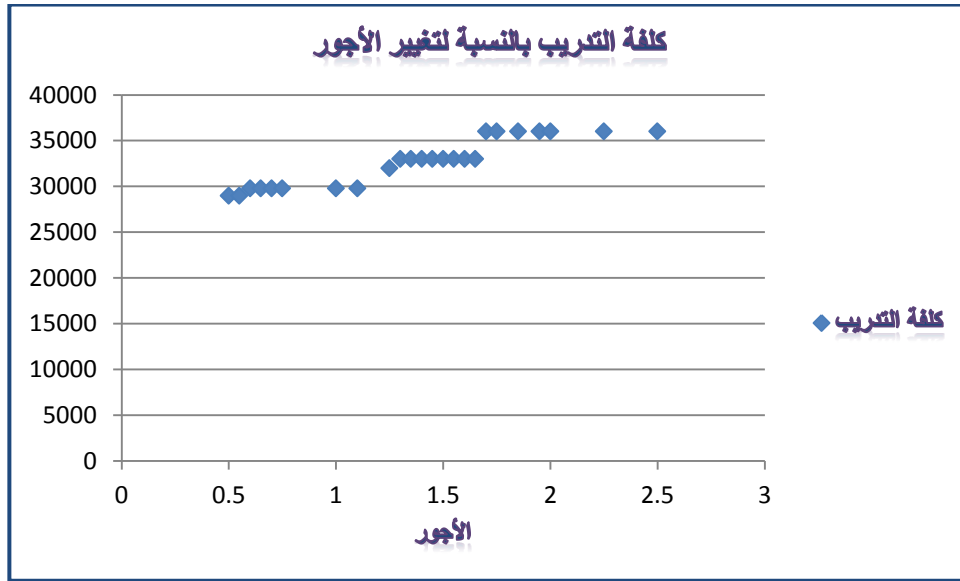
الشكل(4-17): تغير الكلفة الكلية نسبة لتغيير الأجور الساعية.

الشكل(4-18) يظهر تغير كلفة الأجور الكلية الحاصلة مع تغير الأجور الساعية. أيضاً التغير الحاصل خطي، أي زيادة بالأجور الساعية سيؤدي لزيادة خطية بالأجور الحاصلة.



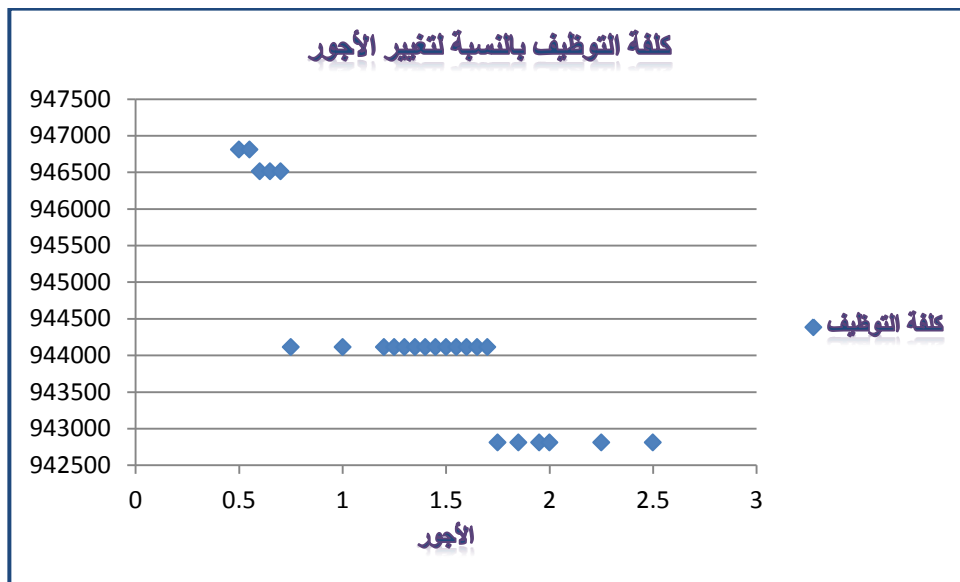
الشكل(4-18): تغير كلفة الأجور الكلية الحاصلة بتغيير كلفة الأجور الساعية

يظهر الشكل(4-19) تغير كلفة التدريب بتغيير الأجور الساعية. التدريب غير مرغوب عند تخفيض الأجور لقيمة أقل بـ 50% (الضرب بالعامل 0.5). يصبح التدريب مرغوب عندما يصل العامل للقيمة 0.6. كما يظهر الشكل أنه بعد هذه النقطة لا يتغير الحل حتى نصل للمعامل 1.1 أي تقريبا زيادة بمقدار 10% للأجور. ثم يعود ليصبح التدريب خيار مفضل.



الشكل(4-19): تغيير كافة التدريب بتغيير الأجر الساعية

يظهر الشكل(4-20) تغيير كافة التوظيف بتغيير الأجر الساعية. بزيادة المعامل من 0.5 إلى 0.6 فالنموذج يقترح توظيف أكثر (تدريب أقل)، كنتيجة لزيادة كلف التوظيف. بعد هذه النقطة تنخفض كلف التوظيف وتثبت حتى الوصول لزيادة بالمعامل حتى 1 فإن النموذج يقترح توظيف أقل.



الشكل(4-20): تغيير كافة التوظيف بتغيير الأجر الساعية

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

Conclusions and Recommendations

1-5 النتائج Conclusions

تم في هذا البحث دراسة أهمية اعتماد تقنيات الأمثلية في عملية استثمار العمالة لتأمين متطلبات المشروع بالكلفة الأفضل، والتغلب على مشكلة النقص بالعمالة الماهرة.

تم الاعتماد على نموذج برمجة خطية وتحديد متغيراته وقيوده، ثم تم تطبيقه على مشروع محطة معالجة الزبداني واستخدم برنامج LINGO MODELLING 14.0 للحصول على النتائج ومن ثم القيام بتحليل الحساسية للنتائج الحاصلة.

تم التوصل في نهاية البحث إلى النتائج التالية:

1. التوظيف مفضل على التدريب في الحياة الواقعية طالما أن كلفة التوظيف أقل من كلفة التدريب. لكن بازياد كلفة التوظيف يصبح التدريب هو الخيار المفضل.
2. تفضيل توظيف عمال بمهنتين على عمال بمهنة واحدة. إذ أنه على الرغم من نقص كلفة الأجور الحاصلة عند عدم القدرة على توظيف عمال بمهنتين إلا أن ذلك أدى لزيادة بكلفة التدريب وكلفة التوظيف وبالتالي كلفة العمالة الكلية. منه نستنتج أن توظيف عمال بمهنتين تتعدى أهميته الكلفة الناتجة عنه، فالعامل الذي يملك مهنتين يمكن إسناد أكثر من عمل له وخلال فترات زمنية مختلفة مما يقلل الحاجة لتوظيف عمالة جديدة أو لتدريب العمالة المتوفرة من أجل تحقيق متطلبات المشروع.
3. عند تخفيض الأجور فالتوظيف خيار مفضل على التدريب، لكن مع زيادة الأجور يصبح التدريب هو الخيار الأفضل.
4. باستخدام النموذج تم الحصول على ادخار بكلفة العمالة الكلية بمقدار 9.2%.

2-5 التوصيات لأعمال مستقبلية Recommendations for Future Works

1. تطوير نموذج على صعيد المؤسسة.
2. تطوير نظام متكامل يقوم بربط مخرجات برنامج Primavera مباشرة مع النموذج.

Appendices

الملحق A: خوارزمية الحل باستخدام برنامج LINGO MODELLING 14.0

```

model:
!optimization investment;
sets:
skill1/electrian, welder, concretor tank, proof,pipe, plumber, barbender/:y,
hirecost, wage, availableworker, hirecap;
skill2/electrian, welder, concretor tank, proof,pipe, plumber,
barbender/:traincap;
periods/wk1..wk75/;
level/helper, skill/;
links1(skill1,skill2):z, wperweek, multiavailable, hcap;
links2(skill1,periods):n, needed;
links3(skill1,skill2,periods):l, m;
links4(skill1, skill2, level):costs, x;
links5(skill1, level);
links6(skill2, level);
endsets
!objective function;
min = @sum( links4(i,j,k):costs(i,j,k) * x(i,j,k)) + @sum( skill1(i):y(i) * 24240)
+ @sum( links1(i,j):z(i,j) * 24240) + @sum( links2(i,t):n(i,t) * wage(i)) + @sum(
links3(i,j,t):l(i,j,t) * wperweek(i,j)) + @sum( links3(i,j,t):m(i,j,t) *
wperweek(i,j));
!workflow constraint1;
@for(links2(i,t):[work_flow1]n(i,t)<=availableworker(i) + y(i) - @sum(
skill2(j):x(i,j)));
!workflow constraint2;
@for(links3(i,j,t):[work_flow2]l(i,j,t) + m(i,j,t) <= x(i,j) + z(i,j) +
multiavailable(i,j));
!demand constrain;
@for(links2(i,t):[demand]@sum( skill2(j):l(i,j,t)) + @sum( skill2(j):m(i,j,t)) +
n(i,t) >= needed(i,t));
!traincap constraint;
@for(links6(j,k):[train_cap]@sum( links5(i,k):x(i,j,k)) <= traincap(j));
!hiringcapacity constraint;
@for(skill1(i):[hiring_capacity]y(i) <= hirecap(i));
!hcap constraint;
@for(links1(i,j):[h_cap]z(i,j) <= hcap(i,j));
data:
!import data from excel;
availableworker= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\availablei.xlsx','availableworker');
wage= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\wageperweek.xlsx','wage');
costs= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\traincost.xlsx','costs');
traincap= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\traincapacity.xlsx','traincap');
hirecap= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\hiringcapacity.xlsx','hirecap');
wperweek= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\salary.xlsx','wperweek');
multiavailable= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\skillavailable.xlsx','multiavailable');
hcap= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\hirecap.xlsx','hcap');
needed= @ole( 'F:\LINGO14\Samples\neededworkers.xlsx','needed');
enddata
end

```

B: مخرجات النموذج فيما يتعلق بتخصيص العمال لأداء نشاطات المشروع خلال المدة

الزمنية المقررة

مصروفة تخصيص العمال الذين يملكون مهنة واحد i وسيعملون خلال الفترة الزمنية t .

Variable	Value	Reduced Cost
N(ELECTRIAN, WK1)	0.000000	6000.000
N(WELDER, WK5)	0.000000	4250.000
N(TANK, WK3)	0.000000	4500.000
N(PROOF, WK1)	0.000000	6500.000
N(PROOF, WK2)	0.000000	6500.000
N(ELECTRIAN, WK51)	27.00000	0.000000
N(ELECTRIAN, WK52)	23.00000	0.000000
N(ELECTRIAN, WK53)	25.00000	0.000000
N(ELECTRIAN, WK54)	25.00000	0.000000
N(ELECTRIAN, WK55)	36.00000	0.000000
N(WELDER, WK51)	0.000000	4250.000
N(WELDER, WK55)	0.000000	4250.000
N(TANK, WK51)	4.000000	0.000000
N(TANK, WK52)	1.000000	0.000000
N(TANK, WK53)	0.000000	0.000000
N(ELECTRIAN, WK31)	0.000000	0.000000
N(ELECTRIAN, WK35)	18.00000	0.000000
N(WELDER, WK31)	14.00000	0.000000
N(WELDER, WK32)	14.00000	0.000000
N(WELDER, WK33)	14.00000	0.000000
N(WELDER, WK34)	14.00000	0.000000
N(WELDER, WK35)	8.000000	0.000000
N(TANK, WK31)	15.00000	0.000000
N(TANK, WK32)	3.000000	0.000000
N(TANK, WK33)	2.000000	0.000000
N(TANK, WK34)	6.000000	0.000000
N(TANK, WK35)	18.00000	0.000000
N(PROOF, WK31)	0.000000	6500.000
N(PROOF, WK32)	0.000000	6500.000
N(PROOF, WK33)	0.000000	6500.000
N(PROOF, WK34)	0.000000	6500.000
N(PROOF, WK35)	55.00000	0.000000
N(PIPE, WK11)	20.00000	0.000000
N(PIPE, WK12)	20.00000	0.000000
N(PIPE, WK13)	16.00000	0.000000
N(PIPE, WK14)	16.00000	0.000000
N(PIPE, WK15)	20.00000	0.000000
N(PLUMBER, WK11)	0.000000	6000.000
N(PLUMBER, WK15)	0.000000	6000.000
N(BARBENDER, WK11)	0.000000	5000.000
N(BARBENDER, WK15)	0.000000	5000.000
N(CONCRETOR, WK11)	70.00000	0.000000
N(CONCRETOR, WK12)	70.00000	0.000000
N(CONCRETOR, WK13)	60.00000	0.000000
N(CONCRETOR, WK14)	70.00000	0.000000
N(CONCRETOR, WK15)	60.00000	0.000000

مصنوفة تخصيص العمال الذين يملكون مهنتين j & i وسيعملون بمهنتهم الأساسية i خلال الفترة الزمنية t.

Variable	Value	Reduced Cost
L (PIPE, WELDER, WK15)	0.000000	0.000000
L (PROOF, PLUMBER, WK10)	0.000000	6500.000
L (PROOF, BARBENDER, WK6)	1.000000	0.000000
L (PROOF, BARBENDER, WK25)	1.000000	0.000000
L (PROOF, CONCRETOR, WK21)	0.000000	6500.000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK27)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK28)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK29)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK30)	0.000000	6000.000
L (ELECTRIAN, TANK, WK26)	0.000000	6000.000
L (ELECTRIAN, TANK, WK27)	0.000000	65000.00
L (ELECTRIAN, WELDER, WK35)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, TANK, WK31)	0.000000	65000.00
L (PROOF, BARBENDER, WK40)	0.000000	6500.000
L (PROOF, CONCRETOR, WK36)	0.000000	6500.000
L (TANK, WELDER, WK40)	0.000000	0.000000
L (TANK, WELDER, WK36)	2.000000	0.000000
L (TANK, BARBENDER, WK37)	0.000000	4500.000
L (TANK, BARBENDER, WK38)	2.000000	0.000000
L (TANK, PROOF, WK39)	2.000000	0.000000
L (TANK, PROOF, WK40)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK44)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK45)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, TANK, WK41)	0.000000	6000.000
L (ELECTRIAN, TANK, WK42)	0.000000	6000.000
L (ELECTRIAN, TANK, WK43)	0.000000	6000.000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK46)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK47)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK48)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK49)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, WELDER, WK50)	2.000000	0.000000
L (ELECTRIAN, TANK, WK46)	0.000000	65000.00
L (ELECTRIAN, TANK, WK47)	0.000000	0.000000
L (PIPE, TANK, WK7)	0.000000	0.000000
L (PIPE, TANK, WK8)	1.000000	0.000000
L (PIPE, TANK, WK9)	0.000000	0.000000
L (PIPE, TANK, WK10)	1.000000	0.000000
L (PIPE, PROOF, WK6)	0.000000	1500.000
L (PIPE, PROOF, WK7)	0.000000	1500.000
L (PIPE, PROOF, WK8)	2.000000	0.000000
L (PIPE, PROOF, WK9)	0.000000	1500.000
L (PIPE, PROOF, WK10)	2.000000	0.000000
L (PIPE, PIPE, WK6)	0.000000	0.000000
L (PIPE, PIPE, WK7)	0.000000	0.000000

مصفوفة تخصيص العمال الذين يملكون مهنتين j & i وسيعملون بمهنتهم الثانية j خلال الفترة الزمنية t.

Variable	Value	Reduced Cost
M(PLUMBER, WELDER, WK24)	1.000000	0.000000
M(PLUMBER, WELDER, WK25)	1.000000	0.000000
M(PLUMBER, TANK, WK21)	0.000000	6000.000
M(PLUMBER, TANK, WK22)	0.000000	6000.000
M(PLUMBER, BARBENDER, WK24)	1.000000	0.000000
M(PLUMBER, BARBENDER, WK25)	0.000000	0.000000
M(PLUMBER, CONCRETOR, WK21)	0.000000	6000.000
M(PIPE, WELDER, WK55)	0.000000	0.000000
M(PIPE, TANK, WK51)	1.000000	0.000000
M(PIPE, TANK, WK52)	1.000000	0.000000
M(PIPE, TANK, WK53)	1.000000	0.000000
M(PIPE, TANK, WK54)	0.000000	5000.000
M(PIPE, TANK, WK55)	1.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK51)	2.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK52)	2.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK53)	2.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK54)	0.000000	6500.000
M(PIPE, PROOF, WK55)	2.000000	0.000000
M(PIPE, PIPE, WK51)	0.000000	0.000000
M(ELECTRIAN, BARBENDER, WK56)	1.000000	0.000000
M(ELECTRIAN, WELDER, WK56)	5.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK29)	1.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK30)	0.000000	1500.000
M(PLUMBER, WELDER, WK29)	3.000000	0.000000
M(PLUMBER, WELDER, WK30)	3.000000	0.000000
M(PLUMBER, TANK, WK26)	0.000000	0.000000
M(PLUMBER, BARBENDER, WK29)	2.000000	0.000000
M(PLUMBER, BARBENDER, WK30)	2.000000	0.000000
M(PLUMBER, CONCRETOR, WK26)	0.000000	0.000000
M(PLUMBER, CONCRETOR, WK27)	0.000000	0.000000
M(PLUMBER, CONCRETOR, WK28)	0.000000	0.000000
M(PLUMBER, CONCRETOR, WK29)	1.000000	0.000000
M(PLUMBER, CONCRETOR, WK30)	1.000000	0.000000
M(WELDER, ELECTRIAN, WK30)	1.000000	0.000000
M(WELDER, PLUMBER, WK30)	1.000000	0.000000
M(PROOF, ELECTRIAN, WK25)	3.000000	0.000000
M(PROOF, WELDER, WK21)	0.000000	6500.000
M(PROOF, TANK, WK25)	2.000000	0.000000
M(PROOF, PIPE, WK25)	3.000000	0.000000
M(PROOF, PLUMBER, WK21)	0.000000	6500.000
M(PROOF, PLUMBER, WK25)	2.000000	0.000000
M(PROOF, BARBENDER, WK21)	0.000000	6500.000
M(PIPE, TANK, WK37)	1.000000	0.000000
M(PIPE, TANK, WK38)	1.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK36)	1.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK37)	2.000000	0.000000
M(PIPE, PROOF, WK38)	2.000000	0.000000
M(PLUMBER, WELDER, WK38)	3.000000	0.000000
M(PLUMBER, WELDER, WK39)	3.000000	0.000000
M(PLUMBER, WELDER, WK40)	0.000000	0.000000
M(PLUMBER, PROOF, WK38)	2.000000	0.000000
M(PLUMBER, PROOF, WK39)	0.000000	0.000000

المراجع

References

- Aykin, T. 1996. "Optimal Shift Scheduling with Multiple Break Windows." *Management Science*, 42(4), 591-602.
- Bertsimas, D. and Tsitsiklis, J.N. 1997. "Introduction to Linear Optimization." Athena Scientific, Belmont, Massachusetts.
- Borcherding, J. D., Glover, R. W., Haas, C. T., and Tucker, R. L. 2001. "Metric-Based Implementation of Tier II Work Force Strategy." Report No. 20, Center for Construction Industry Studies, The University of Texas at Austin.
- Brandenburg, S. 2004. "The Tier I Workforce Management Strategy: Concept and Application." Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, TX
- Brusco, M. and Johns, T. Staffing a Multi-skilled workforce with varying levels of productivity: An analysis of cross-training policies. Proc., 27th Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, Orlando, FL, 1996.
- Burleson, R. 1997. "Multiskilled Labor Utilization Strategies in Construction." Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, TX.
- Burleson, R., Haas, C., Tucker, R. and Stanley, A. 1998. "Multiskilled Labor Utilization Strategies in Construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(6), 480-489.
- Byrom, K., Brandenburg, S.G., and Haas, C.T., 2006, "Strategic Management of Human Resources in Construction", *Journal of Management in Engineering ASCE*, Vol.22, No.2, April 1, 2006, 89-96.

- Campbell, G.M. 1999. "Cross-Utilization of Workers Whose Capabilities Differ." *Management Science*, 45(5), 722-732.
- Carley, L.A. 1999. "Worker's Attitudes Towards and Experience with Multiskilling". M.S. Thesis, University of Texas at Austin, Austin, TX.
- Castaneda, J. 2002. "*Workers' Skills and Receptiveness to Operate Under the Tier II Construction Management Strategy.*" Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, TX
- Chang, S.W. 2002. "*Development and Assessment of the Tier II Workforce Strategy Implementation Index.*" Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, TX.
- CURT. 2001. *The Skilled Construction Work Force Shortage and the CURT 2001 Work Force Development Survey Results*. The Construction Users Round Table.
- Dada, M.O., Ekpe, J. 2006. "The Place of Multi-Skilling in Nigerian Construction Industry: A Pilot Study". Dissertation, The University of Lagos, Akoka, Lagos, Nigeria.
- Gomar, J.E., Haas, C.T., and Morton, D.P. 2002. "**Assignment and Allocation Optimization of a Partially Multiskilled Workforce.**" *Journal of Construction Engineering and Management*, March-April, 103-109.
- Haas, C.T., Borcharding, J.D., Glover, R.W., Tucker, R.L., Rodriguez, A., and Gomar, J. 1999. "Planning and Scheduling A Multiskilled Workforce". Center for Construction Industry Studies. Report No.5. The University of Texas At Austin, Austin.
- Haas, C.T., Rodriguez, A.M., Glover, R., and Goodrum, P. 2003. "**Implementing a multiskilled workforce.**" *Construction Management and Economics*, 19, 633-641
- Hegazy, T. and Wassef, N. 2001. "Cost Optimization in Projects with Repetitive Non- Serial Activities." *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 127(3), 183-191

- Gann, D. and Senker, D. 1998. "Construction Skills Training for the Next Millenium." *Construction Management and Economics*, 16, 569-580.
- LINGO *The Modeling Language and Optimizer, Version 14.0, (2013), "LINGO User's Manual".*
LINDO Systems INC, USA.
- Lill, I. 2009. "Sustainable Management of Construction Labour", Technological and Economic Development of Economy, 15(4):540-560.
- Maloney, W.F. 1997. "Strategic Planning for Human Resource Management in Construction." *Journal of Management in Engineering*, ASCE, vol 13 (3).
- Pappas, M.P. 2004. "An Assessment of Implementation Requirments for The Tier II Construction Workforce Strategy". Dissertation, Doctor of Philosphy. The University of Texas at Austin.
- Patchett, S. (1983) *Construction Site Personnel Checkbook*, Butterworth and Co Publishers Ltd., Scotland.
- Phillips, J. J. 1991. *Handbook of Training Evaluation and Measurement Methods*, 2nd Edition. Houston: Gulf Publishing.
- Pike, R.W. 1986. "Optimization for Engineering Systems." *Van Nostrand Reinhold Company*: New York.
- Saoud, E.A. 1996. "Expert Systems for Management Training in The Construction Industry". Doctor of Philosphy. University of Edinburg.
- Sharma, T., Skitmore, R.M., Thpmas, S. 2001. "Towards a Human Resource Information System for Austrlian Construction Companies". *Engineering, Construction and Architectural Management* 8(4):pp.238-249.

Stanley, A. (1997). "Benefits, impediments, and limitations associated with the use of multiskilled labor strategies in construction." Master's Thesis, The University of Texas at Austin.

Stewart, B.D., Webster, D.B., Ahmad, S., and Matson, J.O. 1994. "Mathematical Models for Developing a Flexible Workforce." *Journal of Production Economics*, 36, 243-254.

Tam, C.M., Tong, T.K., Cheung, S.O. and Chan, A.P. 2001. "Genetic Algorithm Model in Optimizing the Use of Labour." *Journal of Construction Management and Economics*,

Vol 19, p207-215.

The World Bank(1984). *The Construction Industry: Issues and Strategies in Developing Countries*, Washington D.C., USA.

Tucker, R. L., Srour, I.M., Saillard J., Haas, C.T. 2003. "Skill Standards for the Construction Industry." Proceedings of the Specialty Conference on Management and Leadership in Construction, Hilton Head, South Carolina, ASCE, March 25-26.

Villalobos, J.A. 1997. "Implementation of Multiskilling in the Construction Industry." Masters Thesis, The University of Texas at Austin, Austin, TX.

Wang, Y. 2008. "A Quantitative Analysis of Training Outcomes and Strategies in The Construction Industry". Doctoral Dissertation. The University of Kentucky. Lexington, Kentucky.

<http://www.cbssyr.sy>

<http://www.un.org/ar/esa/hdr/2004/>

أبو النصر، محمد، مدحت. 2007. "إدارة وتنمية الموارد البشرية: الاتجاهات المعاصرة". مجموعة النيل العربية: القاهرة.
الأحمد ، هويدا (2011). "تأثير إدارة الموارد البشرية على أداء المشاريع في سورية"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية،
جامعة دمشق.

التقرير الوطني الثاني لأهداف التنمية للألفية في الجمهورية العربية السورية.

الحصان ، وائل (2005) ، "دراسة إمكانية تحسين أداء القطاع العام الإنشائي " ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة المدنية، جامعة
دمشق.

الخطة الخمسية العشرة (2006 – 2010).

اللؤلؤ، ماجدة (2007)، "تقييم إدارة ومراقبة مشروعات التشييد في سورية" ، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي والصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي(2004). تقرير التنمية الإنسانية العربية

للعام(2004) – نحو إقامة مجتمع المعرفة، المكتب الإقليمي للدول العربية.

ترجمة وإعداد لجنة التأليف والترجمة – الإحصاء باستخدام حزمة البرمجيات الإحصائية- شعاع النشر للعلوم.

لجنة قطاع البناء والتشييد. وزارة الإسكان والتعمير.

غربي، علي.، قيرة، اسماعيل.، سلاطنية، بلقاسم. 2007. "تنمية الموارد البشرية". دار الفجر: القاهرة.

Abstract

Construction labor has the major effect on the cost of the project. Therefore, providing the project with qualified and skilled labor has a great effect on the success and finishing of the project according to the estimated cost and time.

Major problem in the construction industry is the shortage of skilled labor and the consequences of that, the key reason for this problem is the absence of optimized labor management. Therefore, in this study a mathematical model has been developed to optimize investment of project labor. Linear programming has been used to formulate the model which has been solved using LINGO MODELLING 14.0.

The developed model has been applied on the data taken from waste water treatment plant in AL-Zabadani. The input data consists of available labor pool, cost configures for training workers in additional trades, the cost of hiring workers, the cost of hourly labor wages, and the affinity coefficients between different trades which have been calculated according to the interviews with site engineers, project managers, and workers, then using Statistical Package for the Social Sciences SPSS.

By using the developed model, project managers will be able to make the best descision: number of workers to hire, number of workers to train, trades workers will be trained to and the level of training, and assignment and allocation of workers to meet job-site demand over a certain period of time in the most cost-effective way.

Damascuse University

Faculty of Civil Engineering

Department of Construction Engineering and Management

***Developing a Mathematical Model to Optimal Investment of the
Construction Workforce***

The Submitted in fulfillment of requirements for the degree of Master of
Science in Civil Engineering - Construction Engineering and Management

By

Noor Elain Mamdouh Aboud

Supervisor

Dr Maher Mustafa

Damascus 2015