الاساليب الرياضية للاستبدال الوقائي للاجزاء في المعدات والمكائن
دراسة تطبيقية في شركة كهرباء الجنوب[+]

MATHEMATICAL METHODS FOR PREVENTIVE REPLACEMENT TO PARTS IN THE EQUIPMENTS AND MACHINES

صفاء محمد هادي الجزائري[*] هاشم نايف هاشم[**]

المستخلص:

النماذج الرياضية التي صممت للاستبدال الوقائي للاجزاء والمعدات ، يبدو من الواضح ان غالبية ما متوفر من كلف خلال الوقت هو متولد عن استخدام اسلوب استبدال المجموعة للاجزاء مقارنة باسلوب استبدال فقط للجزء المعطل او الذي يكون قريب من العطل ،في هذا البحث نحن سوف نختار سياسة استبدال توقف المجموعة وهي تمثل الكلفة المثالية لهذه السياسة وان فترة الاستبدال هي خلال اربعة اشهر .

Abstract:

Mathematical methods have been design for preventive replacements of parts and equipments, it has been observed that many a time cost – savings are generated by a group replacement of the parts rather than replacing parts only when they fail or about to fail, in this research we should choose the group breakdown replacement policy and this is the optimal cost for this policy ;replacement period is 4 months.

المقدمة :

إدارة الصيانة *maintenance management* من الوظائف الساندة (*support function*) للعمليات الإنتاجية (*production operations*) والخدمية وبالتالي فأنها من الوظائف المهمة والتي لها تأثير كبير على حالة المصنع والمكائن التي تستخدم في الإنتاج وفي صناعة الخدمة .

وعلى سبيل المثال لا الحصر في مصنع للعمليات المستمرة (*continuous process*) مثل مصفاة تكرير النفط (*petroleum refinery*) فأذا ما توقف قسم واحد عن العمل فانها ربما تتأثر حالاً وقد يكون بشكل كامل على مجرى العملية وبقية العمليات خلال فترة يمكن ان تكون قصيرة جداً .

اما اذا كانت المواد تنتج بعملية واحدة او بدفعة واحدة (*batch operation*) فان أي توقف ربما يُعرض المواد الى التلف او الى الاخلال بجدولة الدفعات المتعددة والمعدة للانتاج ، من هذا يتضح أن الابقاء

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠٠٦/٤/٢ تاريخ قبول النشر ٢٠٠٧/٥/٢

[*] استاذ مساعد/المعهد التقني/البصرة.

[**] مدرس/المعهد التقني/البصرة.

على حالة الاشتغال الطبيعية لجميع المراحل الانتاجية يتطلب اعداد وتنفيذ برامج علمية مدروسة وواقعية للصيانة وخاصة الوقائية منها لكي تتمكن الشركة تجنب المشاكل التي قد تؤدي الى خسارة كبيرة من خلال التاخير في تنفيذ البرامج وعدم امكنية الشركة من الايفاء بالتزامتها مما قد يصعب السيطرة على تلك المشاكل وقد يؤثر ذلك بدوره على مستقبل الشركة في الاسواق .

منهجية البحث

مشكلة البحث :

تعاني شركة كهرباء الجنوب من عدة مشاكل ، منها ما يتعلق بالتوقفات المفاجئة وارتفاع في تكاليف الصيانة والاستبدال ، وهي بذلك بحاجة الى اعتماد سياسة استبدال للاجزاء بأقل كلفة ممكنة فضلاً عن التقليل في حجم التوقفات.

هدف البحث :

يهدف البحث الى استخدام افضل الاساليب الكمية في تحديد سياسات الاستبدال المختلفةواختيار احد هذه السياسات التي تحقق لنا اقل كلفة استبدال للاجزاء اثناء القيام بأعمال الصيانة الوقائية(*preventive maintenance*)، وبما يضمن تجنب شركة كهرباء الجنوب تحمل تكاليف لا مبرر لها وضمان التخفيض في التوقفات المفاجئة .

حدود البحث :

تمثلت حدود الدراسة في شركة كهرباء الجنوب .

اسلوب البحث :

يغطي البحث محورين اساسيين اولهما استعراض للمفهوم النظري الخاص بالصيانة ، مفهومها ، اهميتها والفوائد المتوخاة من جراء استخدام الصيانة الوقائية ، والثاني تطبيق مجموعة النماذج الرياضية باستخدام الاسلوب الكمي بالاعتماد على التكاليف الخاصة بالصيانة الوقائية والاستبدال للاجزاء والمعدات بالاستفادة من المعلومات المالية المتوفرة في شركة كهرباء الجنوب .

مجال الدراسة :

أ- **مجال زماني :** اختيرت البيانات لسنة 2005 لاغراض تقدير الكلف الخاصة بالمواد وتكاليف اجراء الصيانة والاستبدال .

ب- **مجال مكاني :** المحطة الثانوية لكهرباء منطقتي الجمهورية والموفقية في البصرة .

الجزء الاول :-

الجانب النظري

أولاً :- مفهوم الصيانة *Concept of maintenance*

تعد الصيانة احد اهم النشاطات التي تمارسها المنشأت على اختلاف انواعها الصناعية والخدمية لضمان استمرار العمليات بحالة الاشتغال الطبيعية وتقليل من مخاطر التوقف المفاجيء والذي قد يترتب عليه خسارة مادية كبيرة ، بمعنى اخر ان الصيانة [1] هي جميع الاعمال التي تمارسها ادارة الصيانة لضمان استمرار العمليات الانتاجية من خلال الابقاء على المعدات في حالة صالحة للاشتغال .

ثانياً :- الصيانة الوقائية *Preventive maintenance*

ان التخطيط لاعمال الصيانة احد اهم النشاطات لمدير الصيانة ، وان التخطيط المسبق والاختياري يعرف بالصيانة الوقائية ، وتتضمن الصيانة الوقائية العمليات الاتية :- [2]

١- من المعتاد في الصيانة الوقائية هو الاعتناء بالمعدة مثل القيام باعمال التزييت (*lubricating*) والتنظيف والتعديل والتضبيط الخ ..

٢- الفحص الدوري (*periodic inspection*) للمعدة وجدولة استبدال الاجزاء .

٣- الاستعداد للعمل الطارىء (غير متوقع) وهذا الاستعداد يكون بشكل واضح خاصة في المصانع الكيمياوية والتي تشتغل بشكل مستمر وترافق عمليات الاشتغال قدر من الخطورة ، لذا تكون اعمال الصيانة الوقائية بفترات منتظمة وخاصة في المصانع ذات المعدات الضخمة والتي تتصف بأجزائها المتعددة والتي تتطلب فحصها جميعاً .

٤- مراقبة الحالة (*condition monitoring*) هو اسلوب جديد مبتكر عندما تكون الكلفة عالية للمعدة الحرجة والتي تراقب باستمرار او بفترات زمنية متكررة من خلال ملاحظة مثلاً اقيام المؤشرات المتعددة والعاكسة لحالة المعدات ومركباتها والتي تبدو انها خصصت لمراقبة ربما درجة الحرارة ، الاهتزاز ، الصوت ، الاحتكاك ، التآكل ، التسرب ، فضلاً عن ذلك فأن مراقبة المؤشرات ربما توضح القصور في الاداء او الفشل عن القيام بالواجب او ضعف التحميل ضعف العزل او توليد حرارة غير مناسبة (*improper heat generation*) او تكوين طبقة مترسبة او غبار او الاكسدة التي تنتج بأستمرار الاشتغال .

ان مراقبة الاهتزاز مثلاً وتحليله ، ربما هو لغرض تثبيت العيوب مثل سوء الاستقامة اختلال التوازن في الدورة (*rotation*) ، الانحناء او الالتواء في العمود او عطل في المسننات ، المراوح ، الانابيب تخلف الدوران المغناطيسي . كما ان مراقبة الاحتكاك ربما يشير الى الاستهلاك ومعدل هذا الاستهلاك وهل انه اجهاد في السطح الخارجي .لذلك فالكثير من المعلومات الحقيقية والموضوعية يمكن الحصول عليها من خلال مراقبة الحالة ، وهذه المعلومات قد تشير إلى احتمالات ان يكون هناك عطل رئيسي قريب وبالتالي فان المعلومات المقدمة من مراقبة الحالة تكون أكثر فائدة . نستنتج من ذلك إن نظام مراقبة الحالة ذا فائدة كبيرة وخاصة في الآلات ذات الأحجام الكبيرة والكلف العالية وبالمقابل فان كلفة المراقبة مرتفعة بسبب ما تتطلبه من مراقبة معقدة وأدوات قياس متعددة ولكن الكلفة العالية تكون مبررة طالما إن توقف الإنتاج قد يسبب خسارة مادية كبيرة للمنشاة وخاصة في حالة الإنتاج المستمر .

ثالثاً :- فوائد الصيانة الوقائية Benefits form preventive maintenances

إن أهم الفوائد المتوخاة من الصيانة الوقائية هي :- [3]

١. التخفيض في إجمالي وقت التوقف والنتيجة المنطقية هي تخفيض في مقدار خسارة الإنتاج.
٢. التخفيض في عدد التصليحات الرئيسية والنتيجة المنطقية هي تخفيض نفقات الصيانة .
٣. التخفيض في عدد المرفوضات (*reduction in the number of rejects*) من غير التحسين في نوعية المنتج .

٤. تخفيض المخزون من قطع الغيار .
٥. تخفيض ادارة الازمة في الصيانة ، الى جانب هذه الفوائد المشار اليها ، فان هناك تكاليف مؤكدة وهي عادة ما تكون مرافقة لبرنامج الصيانة الوقائية وهي كما يأتي :-

- جدولة وقت توقف الانتاج *scheduled down-time of production*
- استبدال الاجزاء والتجهيزات *replacement parts and supplies*
- الادوات المستخدمة في حالة الاعتماد على مراقبة الحالة (*condition monitoring*)
- اجور تقنيات الصيانة الوقائية والموظفين .
- التكاليف الثانوية مثل الحفظ ، التسجيل ، الامور الادارية الاخرى.

ونتابع هنا ان الاكثار او الاقلال من اعمال الصيانة الوقائية غير صحيح ، والافضل هو خلق حالة من الموازنة، وكذلك فيما يتعلق بموقع المواد المخصصة للصيانة الوقائية وصيانة التوقفات.

كما نود الاشارة هنا الى انه لا يمكن ان نجدول اعمال الصيانة الوقائية لكل المواد والمعدات كما لا يمكن صرف معظم الوقت لاغراض الصيانة الوقائية فقط ، لذلك فان لكل مصنع طبيعة عمل خاصة وبالتالي يملك سياسات خاصة للصيانة الوقائية تكون مناسبة لاحتياجات المصنع وهذا الاحتياج يعتمد على المقارنة ، موازنة الكلف ، بيئة العمل انواع العمليات انواع المعدات ، عمر المعدة والمصنع والعوامل الاخرى التي يمكن ان تحدد احتمالية وقوع الحدث (التوقف) ومقدار التكاليف في حالة فقدان او وجود برامج الصيانة الوقائية بحجم صغير او كبير .

رابعاً :- <u>النماذج الرياضية المصممة للاستبدال</u> Mathematical models

هناك اربع نماذج رياضية (سياسات مختلفة) للاستبدال (*replacement policies*) ممكنة التطبيق [4]

١. استبدال التوقف المستقل *independent breakdown replacement* ويعني استبدال الجزء المعطل فقط .
٢. استبدال المجموعة عند التوقف *group breakdown replacement* ويعني عند توقف جزء عن العمل تستبدل بقية الاجزاء .
٣. استبدال وقائي فردي *individual preventive replacement* ويعني استبدال الجزء قبل موعد انتهاء عمره المقدر حتى لو لم يتوقف .
٤. استبدال وقائي للمجموعة *group preventive replacement* في فترات ثابتة *fixed intervals* يتم استبدال جميع الاجزاء ويكون ذلك ضمن الفترة المقدرة لعمر الجزء .

الجزء الثاني :

<u>الجانب التطبيقي</u>

تعد شركة كهرباء الجنوب احدى المرافق الخدمية ذات الطبيعة الاستراتيجية ، اذ تقدم خدمات كبيرة من خلال تجهيز الطاقة الكهربائية ، وتتكون هذه الشركة من مجموعة من المحطات الثانوية (*sub stations*) في مواقع مختلفة من المحافظة ، وهذه المحطات تقوم بالسيطرة على التيار الكهربائي

المجهز للمرافق المختلفة ، والمحطة الثانوية في منطقة الموفقية مهمتهـا تغذيـة منطقتـي الجمهوريـة والموفقية بالكهرباء ، وهي تمتلك لذلك ثمان من اجهزة قاطع الدورة (*breaker*)،وتحتوي هذه الاجهزة على مقاييس للفولتية واخرى للتيار(*CT*) وتحتوي على جزء صغير يسمى (*relay*) وهذا الجزء هـو بمثابة مفتاح مغناطيسي يتحسس التيار الكهربائي وقد يتعرض الى التلف وبالتالي الى توقف المقياس عن القراءة مما يشكل عائق حقيقي لمعرفة مقدار التيار والفولتية ، وبذلك وبهدف تطبيق برنـامج للاسـتبدال يعتمد اساساً على تقديرات مسبقة توضح احتمالية توقف هذا الجزء نتيجة الاستخدام وعمـره الانتـاجي والجدول رقم (1) يوضح الفترة الزمنية الخاصة بعمر الجزء(*relay*) واحتمالية العطل خلال هذه الفترة.

جدول رقم (1): يوضح الفترة الزمنية للاشتغال واحتمالية العطل *Time, failure probability*

وقت الاشتغال بالاشهر ***Time in months***	احتمالية العطل ***Failure probability***
1	–
2	–
3	–
4	0.5
5	0.15
6	0.30
7	0.25
8	0.15
9	0.10

كما توفرت المعلومات التالية عن هذا الجزء وهي كما يأتي :-

- قيمة الجزء (*relay*) 55$ دولار
- عدد الاجزاء (*relays*) في قاطع الدورة (2) وبما انه توجد خمس منها بذلك يكون عدد الاجزاء (*relay*) هو 2×5 = 10 جزء.
- كلفة الاستبدال 70 $ دولار .

في ضوء هذه المعلومات فان الاجراء الذي يتم اتخاذه من قبل الباحثين للتصدي الى هذه المشكلة واختيار البديل الامثل لحله تفادياً للخسارة المادية التي من الممكن ان تتعرض لها الشركة فضلاً عن العطلات المفاجئة التي قد تحصل ، تم اعتماد اربع سياسات مختلفة للاستبدال وهي كالآتي :-

١-الحالة الاولى

سياسة أستبدال التوقف المستقل (*IBRP*)

يمكن تطبيق هذه السياسة وفقا للمعادلات التالية :-

متوسط حياة ال(*relay*) = (الشهر × احتمالية العطل) ... (لجميع اوقات الاشتغال)

كلفة الشهر الواحد = قيمة الجزء×عدد الاجزاء / متوسط حياة الجزء

متوسط حياة الـ(*relay*)=(4 *0.5)+(5 * 0.15)+(6 * 0.30)+(7* 0.25)+(8*0.15)+(9* 0.10)

=6.6 شهر

كلفة الشهر الواحد وفقاً لهذه السياسة = $\frac{\$\ 55}{6.6} \times 10$ (*relay*)

= 83.3 $ للشهر الواحد

٢-الحالة الثانية

سياسة استبدال توقف المجموعة *GBRP*

كلفة استبدال 10 *relay* معاً = 300 $ بدلاً من 550 $

$$\text{كلفة الشهر الواحد} = \frac{\$300}{\text{معدل حياة (}relay\text{) واحد}}$$

معدل الحياة = 4 (احتمال ان يكون اول عطل يقع في الشهر الرابع) + 5 (احتمال ان يكون اول عطل يقع في الشهر الخامس)

+ 6 (احتمال ان يكون اول عطل يقع في الشهر السادس) + 7 (احتمال ان يكون اول عطل يقع في الشهر السابع)

+ 8 (احتمال ان يكون اول عطل يقع في الشهر الثامن) + 9 (احتمال ان يكون اول عطل يقع في الشهر التاسع)

أذن : أحتمالية البقاء للشهر الرابع = 1 – احتمالية عطل ال *relay* في الشهر الرابع

= 1 - 0.05 = 0.95

وعليه فأن أحتمالية بقاء جميع (*relay*) الى الشهر الرابع

$= (0.95)^{10}$

$= 0.599$

اذن أحتمالية عطل أي واحد من الـ (*relay*) في بداية الشهر الرابع هو :-

$= 1 - (0.95)^{10}$

$$0.401 = 0.599 - 1 =$$

وعليه يمكن ايجاد بقية الاحتمالات للاشهر وكما يلي :-

احتمالية البقاء للشهر الخامس

$$0.80 = 0.20 - 1 =$$

$$(0.80)^{10} =$$

$$0.107 =$$

اذن احتمالية عطل أي واحد من الـــ (*relay*) في الشهر الرابع أو الخامس

$$(0.80)^{10} - 1 =$$

$$0.107 - 1 =$$

$$0.893 =$$

اذن احتمالية ان اول عطل يقع في الشهر الخامس هو :-

$$= [1 - (0.80)] - [1 - (0.95)]$$

$$0.401 - 0.893 =$$

$$0.492 =$$

وباختصار سوف يكون احتمالية ان اول عطل يقع في الشهر السادس

$$= [1 - (0.5)] - [1 - (0.8)]$$

$$0.893 - 0.999 =$$

$$0.106 =$$

في الشهر السابع $= [1 - (0.25)] - [1 - (0.5)]$

$$0.001 = 0.999 - 1.000 =$$

في الشهر الثامن $= [1 - (0.10)] - [1 - (0.25)]$ قيمة سالبة

في الشهر التاسع $= [1] - [1 - (0.10)]$ قيمة سالبة

وعليه فان معدل حياة (*average life*) الـــ (*relay*) =

$$(0.00)9+(0.000)8+(0.001)7+(0.106)6+(0.492)5+(0.401)4$$

$$0.007+0.636+2.460+1.604 =$$

$$4.707 = \text{شهر}$$

وبذلك تصبح كلفة الشهر الواحد

$$\frac{\$300}{4.707} =$$

$$\$ 63.7 =$$

٣-الحالة الثالثة :-

الاستبدال الوقائي الفردي *IPR*

ان الكلفة الاجمالية لاستبدال وحدة واحدة تتضمن عنصرين

a) احتمالية ان الـ (*relay*) ربما سيتعطل قبل عمره الاستبدالي والحاجة للتوقف الاستبدالي .

b) احتمالية ان *relay* ربما لا يتعطل ضمن عمره الاستبدالي .

اذن :-

العنصر a) = 5.5*(0.05+0.15) = 11$ دولار

العنصر b) = 70*(0.80) = 56$

الكلفة الكلية لاستبدال الوحدة = 67 $

العمر المتوقع لل (*relay*) = (0.05*4)+5(0.10+0.15+0.25+0.30+0.15)

4.75+0.20=

4.95= شهر

الآن نحسب الكلفة لكل شهر وكالاتي

الكلفة في الشهر = الكلفة الاجمالية للاستبدال / العمر المتوقع لل(*relay*)

= 10*67 / 4.95 = 670 / 4.95 = 135.3 $ تمثل كلفة الاستبدال الوقائي لخمسة اشهر

اما اذا كانت لمدة ستة اشهر فيكون حسابها كالاتي :-

العنصر a) = 55*(0.05+0.15+0.30)

= 27.5 $

العنصر b) = 70*0.50 = 35 $

اجمالي كلفة الاستبدال = 27.5 + 35 = 62.5 $

العمر المتوقع لل (relay) = (0.05*4)+5(0.15)+6(1-0.05-0.15)

= 5.75 شهر

اذن الكلفة لشهر واحد = 10 * 62.5 / 5.75

= 108.7 $

وبنفس الطريقة يتم حساب القيم لفترات الاستبدال الاخرى .

كلفة الشهر السابع = 78 $

كلفة الشهر الثامن = 86.9 $

كلفة الشهر التاسع = ٩٨,٦ $

اذن كلفة الاستبدال لاربعة اشهر ستكون كالاتي :-

للعنصر a) = 55 * 0.5 = 27.5 $

للعنصر b) =70 * 0.95 = 66.6 $

الكلفة الاجمالية لوحدة الاستبدال = 94 $

$$\text{الكلفة في الشهر} = \frac{10 * 94}{4}$$

= 235 $

وفقاً لهذه السياسة ستكون فترة الاستبدال المثلى هي الشهر السادس وبكلفة (108.7 $).

٤-الحالة الرابعة

نفترض ان تكون فترة الاستبدال لثمانية اشهر ، وعليه فان الكلفة الاجمالية وفق هذه السياسة للعنـــصرين (a),(b) ستكون كالاتي :-

للعنصر a) كلفة الاحلال للمجموعة = 300 $

للعنصر b) كلفة الاستبدال للتوقف المستقل ستكون

55 $ * عدد العطلات (التوقفات) خلال ثمانية أشهر .

اذن عدد التوقفات خلال ثمانية أشهر تحسب كالاتي :

=(0.15*10)+ (0.05*10)+

لاربعة اشهر لخمسة اشهر

(0.3*10)+ [(0.25*10)+(0.05)(0.05*10)]+

لستة اشهر لسبعة اشهر لثمانية اشهر

[(0.15*10)+(0.15)(0.05*10)+(0.05)(0.15*10)]+

= 9.175

$$\text{اذن الكلفة للشهر الواحد} = \frac{300\$ + 55(9.175)}{8}$$

$$= \frac{804.6}{8}$$

= 100.5 $

جدول رقم (2)يوضح تكاليف استبدال المجموعة *Costs group replacement*

تكاليف استبدال المتوقف في فترات مختلفة *Breakdown replacement costs In different periods*								
فترة الاستبدال	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**التكاليف الكلية Total costs**	**معدل الكلفة Average**

								cost
3							300	100.00
4	55(0.5)						275	68.75
5	55(0.5)	55(1.5)					1100	220.0
6	55(0.5)	55(1.5)	55(3.0)				1265	210.8
7	55(0.5)	55(1.5)	55(3.0)	55(2.5)			1402.5	200.3
8	55(0.5)	55(1.5)	55(3.0)	55(2.5)	55(1.65)		1493.25	186.6
9	55(0.5)	55(1.5)	55(3.0)	55(2.5)	55(1.65)	55(1.52)	1576.82	175.2

من الجدول رقم 2 يمكن ان نلاحظ ان اقل قيمة استبدال بلغت 68.75 دولار في الشهر الرابع ،في ضوء ذلك يمكن تلخيص تكاليف السياسات الاربعة المختلفة وكالاتي :-

١. السياسة الاولى : استبدال التوقف المستقل = 83.3 دولار
٢. السياسة الثانية : استبدال توقف المجموعة = 63.7 دولار
٣. السياسة الثالثة : الاستبدال الوقائي الفردي = 108.7 دولار
٤. السياسة الرابعة : الاستبدال الوقائي للمجموعة= 68.7 دولار

من خلال ملاحظة اقيام التكاليف في اعلاه نجد انها التكاليف المثلى من جراء استخدام هذه السياسات ، وان الاختيار سوف يكون بسيط وبدون أي اعتراض هو النموذج الثاني والمتعلق بسياسة استبدال توقف المجموعة (*group breakdown replacement*) باعتبارها تشكل اقل كلفة استبدال والبالغة 63.7 دولار كما ان افضل فترة استبدال هي اربعة اشهر .

<u>مناقشة النتائج :</u>

من خلال العرض النظري والتحليلي السابق والذي أعتمده الباحثان باستخدام الاساليب الكمية والمعلومات المتوفرة لوحظ ان هناك سياسات متعددة وخيارات *alternatives* مختلفة يمكن من خلالها اختيار المناسب منها محققين بذلك الكفاءة المطلوبة في ضمان استمرار عمل المؤشرات من خلال اجراء عمليات الاستبدال الوقائي بأقل تكلفة ممكنة وفي الوقت المناسب الا ان الواضح في عمل فرق الصيانة محصور باجراء عملية الاستبدال عند العطل ما ينعكس سلبياً باتجاه زيادة التكاليف والحصول على قراءات خاطئة تتعلق بمقدار التيار والفولتية وفي ضوء ذلك يمكن ان نتوصل الى مجموعة من الاستنتاجات وهي كما يلي :-

١. القصور في مجال استخدام الاساليب الرياضية في تقدير كلفة الاستبدال الفردي او الاجمالي وتوقيت اجراء عملية الاستبدال مما انعكس سلباً على زيادة حجم التكاليف وزيادة في عطل المؤشرات الخاصة بقراءات الفولتية والتيار .
٢. ان اعتماد اعمال الصيانة العلاجية في اجراء عملية الاستبدال للجزء المعطل فقط عند توقفه عن العمل زاد من مقدار التكاليف فضلاً عن زيادة في وقت التوقفات .
٣. من خلال الزيارات الميدانية للشركة تبين انها لم تأخذ بالحسبان التكاليف الاضافية التي يمكن تجنبها اذا ما تم الاعتماد على الاسلوب الكمي الذي يحقق اقل كلفة واقصر وقت .

وبمقتضى هذه الاستنتاجات يمكن تحديد اهم التوصيات :-

١. ضرورة الاعتماد على الاساليب الكمية في تقدير وحساب الكلف لضمان التقليل من مقدار الخسارة التي قد تتعرض لها الشركة .
٢. الاعداد النوعي للعاملين في الحسابات وادخالهم في الدورات التدريبية التي تكفل امـــدادهم بالمعارف واكسابهم الخبرة في مجال استخدام الاساليب العلمية المتقدمة .
٣. اعتماد خوارزمية السياسة الثانية (استبدال توقف المجموعة) بأعتبارها تمثل اقـــل قيمـــة 63.7 دولار مقارنة بالسياسات الاخرى .

المصادر :

1.Chary Sn ., *Production and Operation Management* , Graw – Hill, New Delhi ,2004.
2.Suri Kulneet., *Total Quality Management*, AISA Enterprises, London , 2005.
3.Davis Mark M., *Fundamentals of Operations Management*, McGraw-Hill, London ,2003.
4.Russell Roberta S., *Operations Management*, Prentice – Hall, New York, 2004.