

خطة الصيانة الوقائية ومحاكاتها على وفق معايير هندسة المعولية دراسة حالة في الشركة العامة للصناعات الجلدية

- معمل رقم 7 -

يوسف عبد الإله احمد الطائي
ماجستير إدارة صناعية

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

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 2005/6/30-1/2، ثم تصميم خطة صيانة وقائية لكل ماكينة على انفراد وذلك بأستخدام النظام المحوسب الذي اعد في هذا البحث. وبهدف تقييم أداء خطة الصيانة الوقائية لكل ماكينة 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 للعمال للمكانن المستخدمة من خلال البرامج المخططة للصيانة التي تهدف الى تحقيق الإرباح وخفض التكاليف وتحسين جودة الانتاج، وظل مفهوم الصيانة مقتصرًا في الماضي على الإصلاح الذي يجري بعد توقف وخروج الماكينة من العمل، أي ان الصيانة كانت مرادفًا 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 متكاملًا 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.

وانطلاقًا مما تقدم، جاء هذا البحث لمعالجة مشكلة الصيانة لعينة من مكانن 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 للمكانن.

يهدف البحث الى تطبيق اسس علمية لقياس جودة اداء الصيانة وانشاء نظام صيانة وقائية قابل للتطبيق يدويا او باستخدام 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 لأعمال الصيانة التي يمكن بواسطتها الارتقاء بمستوى اداء المكانن 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 ادوات 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 ماكينة 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 باستخدام خطط الصيانة الوقائية التي صممت ومعايير هندسة المعولية الفعلية لمكانن 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- اقتصر 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 إجراء الصيانة بعد حدوث العطل مما يؤدي الى تدهور حالة المكان 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 المكان الإنتاجية ومدى اتاحتها 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، الاتاحة، نسب الفشل)؟

1-2- أهمية البحث

تتلخص أهمية 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 الإنتاجية 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 المكان طيلة مدة خدمتها .
 - تعظيم الطاقة الإنتاجية للمكان وزيادة مستوى استخدامها.
 - الحفاظ على استمرارية الإنتاج.
 - ضمان الجودة العالية بالسلع والخدمات.
 - تعظيم معولية اتاحة مكان الإنتاج وتخفيض نسب فشل المكان الى أدنى حد ممكن.

1-3- 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 المكانن وكفاءة أداء نظام الصيانة المتبع لمكانن 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 لمكانن 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 المكانن الانتاجية، وبالشكل الذي يضمن توظيف استخدام نظام الصيانة كوسيلة للتحسين المستمر.

1-4- أساليب جمع البيانات

- الكتب والدوريات والرسائل الجامعية العربية والانكليزية والتصفح في شبكة الانترنت.
- 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 المكانن واستخدمت في حساب متوسط الوقت بين العطلات وأوقات التصليح ومعدلات الفشل والاتاحية لعينة البحث.
- السجلات والتقارير:- سجل العطلات للعام 2004-2005، سجل نقل المكانن، بطاقات تصليح الماكينة لنفس الفترة اعلاه، تقارير محوسبة لبيان موقف إدارة الصيانة.
- المقابلات الشخصية مع العديد من المدراء من ذوي العلاقة بنشاط الصيانة.

1-5- إجراءات البحث

- 1- تحليل واقع نظام الصيانة المطبق في الشركة عينة البحث اعتمادا على أدوات هندسة المعولية المتمثلة بمتوسط الوقت بين العطلات (MTBF)، ومتوسط وقت الإصلاح (MTTR)، والاتاحية (Availability)، ونسبة الفشل (λ) Failure Rate لما توفره من مؤشرات عن أداء المكانن 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 تجنباً 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 باستخدام 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 لمكانين عينة البحث على وفق نتائج المحاكاة اختلافا معنوياً عن MTBF الفعلي.
- الفرضية الثانية: يختلف MTTR الناتج عن عملية المحاكاة اختلافا معنوياً عن MTTR الفعلي لمكانين عينة البحث.
- الفرضية الثالثة: يختلف معدل إتاحة المكانين Availability للواقع الفعلي اختلافا معنوياً عن الإتاحة الناتجة من تطبيق المحاكاة.
- الفرضية الرابعة: يختلف معدل نسبة الفشل (λ) للواقع الفعلي اختلافا معنوياً عن معدل نسبة الفشل الناتج من تطبيق عملية المحاكاة على مكانين 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 (الإتاحة، 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 ماكينة تتوزع على ثلاثة أقسام وتم انتخاب ماكينة واحدة عن كل مجموعة مكانين متشابهة في أقسام الفصال والخياطة والسحب وتشكل العينة المنتخبة 21% من مجتمع المكانين. والجدول (1-1) يبين معلومات عن عينة البحث. ومن خلال المسح الأولي لمكانين المعمل خلال فترة المعاينة اتضح ان نسبة العطلات مرتفعة لجميع المكانين مما شكل دافعا قويا لدراسة هذه المشكلة والخروج بحلول عملية.

جدول 1-1

القسم	الماكينة	منشأ الماكينة	عدد المكانن	سنة الاشتغال	درجة التعقيد التكنولوجي			درجة أهمية الماكينة			الغرض من الاستخدام
					بسيط	معقد	دقيق	حرجة	محدودة الأهمية	بديلة	
الفصل	ماكينة قص وجه	انكليزي- VSM	2	1980		*		*			قص الجلد والبطانة
	ماكينة لويس	ألماني-فورتا	2	1982		*		*			تخفيف حافة الجلد
	ماكينة ترقيم	ألماني-شون	1	1982		*	*	*			طبع الأرقام (الحجم ، رقم الموديل ، والتاريخ)
الخيطة	ماكينة 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
	ماكينة خياطة عالي إبرتين	ألماني - PFAFF	8	1982			*	*			درز مؤخرة الحذاء+تركيب الاخم+تركيب الباشنة على الوجه
السحب	ماكينة سحب المؤخرة	ألماني-شون	1	1982		*	*	*			سحب مؤخرة الحذاء
	ماكينة سحب المقدمة	ألماني - استرا	1	1982		*	*	*			سحب مؤخرة الحذاء
	ماكينة سحب الجوانب	ألماني-شون	1	1982		*	*	*			سحب جوانب الحذاء
	ماكينة 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 الإنتاج والعمليات وجود اتفاق حول مفهوم الصيانة لعدّها نشاط حيوي يساهم في زيادة الاستخدام الفاعل للأجهزة والمعدات الإنتاجية في مختلف المنظمات الصناعية بغية تعزيز جودة منتجاتها والتميز في أدائها، 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 عرفها Heizer & Render بأنها "جميع الإجراءات المستخدمة للمحافظة على سلامة نظام الإنتاج أو المعدات في حالة جيدة" (Heizer & Render, 2001, 700). أما (محسن والنجار) فقد عرفها على أنها "العمل الذي يتخذ للحفاظ على معدات الإنتاج 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 التكنولوجي.

ان التعريف الرسمي لفلسفة Terotechnology هو " الترابط بين الوظائف الإدارية والمالية والهندسية المطبق على الموجودات المادية سعياً وراء تخفيض الكلفة الاقتصادية لدورة حياة الموجودات، وتهتم ممارساته بالمواصفات وتصميم المصنع، والمعدات، والمباني، للتأكد من إمكانية الاعتماد عليها وإجراء الصيانة اللازمة لها، فضلاً عن الاهتمام بنصبها وتركيبها والتأكد من صلاحية استعمالها وإجراء التحويلات عليها واستبدالها اعتماداً 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 والتصلّيح بل تكون حلقة وصل بين مراحل مختلفة ومتعددة لدورة حياة المعدات بحيث يحصل تناسق وتركيب يتدفق 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 أو أية ملاحظات أخرى تساهم في التطوير ومعالجة الانحرافات الحاصلة في الوقت المناسب (القيسي، 2000، 13).

2-2- تصنيف الصيانة

2-2-1- الصيانة غير المخططة

وهي صيانة غير مرتبطة ببرنامج زمني وترتبط فقط بعطل أو توقف الماكينة عن العمل، ويتوقف زمن الصيانة على الإمكانات 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 وإنجازها والسيطرة عليها وفق تقديرات مسبقة وتوثيق هذه الإجراءات ضمن الخطة الموضوعية (محسن والنجار، 2004، 492) وتقسّم الصيانة المخططة إلى:-

اولا- الصيانة الوقائية (PM) Maintenance Preventive

تعد من أكثر تصنيفات الصيانة أهمية، وذلك لاستخدامها في العديد من المنظمات للحفاظ على استمرارية عمل المكان 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 إلى الحد الأدنى.
 - 2- تقليل وقت التوقف Down Time الإضافي للمعدات خارج الخدمة إلى الحد الأدنى.
 - 3- تقليل الحاجة إلى الوقت الإضافي Over Time لأداء أعمال الصيانة وبالتالي تقليل أجور العمل الإضافي.
 - 4- تقليل الانتاج التالف بسبب العطلات وتحسين الجودة في حالة كون المكان جيدة التصليح وكفاءة.
 - 5- تقليل الحاجة إلى 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 للمشغلين والفنيين.
 - 8- التمكن من السيطرة والرقابة على خزين المواد الاحتياطية وأداء الأفراد والمعدات.
- ويعد الفحص والتفتيش والتزييت من أهم الأنشطة الرئيسية لأعمال الصيانة الوقائية، لكن بعض الباحثين اعتبروا ان التفتيش والصيانة الروتينية جزءا أساسيا من الصيانة الوقائية (حسن، 1998، 122). في حين أشار العلي وفتح إلى ان مكونات الصيانة الوقائية هي الفحص، والتفتيش، والتزييت، والتخطيط والجدولة، والتوثيق، وتدريب فرق الصيانة، وأساليب التحفيز، والسيطرة على الخزين من المواد الاحتياطية (العلي وفتح، 1993، 27-29).

ثانيا- الصيانة الانتاجية الشاملة Total Productive Maintenance (TPM)

نشأت هذه الطريقة من الصيانة في اليابان، وهي عبارة عن برنامج صيانة وقائية أدخل 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 عرفت الصيانة الانتاجية الشاملة (TPM) بأنها "المشاركة بين أقسام الصيانة والمنظمة الانتاجية، لغرض تحسين جودة الماكنة وتقليل الضياعات وكلفة التصنيع وزيادة اتاحية المكان" (Cheng & Podolsky, 1996, 38).

ثالثاً - الصيانة المرتكزة على الموثوقية (RBM) Reliability – Based Maintenance

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

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

1. تحديد متطلبات الصيانة وتحديد المهام الضرورية لتلبيتها.
2. تحليل موثوقية أجزاء النظام الحساسة وبالتالي تحديد المدد الزمنية الفاصلة بين أعمال الصيانة. توفر الصيانة المرتكزة على الموثوقية طريقة مفيدة للسيطرة على الكلف وفي ذات الوقت تحافظ على موثوقية المعدات والمكانن فضلاً عن تحقيق أقصى سلامة أثناء العمل وأعلى إنتاجية ممكنة (Waller, 2002, 707).

2-3- دور الحاسوب في تنفيذ الصيانة

يهدف إدارة أعمال الصيانة بكفاءة، فإن مدير الصيانة يحتاج إلى 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). فضلاً عن ذلك تحقق برمجة أعمال الصيانة المحوسبة مجموعة من الفوائد أهمها (محسن والنجار، 2004، 516) :-

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

2-4- الموثوقية RELIABILITY

2-4-1- مفهوم الموثوقية

تمثل فكرة ومفهوم موثوقية المكانن الإنتاجية في الوقت الحاضر إحدى السبل التي تتمكن الشركة بواسطتها من تحقيق رضا الزبون من خلال ضمان الجودة العالية لمنتجاتها وسرعة التسليم لتلبية احتياجات الزبائن عن طريق تقديم منتجات يعول عليها. لذلك تسعى الشركات جاهدة لتحقيق هذه الأهداف عن طريق الحفاظ على موثوقية عالية للمكانن للسيطرة على معدل فشل المكانن الذي يسبب خللاً في العمليات الإنتاجية (Hashimoto, 2003, 16). وتعرف الموثوقية بأنها "احتمالية أداء الماكينة لغرضها الإنتاجي في ظل ظروف تشغيلية وخلال مدة زمنية معينة" (Shafer & Meridith, 1998, 774). واستناداً إلى Evans فإن الموثوقية تضم أربعة عناصر أساسية هي:- الاحتمالية ووقت التشغيل والأداء وظروف الاشتغال. وبأزيد التعقد التكنولوجي للمكانن فقد ظهر مصطلح جديد يسمى بـ "هندسة الموثوقية Reliability Engineering" التي تعني استخدام تقنيات مختلفة في بناء موثوقية المكانن واختبار أدائها. تدار هذه العملية الشاملة بواسطة "إدارة الموثوقية Reliability Management" والتي تعمل على تلبية متطلبات الزبون، واختيار الأجزاء والتصاميم والمجهزين، وتحديد متطلبات الموثوقية للمكانن، والتحليل الميداني للبيانات بهدف تحسين الموثوقية (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 (Waller, 2002, 597-599) (Shafer & Meridith, 1998, 776-779) (Nahimas, 1997, 746-747) هي:-
أ- الربط على التوالي:- حيث تعتمد معولية عناصر النظام بعضها على البعض الآخر ويؤدي فشل أي عنصر إلى فشل النظام كله وتعطله عن العمل وتكون قيمة المعولية الكلية أقل من قيمة معولية أي عنصر في النظام. تحسب معولية النظام الكلية بالمعادلة الآتية:-

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

أو

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

حيث أن: R_s = معولية النظام الكلية، R_1, R_2 = معولية العنصر الأول والثاني

ب- الربط على التوازي:- حيث تكون معولية الأجزاء المكونة للنظام مستقلة واحدة عن الأخرى وإن فشل أي عنصر لا يؤدي إلى فشل النظام كما أن قيمة معولية النظام تكون أعلى من قيمة أي عنصر فيه. وتحسب معولية النظام R_p بالصيغة الآتية:-

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

أو

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

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 R_c :-

$$R_c = R_p * R_s \dots \dots \dots (2-3)$$

2-4-3- معايير هندسة المعولية

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

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

$$MTBF = 1 \div n \dots \dots \dots (2-4)$$

حيث، $n =$ معدل العطلات

ب. متوسط وقت التصليح (MTTR):- هو متوسط الوقت اللازم لتصليح أو استبدال ماكينة أو احد أجزائها المفترض استبداله بتوفير الأجزاء المناسبة والمهارة والمعرفة (Schonberger & Knod, 1994, 556). ويحسب هذا المعيار على وفق المعادلة الآتية :-
 $MTTR = TTTR \div N \dots\dots\dots (2-5)$

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

ج. الإتاحة (Availability):- وهي "احتمالية ان تكون المفردة قادرة على أداء الوظيفة المطلوبة خلال مدة الاشتغال المخطط لها" (Hitomi, 1996, 291)، ويعبر عنها بالمعادلة الآتية:-
 $Availability = MTBF \div (MTBF + MTTR) \dots\dots\dots (2-6)$

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

$$\lambda = Bn \div OT \dots\dots\dots (2-7)$$

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.

ثالثاً - 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 للأحذية- الكراادة 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 لمكانن الإنتاج في معمل رقم 7

يضم المعمل تشكيلة متنوعة من مكانن الإنتاج من منشآت مختلفة تتوزع على الأقسام في المعمل وهي تعد القاعدة التكنولوجية الأساسية لعملية صناعة الأحذية. ومن خلال الاطلاع الميداني على النظام المتبع في المعمل، اتضح أن 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 المكانن وبحسب حاجة المكانن لذلك، أي أن تتم العملية وفق خبرة مشغل الماكينة ولا تتم وفق جدول زمني منتظم أو خطة صيانة مسبقة وهذا ما يؤثر على سير العملية الانتاجية في المعمل. ومن الجدير بالذكر فإن اعمال الصيانة الوقائية التي تجري من قبل مشغل الماكينة لا يتم القيام بها الا على انواع معينة من المكانن والتي تتميز بسهولة استخدامها وعدم احتوائها على تعقيدات تكنولوجية، في حين تبقى المكانن الأكثر تعقيدا دون الحد الأدنى من عمليات الصيانة. تشمل الصيانة العلاجية النسبة العالية من عمليات الصيانة في المعمل إذ تخضع اغلب انواع المكانن لهذا النوع من الصيانة وهي غير مشمولة بأي خطة مسبقة.

جمعت البيانات المتعلقة بعدد العطلات واوقات الاشتغال واوقات التوقف للمكانن الحرجة والتي تمثل عينة البحث في معمل رقم 7 للفترة من 2005/6/30-1/2. ويبين الجدول (3-1) أن عدد العطلات لماكينة 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 المكانن بسبب التقادم وعدم انتظام اعمال الصيانة مما أدى الى ارتفاع عدد العطلات التي تتعرض لها الماكينة. 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 (4-2) - (7-2). ويظهر من هذا التحليل انخفاض معدل اتاحية الماكينة 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 الماكينة والذي بلغ 0.13 وهذا يشير الى احتمالية فشل الماكينة خلال فترة تشغيلها. وبنفس الطريقة اجري تحليل العطلات لعينة البحث بأستخدام معايير هندسة المعولية، والجدول (3-3) يوضح خلاصة بتحليل عطلات مكانن عينة البحث. فضلا عما تقدم فقد حسب الوسط الحسابي والانحراف المعياري والتباين الفعلي لمعايير هندسة المعولية لجميع مكانن عينة البحث والتي ستعرض لاحقا في هذا البحث.

جدول (3-1)

مشاهدات اوقات الاشتغال بالساعات لماكينة 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 (2-3)

تحليل العطلات باستخدام معايير هندسة المعولية لماكنة قص وجه رقم 2

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

3-3- إعداد خطة الصيانة الوقائية لمكانين عينة البحث

باعتتماد 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 الماكينة والمكانين 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 $\times$ 7.5 ساعة/يوم $\times$ 4 سنوات)، وبالتعويض في معادلة (1-3) فإن الفترة الزمنية لدورة الصيانة الكبرى في قسم الفصال ولماكنة قص الوجه تحسب كما يأتي:-

$$T1 = K1 * K2 * K3 * K4 * A \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

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 الماكينة

$K4$ = معامل يعتمد على وزن الماكينة

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

القسم	الماكنة	MTBF	MTTR	Availability	λ
الفصل	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
الخطاطة	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 كيس نعل	10.8	2	0.84	0.09

والملاحق (2) يوضح قيم المعاملات التي تظهر في المعادلة (1-3) وبالتعويض فإن:-
ساعة $TI = 1 * 0.7 * 1 * 1 * 7500 = 5250$

ولتحويل الساعات الى سنوات يقسم الناتج على عدد ساعات الانتاج السنوي البالغ 1875 ساعة عمل.

$$2.8 = 1875 \div 5250 \text{ سنة}$$

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) والملاحق (3) يوضح قيم X,Y,Z لبقية مكانن عينة البحث، وبالتعويض في المعادلة (2-3) فإن الفترة الزمنية لصيانتين متتاليتين ($T2$)، تحسب الآتي:-
(3-2) $T2 = TI / (X + Y + 1)$

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

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

$$8 = 7.5 \div 58 \text{ أيام عمل}$$

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

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

$$T3 = T1 / (X + Y + Z + I) \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

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

$$T3 = 5250 / (120 + 60 + 30 + 1) \\ = \text{ساعة } 25$$

أو ثلاثة أيام عمل تقريبا

وبتطبيق المعادلات (1-3) – (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 ماكينة من مكائن عينة البحث وعلى غرار الجدولين (1-4) و (2-4)، 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.

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

جدول (1-4)

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	0.37 – 0.94
2	7	0.05	1.00	0.95 – 0.99
المجموع	135	1.00	-	-

جدول (2-4)

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	0.59 – 0.99
المجموع	92	1.00	-	-

يوضح الصف الأخير من جدول (3-4) 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 أساس 135 يوم عمل لكي تكون المقارنة صحيحة وكما يأتي:-

$$1- \text{ عدد العطلات} = 135 \times (264 \div 150) = 237.6 \approx 238 \text{ عطل}$$

$$2- \text{ وقت التوقف} = 135 \times (264 \div 364) = 96.5 \approx 97 \text{ ساعة}$$

$$3- \text{ وقت التصليح} = (0.76 \times 186) = 141.36 \approx 141 \text{ ساعة}$$

$$4- \text{ وقت الاشتغال} = 135 \times (264 \div 1617) = 21.6 \approx 22 \text{ ساعة}$$

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

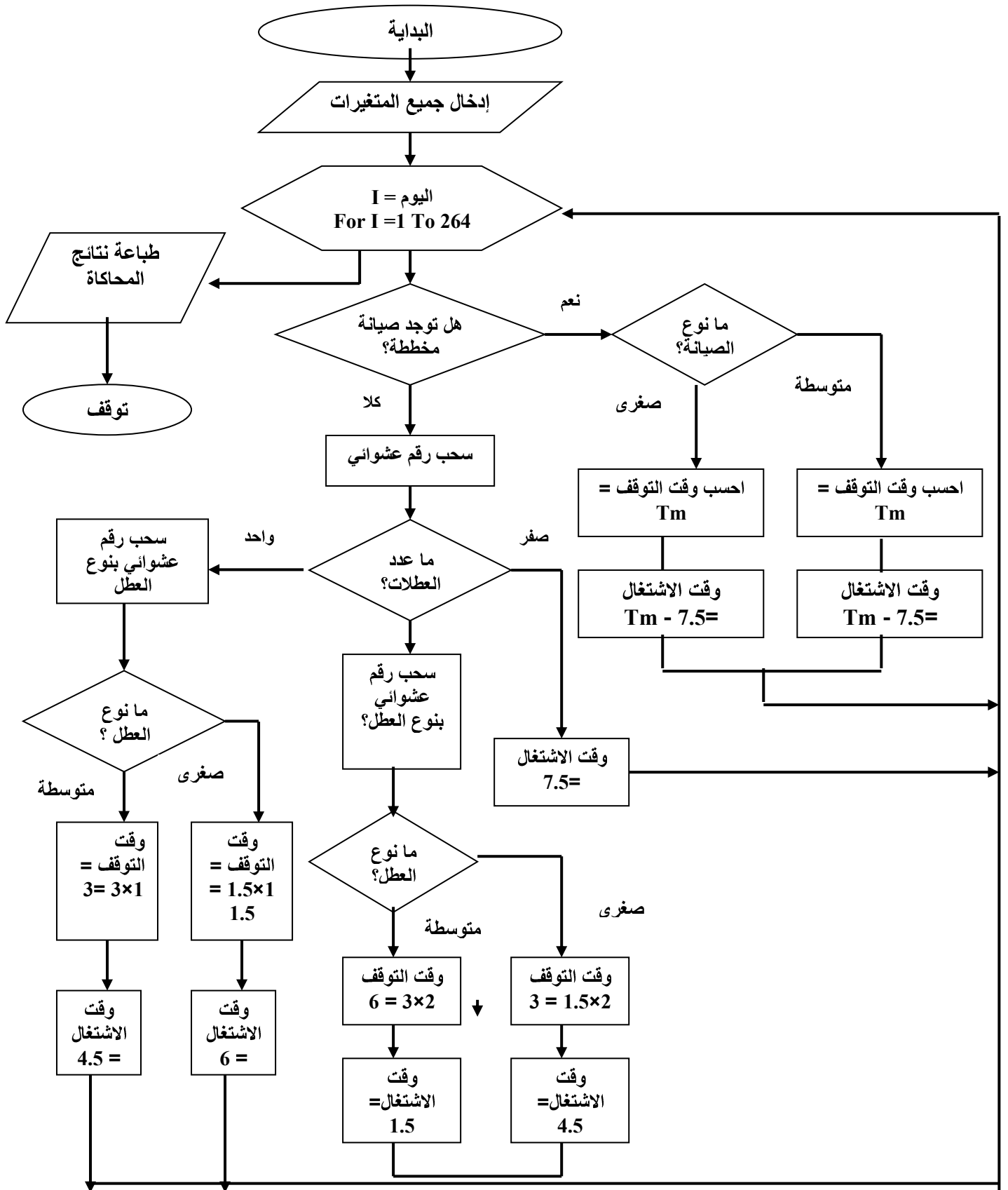
$$10.6 = 78 \div 827 = \text{MTBF} \text{ ساعة} \quad \star$$

$$1.8 = 78 \div 141 = \text{MTTR} \text{ ساعة} \quad \star$$

$$0.85 = (10.6 + 1.8) \div 10.6 = \text{Availability} \quad \star$$

$$\lambda = 78 \div 827 = 0.09 \quad \star$$

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



شكل (4-1) منطق المحاكاة

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

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 ؟	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	
المعدل	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	

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

اسم الماكينة	المعايير النتائج	الواقع الفعلي	المحاكاة	نسبة التحسن بمعايير الأداء
ماكينة 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%
ماكينة 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%
ماكينة 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%
ماكينة خياطة عالية ابرة (4) واحدة	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%
ماكينة خياطة ابرين (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%
ماكينة 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%
ماكينة 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%
ماكينة سحب مؤخرة	MTBF	10.2	13	27%
	MTTR	2	1.85	8%
	Availability	0.84	0.88	5%
	λ	0.1	0.07	23%
ماكينة 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 الاجراءات 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 :-

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

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

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 ($\alpha/2 = 2.120$) اختبار جانبيين ، إذ تحسب قيمة t كما يأتي :-

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

وتحسب s كما يأتي:-

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

إذ ان :-

$$n = \text{حجم عينة المكانن الفعلي (العينة الأولى)}$$

$$m = \text{حجم عينة المكانن في المحاكاة (العينة الثانية)}$$

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

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

$$s = \text{الخطأ المعياري للعينتين الأولى والثانية}$$

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

:-

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

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

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 لمكان عينة البحث. وبنفس الطريقة اجريت اختبارات المعنوية للمعايير الثلاثة الاخرى λ , MTTR, Availability, وظهر من خلال الاختبارات ان جميع الاختلافات كانت معنوية مما يثبت صحة فرضيات البحث.

سادسا - الاستنتاجات والتوصيات

6-1- الاستنتاجات

- 1- أظهر البحث ان هناك انخفاضا في أنشطة الصيانة في معمل رقم 7، ويعزى ذلك للأسباب الآتية:- 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 المكنان الانتاجية.
- 2- ترجع زيادة عدد العطلات وساعات التوقف ونسب اتاحية المكنان الانتاجية في معمل رقم 7 الى تقادم واستهلاك بعض المكنان 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 المنتج .
- 4- على الرغم من تفاقم مشكلة الصيانة وانتهاء العمر الإنتاجي لبعض المكنان فان المعمل غير قادر على استبدالها بسبب الظروف الراهنة لذلك فان تطبيق اسلوب علمي للصيانة هو أفضل الحلول في الوقت الحاضر.
- 5- أظهر 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 (1-5)
الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لمكانن عينة البحث

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

- 6- ابرزت نتائج محاكاة خطط الصيانة الوقائية قدرة هذه الخطط على تحسين الأداء ورفع مستوى استغلال الطاقة المتاحة، إذ تراوحت نسب الاستغلال للمكانن 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 المكانن 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 المكانن لاستخدامها في اعداد خطط مستقبلية.

6-2- التوصيات

- 1- يوصي البحث بتطبيق خطط الصيانة الوقائية في معمل رقم 7 وذلك لتحسين اداء مكانن الانتاج نظرا لما حققه تطبيق تلك الخطط من نتائج على المستوى التجريبي.
- 2- ضرورة الاعتماد على معايير هندسة المعولية في تقييم اداء المكانن الانتاجية وذلك لقدرتها في تقديم مؤشرات عن عطلات المكانن 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 للمكانن 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 أسس علمية وتحديد اسباب العطلات وازالتها ، وتحديد مواصفات المكانن المطلوب شرائها وتحسين ومتابعة ظروف العمل.

المصادر

أولاً- المصادر العربية

- 1- الأسدي، زينب صالح جبر، أمكانية استخدام الحاسب في صيانة مكانن الإنتاج- دراسة حالة في مصنع نسيج الكوت، رسالة ماجستير في إدارة الأعمال، كلية الإدارة والاقتصاد، الجامعة المستنصرية، 2003.
- 2- الجمهورية العراقية، الوقائع العراقية، العدد 3741 في 1998/9/28.
- 3- الحديثي، رامي حكمت فؤاد وحيدر عبد حسن علوان وفانز 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 الإدارة الهندسية، الجامعة التكنولوجية، 2000.
- 6- المنصور، كاسر نصر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، 2000.
- 7- حسن، خالد حريجة، الصيانة والاستبدال للمكانن الإنتاجية- دراسة تطبيقية في المنشأة العامة لصناعة البطاريات السائلة- معمل بابل / 1، رسالة ماجستير في إدارة الأعمال، كلية الإدارة والاقتصاد، الجامعة المستنصرية، 1990.
- 8- محسن، عبد الكريم وصباح مجيد النجار، إدارة الإنتاج والعمليات، دار وائل للطباعة والنشر، عمان، 2004.

ثانياً - المصادر الأجنبية

- 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.

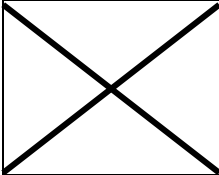
ملحق (1)

العمر التشغيلي (A) المتوقع لمكانن عينة البحث

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

ملحق (2)

معاملات حساب المدد الزمنية بين أعمال الصيانة

المعامل	الجانب المؤثر	الحالات والقيم المقابلة		
K1	نوع الانتاج	إنتاج مستمر	إنتاج بالدفعه	إنتاج تعاقدى
		1.3	1	1.5
K2	نوع المادة المشغولة	قطن	بوليستر	مواد اخرى
		1	0.8	0.7
K3	ظروف استخدام الماكينة	اعتيادية	غير اعتيادية	
		1	0.8	
K4	وزن الماكينة	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 التكنولوجية، 2000، 75.

ملحق (3)

مدخلات حساب عملية جدولة الصيانة الوقائية المقترحة

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

ملحق (4)

المدد الفاصلة بين فعاليات الصيانة المختلفة

T3 يوم	T2 يوم	T1 سنة	اسم الماكينة
3	8	2.8	ماكينة قص وجه (2)
3	8	3.5	ماكينة لويس (2)
3	7	3.5	ماكينة ترقيم
3	8	4.9	ماكينة خياطة عالية إبرة (4)
3	8	4.9	ماكينة خياطة عالية إبرتين (5)
3	7	3.3	ماكينة سحب مقدمة
3	7	3.3	ماكينة سحب جوانب
3	7	3.3	ماكينة سحب مؤخرة
3	7	3.3	ماكينة كبس نعل

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	x		
	5					5			
	6					6			
	7		x			7			
	8					8			
	9					9			
	10					10			
	11					11		x	
	12	x				12			
	13					13			
	14					14			
	15					15	x		
	16					16			
	17					17			
	18					18			
	19		x			19			
	20					20			
	21					21			
	22	x				22			
	23					23			
	24					24	x		
	25					25			
	26					26			
	27					27			
	28					28			
	29			x		29			
	30					30		x	
	31					31			

* اقتصررت 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