# خطة الصيانة الوقائية ومحاكاتها على وفق معايير هندسة المعولية دراسة حالة في الشركة العامة للصناعات الجلدية - معمل رقم 7-

**أ. د. صباح مجيد النجار**
**كلية الإدارة والاقتصاد**
**جامعة بغداد**

**يوسف عبد الإله احمد الطائي**
**ماجستير إدارة صناعية**

المستخلص

**يهدف هذا البحث الى دراسة واقع الصيانة في معمل رقم 7 التابع للشركة العامة للصناعات الجلدية وتأشير الجوانب التي تحتاج الى معال، وكذلك تصميم نظام صيانة وقائية محوسب لتطبيقه في تخطيط نشاطات الصيانة، فضلا عن تصميم خطط صيانة وقائية، لعينة من مكائن المعمل على وفق الأسس العلمية للصيانة. لتحقيق أهداف البحث فقد تم جمع وتحليل البيانات المتعلقة بمكائن عينة البحث لحساب معايير هندسة المعولية لعينة البحث للفترة من 2/1-2005/6/30، ثم تصميم خطة صيانة وقائية لكل ماكنة على انفراد وذلك بأستخدام النظام المحوسب الذي اعد في هذا البحث. وبهدف تقييم أداء خطة الصيانة الوقائية لكل ماكنة فقد تمت محاكاتها بأسلوب مونت كارلو ولمدة سنة واحدة. استخدمت نتائج المحاكاة في اختبار فرضيات البحث، وأفادت نتائج الاختبار بوجود اختلافات معنوية بين معايير أداء هندسة المعولية بأستخدام خطط الصيانة الوقائية التي صممت ومعايير هندسة المعولية الفعلية لمكائن عينة البحث. أوصى البحث بتبني نظام الصيانة المحوسب وخطط الصيانة التي أعدت في هذا البحث.**

## Abstract

**This research is an attempt to study and evaluate the maintenance function at Factory 7 - The State General Company for Leather Industries, and to design a computerized preventive maintenance system to design and to analyze preventive maintenance. To accomplish the objectives of this research, data were gathered and analyzed according to the reliability engineering criteria for the period 2/1– 30/6/2005, then a preventive maintenance plan was designed for each machine of the sample study using the computerized system designed in this research. A Monte Carlo Simulation methodology was used for the purpose of evaluating the performance of the preventive maintenance plan of each machine for one year. The simulation results were used in performing significance tests of the research hypothesis. The significance tests revealed that the performance criteria of the preventive maintenance plans designed here were significantly different than the actual performance criteria. This research recommends the use of the computerized system and the preventive maintenance plans derived in this research.**

---

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

المقدمة

**أعطى حجم الاستثمار المستخدم في المشروعات الصناعية أهمية كبيرة لعملية الصيانة بعدها وسيلة فعالة لرفع الانتاجية وإطالة العمر الإنتاجي الفعال للمكائن المستخدمة من خلال البرامج المخططة للصيانة التي تهدف الى تحقيق الإرباح وخفض التكاليف وتحسين جودة الانتاج، وظل**

مفهوم الصيانة مقتصرا في الماضي على الإصلاح الذي يجري بعد توقف وخروج الماكنة من العمل، أي ان الصيانة كانت مرادف للتصليح فكانت تختص بتصليح ما تم إفساده عندما يحدث العطل فعلا. ولم تكن مسببات العطل تكتشف إلا بعد حين وبعد تكرار التوقف ولم تعد وظيفة الصيانة الآن قاصرة على المفهوم التقليدي من حيث كونها مجموعة من الأعمال الهندسية والجهود الفنية التي يعهد بها الى عدد من المهندسين او الأخصائيين، بل أصبحت جهدا إداريا متكاملا يشرف عليه مسئول إداري يصل الى اعلى المستويات الادارية في التنظيم، ويمارس الوظيفة الادارية بكل عناصرها وابعادها، من اجل البحث عن أفضل السبل الكفيلة بتخصيص وجدولة وبرمجة فعاليات الصيانة لغرض المحافظة على ديمومة المستوى التشغيلي للموجودات الانتاجية.

وانطلاقا مما تقدم، جاء هذا البحث لمعالجة مشكلة الصيانة لعينة من مكائن معمل رقم 7 في الشركة العامة للصناعات الجلدية. إذ لوحظ قلة اهتمام الشركة بتطبيق نظام الصيانة الوقائية واهمال الجدولة في انجاز اعمالها فضلا عن عدم استخدام مؤشرات تقييم جودة اداء وظيفة الصيانة بغية تحديد نسب الاتاحية للمكائن.

يهدف البحث الى تطبيق اسس علمية لقياس جودة اداء الصيانة وانشاء نظام صيانة وقائية قابل للتطبيق يدويا او بأستخدام الحاسوب، وله القدرة في دعم إدارة الصيانة على وضع خطط الصيانة الوقائية وجدولة اعمالها اعتمادا على الأسس العلمية في تخطيط وجدولة الصيانة الوقائية. كما يهدف البحث الى اعداد خطة لآعمال الصيانة التي يمكن بواسطتها الارتقاء بمستوى اداء المكائن في معمل رقم 7 وقابلة للتطبيق على مستوى الشركة ككل بالاعتماد على الأسس العلمية والبيانات التي تم الحصول عليها من المشاهدات والمقابلات الشخصية والسجلات والتي استخدمت في عرض وتحليل واقع الصيانة في العينة المبحوثة.

استخدم البحث اداوات هندسة المعولية لتقييم خطط الصيانة قبل وبعد الاجراءات المقترحة في هذا البحث. كما استخدمت لغة Visual Basic 6.0 في تصميم نظام الصيانة الشاملة، فضلا عن استخدام البرمجية الجاهزة Excel في بناء نموذج محاكاة لتشغيل خطط الصيانة المصممة لغرض الوقوف على مستوى نجاح تنفيذ خطط الصيانة المقترحة. وبهدف تقييم اداء خطة الصيانة الوقائية لكل ماكنة فقد تمت محاكاتها بأسلوب مونت كارلو ولمدة سنة واحدة. استخدمت نتائج المحاكاة في اختبار فرضيات البحث، إذا افادت نتائج الاختبار وجود اختلافات معنوية بين معايير اداء هندسة المعولية بأستخدام خطط الصيانة الوقائية التي صممت ومعايير هندسة المعولية الفعلية لمكائن عينة البحث. اوصى البحث بتبني نظام الصيانة المحوسب وخطط الصيانة التي اعدت في هذا البحث.

أولا - منهجية البحث

## 1-1- مشكلة البحث

**من خلال الزيارات الميدانية لموقع البحث فقد لوحظ ما يأتي:-**

1- **اقتصار عملية الصيانة الوقائية في العمل في معمل رقم 7 على عمليات التزييت والتشحيم والتنظيف والتي تتم بناء على خبرة العامل .**
2- **تمثل الصيانة العلاجية نسبة كبيرة من نشاط الصيانة في المعمل، أي اجراء الصيانة بعد حدوث العطل مما يؤدي الى تدهور حالة المكائن وزيادة عطلاتها.**
3- **قلة استخدام الوسائل العلمية في تنظيم برمجة عملية الصيانة في إعداد أوامر العمل وبطاقات الصيانة الوقائية والعلاجية وبطاقة تاريخ الماكنة، واستخدام الصيغ الرياضية في إعداد خطط الصيانة الوقائية.**
4- **عدم اعتماد الشركة على مؤشرات لقياس أداء عمليات الصيانة وتقدير معولية المكائن الانتاجية ومدى اتاحيتها للتشغيل والإنتاج .**

**وفي ضوء ما تقدم تتمثل مشكلة البحث بالأسئلة الآتية:-**

- **هل يمكن تطبيق خطة صيانة وقائية تجريبيا وقياس الأداء على وفق معايير هندسة المعولية؟**
- **هل يمكن ان يساهم تصميم وتطبيق خطة صيانة وقائية عملية في تحسين الميزة التنافسية للشركة؟**
- **ما القدرات الفعلية للنظام في تحسين معايير هندسة المعولية (معدل الوقت بين العطلات، معدل الوقت اللازم للإصلاح، الاتاحية، نسب الفشل)؟**

## 1-2- أهمية البحث

**تتلخص اهمية البحث بما يلي:-**

1- **الكشف عن مدى فاعلية نظام الصيانة في تحقيق أهداف المنظمة الإستراتيجية، وفي أولها تحقيق الميزة التنافسية.**
2- **المساهمة بمساعدة الشركة في تصميم برامج صيانة وقائية وتطبيقها على الخطوط الانتاجية لإحكام السيطرة على فعاليات الصيانة وفق الإمكانيات المتاحة.**
3- **المساهمة في تقديم مؤشر لتقييم أداء الصيانة باستخدام معايير هندسة المعولية عن طريق مقارنة الأداء بين الواقع الفعلي والمخطط مما يتيح للشركة فرصة اتخاذ قرارات استباقية.**
4- **تأكيد الدور الفاعل لتخطيط عمليات الصيانة الوقائية في تحقيق الأهداف الإستراتيجية للمنظمة المتمثلة بما يأتي:-**
   - **الحفاظ على قدرة وكفاءة أداء المكائن طيلة مدة خدمتها .**
   - **تعظيم الطاقة الانتاجية للمكائن وزيادة مستوى استخدامها.**
   - **الحفاظ على استمرارية الانتاج.**
   - **ضمان الجودة العالية بالسلع والخدمات.**
   - **تعظيم معولية اتاحية مكائن الانتاج وتخفيض نسب فشل المكائن الى أدنى حد ممكن.**

### 3-1- أهداف البحث

يسعى هذا البحث الى تحقيق الأهداف الآتية:-

1- دراسة واقع الصيانة المتبعة في مجتمع البحث وتشخيص الجوانب السلبية لتفاديها عبر إيجاد الحلول الملائمة لها.
2- تحليل وتقييم أداء المكائن وكفاءة أداء نظام الصيانة المتبع لمكائن عينة البحث.
3- تصميم نظام صيانة وقائية بأستخدام الحاسوب قابل للتطبيق في معامل الشركة كافة مساهمة في تحسين أداء وظيفة الصيانة.
4- تصميم خطط صيانة وقائية لمكائن عينة البحث على وفق معايير هندسة المعولية.
5- محاكاة خطط الصيانة الوقائية التي صممت في هذا البحث للوقوف على أداء تلك الخطط عن طريق حساب معايير هندسة المعولية.
6- مقارنة أداء خطط الصيانة المصممة مع أداء الصيانة الفعلي ورسم الاستنتاجات عن ذلك.
7- تحديد مدى قدرة خطة الصيانة الوقائية لتحسين معولية اتاحية المكائن الانتاجية، وبالشكل الذي يضمن توظيف استخدام نظام الصيانة كوسيلة للتحسين المستمر.

### 4-1- أساليب جمع البيانات

- الكتب والدوريات والرسائل الجامعية العربية والانكليزية والتصفح في شبكة الانترنيت.
- المعايشة الميدانية للمدة من 2005/1/2 – 2005/6/30 (135 يوم عمل)، إذ تم خلالها الاطلاع على تفاصيل عمل قسم الصيانة ومتابعة سير عمليات الانتاج وجمع بيانات تاريخية عن صيانة المكائن واستخدمت في حساب متوسط الوقت بين العطلات وأوقات التصليح ومعدلات الفشل والاتاحية لعينة البحث.
- السجلات والتقارير:- سجل العطلات للعام 2004-2005، سجل نقل المكائن، بطاقات تصليح الماكنة لنفس الفترة اعلاه، تقارير محوسبة لبيان موقف إدارة الصيانة.
- المقابلات الشخصية مع العديد من المدراء من ذوي العلاقة بنشاط الصيانة.

### 5-1- إجراءات البحث

1- تحليل واقع نظام الصيانة المطبق في الشركة عينة البحث اعتمادا على أدوات هندسة المعولية المتمثلة بمتوسط الوقت بين العطلات(Mean Time Between Failures (MTBF، ومتوسط وقت الإصلاح (Mean Time To Repair (MTTR، والاتاحية Availability، ونسبة الفشل ( λ ) Failure Rate لما توفره من مؤشرات عن أداء المكائن وكفاءة نظام الصيانة المتبع.
2- تصميم نظام جديد ومحوسب قابل للتطبيق في معمل رقم 7 مساهمة في تحسين أداء المعمل كما يمكن تعميمه على باقي معامل الشركة نظرا للسمات العلمية التي يتسم بها النظام*.

* لم يعرض النظام المحوسب في هذا البحث تجنبا لتجاوز عدد الصفحات المسموح بها للنشر في المجلة وبالإمكان الرجوع إلى أصل الرسالة للاطلاع على تفاصيل النظام المحوسب.

3- استخدام المحاكاة في تشغيل نظام جدولة الصيانة الوقائية بهدف إعطاء صورة واضحة للشركة عن تنفيذ النظام المقترح وتحليل نتائج المحاكاة بمؤشرات هندسة المعولية.
4- مقارنة نتائج مؤشرات هندسة المعولية للواقع الفعلي ونتائج مؤشرات هندسة المعولية بأستخدام أسلوب المحاكاة (في ظل تطبيق خطة الصيانة الوقائية المقترحة)، للوقوف على مدى تحسن هذه المؤشرات وبالتالي تحسن كفاءة أداء النظام الإنتاجي.

## 1-6- فرضيات البحث

الفرضية الأولى: يختلف معدل الوقت بين فشل وآخر MTBF لمكائن عينة البحث على وفق نتائج المحاكاة اختلافا معنويا عن MTBF الفعلي.
الفرضية الثانية: يختلف MTTR الناتج عن عملية المحاكاة اختلافا معنويا عن MTTR الفعلي لمكائن عينة البحث.
الفرضية الثالثة: يختلف معدل اتاحية المكائن Availability للواقع الفعلي اختلافا معنويا عن الاتاحية الناتجة من تطبيق المحاكاة.
الفرضية الرابعة: يختلف معدل نسبة الفشل ( $\lambda$ ) للواقع الفعلي اختلافا معنويا عن معدل نسبة الفشل الناتج من تطبيق عملية المحاكاة على مكائن عينة البحث.

## 1-7- أدوات البحث

لانجاز الجانب العملي وتحقيق أهداف البحث فقد استخدمت الأدوات التالية:-
1- الإحصاء الوصفي لعرض وتحليل عينة البحث.
2- أدوات هندسة المعولية (الاتاحية، معدل الوقت بين العطلات، متوسط وقت الإصلاح، ونسبة الفشل).
3- مربع كاي لاختبار حسن المطابقة لتحديد نوع التوزيعات الاحتمالية المستخدمة في المحاكاة.
4- نموذج محاكاة مونت كارلو لمحاكاة خطة الصيانة الوقائية.
5- اختبار t لاختبار فرضيات البحث.
6- استخدام برمجيات Visual Basic 6.0, Excel, Access لتصميم وتشغيل النظام المحوسب.

## 1-8 – موقع وعينة البحث

أجري هذا البحث في معمل رقم 7 التابع للشركة العامة للصناعات الجلدية الكائنة في الكرادة وهي إحدى شركات وزارة الصناعة والمعادن. يضم المعمل 42 ماكنة تتوزع على ثلاثة أقسام وتم انتخاب ماكنة واحدة عن كل مجموعة مكائن متشابهة في أقسام الفصال والخياطة والسحب وتشكل العينة المنتخبة 21% من مجتمع المكائن. والجدول (1-1) يبين معلومات عن عينة البحث. ومن خلال المسح الأولي لمكائن المعمل خلال فترة المعايشة اتضح ان نسبة العطلات مرتفعة لجميع المكائن مما شكل دافعا قويا لدراسة هذه المشكلة والخروج بحلول عملية.

جدول 1-1

| القسم | الماكنة | منشأ الماكنة | عدد المكائن | سنة الاشتغال | درجة التعقيد التكنلوجي | | | درجة أهمية الماكنة | | | الغرض من الاستخدام |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | بسيط | معقد | دقيق | حرجة | محدودة الأهمية | بديلة | |
| الفصل | ماكنة قص وجه | انكليزي- VSM | 2 | 1980 | | * | | * | | | قص الجلد والبطانة |
| | ماكنة لويس | ألماني -فورتا | 2 | 1982 | | * | | * | | | تخفيف حافة الجلد |
| | ماكنة ترقيم | ألماني -شون | 1 | 1982 | | * | * | * | | | طبع الأرقام (الحجم ، رقم الموديل ، والتاريخ) |
| الخياطة | ماكنة خياطة عالية إبرة واحدة | ألماني - PFAFF | 8 | 1982 | * | | | * | | | درز البطانة+تركيب البطانة على الباشنة+خياطة البطانة على الوجه+خياطة محيط البرواز+نقش وجه ومؤخرة الحذاء |
| | ماكنة خياطة عالي إبرتين | ألماني - PFAFF | 8 | 1982 | | | * | * | | | درز مؤخرة الحذاء+تركيب الاخم+تركيب الباشنة على الوجه |
| السحب | ماكنة سحب المؤخرة | ألماني -شون | 1 | 1982 | | * | * | * | | | سحب مؤخرة الحذاء |
| | ماكنة سحب المقدمة | ألماني – استرا | 1 | 1982 | | * | * | * | | | سحب مؤخرة الحذاء |
| | ماكنة سحب الجوانب | ألماني -شون | 1 | 1982 | | * | * | * | | | سحب جوانب الحذاء |
| | ماكنة كبس النعل | ألماني - دسكو | 1 | 1982 | | * | | * | | | كبس مقدمة وجوانب ومؤخرة الحذاء |

ثانيا – التأطير النظري للصيانة

## 2-1- مفهوم الصيانة

يبدو للوهلة الأولى عند مراجعة أدبيات إدارة الانتاج والعمليات وجود اتفاق حول مفهوم الصيانة لعدّها نشاط حيوي يساهم في زيادة الاستخدام الفاعل للأجهزة والمعدات الانتاجية في مختلف المنظمات الصناعية بغية تعزيز جودة منتجاتها والتميز في أداءها، لكن الأدبيات والدراسات المتاحة قدمت مجموعة كبيرة من التعاريف كل منها تعبر عن وجهة نظرها في الصيانة منها:-

عرفها Stevenson على إنها "جميع الإجراءات للمحافظة على التسهيلات والمعدات لاستمرار النظام لأداء أعماله كما مخطط له"(Stevenson,1999,758 ). على حين عرفاها Heizer & Render بأنها " جميع الإجراءات المستخدمة للمحافظة على سلامة نظام الانتاج أو المعدات في حالة جيدة " (Heizer&Render,2001,700). أما (محسن والنجار) فقد عرفاها على أنها "العمل الذي يتخذ للحفاظ على معدات الانتاج أو إرجاعها الى مستوى مقبول بتكلفة معقولة "(محسن والنجار، 2004، 487).

وبزيادة الاستثمار في الموجودات وارتفاع تكاليفها وظهور معدات وخطوط إنتاج ذات تقنية عالية، ظهر مفهوم جديد ومتطور في الصيانة، وهو التيروتكنولوجي Terotechnology أي الاعتناء التكنلوجي.

ان التعريف الرسمي لفلسفة Terotechnology هو " الترابط بين الوظائف الإدارية والمالية والهندسية المطبق على الموجودات المادية سعيا وراء تخفيض الكلفة الاقتصادية لدورة حياة الموجودات، وتهتم ممارساته بالمواصفات وتصميم المصنع، والمعدات، والمباني، للتأكد من إمكانية الاعتماد عليها وإجراء الصيانة اللازمة لها، فضلا عن الاهتمام بنصبها وتركيبها والتأكد من صلاحية استعمالها وإجراء التحويرات عليها واستبدالها اعتمادا على البيانات التي يحصل عليها بالتغذية العكسية عن تصميمها وأدائها وتكاليفها "(Hill, 2000, 446).

لا تقتصر عمليات الصيانة على نشاطات الصيانة التقليدية المتمثلة بالكشف الدوري عن العطلات والتصليح بل تكون حلقة وصل بين مراحل مختلفة ومتعددة لدورة حياة المعدات بحيث يحصل تناسق وتركيب بتدفق المعلومات حول النظام ابتداء مع بداية وضع تصاميم التسهيلات وإنشاء الموقع ووضع المواصفات الفنية الملائمة لظروف تشغيل الموقع، والاستمرار بتحسين هذه العمليات من خلال التغذية العكسية عن أداء أعمال الصيانة والاستبدال والتشغيل او أية ملاحظات اخرى تساهم في التطوير ومعالجة الانحرافات الحاصلة في الوقت المناسب (القيسي، 13،2000).

## 2-2- تصنيف الصيانة

### 2-2-1- الصيانة غير المخططة

وهي صيانة غير مرتبطة ببرنامج زمني وترتبط فقط بعطل أو توقف الماكنة عن العمل، ويتوقف زمن الصيانة على الإمكانيات المتوفرة لأعمال الصيانة، كما ان مدة الصيانة غير مخطط لها ولا يوجد استعدادات مسبقة لها (المنصور، 2001، 274-275). وتقسم الصيانة غير المخططة الى:-

أ- الصيانة التصحيحية Corrective Maintenance (CM)

تسمى بالصيانة العلاجية أو صيانة العطل (Break Down Maintenance) ويتم القيام بهذا النوع من الصيانة عند حصول توقفات فجائية.

ب- الصيانة الاضطرارية Emergency Maintenance (EM)

لقد عرفها Williams بأنها " الفعالية التي تتطلب اتخاذ إجراءات فورية لمنع حدوث عطل اكبر (Williams et al., 1994, 6) ".

### 2-2-2- الصيانة المخططة Planned Maintenance

هي تنظيم أنشطة الصيانة وانجازها والسيطرة عليها فق تقديرات مسبقة وتوثيق هذه الإجراءات ضمن الخطة الموضوعة (محسن والنجار، 2004، 492) وتقسم الصيانة المخططة الى:-

### اولا- الصيانة الوقائية Maintenance Preventive (PM)

تعد من أكثر تصنيفات الصيانة أهمية، وذلك لاستخدامها في العديد من المنظمات للحفاظ على استمرارية عمل المكائن وضمان تصنيع المنتجات (الاسدي، 2004، 27 )، من خلال أساليب مبرمجة تتسم بالدورية في إجراءات الصيانة كالفحص، والاستبدال، والتزييت، وحتى التنظيف (Mann 1998, 136). وتتلخص فوائد الصيانة الوقائية بجملة الفوائد هي(Telsang, 2005, 39) (Dilworth, 1992, 598) (محسن والنجار،2004،493) (الحديثي وآخرون، 2004 ، 43) (Washington, 1999, 1) :-

1- توفير المواد قبل البدء بتنفيذ أوامر العمل وبالتالي تقليل كلفة الصيانة الى الحد الأدنى.
2- تقليل وقت التوقف Down Time الإضافي للمعدات خارج الخدمة الى الحد الأدنى.
3- تقليل الحاجة الى الوقت الإضافي Over Time لأداء أعمال الصيانة وبالتالي تقليل أجور العمل الإضافي .
4- تقليل الانتاج التالف بسبب العطلات وتحسين الجودة في حالة كون المكائن جيدة التصليح وكفوءة .
5- تقليص الحاجة الى المعدات البديلة Stand-By Items وتقليل رؤوس الأموال المستثمرة في هذا الجانب.
6- زيادة كفاءة أداء المعدات وتحسين نوعية الانتاج نتيجة تقليل نسبة الانتاج المعيب بسبب العطلات المفاجئة.
7- زيادة ظروف الأمان والسلامة للمشتغلين والفنيين .
8- التمكن من السيطرة والرقابة على خزين المواد الاحتياطية وأداء الأفراد والمعدات.

ويعد الفحص والتفتيش والتزييت من أهم الانشطة الرئيسية لأعمال الصيانة الوقائية، لكن بعض الباحثين اعتبروا ان التفتيش والصيانة الروتينية جزءا اساسياً من الصيانة الوقائية (حسن، 1998، 122). في حين أشار العلي وفتاح الى ان مكونات الصيانة الوقائية هي الفحص، والتفتيش، والتزييت، والتخطيط والجدولة، والتوثيق، وتدريب فرق الصيانة، وأساليب التحفيز، والسيطرة على الخزين من المواد الاحتياطية (العلي وفتاح، 1993، 27-29).

ثانيا- الصيانة الانتاجية الشاملة Total Productive Maintenance (TPM)

نشأت هذه الطريقة من الصيانة في اليابان ، وهي عبارة عن برنامج صيانة وقائية أُدخل عليه التحسينات واستمر تطويرها في بضعة مراحل لتصبح في النهاية الصيانة الانتاجية الشاملة (Slack, 2004, 704-70 . تتضمن مراحل التطوير دمج وتطبيق صيانة العطلات (Break Maintenance ) ، نظرية المعولية (Reliability Theory)، ونظرية القابلية على الصيانة (Maintainability Theory)، والاهتمام بالكفاءة الاقتصادية (Economic Efficiency) في تصميم المصنع وفي النهاية إدخال نظام الصيانة الشاملة والقائم على المشاركة الشاملة للعاملين (Total Employee Participation) (Williams et al., 1994, 14). وعلى هذا الأساس فقد عُرفت الصيانة الانتاجية الشاملة (TPM) بأنها" المشاركة بين أقسام الصيانة والمنظمة الانتاجية، لغرض تحسين جودة الماكنة وتقليص الضياعات وكلفة التصنيع وزيادة اتاحية المكائن"(Cheng & Podolsky, 1996, 38).

ثالثا – الصيانة المرتكزة على المعولية Reliability – Based Maintenance (RBM)

**ان احد الانتقادات الموجهة الى طريقة الصيانة الانتاجية الشاملة (TPM)، هو ميلها لإجراء الصيانة الوقائية (PM) في أوقات قد تكون غير مناسبة (Slack et al., 2004, 706). مما شكل حافزا لتبني طريقة الصيانة المرتكزة على المعولية) ( RBM) للحفاظ على المعولية المصممة للمعدات عن طريق تحليل العوامل التي تؤثر في تشغيلها والعمل على إزالتها ، مع محاولة رفع مستوى برامج الصيانة الوقائية الى الحد الأقصى بواسطة التخطيط الفاعل لتلك الصيانة (Kennedy, 2002, 3) (Williams et al., 1994, 13).**

**وتركز( RBM) جل اهتمامها على تحقيق الآتي (Williams et al., 1994, 14 ):-**

**1.تحديد متطلبات الصيانة وتحديد المهام الضرورية لتلبيتها.**

**2.تحليل معولية أجزاء النظام الحساسة وبالتالي تحديد المدد الزمنية الفاصلة بين أعمال الصيانة.**

**توفر الصيانة المرتكزة على المعولية طريقة مفيدة للسيطرة على الكلف وفي ذات الوقت تحافظ على معولية المعدات والمكائن فضلا عن تحقيق أقصى سلامة إثناء العمل وأعلى إنتاجية ممكنة (Waller,2002,707).**

## 2-3- دور الحاسوب في تنفيذ الصيانة

**بهدف ادارة أعمال الصيانة بكفاءة ، فان مدير الصيانة يحتاج الى جمع البيانات وتخزينها والاحتفاظ بعدد كبير منها، ومن دون شك فاستخدام الحاسوب لأغراض إدارة الصيانة يتيح فرصة جيدة للحصول على البيانات والمعلومات اللازمة في الوقت والمكان المناسبين مما يعني إدارة أفضل للموجودات الصناعية للحصول على أقصى إنتاجية متاحة لها مع تنفيذ جميع أعمال الصيانة المطلوبة لهذه الموجودات بالحدود المقبولة (Zandin, 2001, 16). فضلا عن ذلك تحقق برمجة أعمال الصيانة المحوسبة مجموعة من الفوائد أهمها (محسن والنجار ،516،2004-517):-**

**1- تقليل كلف الصيانة وساعات التوقف غير المخططة 2- الاستخدام الأمثل للطاقة وزيادة العمر الإنتاجي للمكائن 3- تزويد الإدارة بمؤشرات عن كفاءة أعمال الصيانة 4- الاستخدام الأمثل للموارد من خلال التخطيط الفعال لمهام الصيانة.**

## 2-4- المعولية RELIABILITY

### 2-4-1- مفهوم المعولية

**تمثل فكرة ومفهوم معولية المكائن الانتاجية في الوقت الحاضر إحدى السبل التي تتمكن الشركة بواسطتها من تحقيق رضا الزبون من خلال ضمان الجودة العالية لمنتوجاتها وسرعة التسليم لتلبية احتياجات الزبائن عن طريق تقديم منتوجات يعول عليها. لذلك تسعى الشركات جاهدة لتحقيق هذه الأهداف عن طريق الحفاظ على معولية عاليه للمكائن للسيطرة على معدل فشل المكائن الذي يسبب خللا في العمليات الانتاجية (Hashimoto,2003,16). وتعرف المعولية بأنها "احتمالية أداء الماكنة لغرضها الإنتاجي في ظل ظروف تشغيلية وخلال مدة زمنية معينة" (Shafer&Meridith,1998,774). واستنادا الى Evans فأن المعولية تضم أربعة عناصر أساسية هي:- الاحتمالية ووقت التشغيل والأداء وظروف الاشتغال. وبأزدياد التعقد التكنلوجي للمكائن فقد ظهر مصطلح جديد يسمى بـ "هندسة المعولية Reliability Engineering" التي تعني استخدام تقنيات مختلفة في بناء معولية المكائن واختبار أدائها. تدار هذه العملية الشاملة بواسطة "إدارة المعولية "Reliability Management " والتي تعمل على تلبية متطلبات الزبون، واختيار الأجزاء والتصاميم والمجهزين، وتحديد متطلبات المعولية للمكائن، والتحليل الميداني للبيانات بهدف تحسين المعولية (Evans,1997,192-193).**

### 2-4-2- نظم المعولية

يتكون النظام من سلسلة أجزاء متداخلة وكل جزء منه يقوم بوظيفته، وتتأثر قيمة معولية النظام بطريقة ربط أجزاء النظام مع بعضها البعض. توجد ثلاثة أنواع من الربط (Nahimas, 1997, 746-747)(Shafer& Meridith, 1998, 776-779) (Waller, 2002, 597-599) هي:-

أ- **الربط على التوالي:-** حيث تعتمد معولية عناصر النظام بعضها على البعض الآخر ويؤدي فشل أي عنصر الى فشل النظام كله وتعطله عن العمل وتكون قيمة المعولية الكلية اقل من قيمة معولية أي عنصر في النظام. تحسب معولية النظام الكلية بالمعادلة الآتية:-

$$R_s = R_1 * R_2 * \ldots\ldots R_n$$

أو

$$R_s = R^n \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2-1)$$

حيث أن: $Rs$= معولية النظام الكلية، $R1,R2$= معولية العنصر الأول والثاني

ب- **الربط على التوازي:-** حيث تكون معولية الأجزاء المكونة للنظام مستقلة واحدة عن الاخرى وان فشل أي عنصر لا يؤدي الى فشل النظام كما ان قيمة معولية النظام تكون أعلى من قيمة أي عنصر فيه. وتحسب معولية النظام $Rp$ بالصيغة الآتية:-

$$R_p = 1-(1-R_1)(1-R_2)\ldots\ldots\ldots(1-R_n)$$

أو

$$R_p = 1-(1-R)^n \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2-2)$$

ج- الربط المختلط أو المزدوج

وهو عبارة عن مزيج من نظامي الربط المتوالي والمتوازي ويستخدم هذا الربط لتحسين معولية النظام إذا كانت الأجزاء مربوطة على التوالي ، وتستخدم الصيغة الآتية لحساب معولية النظام $Rc$ :-

**Rc = Rp * Rs ……..  (2-3)**

### 2-4-3- معايير هندسة المعولية

تستخدم المعولية لقياس قدرة النظام على الأداء عبر الزمن لتقديم منتوجات مُعول عليها مع الاستغلال الأمثل للطاقة الانتاجية وتقليل كلف الانتاج الى الحد الأدنى، وقد حددت معايير هندسة المعولية بالاتي:-

أ. **متوسط الوقت بين العطلات (MTBF):-** هو"متوسط الوقت بين العطلات التي تحدث في الماكنة أو أحد أجزائها القابلة للتصليح Repairable" (Schonberger,&Knod,1994,556)(Slack et al.,2004, 688) ويحسب على وفق المعادلة الاتية:-

**MTBF = 1 ÷ n …… (2-4)**

حيث، n = معدل العطلات

ب. **متوسط وقت التصليح (MTTR):-** هو متوسط الوقت اللازم لتصليح او استبدال ماكنة أو احد أجزائها المفترض استبداله بتوفير الأجزاء المناسبة والمهارة والمعرفة (Schonberger & Knod, 1994, 556). ويحسب هذا المعيار على وفق المعادلة الآتية :-

MTTR = TTTR ÷ N ..... (2-5)

حيث : TTTR = مجموع وقت التصليح ، N = عدد حالات التصليح

ج. **الاتاحية(Availability):-** وهي "احتمالية ان تكون المفردة قادرة على أداء الوظيفة المطلوبة خلال مدة الاشتغال المخطط لها" (Hitomi, 1996, 291)، ويعبر عنها بالمعادلة الآتية:-

Availability = MTBF ÷ (MTBF + MTTR) .....(2-6)

د. **معدل الفشل Failure Rate:-** ويقصد به عدد حالات الفشل خلال مدة زمنية محددة، ويرمز له بـ (λ) ويقاس بساعات عمل الماكنة، ويعبر عنه بالمعادلة الآتية:-

λ = Bn ÷ OT .....(2-7)

حيث:- Bn= عدد العطلات

OT = وقت التشغيل

ويمكن تحسين معولية النظام باستخدام الوسائل الآتية:-

أ- بناء عناصر واقية للنظام ب- تطبيق الصيانة الوقائية في الشركات

ج- تحسين ظروف العمل د - زيادة معولية العنصر هـ- تسريع عملية التصليح.

ثالثا – الجانب العملي

## 3-1- استعراض موقع وعينة البحث

أسست الشركة العامة للصناعات الجلدية في عام 1945 وكانت تضم انذاك معمل واحد لدباغة الجلود الكبيرة فضلا عن معمل صناعة الاحذية الجلدية، وفي عام 1969 تأسس معمل الحقائب الذي دُمج عام 1970 مع معمل الاحذية الشعبية في الكوفة. وفي عام 1976 تحولت الشركة الى المنشأة العامة للصناعات الجلدية استنادا لاحكام المادة 40 من قانون الشركات (الوقائع العراقية، العدد 3741 في 1998/9/28)، وتم اصدار شهادة تأسيس رقم 26 في 1998/1/3 .

تهدف الشركة الى المساهمة في تنمية الاقتصاد العراقي ودعمه وتطوير الانتاج وتحسينه من خلال تطوير وتحسين الصناعات الجلدية بما يتفق مع المواصفات العالمية ويلبي رغبات الزبون. وتضم الشركة ثلاثة معامل تقع في منطقة الزعفرانية والكوفة والكرادة الشرقية. ويتخصص معمل بغداد للاحذية- الكرادة الشرقية بصنع الاحذية الجلدية الذي تأسس عام 1932 ويضم هذا المعمل 9 وحدات إنتاجية لصناعة الاحذية بمختلف انواعها ومن بين هذه الوحدات معمل رقم 7 لانتاج الاحذية المتطورة.

### 3-2- واقع الصيانة لمكائن الانتاج في معمل رقم 7

يضم المعمل تشكيلة متنوعة من مكائن الانتاج من مناشئ مختلفة تتوزع على الاقسام في المعمل وهي تعد القاعدة التكنلوجية الاساسية لعملية صناعة الاحذية. ومن خلال الاطلاع الميداني على النظام المتبع في المعمل، اتضح ان إدارة المعمل تعتمد اجراء نوعين من الصيانة، الصيانة المبرمجة (الوقائية) والصيانة العلاجية.

تقتصر اعمال الصيانة الوقائية على عمليات التزييت والتشحيم والتنظيف من قبل العاملين على المكائن وبحسب حاجة المكائن لذلك، أي ان تتم العملية وفق خبرة مشغل الماكنة ولا تتم وفق جدول زمني منتظم او خطة صيانة مسبقة وهذا ما يؤثر على سير العملية الانتاجية في المعمل. ومن الجدير بالذكر فأن اعمال الصيانة الوقائية التي تجري من قبل مشغل الماكنة لايتم القيام بها الا على انواع معينة من المكائن والتي تتميز بسهولة استخدامها وعدم احتوائها على تعقيدات تكنلوجية، في حين تبقى المكائن الاكثر تعقيدا دون الحد الادنى من عمليات الصيانة. تشمل الصيانة العلاجية النسبة العالية من عمليات الصيانة في المعمل إذ تخضع اغلب انواع المكائن لهذا النوع من الصيانة وهي غير مشمولة بأي خطة مسبقة.

جمعت البيانات المتعلقة بعدد العطلات واوقات الاشتغال واوقات التوقف للمكائن الحرجة والتي تمثل عينة البحث في معمل رقم 7 للفترة من 2005/6/30-1/2 . ويبين الجدول (3-1) ان عدد العطلات لماكنة قص وجه رقم 2 هو 92 عطل وعلى مدى ستة اشهر. أما اوقات التوقف والبالغة 319 ساعة من مجموع اوقات التشغيل الكلية والبالغة 694 ساعة فهي تشير الى تدني كفاءة المكائن بسبب التقادم وعدم انتظام اعمال الصيانة مما ادى الى ارتفاع عدد العطلات التي تتعرض لها الماكنة. فضلا عن ارتفاع اوقات الاصلاح والبالغة 244 ساعة من مجموع اوقات التوقف ويشير هذا المؤشر الى ضعف اجراءات عمليات الصيانة.

يوضح الجدول (3-2) تحليل مؤشرات هندسة المعولية الذي اجري بتطبيق المعادلات (2-4)- (2-7). ويظهر من هذا التحليل انخفاض معدل اتاحية الماكنة والبالغة 0.73 وهي ناتجة عن زيادة الوقت المستغرق بالتصليح والبالغ 2.7 ساعة، وانخفاض معدل الوقت المحصور بين العطلات والبالغ 7.5 ساعة وهذا يعني تقارب الفترة الزمنية وارتفاع عدد العطلات. فضلا عن معدل نسبة فشل الماكنة والذي بلغ 0.13 وهذا يشير الى احتمالية فشل الماكنة خلال فترة تشغيلها. وبنفس الطريقة اجري تحليل العطلات لعينة البحث بأستخدام معايير هندسة المعولية، والجدول (3-3) يوضح خلاصة بتحليل عطلات مكائن عينة البحث. فضلا عما تقدم فقد حسب الوسط الحسابي والانحراف المعياري والتباين الفعلي لمعايير هندسة المعولية لجميع مكائن عينة البحث والتي ستعرض لاحقا في هذا البحث.

**جدول (3-1)**
**مشاهدات اوقات الاشتغال بالساعات لماكنة قص وجه رقم 2**

| الشهر | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد العطلات | 15 | 19 | 17 | 14 | 16 | 11 | 92 |
| وقت التوقف | 52 | 67 | 46 | 55 | 58 | 41 | 319 |
| وقت التصليح | 39 | 55 | 37 | 39 | 41 | 33 | 244 |
| اوقات الاشتغال | 136 | 113 | 119 | 95 | 107 | 124 | 694 |

جدول (3-2)
تحليل العطلات بأستخدام معايير هندسة المعولية لماكنة قص وجه رقم 2

| الشهر | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | المعدل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MTBF | 9 | 5.9 | 7 | 6.8 | 6.7 | 11 | 7.5 ساعة |
| MTTR | 2.6 | 2.9 | 2 | 2.8 | 2.6 | 3 | 2.7 ساعة |
| Availability | 0.78 | 0.69 | 0.78 | 0.7 | 0.7 | 0.79 | 0.73 |
| λ | 0.11 | 0.17 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.09 | 0.13 |

## 3-3- إعداد خطة الصيانة الوقائية لمكائن عينة البحث

باعتماد الاسس العلمية في الجانب النظري فقد وضعت خطة صيانة وقائية لماكنة قص الوجه (2) باتباع الاجراءات الاتية:-

1. حساب دورة الصيانة *T1*

لحساب دورة الصيانة لأي ماكنة لابد من معرفة العمر الإنتاجي لها والذي يرمز له بالحرف (A)، وقد حدد العمر الإنتاجي المتبقي لهذه الماكنة والمكائن الاخرى في عينة البحث اعتمادا على خبرات المهندسين في المعمل، وكما يظهر في ملحق (1) وهو 4 سنوات أي ما يعادل 7500 ساعة عمل(250 يوم عمل/سنة×7.5 ساعة/يوم×4 سنوات)، وبالتعويض في معادلة (3-1) فأن الفترة الزمنية لدورة الصيانة الكبرى في قسم الفصال ولماكنة قص الوجه تحسب كما يأتي:-

$$T1 = K1 * K2 * K3 * K4 * A \quad \text{…….. (3-1)}$$

حيث:-

T1= الفترة الزمنية بين صيانتين كبيرتين
K1 = معامل يعتمد على نوع الانتاج
K2 = معامل يعتمد على نوع المادة المشغولة
K3 = معامل يعتمد على ظروف استخدام الماكنة
K4 = معامل يعتمد على وزن الماكنة

جدول (3-3)
معدلات تحليل العطلات لمكائن عينة البحث (الأوقات بالساعات)

| القسم | الماكنة | MTBF | MTTR | Availability | λ |
|---|---|---|---|---|---|
| الفصال | ماكنة قص وجه (2) | 7.5 | 2.7 | 0.73 | 0.13 |
| | ماكنة لويس (2) | 12 | 2 | 0.86 | 0.08 |
| | ماكنة ترقيم | 10.3 | 2.6 | 0.8 | 0.1 |
| الخياطة | ماكنة خياطة عالية ابرة (4) | 12.3 | 2.5 | 0.83 | 0.08 |
| | ماكنة خياطة ابرتين (5) | 12.4 | 2.4 | 0.84 | 0.08 |
| السحب | ماكنة سحب مقدمة | 9.3 | 1.8 | 0.83 | 0.1 |
| | ماكنة سحب جوارب | 10.2 | 2.2 | 0.82 | 0.1 |
| | ماكنة سحب مؤخرة | 10.2 | 2 | 0.84 | 0.1 |
| | ماكنة كبس نعل | 10.8 | 2 | 0.84 | 0.09 |

والملحق (2) يوضح قيم المعاملات التي تظهر في المعادلة (3-1) وبالتعويض فان:-
$T1 = 1 * 0.7 * 1 * 1 * 7500 = 5250$ ساعة

ولتحويل الساعات الى سنوات يقسم الناتج على عدد ساعات الانتاج السنوي البالغ 1875 ساعة عمل.
$5250 \div 1875 = 2.8$ سنة

## 2. حساب الفترة الزمنية الفاصلة بين أي صيانتين متتاليتين $T2$

بالعودة الى مهندسي قسم الصيانة فقد تم تقدير ($X$) بـ 30 صيانة وسطى و($Y$) بـ 60 صيانة صغرى خلال دورة الصيانة (أي خلال 2.8 سنة) والملحق (3) يوضح قيم X,Y,Z لبقية مكائن عينة البحث، وبالتعويض في المعادلة (3-2) فان الفترة الزمنية لصيانتين متتاليتين ($T2$)، تحسب الآتي:-

$$T2 = T1 / ( X + Y + 1 ) \quad \text{.....} \quad (3\text{-}2)$$

$$T2 = 5250 / ( 30 + 60 + 1) = 58 \text{ ساعة}$$

وبقسمة الناتج على ساعات الاشتغال اليومي الفعلي والبالغ 7.5 ساعة ، فان عدد الأيام التي تفصل بين أي صيانتين متتاليتين (S-S, S-M, M-S) * هي :-

$58 \div 7.5 = 8$ أيام عمل

---

*S- S = Small-Small Maintenance الانتقال من صيانة صغرى الى صيانة صغرى
S-M = Medium-Small Maintenance الانتقال من صيانة صغرى الى صيانة وسطى
M-S = Medium-Small Maintenance الانتقال من صيانة وسطى الى صيانة صغرى

**3. الفترة الزمنية الفاصلة بين مشاهدة (I) وأي صيانة *T3* تحسب هذه الفترة باعتماد المعادلة الآتية:-**

$$T3 = T1 / ( X + Y + Z + 1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}3)$$

**واستنادا الى خبرة المهندسين في المعمل فقد قدرت قيمة Z بـ 120 مشاهدة . وبالتعويض في معادلة (3-3) فان:-**

$$T3 = 5250 / (120 + 60 + 30 + 1)$$

**= 25 ساعة**

**أو ثلاثة أيام عمل تقريبا**

**وبتطبيق المعادلات (3-1) –(3-3) فقد حُسبت الفترات الزمنية الفاصلة بين فعاليات الصيانة لجميع مكائن عينة البحث وكما يظهر في ملحق (4) .**

## رابعا – محاكاة خطط الصيانة لمكائن عينة البحث

**بهدف اعطاء صورة للشركة عن اداء خطط الصيانة لمكائن عينة البحث فقد تم محاكاتها ومقارنة نتائج المحاكاة بنتائج الاداء الفعلي لخطط الصيانة في الشركة، ومما شكل دافعا لمحاكاة خطط الصيانة هو كون المحاكاة لا تؤثر على عمل النظام الحالي في الشركة، بل تعطي نتائج مستقبلية في حالة تطبيق خطط الصيانة، فضلا عن كونها اداة منخفضة التكاليف.**

**تضمنت مدخلات نموذج المحاكاة ما يأتي:- جداول الصيانة الوقائية التي اعدت لجميع مكائن عينة البحث وعلى غرار ملحق (5)، واحتوت هذه الخطط على مواعيد تنفيذ الصيانة الصغرى والصيانة الوسطى والمشاهدة وعلى امتداد سنة تقويمية (264 يوم عمل) لعام 2005، والتوزيعات الاحتمالية التجريبية لعدد العطلات وانواع العطلات لكل ماكنة من مكائن عينة البحث وعلى غرار الجدولين (4-1) و (4-2)، والساعات اللازمة لتنفيذ الصيانة الوقائية الصغرى والوسطى والبالغة ساعة واحدة وساعتين على التوالي، والساعات اللازمة لتنفيذ الصيانة العلاجية الصغرى والوسطى لمكائن عينة البحث والبالغة ساعة ونصف وثلاث ساعات على التوالي.**

**أُجريت محاكاة خطط الصيانة الوقائية باستخدام البرمجية الجاهزة اكسل وعلى وفق المخطط المنطقي للمحاكاة الموضح في الشكل (4-1). والجدول (4-3) يبين مقطعا من نتائج محاكاة خطة الصيانة لماكنة قص وجه (2).**

**جدول (4-1)**
**التوزيع التجريبي لعدد لعطلات باليوم لماكنة قص وجه (2)**

| عدد العطلات | التكرار | التكرار النسبي | التكرار المتراكم | الفترات |
|---|---|---|---|---|
| صفر | 50 | 0.37 | 0.37 | صفر – 0.36 |
| 1 | 78 | 0.58 | 0.95 | 0.94 – 0.37 |
| 2 | 7 | 0.05 | 1.00 | 0.99 – 0.95 |
| المجموع | 135 | 1.00 | - | - |

**جدول (4-2)**
**التوزيع التجريبي لنوع العطل / يوم لماكنة قص وجه (2)**

| عدد العطلات | التكرار | التكرار النسبي | التكرار المتراكم | المدى (صفر-1) |
|---|---|---|---|---|
| صغير | 54 | 0.59 | 0.59 | صفر – 0.58 |
| متوسط | 38 | 0.41 | 1 | 0.99 – 0.59 |
| المجموع | 92 | 1.00 | - | - |

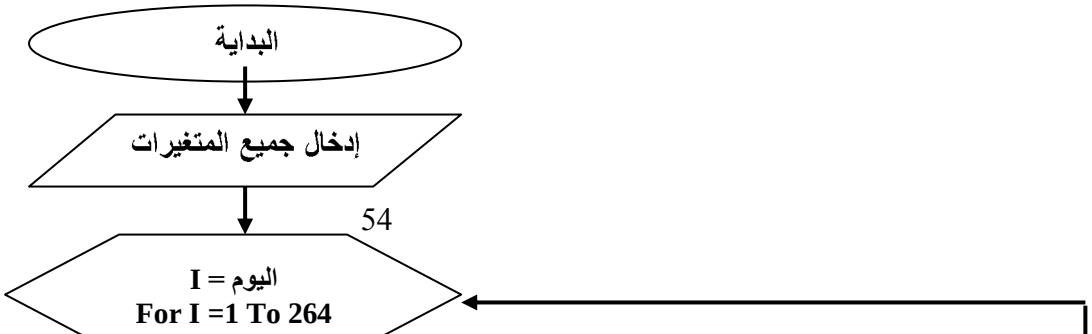
يوضح الصف الاخير من جدول (4-3) عدد العطلات (عمود 7) والبالغ 150 عطل، ومجموع ساعات التوقف (عمود 10) والبالغة 363.5 ساعة، ووقت الاشتغال (عمود 11) والبالغ 1616.5 ساعة، وستجري مقارنة هذه النتائج مع المعايير الفعلية لماكنة قص وجه (2) على وفق معايير هندسة المعولية، ولكن قبل القيام بذلك لابد من ترجيح نتائج المحاكاة على اساس 135 يوم عمل لكي تكون المقارنة صحيحة وكما يأتي:-

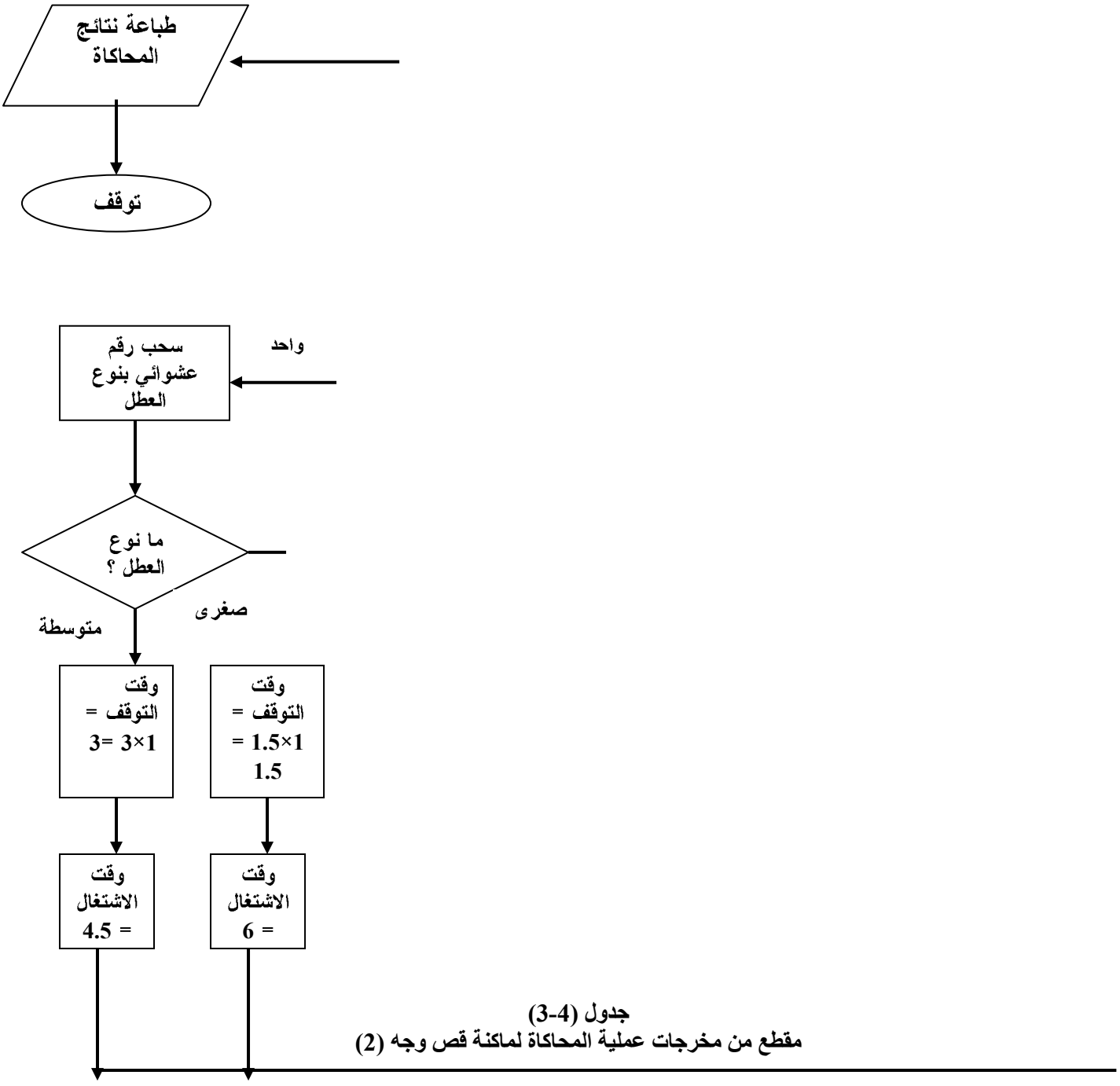
1- عدد العطلات = (150 ÷ 264 ) × 135 = 78 عطل
2- وقت التوقف = (364 ÷ 264 ) × 135 = 186 ساعة
3- وقت التصليح = (186 × 0.76) = 141 ساعة
4- وقت الاشتغال = (1617 ÷ 264) × 135 = 827 ساعة

تم حساب وقت التوقف ووقت التصليح على أساس ان وقت التصليح يبلغ 76% من وقت التوقف لماكنة قص وجه (2) { (244 ÷ 319)، (انظر جدول 3-1 )}، وفيما يأتي حساب معايير هندسة المعولية لماكنة قص وجه (2) باستخدام نتائج المحاكاة.

- MTBF = 827 ÷ 78 = 10.6 ساعة
- MTTR = 141 ÷ 78 = 1.8 ساعة
- Availability = 10.6 ÷ (1.8 + 10.6 ) = 0.85
- λ = 78 ÷ 827 = 0.09

ويوضح الجدول (4-4) مقارنة بين معايير هندسة المعولية من تطبيق المحاكاة والمعايير الفعلية التي تم الحصول عليها إثناء فترة المشاهدة. ويظهر في العمود الأخير من هذا الجدول نسب التحسن بمعايير الأداء.






**جدول (4-3)**
**مقطع من مخرجات عملية المحاكاة لماكنة قص وجه (2)**

**شكل (4-1 منطق المحاكاة)**

| 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبة استغلال الماكنة % | الوقت الكلي | وقت لاشتغال | وقت التوقف | نوع العطل | الرقم العشوائي بنوع العطل | عدد العطلات | الرقم العشوائي بعدد العطلات | صيانة وسطى | صيانة صغرى | هل توجد صيانة ة | اليوم | الأشهر |
| | | | | | | | | | | | 1 | كانون الثاني |
| 20 | 7.5 | 1.5 | 6 | متوسط | 0.92 | 2 | 0.95 | | | كلا | 2 | |
| 100 | 7.5 | 7.5 | | | | 0 | 0.08 | | | كلا | 3 | |
| 100 | 7.5 | 7.5 | | | | 0 | 0.19 | | | كلا | 4 | |
| 100 | 7.5 | 7.5 | | | | 0 | 0.27 | | | كلا | 5 | |
| | | | | | | | | | | | 6 | |
| | | | | | | | | | | | 7 | |
| 80 | 7.5 | 6 | 6 | صغير | 0.32 | 1 | 0.55 | | | كلا | 8 | |
| 100 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | | | 0 | 0.36 | | | كلا | 9 | |
| 60 | 7.5 | 4.5 | 4.5 | متوسط | 0.90 | 1 | 0.42 | | | كلا | 10 | |
| 87 | 7.5 | 6.5 | 6.5 | | | | | | * | نعم | 11 | |
| . | . | . | . | . | . | . | . | | | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | | | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | | | . | . | . |
| 80 | 7.5 | 6 | 1.5 | صغير | 0.57 | 1 | 0.85 | | | كلا | 20 | كانون الأول |
| 60 | 7.5 | 4.5 | 3 | متوسط | 0.63 | 1 | 0.69 | | | كلا | 21 | |
| 100 | 7.5 | 7.5 | | | | 0 | 0.18 | | | كلا | 22 | |
| | | | | | | | | | | | 23 | |
| | | | | | | | | | | | 24 | |
| | 7.5 | 6 | 1.5 | صغير | 0.008 | 1 | 0.46 | | | كلا | 25 | |
| 60 | 7.5 | 4.5 | 3 | متوسط | 0.71 | 1 | 0.68 | | | كلا | 26 | |
| 80 | 7.5 | 6 | 1.5 | صغير | 0.16 | 1 | 0.77 | | | كلا | 27 | |
| 80 | 7.5 | 6 | 1.5 | صغير | 0.20 | 1 | 0.38 | | | كلا | 28 | |
| 73 | 7.5 | 5.5 | 2 | | | | | * | | نعم | 29 | |
| | | | | | | | | | | | 30 | |
| | | | | | | | | | | | 31 | |
| %82 | 1980 | 1616.5 | 363.5 | | | 150 | | 11 | 22 | | المجموع | |

المعدل

جدول (4-4)
مقارنة معايير أداء نتائج المحاكاة مع الواقع الفعلي لمكائن عينة البحث

| اسم الماكنة | النتائج / المعايير | الواقع الفعلي | المحاكاة | نسبة التحسن بمعايير الأداء |
|---|---|---|---|---|
| ماكنة قص وجه (2) | MTBF | 7.5 ساعة | 10.6 ساعة | 41%(3.1 ساعة) |
| | MTTR | 2.7 ساعة | 1.8 ساعة | 33%(0.9 ساعة) |
| | Availability | 0.73 | 0.85 | 16% |
| | λ | 0.13 | 0.09 | 31% |
| ماكنة لويس (2) | MTBF | 12 ساعة | 15.2 ساعة | 27%(3.2 ساعة) |
| | MTTR | 2 ساعة | 1.7 ساعة | 15%(0.3 ساعة) |
| | Availability | 0.86 | 0.9 | 5% |
| | λ | 0.08 | 0.06 | 18% |
| ماكنة ترقيم | MTBF | 10.3 | 13.3 | 29%(3 ساعة) |
| | MTTR | 2.6 | 2 | 23%(0.6 ساعة) |
| | Availability | 0.8 | 0.9 | 13% |
| | λ | 0.1 | 0.075 | 25% |
| ماكنة خياطة عالية ابرة واحدة (4) | MTBF | 12.3 | 15.8 | 28%(3.5 ساعة) |
| | MTTR | 2.5 | 2 | 20%(0.5 ساعة) |
| | Availability | 0.83 | 0.89 | 7.2% |
| | λ | 0.08 | 0.06 | 25% |
| ماكنة خياطة ابرتين (5) | MTBF | 12.4 | 15.5 | 25%(3.1 ساعة) |
| | MTTR | 2.4 | 2.1 | 13%(0.3 ساعة) |
| | Availability | 0.84 | 0.88 | 5% |
| | λ | 0.08 | 0.06 | 20% |
| ماكنة سحب مقدمة | MTBF | 9.3 | 13.3 | 43%(4 ساعة) |
| | MTTR | 1.8 | 1.9 | 5%(0.1 ساعة) |
| | Availability | 0.83 | 0.88 | 5% |
| | λ | 0.1 | 0.075 | 25% |
| ماكنة سحب جوانب | MTBF | 10.2 | 12.2 | 20%(2 ساعة) |
| | MTTR | 2.2 | 2 | 9%(0.2 ساعة) |
| | Availability | 0.82 | 0.86 | 5% |
| | λ | 0.1 | 0.08 | 20% |
| ماكنة سحب مؤخرة | MTBF | 10.2 | 13 | 27% |
| | MTTR | 2 | 1.85 | 8% |
| | Availability | 0.84 | 0.88 | 5% |
| | λ | 0.1 | 0.07 | 23% |
| ماكنة كبس نعل | MTBF | 10.8 | 14 | 30%(3.2 ساعة) |
| | MTTR | 2 | 1.9 | 5%(0.1 ساعة) |
| | Availability | 0.84 | 0.88 | 5% |
| | λ | 0.09 | 0.07 | 22% |

خامسا – اختبار فرضيات البحث

لاختبار فرضيات البحث والتعرف على معنوية الاختلاف بين معايير هندسة المعولية بتطبيق المحاكاة وتلك المعايير التي حسبت من الواقع الفعلي خلال مدة البحث فقد اجري اختبار t على وفق الاجراءت الآتية ولكل معيار من معايير هندسة المعولية.

1- إعداد الصياغة الإحصائية لفرضية العدم

$$H_o : \bar{x}_1 = \bar{x}_2$$

2- إعداد الصياغة الإحصائية للفرضية البديلة

$$H_1 : \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$$

إذ ان :-

$\bar{x}_1$ = يمثل الوسط الحسابي للمعيار على وفق الأداء الفعلي

$\bar{x}_2$ = يمثل الوسط الحسابي للمعيار على وفق نموذج المحاكاة

3- تحديد القيمة الجدولية لـ t المقترنة بدرجة معنوية ($\alpha = 0.05$) بدرجة حرية مقدارها 16 (2-9+9) .

4- معيار الاختبار:- رفض فرضية العدم $H_o$ وقبول الفرضية البديلة $H_1$ إذا كانت قيمة t المحسوبة اكبر من قيمة t الجدولية المقترنة بـ ($2/\alpha = 2.120$) اختبار جانبين ، إذ تحسب قيمة t كما يأتي :-

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \times \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \approx t(n+m-2) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-1)$$

وتحسب s كما يأتي:-

$$s = \sqrt{\frac{(n-1)(s^2_{\bar{x}_1}) + (m-1)(s^2_{\bar{x}_2})}{n+m-2}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-2)$$

إذ ان :-

***n***= حجم عينة المكائن الفعلي (العينة الأولى)

***m***= حجم عينة المكائن في المحاكاة (العينة الثانية)

$s^2_{\bar{x}_1}$ = التباين المقترن بالعينة الأولى لكل اختبار

$s^2_{\bar{x}_2}$ = التباين المقترن بالعينة الثانية لكل اختبار

$s$ = الخطأ المعياري للعينتين الأولى الثانية

لأختبار الفرضية الاولى فقد استخدمت البيانات الموضحة في الجدول (5-1) ، المتعلقة بـ MTBF الفعلي وذلك الذي تحقق بتطبيق المحاكاة ، وبالتعويض في المعادلتين (5-1) و (5-2) فأن :-

$$s = \sqrt{\frac{(8)(2.478) + (8)(2.83)}{16}} = \sqrt{2.7} = 1.6$$

$$t = \frac{13.66 - 10.5}{(1.6)\sqrt{\frac{1}{9} + \frac{1}{9}}} = \frac{3.1}{0.754} = 4.1$$

وبالرجوع الى جدول t وبدرجة حرية 16 ومستوى معنوية ($\alpha = 0.05$) فقد ظهر ان قيمة $t_{tab}$ الجدولية تساوي 2.120 اقل من قيمة $t_{cal}$ المحسوبة (4.1) وعليه يتم رفض فرضية العدم $H_o$ وقبول الفرضية البديلية $H_a$ ، أي انه يوجد اختلاف معنوي بين MTBF الفعلي وبين MTBF الناتج عن محاكاة خطة الصيانة الوقائية لمكائن عينة البحث. وبنفس الطريقة اجريت اختبارات المعنوية للمعايير الثلاثة الاخرى MTTR, Availability, λ وظهر من خلال الاختبارات ان جميع الاختلافات كانت معنوية مما يثبت صحة فرضيات البحث.

سادسا - الاستنتاجات والتوصيات

## 6-1- الاستنتاجات

**1- اظهر البحث ان هناك انخفاضا في انشطة الصيانة في معمل رقم 7، ويعزى ذلك للأسباب الاتية:- قلة اعتماد الشركة على خطط صيانة وقائية، غياب وجود نظام معلومات لتوثيق البيانات الخاصة بالصيانة، عدم استخدام معايير هندسة المعولية لتقييم نشاط الصيانة إذ تعد هذه المعايير نقطة انطلاق أساسية لتحسين قدرات أداء المكائن الانتاجية.**

**2- ترجع زيادة عدد العطلات وساعات التوقف ونسب اتاحية المكائن الانتاجية في معمل رقم 7 الى تقادم واستهلاك بعض المكائن وذلك لتجاوز العمر الإنتاجي لها وشحة المواد الاحتياطية وانخفاض جودتها في حال توفرها .**

**3- غياب استخدام الحاسوب وتطبيقاته كأداة فاعلة لتطبيق الأسس العلمية في تخطيط أنشطة الصيانة وجدولتها مما يؤدي الى انخفاض مؤشرات هندسة المعولية وما يترتب على ذلك من ارتفاع في التكاليف وانخفاض في جودة المنتوج .**

**4- على الرغم من تفاقم مشكلة الصيانة وانتهاء العمر الانتاجي لبعض المكائن فان المعمل غير قادر على استبدالها بسبب الظروف الراهنة لذلك فان تطبيق اسلوب علمي للصيانة هو أفضل الحلول في الوقت الحاضر.**

**5- اظهر اسلوب المحاكاة فاعليته في دراسة خطط الصيانة الوقائية وتقديم مؤشرات عن الاداء دون التدخل الفعلي في نشاط المعمل وهذا يشجع على اختبار خطط صيانة في معامل الشركة الاخرى.**

**جدول (5-1)**
**الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لمكائن عينة البحث**

| MTBF | | | | MTTR | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | الواقع الفعلي | المحاكاة | | الواقع الفعلي | المحاكاة |
| ماكنة قص وجه | 7.5 | 10.6 | | ماكنة قص وجه | 2.7 | 1.8 |
| ماكنة لويس | 12 | 15.2 | | ماكنة لويس | 2 | 1.7 |
| ماكنة ترقيم | 10.3 | 13.3 | | ماكنة ترقيم | 2.6 | 2 |
| ماكنة خياطة عالية إبرة | 12.3 | 15.8 | | ماكنة خياطة عالية إبرة | 2.5 | 2 |
| ماكنة خياطة عالية إبرتين | 12.4 | 15.5 | | ماكنة خياطة عالية إبرتين | 2.4 | 2.1 |
| ماكنة سحب مقدمة | 9.3 | 13.3 | | ماكنة سحب مقدمة | 1.8 | 1.9 |
| ماكنة سحب جوانب | 10.2 | 12.2 | | ماكنة سحب جوانب | 2.2 | 2 |
| ماكنة سحب مؤخرة | 10.2 | 13 | | ماكنة سحب مؤخرة | 2 | 1.85 |
| ماكنة كبس نعل | 10.8 | 14 | | ماكنة كبس نعل | 2 | 1.6 |
| المجموع | 95 | 122.9 | | المجموع | 20.2 | 17.25 |
| الوسط الحسابي | 10.55 | 13.65 | | الوسط الحسابي | 2.24 | 1.9 |
| الانحراف المعياري | 1.57 | 1.68 | | الانحراف المعياري | 0.31 | 0.12 |
| التباين | 2.47 | 2.83 | | التباين | 0.1 | 0.015 |
| **Availability** | | | | نسبة الفشل λ | | |
| | الواقع الفعلي | المحاكاة | | | الواقع الفعلي | المحاكاة |
| ماكنة قص وجه | 0.73 | 0.85 | | ماكنة قص وجه | 0.13 | 0.09 |
| ماكنة لويس | 0.86 | 0.9 | | ماكنة لويس | 0.08 | 0.066 |
| ماكنة ترقيم | 0.8 | 0.9 | | ماكنة ترقيم | 0.1 | 0.075 |
| ماكنة خياطة عالية إبرة | 0.83 | 0.89 | | ماكنة خياطة عالية إبرة | 0.08 | 0.06 |
| ماكنة خياطة عالية إبرتين | 0.84 | 0.88 | | ماكنة خياطة عالية إبرتين | 0.08 | 0.064 |
| ماكنة سحب مقدمة | 0.83 | 0.88 | | ماكنة سحب مقدمة | 0.1 | 0.075 |
| ماكنة سحب جوانب | 0.82 | 0.86 | | ماكنة سحب جوانب | 0.1 | 0.08 |
| ماكنة سحب مؤخرة | 0.84 | 0.88 | | ماكنة سحب مؤخرة | 0.1 | 0.077 |
| ماكنة كبس نعل | 0.84 | 0.88 | | ماكنة كبس نعل | 0.09 | 0.07 |
| المجموع | 7.39 | 7.92 | | المجموع | 0.86 | 0.657 |
| الوسط الحسابي | 0.82 | 0.88 | | الوسط الحسابي | 0.095 | 0.073 |
| الانحراف المعياري | 0.03 | 0.016 | | الانحراف المعياري | 0.015 | 0.0091 |
| التباين | 0.0014 | 0.0002 | | التباين | 0.0002 | 0.00008 |

6- ابرزت نتائج محاكاة خطط الصيانة الوقائية قدرة هذه الخطط على تحسين الأداء ورفع مستوى استغلال الطاقة المتاحة، إذ تراوحت نسب الاستغلال للمكائن بالمحاكاة بين 83% الى 87% مقارنة بنسب الاستغلال الفعلية والتي تراوحت بين 67%الى 81%.
7- حققت محاكاة خطط الصيانة انخفاضا في نسب الفشل بمعدل 23% ومعدل وقت التصليح بنسبة 14% على حين ازداد معدل الوقت بين العطلات بنسبة 29%، كما ازدادت اتاحية المكائن بمعدل 7%.
8- تبين نتائج التشغيل التجريبي لخطط الصيانة الوقائية جدوى تبني تلك الخطط بسبب التحسن الملحوظ في معايير هندسة المعولية وان تطبيق تلك الخطط لم يكلف المعمل أي تكاليف اضافية وذلك لتوفر الكوادر البشرية والحواسيب الشخصية في المعمل.
9- ان تطبيق خطط الصيانة المقترحة يوفر أرضية لإدارة الصيانة لاعداد خطط صيانة على أسس علمية وتقويم تلك الخطط فضلا عن توفير معلومات عن المكائن لاستخدامها في اعداد خطط مستقبلية .

## 6-2- التوصيات

1- يوصي البحث بتطبيق خطط الصيانة الوقائية في معمل رقم 7 وذلك لتحسين اداء مكائن الانتاج نظرا لما حققه تطبيق تلك الخطط من نتائج على المستوى التجريبي.
2- ضرورة الاعتماد على معايير هندسة المعولية في تقييم اداء المكائن الانتاجية وذلك لقدرتها في تقديم مؤشرات عن عطلات المكائن والتي يمكن بواسطتها تقليل عدد ساعات العمل المستغرق في التصليح.
3- اجراء عملية التقييم بمؤشرات هندسة المعولية على اساس دوري بهدف اتخاذ قرارات فاعلة سريعة لتصحيح الانحرافات اثناء تنفيذ خطط الصيانة الوقائية، إذ ليس من الحكمة الانتظار لمدة سنة إنتاجية بالكامل ومن ثم اجراء تقييم فعاليات الصيانة واعتماد تلك النتائج في تحسين خطط الصيانة الوقائية للسنة الانتاجية القادمة.
4- اعتماد إدارة الصيانة في الشركة نموذج المحاكاة المصمم في هذا البحث واستخدامه كأداة فاعلة في التخطيط للتنبؤ بسلوك مؤشرات هندسة المعولية للمكائن الانتاجية.
5- نشر الوعي بأهمية توثيق المعلومات وعدم اهمال أي من البيانات التي تتضمنها بطاقات واستمارات الصيانة وترسيخ ذلك ضمن ثقافة الشركة.
6- انشاء إدارة المعولية تماشيا مع التطورات الحاصلة في مجال المعولية لكي تأخذ هذه الادارة على عاتقها القيام بالمتابعة المستمرة لعمليات الصيانة وتوثيق وتحليل البيانات المتعلقة بالصيانة لوضع خطط صيانة على اسس علمية وتحديد اسباب العطلات وازالتها ، وتحديد مواصفات المكائن المطلوب شرائها وتحسين ومتابعة ظروف العمل.

## المصادر

### اولا- المصادر العربية


1- الأسدي، زينب صالح جبر، أمكانية استخدام الحاسب في صيانة مكائن الانتاج- دراسة حالة في مصنع نسيج الكوت، رسالة ماجستير في إدارة الاعمال، كلية الادارة والاقتصاد، الجامعة المستنصرية، 2003.
2- الجمهورية العراقية، الوقائع العراقية، العدد 3741 في 1998/9/28.
3- الحديثي، رامي حكمت فؤاد وحيدر عبد حسن علوان وفائز غازي عبد اللطيف، إدارة الصيانة المبرمجة، دار وائل للنشر، عمان، 2004.
4- العلي، عبد الستار محمد وآمال غالب عبد المجيد فتاح، المعايير المستخدمة في تقييم نظام الصيانة الوقائية المتكامل، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد الثاني عشر، العدد السابع، 1993.
5- القيسي، خالد عبد الوهاب، تصميم نظام صيانة في شركة صناعية - دراسة تطبيقية في الشركة العامة للصناعات القطنية- معمل بغداد، رسالة ماجستير في الادارة الهندسية، الجامعة التكنولوجية، 2000.
6- المنصور، كاسر نصر، إدارة الانتاج والعمليات، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، 2000.
7- حسن، خالد حريجة، الصيانة والاستبدال للمكائن الانتاجية- دراسة تطبيقية في المنشأة العامة لصناعة البطاريات السائلة- معمل بابل / 1، رسالة ماجستير في إدارة الاعمال، كلية الادارة والاقتصاد ، الجامعة المستنصرية، 1990.
8- محسن، عبد الكريم وصباح مجيد النجار، إدارة الانتاج والعمليات، دار وائل للطباعة والنشر، عمان، 2004.


### ثانيا – المصادر الاجنبية


1- Cheng, T. C. E. and S. Podolsky, Just in Time Manufacturing: An Introduction, Chapman and Hall, 2nd ed., New York, 1996.
2- Dilworth, James B., Operations Management: Design, Planning, and Control for Manufacturing and Services, McGraw Hill Inc., Singapore, 1992.
3- Evans, James R., Applied Production and Operations Management, 4th ed.,West Publishing Co., New York, 1993.
4- Hashimoto, Koichi, Review of Quality and Reliability Handbook, 2003, Japan, http://www.necel.com/cgi.
5- Heizer Jay and Barry Render, Operations Management, 5th ed., Prentice Hall Inc., New Jersey, 2001.
6- Hill, Terry, Operations Management: Strategic Context and Managerial Analysis, McMillan Business, London, 2000.
7- Hitomi, K., Manufacturing Systems Engineering- A Unified Approach to Manufacturing Technology, Production Management and Industrial Economics, 2nd ed., Taylor and Francis Ltd., London , 1996.
http://www.cmaintop.com/UploadFiles/2005124113220760.pdf
8- Kennedy, Ross, Examining the Processes of RCM and TPM: What Do They Ultimately Achieve and Are the Two Approaches Compatible?, 2002,
9- Schonberger, Richard J. and Edward M. Knod, Operations Management, 5th ed., Irwin, Boston, 1994.

**10- Shafer, Scott M. and Jack R. Meridith, Operations Management: A Process Approach with Spreadsheets, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.**

**11- Slack, Nigel, Stuart Chambers, Christine Harland, Allan Harrison and Robert Johnston, Operations Management, 2nd ed., Bitman Publishing Co., London, 1998.**

**12- Stevenson, William J., Production-Operations Management, 6th ed., McGraw Hill Inc., Boston, 1999.**

**13- Telsang, Martand T., Production Management, S. Chand & Company Ltd., New Delhi, 2005.**

**14- Waller, Derer L., Operations Management, 2nd ed., International Thomson Business Press, London, 2002.**

**15- Williams, John H., Condition Based Maintenance and Machine Diagnostics, Chapman-Hall, London, 1994.**

**16- Zandin, Kjell B., Maynard's Industrial Engineering- Handbook, 5th ed., McGraw Hill, New York, 2001.**

**ملحق(1)**
**العمر التشغيلي (A) المتوقع لمكائن عينة البحث**

| اسم الماكنة | العمر التشغيلي (سنة) |
|---|---|
| ماكنة قص وجه (2) | 4 |
| ماكنة لويس (2) | 5 |
| ماكنة ترقيم | 5 |
| ماكنة خياطة عالية إبرة (4) | 7 |
| ماكنة خياطة عالية إبرتين (5) | 7 |
| ماكنة سحب مقدمة | 4 |
| ماكنة سحب جوانب | 4 |
| ماكنة سحب مؤخرة(13) | 4 |
| ماكنة كبس نعل | 4 |

**ملحق (2 )**
**معاملات حساب المدد الزمنية بين أعمال الصيانة**

| المعامل | الجانب المؤثر | الحالات والقيم المقابلة | | |
|---|---|---|---|---|
| K1 | نوع الانتاج | إنتاج مستمر | إنتاج بالدفعة | إنتاج تعاقدي |
| | | 1.3 | 1 | 1.5 |
| K2 | نوع المادة المشغولة | قطن | بوليستر | مواد اخرى |
| | | 1 | 0.8 | 0.7 |
| K3 | ظروف استخدام الماكنة | اعتيادية | غير اعتيادية | |
| | | 1 | 0.8 | |
| K4 | وزن الماكنة | 0- 5 طن | 5 – 10 طن | أكثر من 10 طن |
| | | 1 | 1.2 | 1.3 |

المصدر: القيسي، خالد عبد الوهاب، تصميم نظم صيانة في شركة صناعية- دراسة تطبيقية في الشركة العامة للصناعات القطنية/ معمل بغداد، رسالة ماجستير في الإدارة الهندسية، الجامعة التكنلوجية، 2000، 75.

**ملحق ( 3 )**
**مدخلات حساب عملية جدولة الصيانة الوقائية المقترحة**

| اسم الماكنة | K1 | K2 | K3 | K4 | X | Y | Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ماكنة قص وجه (2) | 1 | 0.7 | 1 | 1 | 30 | 60 | 120 |
| ماكنة لويس (2) | 1 | 0.7 | 1 | 1 | 36 | 72 | 144 |
| ماكنة ترقيم | 1 | 0.7 | 1 | 1 | 40 | 80 | 160 |
| ماكنة خياطة عالية إبرة (4) | 1 | 0.7 | 1 | 1 | 50 | 100 | 200 |
| ماكنة خياطة عالية إبرتين (5) | 1 | 0.7 | 1 | 0.2 | 50 | 100 | 200 |
| ماكنة سحب مقدمة | 1 | 0.7 | 1 | 0.2 | 40 | 80 | 160 |
| ماكنة سحب جوانب | 1 | 0.7 | 1 | 0.2 | 40 | 80 | 160 |
| ماكنة سحب مؤخرة | 1 | 0.7 | 1 | 0.2 | 40 | 80 | 160 |
| ماكنة كبس نعل | 1 | 0.7 | 1 | 0.2 | 40 | 80 | 160 |

**ملحق (4)**
**المدد الفاصلة بين فعاليات الصيانة المختلفة**

| اسم الماكنة | $T_1$ سنة | $T_2$ يوم | $T_3$ يوم |
|---|---|---|---|
| ماكنة قص وجه (2) | 2.8 | 8 | 3 |
| ماكنة لويس (2) | 3.5 | 8 | 3 |
| ماكنة ترقيم | 3.5 | 7 | 3 |
| ماكنة خياطة عالية ابرة (4) | 4.9 | 8 | 3 |
| ماكنة خياطة عالية ابرتين (5) | 4.9 | 8 | 3 |
| ماكنة سحب مقدمة | 3.3 | 7 | 3 |
| ماكنة سحب جوانب | 3.3 | 7 | 3 |
| ماكنة سحب مؤخرة | 3.3 | 7 | 3 |
| ماكنة كبس نعل | 3.3 | 7 | 3 |

**ملحق (5)**

**مقطع من خطة الصيانة الوقائية المصممة لماكنة قص وجه (2) لمدة سنة واحدة**

| الأشهر | اليوم | المشاهدة | صيانة صغرى | صيانة وسطى | الأشهر | اليوم | المشاهدة | صيانة صغرى | صيانة وسطى |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| كانون الثاني / 2005 | 1 | | | | كانون الأول / 2005 | 1 | | | |
| | 2 | | | | | 2 | | | |
| | 3 | | | | | 3 | | | |
| | 4 | × | | | | 4 | | | |
| | 5 | | | | | 5 | | | |
| | 6 | | | | | 6 | | | |
| | 7 | | | | | 7 | | × | |
| | 8 | | | | | 8 | | | |
| | 9 | | | | | 9 | | | |
| | 10 | | | | | 10 | | | |
| | 11 | | × | | | 11 | | | |
| | 12 | | | | | 12 | × | | |
| | 13 | | | | | 13 | | | |
| | 14 | | | | | 14 | | | |
| | 15 | × | | | | 15 | | | |
| | 16 | | | | | 16 | | | |
| | 17 | | | | | 17 | | | |
| | 18 | | | | | 18 | | | |
| | 19 | | | | | 19 | | × | |
| | 20 | | | | | 20 | | | |
| | 21 | | | | | 21 | | | |
| | 22 | | | | | 22 | × | | |
| | 23 | | | | | 23 | | | |
| | 24 | × | | | | 24 | | | |
| | 25 | | | | | 25 | | | |
| | 26 | | | | | 26 | | | |
| | 27 | | | | | 27 | | | |
| | 28 | | | | | 28 | | | |
| | 29 | | | | | 29 | | | × |
| | 30 | | | | | 30 | | | |
| | 31 | | | | | 31 | | | |

* اقتصرت خطة الصيانة على الصيانة الصغرى والصيانة المتوسطة باعتبار ان هذين النوعين من الصيانة لهما تأثير مباشر على الانتاج في المدى القصير

المنطقة المضللة تشير الى عطلة نهاية الاسبوع او مناسبة

X تشير الى ممارسة احد الانشطة