الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM) ودورها في تحسين اتاحية المكائن الإنتاجية ـ

دراسة تحليلية تطبيقية في قسم الخياطة / معمل الألبسة الجاهزة في النجف الأشراف

م. ليث علي الحكيم
كلية الإدارة والاقتصاد
/جامعة الكوفة

م.م الهام ناظم
كلية الإدارة والاقتصاد
/جامعة كربلاء

م.م عمار عبد الأمير
كلية الإدارة والاقتصاد
/جامعة الكوفة

المستخلص

سعت هذه الدراسة إلى تحديد دور الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM) Reliabilit Centered Maintenance في تحسين اتاحية Availability المكائن الانتاجية (دراسة تطبيقية في قسم الخياطة / معمل الألبسة الجاهزة في النجف الأشرف) . فمع تسارع عجلة التقدم التقني وتخطيها لحدود اللامعقول أصبحت حالات فشل المكائن المستخدمة في العملية الانتاجية مصدر قلق رئيس فى قطاعات الانتاج والعمليات بسبب التقنية العالية التي تتمتع بها ، إذ إن حالة فشل أي جزء بسيط لهذه المكائن يمكن إن يكون له

أثر كبير في انخفاض المعولية و الاتاحية والذي سينعكس بدوره على القدرة الانتاجية بسبب خفض كمية الانتاج و زيادة تكاليف التشغيل مما يؤثر على المنتجات المقدمة للزبائن . ولعل من أهم المعالجات المطروحة في هذا المجال مدخل الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM) إذ يشتمل على الإجراءات المستخدمة لتحديد متطلبات الصيانة لأي ماكنة ضمن بيئة اشتغالها وهذه الإجراءات تعتمد بشكل أساس على :

١.ماذا يمكن عمله للحفاظ على استمرارية اشتغال المكائن الانتاجية .

٢.متى يتم تنفيذ نشاطات الصيانة على المكائن الانتاجية .

٣.كيف يمكن التنبؤ بالفشل الوظيفي للمكائن الانتاجية والوقاية منه .

٤.تكاليف أداء أنشطة الصيانة .

إذ أن هذه الإجراءات تؤدي إلى انخفاض حالات الفشل المحتملة الحدوث وزيادة المعولية وتحسين اتاحية المكائن الانتاجية ، ومن أجل تحقيق غاية الدراسة ، تم وضع منهجية علمية لمعرفة طبيعة العلاقات التأثيرية بين متطلبات الصيانة وزيادة المعولية وتحسين الاتاحية ، ونتج عنها مجموعة من الفرضيات الرئيسة والفرعية التي تعكس هذه العلاقات .

كما اعتمدت الدراسة على مجموعة من المؤشرات و الاختبارات الاحصائية ، وبناءً على ذلك ، فقد تم تأشير مجموعة من الاستنتاجات النظرية والميداني، وبالاعتماد على الإستنتاجات التي توصلت إليها الدراسة و تم تقديم مجموعة من التوصيات المنسجمة مع هذه الاستنتاجات .

المقدمة: Introduction:

أصبح من الواضح اهمية انشطة الصيانة للمكائن والمعدات ولاسيما في المنظمات الصناعية الكبيرة اذ ان استعمال اعمالها مرهون باستمرارية اشتغال المكائن وفضلا عن ذلك التزام هذه المنظمات بمعدلات انتاج مخطط لها وبمستوى جودة عال. لذا (فالمكائن) التي تعد القلب النابض للعمليات الانتاجية تستدعي اهتماما خاصا لصيانتها لضمان استمرارية التشغيل وتجنب حدوث حالات الفشل المفاجئ, والعمل على تخفيض احتمال حدوثها وفقا لبرامج صيانة فاعلة تقدم نتائج ملموسة مقرونة باقل كلفة ممكنة. ولغرض استثمار هذه الخاصية جاءت الدراسة كمحاولة متواضعة تركز على فلسفة جديدة في صيانة المكائن والمعدات هي الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM) وتطبيقها على مكائن قسم الخياطة / معمل الالبسة الجاهزة في النجف بهدف تزويد ادارة قسم الصيانة في المعمل المذكور بمؤشرات احصائية مبنية على اسس علمية حول حالات الفشل العشوائي الذي يؤثر على انتاجية المكائن الانتاجية الامر الذي ينعكس على العملية الانتاجية كما ونوعا.

أولاً: منهجية الدراسة :

١ــ مشكلة الدراسة :

تكمن مشكلة الدراسة في اتباع ادارة الصيانة في قسم الخياطة / معمل الالبسة الجاهزة في النجف برامج صيانة تقليدية، تعتمد في ادارتها لهذه البرامج على الخبرة الذاتية المتراكمة لمهندسي وفني الصيانة وعلى توقعاتهم الشخصية وبالرغم من وجود بيانات حول اوقات الاشتغال والفشل وكذلك توفر وسائل تقنية حديثة كالحاسوب والتي تسهم في مساعدة الادارة في

المعمل قيد الدراسة على تبني برامج صيانة اكثر فاعلية لها الاثر البالغ في تعزيز وتحسين الاداء الوظيفي للمكائن الانتاجية . لذا تثير مشكلة الدراسة التساؤلات الآتية :

هل هناك مقدرة لإدارة قسم الصيانة في تبني مفاهيم وتطبيقات حديثة في مجال الصيانة ، ولاسيما المفاهيم المتعلقة بالصيانة المرتكزة على المعولية (RCM) ؟

هل هناك مؤشرات كمية تمكن الإدارة من تقييم أنشطة الصيانة الحالية بهدف تعديل مسار خطة الصيانة المستقبلية ؟

هل هناك مؤشرات كمية تبين مدى قدرة المكائن في الاستمرارية بالعملية الانتاجية ؟

مدى أدراك إدارة قسم الصيانة لدور (RCM) في تحسين أتاحية المكائن الإنتاجية ؟

٢- اهداف الدراسة :

ان الهدف الرئيس للدراسة هو تطبيق وتوظيف فلسفة ومؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية (**RCM**)على المكائن الانتاجية في قسم الخياطة / معمل الالبسة الجاهزة في النجف بهدف تحسين اتاحيتها, الامر الذي يمكن الادارة من تحقيق الاهداف الآتية :

المحافظة على استمرارية عمل المكائن الإنتاجية وتقليل احتمالات الفشل المفاجئ .

زيادة الطاقة الانتاجية للمكائن والمعدات .

تقليل حالات الفشل لهذه المكائن الى ادنى حد ممكن .

تعظيم معولية مكائن الانتاج والقابلية على الصيانة .

تحليل ومعرفة العلاقة بين الصيانة المرتكزة على المعولية وآثارها المترتبة على انتاجية المكائن في المعمل قيد الدراسة .

٣- اهمية الدراسة :

تتجسد اهمية الدراسة فيما يأتي :

تقديم اطار نظري و تطبيقي حول برامج (**RCM**) والتعريف بالمزايا والآثار الايجابية في دراسة احتمالات حدوث الفشل للمكائن الانتاجية، الامر الذي يسهم في خلق بيئة تشغيلية ملائمة لها .

تقديم مؤشرات كمية لكل من الصيانة المرتكزة على المعولية والاتاحية تسهم في تقييم وتحليل انشطة الصيانة الحالية وفق اسس علمية من اجل تصحيح مسار انشطة ومهام الصيانة مستقبلا .

٤- فرضيات الدراسة :

بالاستناد إلى مشكلة الدراسة الرئيسة يمكن وضع فرضيتها بالآتي :

٤-١ : الفرضية الرئيسة :

(وجود علاقة ارتباط ذات دلالة معنوية بين اتاحية المكائن الانتاجية ومؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية)

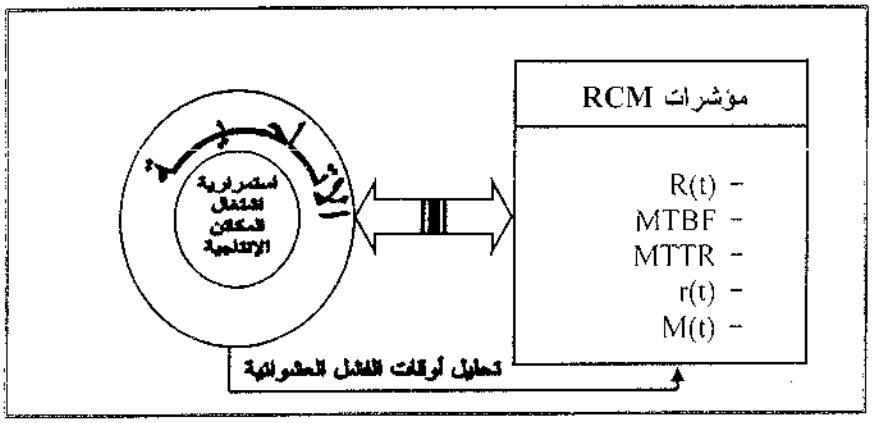
٤-٢ : الفرضيات الفرعية :

أن التوزيع الاحتمالي لبيانات أوقات الاشتغال للمكائن بين فشل وآخر هو التوزيع الأسي Dist. Exponential ولكافة المكائن قيد الدراسة .

هناك علاقة ارتباط تبادلية ذات دلالة معنوية بين مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية .

٥- مخطط الدراسة الفرضي :

يمكن توضيح نموذج الدراسة بالشكل (١) أدناه .



المصدر :أعداد الباحثين

الشكل (١) مخطط الدراسة الفرضي

٦- أساليب التحليل المستخدمة في الدراسة :

٦-١: المؤشرات الاحصائية : تم اعتماد معامل الارتباط البسيط (معامل بيرسون Correlation Coefficient Person) ، وتم استخدامه بمساعدة برنامج (SPSS V.١٠) لقياس العلاقة بين متغيرات الدراسة.

٦-٢ : الاختبارات الاحصائية : تم أجراء اختبار مربع كاي (Chi-Square) لاختبار طبيعة التوزيع الاحتمالي لأوقات الاشتغال بين فشل و آخر باستخدام برنامج (SPSS V.١٠) .

٧- حدود الدراسة الزمانية والمكانية :

تتمثل بـــأنشطة قسم الخياطة/معمل الألبسة الجاهزة في النجـــف الأشـــرف للمدة (١ / ٧ – ٣٠ / ٩ / ٢٠٠٦).

ثانيا : الجانب النظري :

١- الصيانة المرتكزة على المعولية Reliability-centered Maintenance (RCM) :

١-١ : مفهوم الصيانة المرتكزة على المعولية Concepet (RCM) :

ان الاستخدام الواسع للمكائن والمعدات يتطلب وضع برامج فاعلة لـــصيانة هذه المكائن وذلك للحفاظ عليها من حدوث حالات الفشل التي تنعكس ســـلبا على كمية الانتاج وجودته (الهيتي ,واخرون , ١٩٨٨: ١٦٢) . لذلك وقبـــل التعرض لمفهوم (RCM) ينبغي لنـــا البـــدء مـــن مفهـــومي الـــصيانة Maintenanceوالمعولية Reliability كمفاهيم رئيسة تشتمل عليها الدراسة فالصيانة كمفهوم اختلف الباحثون في وضع تعريف شامل لهـــا وهـــذا امـــر طبيعي نظرا لتعاظم اهميتها ودورها في ادارة الموجودات المادية فقد ورد في قاموس (Oxford) بانها : " سبب الاستمرار – Couse to Continue " , او هي " المحافظة على حالة الوجود – Keep in a exoisting state " كما عرفها قاموس (Webster) ، اما ادبيات ادارة الانتاج والعمليات فقد وفرت لنا مجموعة كبيرة من التعاريف نذكر منها:

– يعرفها (Dilworth , ١٩٩٣ : ٤٥١) على إنهـــا : الجهـــود المبذولـــة للمحافظة على تسهيلات الانتاج والمعدات في حالة تشغيل مقبولة .

– في حين يراها كل من (Shafer & Meredith , ١٩٩٨ : ٧٨٤) على إنها : عملية إصلاح أو استبدال الماكنة أو اجزاء منها في حالة تزايد نسبة الفشل الذي يعيق انشطتها المحددة .

– أما (Heizer & Render , ٢٠٠١ : ٧٠٠) فيعرفاها على إنها : جميع الانشطة التي تمكن من المحافظة على المكائن الموجودة في النظام في حالة صالحة للعمل .

إما المعولية فهي كمفهوم حظي باهتمام الباحثين والمختصين وعلى الرغم من اختلاف خلفياتهم الفكرية والنظرية , فإنه هناك شبه أجماع حول تعريفها , ونذكر هنا بعضاً من هذه التعريفات :

– يعرفها كل من(Noori&Radford , ١٩٩٥: ١٦٩) على إنها : احتمالية الفشل العشوائي للاشتغال ضمن مدة محددة وتحت ظروف اشتغال محددة

– أما (Hitomi , ١٩٩٦ : ٩٦) فيعتقد إنها : تتعلق بالفشل العشوائي للاشتغال وبقدرة المنتج في الحفاظ على جودته وأدائه الوظيفي بشكل كامل وضمن مدة معينة وتحت ظروف اشتغال محددة .

_ أو هي حسب رأي كل من (Heizer & Render , ٢٠٠١: ٧٠٠) احتمالية أداء جزء من الماكنة او المنتج لوظيفته بشكل ملائم ضمن مدة معينة وتحت شروط محددة .

اما الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM) والتي تعد واحدة من اهم تصنيفات* انشطة الصيانة إن لم تكن الاكثر اهمية إذ تعرف كأسلوب في

---

* يتباين الباحثون المختصون في تصنيفاتهم للصيانة وبشكل عام يمكن تضيفها الى كل من :

١. الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance (PM.

الصيانة التي تضم وتوحد كل من استراتيجيات وممارسات الصيانة قبل الفشل وبعده والصيانة الوقائية والصيانة التنبؤية ، من اجل اطالة الحياة الوظيفية للمعدات والمكائن وبالبشكل المطلوب، في حين يتميز مفهوم RCM في كونه يسعى الى خلق مزيج أمثل (Optimel Mix) من الاسلوب الحدسي (Intuitive Approach) مبني على المنطق (Logical) والمراجعة (Review) واسلوب احصائي متقدم (Statistical Approach) بهدف تقرير كيفية صيانة المكائن الانتاجية بفاعلية (١ :٢٠٠٧ , RCM guid) .

ويبين (Waller) بان مفهوم RCM يسعى الى تحديد ما يجب عمله لضمان أستمرارية عمل المكائن بادنى حد من حالات الفشل من خلال صيانة جيدة بدلا من الفحص المتكرر لذا يركز هذا المفهوم على أداء الوظيفة وليس على اداء الماكنة نفسها (Waller , ١٩٩٩ : ٥٨٠) .

اما (Slack) فيلخص مفهوم RCM بالآتي : إذا لم تستطع المنظمة إيقاف ما سيحدث من حالات الفشل ، وأن أنشطة الصيانة الحالية لا تستطيع تجنب ذلك فبإمكان المنظمة تقليل اثر الفشل من خلال الاهتمام بمعولية عالية للمكائن مما يقلل من احتمال ظهوره (Slack et al. , ١٩٩٨ : ٧٤٧)

كما يعرف أيضا" على إنه : مجموعة العمليات التي تستخدم في تحديد مايجب عمله لضمان استمرارية المكائن بالعمل وفقا" لما يرغبه المستخدمون

٢.الصيانة العلاجية التصحيحية (Corrective Maintenance (CM.

٣.الصيانة التنبؤية Predictive Maintenance

٤.الصيانة الشرطية CBM Condition-Based Maintenance

وللمزيد من التفاصيل حول تصنيفات الصيانة, انظر: المصادر التالية:

(Hitomi,١٩٩٦:٢٨٩) (Hill,٢٠٠٠:٤٥٦) (Slack et al.. ١٩٩٤:٧٤٠-٧٤٦)

وضـــمن بيئـــة التـــشغيل الحاليـــة - Present Operation Context (ALADON , ٢٠٠٧ : ٣) .

وتأسيسا" على ما تقدم يمكن تعريف الصيانة المرتكزة على المعولية RCM من وجهة نظر الباحثين على إنها: اسلوب منطقـــي مكـــون مجموعـــة مـــن الإجراءات الفاعلة وسلسلة من العمليات المستمرة لتحديد المزيج الامثل مـــن أنشطة الصيانة المطلوبة بهدف المحافظة على معولية تشغيل عالية تـــضمن استمرارية عمل المكائن والمعدات ضمن بيئة تشغيلها الحالية .

٢-١ : فوائد تطبيق برنامج (RCM) - Benefits of RCM Program :

تتجلى أهمية الصيانة في الوقاية من حالة الفشل (Failures) التي تحدث ضمن عمليات المنظمة والتي تؤثر على سمعتها وربحيتهـــا, إذ إن حـــدوث الفشل يؤدي إلى أخفاق كبير في الإنتاج كما ونوعا, وعليه فان إســـتراتيجية الصيانة الجيدة تسهم في تعزيز أداء المنظمة (Heizer & Render, ٢٠٠ ٧٠٠ :، إما فوائد تطبيق برامج RCM فيمكن إجمالها بالآتي : (Hudson, ٢٠٠٣:١٥) (RCM guide, ٢٠٠٧:٤-٥)

١-تقليل تكاليف العمليات الانتاجية .

٢-زيادة اتاحية المكائن والمعدات واستعدادها للتشغيل .

٣-زيادة القابلية على الصيانة .

٤-ترشيد عملية استبدال الأجزاء والمعدات .

٥-تطوير وتحسين برامج للصيانة الوقائية (PMP).

٦-ضمان الإيفاء بالجدولة الزمنية المقررة للإنتاج والتسليم .

٧-زيادة كفاءة المكائن وتحسين جودة الانتاج .

٨-إطالة العمر التشغيلي للمكائن والمعدات وضمان سلامة المشغلين .
٩-تخفيض الوقت الإضافي Over Time لأداء أنشطة الصيانة .

١-٣ : مبادئ الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM) Princples :

إن المبادئ الرئيسة لبرامج RCM يمكن تلخيصها بالآتي :
(RCM Guide,٢٠٠٧،١-٣) (Hudson,٢٠٠٣:١٣) (Simth , ٢٠٠١:٢٠٦)

١-أنشطة RCM تهتم بالنظام الوظيفي للصيانة (Maintaining System Functionality)، ثم التركيز على وظيفة الأجزاء الفردية .
٢-RCM نظام منطقي يركز على معولية (الأجزاء , الماكنة , النظام) .
٣-برامج RCM واقعية وقابلة للتنفيذ ويجب إن تقدم نتائج ملموسة .
٤-برامج RCM هي عملية مستمرة Ongoing Precess لذا يجب تحديث البيانات المتعلقة بالمكائن الخاضعة للصيانة .
٥-RCM هي أنشطة موجه أساسا" نحو سلامة وأمان الأفراد والمكائن .
٦- هي جزء من أبعاد التصميم Design Limitations ، لـذا فهـي لا تحسن من التصميم الأساسي للماكنة بل هي مفروضة عليه .

١-٤ : مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية RCM Indices :

إن مؤشرات قياس RCM هي مجموعة العلاقات الرياضية التـي تـصف حالات (الماكنة ، النظام) من خلال معالجة البيانات أحـصائيا" والمتعلقـة بأوقات الفشل العشوائية وبشكل عام ، يمكن تحديد مؤشرات قياس RCM من خـلال الآتـي: (Evzans, ١٩٩٣: ٣٤٩)، (Hitomi , ١٩٩٦: ٢٩١)،

Shafer & Merdith, ١٩٩٨:) (Slack et al, ١٩٩٨: ٧٨٠-٧٨٢)
.(٧٨٤

١-٤-١ دالة المعولية Function of Reliability :

تُعرّف دالة المعولية على إنها : إذا كان المتغير العشوائي (T ≥ ٠) يمثل الوقت حتى حدوث الفشل، وله دالة كثافة احتمالية f(t) ، ودالة توزيع تجميعية F(t) ، فإن دالة المعولية للماكنة في الوقت (t) هي R (t) (طعمة، ٢٠٠٠: ٤) وتعتمد صياغة دالة المعولية على البيانات المتعلقة بالتوزيع الزمني لحالات الفشل العشوائية إذ تعد القاعدة الأساسية لها ، فبما إن الفشل يحصل بمعدلات مختلفة خلال العمر الإنتاجي للماكنة كذلك فهو يتخذ توزيعات احتمالية مختلفة (Heizer & render, ١٩٩٦: ٨٢٧) ، ويوضح الجدول (١) أهم التوزيعات الاحتمالية وأكثرها شيوعاً في تحليل بيانات الفشل العشوائية ودالة المعولية لكل توزيع .

جدول (١) دالة المعولية R(t) حسب التوزيعات الاحتمالية

ت	نوع التوزيع	دالة المعولية R(t)
١	الأسي Exponential	$R(t)= e^{-\lambda t}$
٢	ويبل Weibull	$R(t) = \exp\left[-\frac{(t-r)^n}{\eta}\right]$
٣	الطبيعي Normal	$R(t) = \int^{\infty} f(t)dt$
٤	اللوغارتمي Lognormal	$R(t) = \int^{\infty} f(t)dt$

المصدر : من إعداد الباحثين إستناداً إلى المصادر .

Source :_Smith, David J., Reliability, Maintainability and Risk, Practical, ٦th, ed. ٢٠٠١: p : ١٠-١٧

_Hduson, Joel B., Technical Manual (RCM) – Headquarters Dep. Army –U.S.G Printing Washington, Dc. ٢٠٠٣ : p : ٦٧ – ٧٠

٢-٤-١ : متوسط الوقت بين حالات الفشل Mean Time Between Failures (MTBF) :

يقصد به متوسط وقت الاشتغال (Mean Life Time) بين فشل و آخر أي معدل الوقت قبل حدوث الفشل للماكنة التي تمتاز بقابليتها على التصليح (Repairable) (Hitomi , ١٩٩٦ : ٢٩١) . ويمكن التعبير عن قيمة **MTBF** حسب المعادلة الآتية :

$$MTBF = \frac{\sum_{j=1}^{n} ti}{n}$$

إذ إن:

$\sum_{j=1}^{n} ti$ = مجموع الوقت الكلي المشاهد لأوقات الاشتغال بين فشل و آخر.

N = عدد حالات الفشل خلال المدة (t).

١-٤-٣ : **متوسط وقت التصليح** (MTTR) Mean Time to Repair :

وهو متوسط الوقت اللازم لتصليح الماكنة أو أجزائها بعد حدوث الفشل ، ويمكن تقدير (MTTR) من خلال المعادلة الآتية :

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^{n} ti}{n}$$

إذ إن:

$\sum_{i=1}^{n} ti$ = مجموع الوقت الكلي المشاهد لحالات تصليح الماكنة وإرجاعها للخدمة خلال المدة (t).

N = عدد حالات الفشل خلال المدة .

١-٤-٤ : **دالة الفشل** Function of Failure :

يعرف الفشل Failure على إنه : الانخفاض في الاداء او التوقف التام لمكائن الانتاج بسبب الاستعمال والتقادم (Hitomi,١٩٩٦:٢٨٨) وهو ايضا " تغير في اداء المنتوج او النظام في حالة العمل المرضي الى حالة ادنى من المعيار المقبول, الذي يؤدي الى حالة التشتت وعدم الانسجام وانتظام الانتاج (Heizer& Render, ١٩٩٧:٨٢٢) ويصنف (Evans,١٩٩٣:٣٤٨) الفشل الى صنفين اساسيين:

١-الفشل الوظيفي Furctional Failur

٢-الفشل المعولي Reliability Failure

أما دالة معدل الفشل أو دالة المخـــاطرة (Hazard Function) فتعـــرف على الوجه الآتي :

عبارة عن نسبة الوحدات الفاشلة خلال مدة زمنية معينة إلى تلك التي بقيـــت حتى الوقت t (طعمة، ٢٠٠٠: ٤) ويرمز لها بالرمز الـــ (r (t و تعتمـــد صياغتها أيضا"على البيانات المتعلقة بالتوزيع الزمني لحالات الفشل العشوائية ، ويوضح الجدول (٢) أهم التوزيعات الاحتمالية وأكثرها شيوعاً في تحليل بيانات الفشل العشوائية ودالة الفشل لكل توزيع .

جدول (٢) دالة الفشل r(t) حسب التوزيعات الاحتمالية

ت	نوع التوزيع	دالة الفشل r(t)
١	الأسي Exponential	$r(t)=\frac{f(t)}{R(t)}=\frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}=\lambda$
٢	ويبل Weibull	$r(t)=\frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t-r}{\eta}\right)^{\beta-1}$
٣	الطبيعي Normal	$r(t)=\frac{f(t)}{R(t)}$
٤	اللوغارتمي Lognormal	$r(t)=\frac{f(t)}{R(t)}$

المصدر: من إعداد الباحثين استناداً إلى المصادر .

Source :_Smith, David J., Reliability, Maintainability and Risk, Practical, ٦th, ed. ٢٠٠١: p : ٦٠-٦٧

_Hduson, Joel B., Technical Manual (RCM) – Headquarters Dep. of Army –U.S.G Printing Washington, Dc. ٢٠٠٣ : p : ٦٧ – ٧٠

١-٤-٥ : القابلية على الصيانة Maintainability :

تعبر القابلية على الصيانة M(t) عن أحتمالية إرجاع الماكنة العاطلة للخدمة خلال مدة محددة تعرف بوقت التصليح (٢٩١ : ١٩٩٦ , Hitomi) ،

وتقاس القابلية على الصيانة بقيمة متوسط التصليح (MTTR) ، اذ تكـــون القيمة

$$MTTR = \frac{1}{\mu}$$

الاصغر لـــ (MTTR) هي الافضل لأنها تعني زيادة القابلية على الـــصيانة (Shafer & Merdith , ١٩٩٨ : ٧٨٤) ، ويمكن تقدير (MTTR) من خلال المعادلة الآتية:

اذ ان:

μ = نسبة التصليح وتمثل عدد التصليحات لكل وحدة زمنية، ويكون نـــسبة التصليح ثابتـــة فقط في حالة إنتاج بيانات أوقات التصليح والتوزيع .

٢- الاتاحية Availability :

٢-١ : مفهوم الاتاحية Availability Concept

يعبر مفهوم الاتاحية (Hitomi , ١٩٩٦ : ٢٩١) عن أحتماليـــة أن تكـــون الماكنة قادرة على تأدية الوظيفة المطلوبة خلال مدة الاشتغال المخطط لها.

ويعرف (Lewis, ١٩٩٦: ٢٩٠) الاتاحية أيضاً: بأنها أحتمالية أن يكـــون النظام في حالة اشتغال عندما تكون هناك حاجة إليه .

ويعرفها كل من (Shafer & Merdith, ١٩٩٨ : ٧٨٤)على بأنّها : النسبة بين متوسط الوقت بين فشل وآخر مجموع مضافاً إليه متوسط وقت التصليح أو الفشل.

ويرمـــز للاتاحية بـــ A(t) عندما يراد التعبير عن احتمال اشتغال الماكنـــة بشكلٍ جيّـــد في الوقت (t) تحديداً. وتسمى حينئذٍ بالاتاحية عند نقطة محـــددة

(Point Availability) ، إذ يتطلب الأمر تحديد معدل خلال مدة من الزمن مثل (٠,t) ، وحينئذٍ يمكن التعبير عن الاتاحية كما يأتي : (Ebeling , ١٩٩٧: ٢٥٥)

$$A(T)=\frac{1}{T}\int_{0}^{T}A(T).dt$$

كما ويمكن وضع صيغة عامة تعبّر عن معدل الاتاحية والتي غالباً ما تسمى باتاحية المهمة (Mission Availability)

أو اتاحية الفترة (Interval Availability) وكما يأتي :

$$A_{(t_2-t_1)}=\frac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2}A(T).dt.$$

إذ إن:

t_1, t_2: حدود الفترة الزمنية ويمكن أن تكون هذه المدة عبارة عن العمر التصميمي للنظام أو نمثل الوقت اللازم لإنجاز بعض المهام الخاصة. (Lewis, ١٩٩٦: ٣٠٠)

بينما يميز (Hudson, ٢٠٠٣: ١١-١٢) ثلاثة أنواع من الاتاحية هي كالآتي:

الاتاحية الأساسية (Ai)	Inherent Availability
الاتاحية المكتسبة (المنجزة)	Achieved Availability (Aa)
الاتاحية التشغيلية (Ao)	Operational Availability

٢-٢ : تقدير الاتاحية : Measures of Availability

بصورة عامة، الاتاحية هي مقدرة الماكنة واستعدادها للاشتغال في حالة قيام المشغل باستخدامها والجدول (٣) يوضح المقاييس الكلية للإتاحية.

ت	Measure المقياس	Equation المعادلة	Description الوصف
١	Inherent Arability الإتاحة الأساسية (Ai)	$\frac{MTBF}{MTBF+MTTR}*100\%$	* إذ إن: MTBF=متوسط الوقت بين فشل وآخر. MTTR=متوسط وقت التصليح. * مقياس احتمالي يشير إلى نسبة الوقت الذي تكون فيه الماكنة متاحة، لم تكن هناك تأخيرات بسبب أنشطة الصيانة، التجهيز ... الخ
٢	Achieved Availability الاتاحية المكتسبة (المنجزة) (Aa)	$\frac{MTBM}{MTBM+MTTR_{Active}}*100\%$	* إذ إن: MTBM= متوسط الوقت من نشاط صيانة وآخر (وقائي أو علاجي). $MTTR_{Active}$= متوسط الوقت المنجز لمهام الصيانة العلاجية والوقائية. * مقياس احتمالي مشابه إلى مقياس (Ai) باستثناء احتوائه على أنشطة الصيانة الوقائية العلاجية
٣	Operational Availability الاتاحية التشغيلية (Ao)	$\frac{MTBM}{MTBM+MDT}*100\%$	* إذ إن: MTBM= متوسط الوقت بين نشاطي صيانة (وقائي وعلاجي). MDT= متوسط توقف الماكنة عن الاشتغال، ويتضمن على متوسط وقت التصليح أيضاً وأي تتوقف فيه الماكنة على الاشتغال. * مقياس احتمالي مشابه إلى مقياس (Ai)، ولكن يتضمن الاثار المتعلقة بتأخير أنشطة الصيانة. * الاتاحية التشغيلية (Ao)، تنعكس كلياً على التصميم الأساس للمنتج، اتاحية الأجزاء وأفراد الصيانة، مفاهيم وسياسات الصيانة والعوامل الأخرى غير التصميمية، في حين (Ai) تنعكس على التصميم الأساسي فقط
٤	Uptime Ratio نسبة الاشتغال (UR)	$\frac{Uptime}{Uptime+Downtime}*100\%$	* إذ أن: Uptime: هو الوقت الذي تكون فيهالماكنة في حالة اشتغال. Downtime: عدد الساعات الكلي الذي تكون فيه الماكنة عاطلة أو غير مستخدمة. * (UR): مقياس محدد (Deterministic)

المصدر : من إعداد الباحثين إستنادا" إلى المصادر .

Source :_Smith, David J., Reliability, Maintainability and Risk, Practical, ٦th, ed. ٢٠٠١: p : ٦٠-٦٧

_Hduson, Joel B., Technical Manual (RCM) – Headquarters Dep. of Army –U.S.G Printing Washington, Dc. ٢٠٠٣ : p : ٦٧ – ٧٠

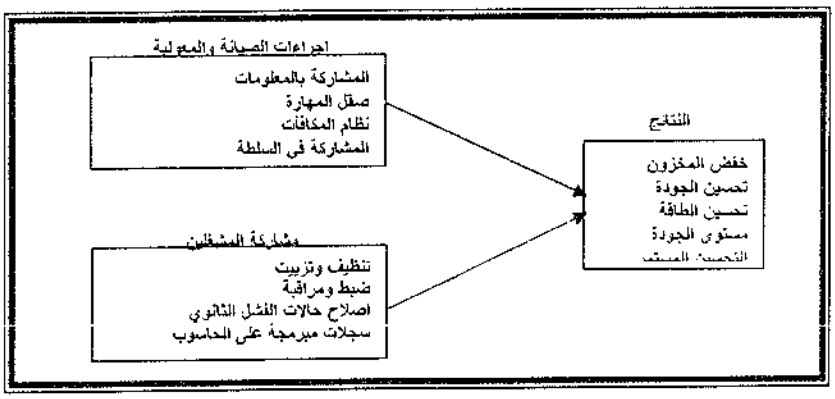
٢-٣ : العلاقة بين الاتاحية ومؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية

: Relationship Between RCM Indecies & Availability

إن القاعدة العامة للصيانة هي أصلاح او استبدال الماكنة أو أي جزء منها في حالة تزايد الفشل أو من اجل منع حدوث الفشل الذي يعيق تنفيذ أنشطة محددة للمحافظة على المعولية المطلوبة.

(Shafer & Meredity, ١٩٩٨: ٧٨٤) وتساهم الصيانة الفعالة والجيدة في زيادة درجة المعولية للماكنة الإنتاجية، عن طريق تقليل الحاجة إلى التصليح أو الاستبدال من خلال الخدمة الفعّالة والصيانة الجيدة. (التميمي، ١٩٩٧: ٣٣١)، ويركز (Heizer & Render, ١٩٩٦: ٨٢٢) على أهمية الصيانة والمعولية معاً في حماية كلاً من أداء الشركة واستثماراتها، إذ إن هدف الصيانة المرتكزة على المعولية هو المحافظة على قدرة الماكنة على أداء وظيفتها مع السيطرة على التكاليف بكافة أنواعها.

وتجدر الإشارة إلى أهمية الإنسجام بين (المشغل، الماكنة، الميكانيكي) فهي العلامة المميزة لنجاح المعولية والصيانة واعطاء أفضل النتائج (Heizer & Render, ١٩٩٦: ٨٢٢) وكما موضح في الشكل (٢) أدناه .



الشكل (٢) متطلبات تحقيق أهداف الصيانة

Source: Heizer, J., & Render, B., Operations Management, Prentice-Hall. Inc., New Jercey, ٢٠٠١, p.٧٠

وبما إن الصيانة المرتكزة على المعولية تقاس بمؤشرات : (R(t) ، (MTBF)،(MTTR) ، r(t) ، M(t)) لذا فمن الأهمية بمكان توضيح مدى علاقة الاتاحية بهذه المؤشرات و بالاعتماد على المصادر الآتية :

(Slack et al, ١٩٩٨: ٧٨٠-٧٨٢) , (Simith, ٢٠٠١: ٢٣٩) , (Hitomi, ١٩٩٦: ٢٩١)

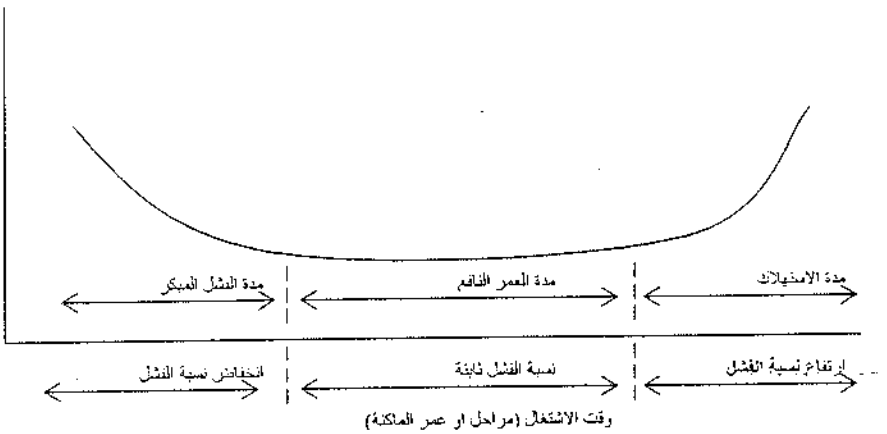
R(t). : دالة المعولية تتناسب طردياً مع الاتاحية (إذ كلما ارتفعت أدى ذلك إلى زيادة اتاحية المكائن الإنتاجية) ، فهي تدل على احتمالية أداء الماكنة أو جزء منها للوظيفة بشكل مناسب ضمن مدة محددة و تحت شروط محددة .

. (MTTR): مؤشر يتناسب طردياً مع الاتاحية (إذ كلما ارتفع أدى ذلك إلى زيادة اتاحية المكائن الانتاجية)، وهو مؤشر يدل على مدى كفاءة أداء ملاك الصيانة أيضاً، إذ انخفاضه دليل على ضعف كفاءة أداء أنشطة الصيانة.

. (MTTR): مؤشر يتناسب عكسياً مع الاتاحية (إذ كلما ارتفع أدى ذلك إلى انخفاض اتاحية المكائن الإنتاجية)، ويشير هذا المؤشر كذلك على كفاءة أداء أفراد الصيانة، إذ إن زيادته تعد دليلاً على انخفاض أداء أنشطة

وضرورة الاهتمام بتدريب فنيي الصيانة والحاجة لدراسة وتحليل حالات الفشل بشكل دقيق .

. r(t): دالة الفشل تتناسب عكسياً مع الاتاحية ، (إذ كلما ارتفعت أدى ذلك إلى انخفاض اتاحية المكائن الإنتاجية)، وإذا ما ارتفعت نسبة الفشل نتيجة لحالات التقادم والاستهلاك فإن لبرامج RCM دوراً كبيراً في تقليل هذه النسبة وزيادة اتاحية المكائن الإنتاجية. ومن الجدير بالذكر، إنه قد يحدث العكس ، أي يكون لهذه البرامج تأثيراً سلبياً على الاتاحية وتحديداً في مرحلة الفشل المبكر Early Failure وفقاً لمنحنى (Bathtub Carve) كما موضح في الشكل (٣) فقد تسهم تلك البرامج في زيادة حدوث الفشل في الفترات اللاحقة بعد آخر عملية تصليح نتيجة حالات الفشل المبكرة مما يعني تناقصاً في الاتاحية وتصاعد نسبة الفشل.



الشكل(٣) المنحنى النموذجي لنسبة الفشل

Source: Wolfson, Maintenance Techniques and Analysis, WM Engineering LTD, Microsoft Internet Explorer, ١٩٩٨, P.١٢.

ثالثاً: الجانب العملي:

١ : مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية :

١-١ : معولية المكائن الانتاجية :

تعد معولية المكائن الانتاجية من أهم المؤشرات المعتمدة في أسلوب (RCM) ، وإن البيانات اللازمة لتقدير المعولية تعتمد بشكل أساس على الأوقات الفعلية لاشتغال المكائن ، لذا تم تسجيل أوقات اشتغال المكائن الانتاجية (لمعمل الألبسة الجاهزة في النجف / قسم الخياطة) قيد الدراسة بين فشل و آخر للمدة (١ / ٧ – ٣٠ / ٩ / ٢٠٠٦) بحيث يتم أصلاح الماكنة وإعادتها للعمل ، وتم الأخذ بعين الاعتبار حالات الفشل الميكانيكية والكهربائية وتم استبعاد حالات الفشل الأخرى المتمثلة بالإجراءات الإدارية وأعمال الصيانة وكما موضح بالجدول (٤).

الجدول(٤) أوقات اشتغال مكائن قسم الخياطة بين فشل وآخر بـ (الدقائق) للمدة (١ / ٧ – ٣٠ / ٩ / ٢٠٠٦)

القسم	القطاع	اسم الماكنة	اوقات الاشتغال بين فشل وآخر
قسم الخياطة	القطاع (١-٥)	لكي١	١٢٠،٤٤٠،٤٥،٨٨،٦٥،٤٢٠،٧٩،٩٩،٩٠،١٠٥،٨٠،٩٠،٦٠،٢٠٠،١٢٠،١٨٠،٢٢٠،٦٦،١٢٠،٠٠،٢٢٣،٧٦،٨٠،٦٠،٩٠،٦٠،١٢٠،١٠٠
		جوكي١	٧١،٧٦،١٨٠،٩٠،٦٠،١٢٠،٦٥،٤٥،٨٠،٥٥،٨٥،١٠٠،٥٥،٢٠،٤٤
		تركيب١	٢٠،١٠٠،٣٦٠،٢٠٠،٦٠،٤٥،٢٠٠
		برنر١	٢٢٠،٤٠،١٢٠،٦٠،١٢٠،٧٥
		باز١	١٢٠،٦٠،٦٦،٢٠،٦٠،٢٠٠،٦٠،١٨٠،١٢٠،٣٠،٦٦،٢٠،٩٠،٨٠،١٢٠،٢٠٠،٢٤٠،١٢٠،٠٠،٦٦،٢٠،١٨٠،١٢٠،٢٠٠،١٦٠،٦٠،٩٠،٦٠،١٢٠،٢٤٠،١٢٠،٩٠،٦٠،١٠٠،٦٠،٩٠،٦٠،١٢٠،١٨٠،١٢٠،١٢٠
		فلف١	٩٠،٢٨٠،٢٠٠،٣٤٠،٨٠،١٢٠،٣٧،٥٥،٩٠،١٢٠،٦٥،٧٧،١٢٥،٩٠
		زيز١	٦٦،١٨٠،٦٠،٢٠،١٢٠،٦٠،٨٥
	القطاع	لكي٢	١٢٠،٦٠،١٢٠،٦٠،١٢٠،٩٠،٦٠،٦٠،١٢٠،٦٠،٩٠،١٢٠،١٢٠،١٢٠،١٥٠،٩٠،٩٠،١٢٠،٤٥،١٢٠،٢٢٠،٩٠،٥٥،١٢٠،١٢٠،٢٠٠،١٨٠،٦٠،٣٤،٦٧،١٢٠،٦٠،٢٠،٤٥،٢٢٥،٦٠،٢٠٠،٧٧،٩٠،٧٥،١٨٠،٢٠

	(٢ _ ٥)		٦٠،١٨٠،٧٥،٩٠،٧٧
		جوكي٢	٢٢٠،٢٨٠،٢٢٠،١٠٥،٨٥،٦٦،٤٤،٤٥،٧٠،٦٠،٧٥،٩٠،٦٠،٦٠،٦٠ ١٢٠،٨٠، ١٨٠،٧٥،٩٠،١٥٠
		ريمولدي٢	٣٣،٦٠،١٢٠،١٨٠،٧٥،٩٠،٧٥،٨٠،٥٠،١٠٠
		برذر٢	١٧،٩٠،٩٠،١٢٠،١٢٠،٦٠،٥٥،٢٠٠،٦٠،٩٠،٩٠،٦٠،٦٠،٩٠،١ ٢٠،٦٠ ٦٠،١٧٧،٩٠،٩٠،٢٠،٨٨،٢٢٠،٧٦
		بان٢	٨٠،٧٦،١٢٣،٩٠،٢٠٤،٢٥٥،٢٤٠،٢١٠،٢٠٠،٦٠،٤٠،١٧٠
		فالـ٢	١٢،١٨٠،٥٠،٣٠،٩٠،٦٠،٩٠،٨٠،٩٠،٦٠،٦٠،١٢٠،٩٥،٦٠،٩ ٠،٩٠ ٦٠،٩٠،١٨٠،٢٣٤،١٢٠،٣٣،١٨٠
		درز٢	١٢١،٦٧،٤٤،١٢٠،٨٩،٦٠،١٨٠،٩٠،٦٠،١٠٠،٨٠،١١٢
		ريز٢	٩٠،٨٨،٤٥،٢٢٠،٧٠
	القطاع (٣ _ ٥)	نكي٣	١٣٠،١٢٠،٥٠،٤٤،٧٥،١٢٠،٨٨،٦٦،٢٢٠
		جوكي٣	١٥٥،١٢٠،١٥٤،٩٠،١٢٠،٦٦،٩٨،١٣٠،٦٧،٢٢٣،٤٥
		ريمولدي٣	٢٠،٧٧،٩٠،٩٠،١٣٨،١١٢،١٢٣،١٥٤،٨٩،٦٧،٢٢٠،١٦٦،١٣٤،٥٠، ٨٠،٣٠٠
		برذر٣	٥٥،١٦٠،٩٠،١١٠،٢٢٠
		بان٣	٧٩،٦٠،٥٦،٤٥،٣٠٠،٢٢٣،٢٢٠،٤٥،٦٠،٦٠،٧٩،٦٠،١٩٠،١٩٠،١٢ ٠،١٥٠،١٢٣،٧٨، ٦٦
		فالـ٣	٨،٩٠،٦٠،١٢٠،٩٥،٦٠،٨٠،٧٦،١٢٣،٩٠،٩٠،٦٥،٨٨،٤٥،١٩٠،٦٠، ٥٥،١٦٠،٦٠،٩٠، ٩٠،١٠٠
		ريز٣	١٧٠،١٠٠،١١٠،٢٠٠،٣٠،٦٠

المصدر : إعداد الباحثين إستنادا إلى بيانات المعمل .

بعد ذلك تم تفريغ البيانات في جداول خاصة تمثل فئات أوقـات الاشـتغال والتكرارات المشاهدة لعدد حالات فشل كل ماكنة من المكائن قيـد الدراسـة للمدة (١ / ٧ – ٣٠ / ٩ / ٢٠٠٦) ، وكما موضح في الجدول (٥) أدنـاه كمثال على ذلك :

الجدول (٥) التكرارات المشاهدة لعدد حالات الفشل لمكائن قسم الخياطة القطاع (١ _ ٥) ووقت اشتغالها بين فشل وآخر للمكائن (نكي ، جوكي ، دركوب ، برذر)

قسم الخياطة							
القطاع (١ _ ٥)							
نكي١		جوكي١		دركوب١		برذر١	
التكرار المشاهد (Oi)	الوقت (Ti) / دقيقة	التكرار المشاهد (Oi)	الوقت (Ti) / دقيقة	التكرار المشاهد (Oi)	الوقت (Ti) / دقيقة	التكرار المشاهد (Oi)	الوقت (Ti) / دقيقة ط *i
١	٠-٣٧	١	٠-٣٢	٤	٠-٨٥	١	٠-٤٥
٦	٣٧-٧٤	٥	٣٢-٦٤	١	٨٥-١٧٠	٢	٤٥-٩٠
١١	٧٤-١١١	٦	٦٤-٩٦	٢	١٧٠-٢٥٥	١	٩٠-١٣٥
٧	١١١-١٨٤	٢	٩٦-١٢٨	١	٢٥٥-٣٤٠	١	١٣٥-١٨٠
٣	١٨٤-٢٢١	١	١٢٨-١٦٠	٨	Total	١	١٨٠-٢٢٥
١	٢٢١-٢٥٨	١٥	Total			٦	Total
٢٩	Total						

المصدر : إعداد الباحثين .

أعتمادا على البيانات المبوبة الخاصة بأوقات اشتغال المكائن قيد الدراسة حتى حدوث الفشل تم اجراء اختبار حسن المطابقة (مربع كاي χ^2) و كما موضح في الفقرة التالية .

١-١-٢ : **اختبار مربع كاي** χ^2 (Chi-Square) :

من أجل معرفة نوع التوزيع الذي تخضع له دالة المعولية و لاختبار صحة الفرضية الفرعية الأولى للدراسة : " إن التوزيع الاحتمالي لبيانات أوقات الاشتغال للمكائن بين فشل واخر يتبع التوزيع الأسي - Exponential χ^2 Distribution – ولكافة المكائن قيد الدراسة " فقد تم إجراء اختبار حسن المطابقة (مربع كاي χ^2) لبيانات أوقات اشتغال المكائن بين فشل وأخر لكل

ماكنة من المكائن قيد الدراسة بإستخدام برنـــامج (SPSS V.١٠) وكمـــا موضح في الجدول (٦) أدناه كمثال على ذلك .

الجدول (٦) نتائج اختبار مربع كاي (Chi-Square) للماكنة نكي١ / القطاع (١-٥) / قسم الخياطة

	Obesrved N	Expected N	Residual
١,٠٠	١	٩,٠	-٨,٠
٢,٠٠	٦	٦,٧	-.٧
٣,٠٠	١١	٤,٥	٦,٥
٤,٠٠	٧	٥,٤	١,٦
٥,٠٠	٣	١,٦	١,٤
٦,٠٠	١	١,٨	-.٨
Total	٢٩		

	نكي١
Chi-Square	١٨,٣٧٩
df	٥
Asymp.Sig.	.٠٠٣

المصدر : البرنامج الأحصائي (SPSS V.١٠)

الجدول (٧) المقارنة بين قيم (χ^2 cal.) المحسوبة وقيم (χ^2 tab.) الجدولية لمكائن معمل الألبسة الجاهزة قسم الخياطة

القسم	القطاع	اسم الماكنة	χ^2 cal.	χ^2 tab.
قسم الخياطة	القطاع (١ _ ٥)	نكي١	٠,٠٠٣	١٨,٣٧٩
		جوكي١	٠,٠٥٥	٩,٢٥٣
		دركوب١	٠,٤٨٣	٢,٤٦٠
		برذر١	٠,٥٩٩	٢,٧٦٠
		يان١	٠,٠٤١	١١,٠٦٣
		فاف١	٠,٠٠٠	٣٨,٥٩٨
		ريز١	٠,٢٦١	٤,٠٠٧
	القطاع (٢ _ ٥)	نكي٢	٠,٠٠٠	٣٨,٤٧٠
		جوكي٢	٠,٠٠١	١٨,٧٩٤
		ريمولدي٢	٠,١٦٤	٥,١٠٦
		برذر٢	٠,٠١٤	١٤,٣٢١
		يان٢	٠,٢٩٩	٦,٠٧٠
		فاف٢	٠,٠١٠	١٣,٣٥٨
		درز٢	٠,٥٦٠	٧,٥٥٧
		ريز٢	٥.٥٧٢	٢,٩١٧
	القطاع (٣ _ ٥)	نكي٣	٠,٣٣٧	٤,٥٤٥
		جوكي٣	٠,٢٥٢	٥,٣٦١
		ريمولدي٣	٠,٤٩٤	٤,٣٩٧
		برذر٣	٠,٧٥٣	١,١٩٩
		يان٣	٠,١٤٠	٨,٣٠٨
		فاف٣	٠,٠٢٦	١٢,٧٦٧
		ريز٣	٠,٦٩١	١,٤٦٣

المصدر : أعداد الباحثين استناداً إلى نتائج برنامج (SPSS v.١٠) .

مناقشة النتائج :

بمقارنة قيم ($\chi^2_{cal.}$) المحسوبة مع قيمها الجدولية لكافة أنواع المكائن قيد الدراسة في الجدول (٧) ،تبين بأن جميع القيم المستخرجة لـ (χ^2) هي أصغر من قيمها الجدولية وهذا ما يثبت صحة الفرضية الفرعية الأولى ، أي أن التوزيع الاحتمالي لبيانات أوقات الاشتغال للمكائن بين فشل وآخر هو التوزيع الأسي (Exponential Distribution) ولكافة المكائن قيد الدراسة .

١-١-٣ : تقدير معولية المكائن الإنتاجية :

بعد أن تم إجراء اختبار مربع كاي وتبين أن جميع المكائن قيد الدراسة تخضع للتوزيع الأسي (Exponential Distribution) لذا فأنه يمكن تقدير معولية المكائن الانتاجية باستخدام دالة المعولية R(t) التي تخضع للتوزيع الأسي والموضحة في الجدول (١)، ولقد ظهرت نتائج تقدير المعولية في الجدول (٨) أدناه:

الجدول (٨) معوليه المكائن الإنتاجية لمعمل الألبسة الجاهزة / قسم الخياطة للمدة (١ / ٧ – ٣٠ / ٩ / ٢٠٠٦)

القسم	القطاع	اسم الماكنة	R(t)
قسم الخياطة	القطاع (١ _ ٥)	نكي١	٠,٥٨٢
		جوكي١	٠,٤٧١
		دركوب١	٠,٦٥٨
		برذر١	٠,٥١١
		بان١	٠,٥٩٥
		فاف١	٠,٦٤٦
		ريز١	٠,٥١٣
	القطاع (٢ _ ٥)	نكي٢	٠,٥٧١
		جوكي٢	٠,٥٧٣
		ريمولدي٢	٠,٥٢٢
		برذر٢	٠,٥٢٩
		بان٢	٠,٦٨٠
		فاف٢	٠,٥٤٠
		درز٢	٠,٥٣٩

		ريز٢	٠,٦٠٨
	القطاع (٣ _ ٥)	نكي٣	٠,٥٨٠
		جوكي٣	٠,٦١٥
		ريمولدي٣	٠,٦١٩
		برذر٣	٠,٦٧٢
		يان٣	٠,٦٠٨
		فاف٣	٠,٥٠٨
		ريز٣	٠,٦٢٥

المصدر : اعداد الباحثين

مناقشة النتائج :

يظهر من الجدول أعلاه, إن ماكنة (يان٢) لهـا أعلـى معوليـة إذ بلغـت (٠,٦٨٠) مقارنة مع المكائن الإنتاجية الأخرى التابعة للمعمل قيد الدراسة ، في حين كانت ماكنة (جوكي١) لها أدنى معولية إذ بلغت (٠,٤٧١) .

٢ : تقدير مؤشرات (M(t) , r(t) , MTTR , MTBF) :

تم تقـدير مؤشـرات (M(t) , r(t) , MTTR , MTBF) باسـتخدام المعادلات المعطاة في الجانب النظري إزاء كل مؤشر منها وتم التوصل إلى النتائج الموضحة في الجدول (٩) أدناه .

الجدول (٩) مؤشرات (M(t) , r(t) , MTTR , MTBF) لمعمل الألبسة الجاهزة / قسم الخياطة للمدة (١ / ٧ – ٣٠ / ٩ / ٢٠٠٦)

القسم	القطاع	اسم الماكنة	*TBF	MTBF	عدد حالات الفشل*	*TTR	MTTR	r(t)	M(t)
قسم الخياطة	القطاع (١ _ ٥)	نكي١	٣١٣٨	١٠٨,٢١	٢٩	٣٠٦٥	١٠٥,٦٩	٠,٠٠٩	٠,٠١٤
		جوكي١	١١٤٦	٧٦,٤٠	١٥	١٩٧٠	١٣١,٣٣	٠,٠١٣	٠,٠١٧
		دركوب١	١٠٣٥	١٢٩,٣٧	١٠	٨٠٠	٨٠	٠,٠٠٧	٠,٠١٠
		برذر١	٦٣٥	١٠٥,٨٣	٧	٧٢٠	١٠٢,٨٥	٠,٠٠٩	٠,٠٠٩
		يان١	٤٥٤٨	١١٣,٧٠	١٥	١٠٠٠	٦٦,٦٦	٠,٠٠٨	٠,٠١٠
		فاف١	١٨١٩	١٢٩,٩٢	١٤	٩٤٥	٦٧,٥٠	٠,٠٠٧	٠,٠١٤
		ريز١	٥٧١	٨١,٥٧	٧	٦٩٠	٩٨,٥٧	٠,٠١٢	٠,٠١٠
	القطاع (٢ _ ٥)	نكي٢	٤٢١٣	١٠٥,٣٢	٤٠	٣٦٤٠	٩١	٠,٠٠٩	٠,٠١٠
		جوكي٢	٢١٩٠	١٠٤,٢٨	٣٠	٣٠٥٥	١٠١,٨٣	٠,٠٠٩	٠,٠١٨
		ريمولدي٢	٨٦٣	٨٦,٣٠	١٠	٧٩٥	٧٩,٥٠	٠,٠١١	٠,٠١٢

		برذر٢	٢٢٩٣	٩١,٧٢	٢٥	٢٠٥٠	٨٢	٠,٠١٠	٠,٠٢٣
		يان٢	١٧٤٨	١٤٥,٦٧	٨	٥٠٠	٦٢,٥٠	٠,٠٠٦	٠,٠١٦
		فاف٢	٢٢٧٤	٩٣,٦٢	٢٩	٢٢٨٠	٧٨,٦٢	٠,٠١٠	٠,٠٢٢
		درز٢	١٠٠٢	٩١,٠٩	١١	٩٠٠	٨١,٨١	٠,٠١٠	٠,٠١٢
		ريز٢	٥١٣	١٠٢,٦٠	١٠	٧٥٠	٧٥	٠,٠٠٩	٠,٠٠٦
	القطاع (٣ - ٥)	نكي٣	٩١٣	١٠١,٤٤	٩	٧٦٠	٨٤,٤٤	٠,٠٠٩	٠,٠١١
		جوكي٣	١٢٦٨	١١٥,٢٧	١١	٧٦٥	٧٢,٢٧	٠,٠٠٨	٠,٠١٣
		ريمولدي٣	١٩١٠	١١٩,٣٧	١٦	٩١٠	٥٦,٨٧	٠,٠٠٨	٠,٠١٧
		برذر٣	٦٣٥	١٢٧	١٠	٩٠٠	٩٠	٠,٠٠٧	٠,٠٠٥
		يان٣	٢٢٠٤	١١٦	١٩	١٩٦٠	١٠٣,١٦	٠,٠٠٨	٠,٠٠٩
		فاف٣	١٨٠٥	٨٥,٩٥	٢١	١٠٣٥	٤٩,٢٨	٠,٠١١	٠,٠٢٠
		ريز٣	٦٧٠	١١١,٦٧	١٠	٧٤٠	٧٤	٥,٠٠٨	٠,٠٠٨

المصدر : أعداد الباحثين .

- بيانات المعمل .

مناقشة النتائج :

من خلال ملاحظة نتائج الجدول (٩) نجد إن الماكنة (جوكي ١) قد حازت على أقل متوسط وقت الاشتغال بين فشل و آخر MTBF (٧٦,٤٠) مقارنة مع بقية المكائن الأمر الذي أدى إلى أرتفاع متوسط وقت التصليح MTTR لها (١٣١,٣٣) إذ أثر على أرتفاع معدل الفشل r(t) (٠,٠١٣) والذي توافق مع المعولية المنخفضة لها الظاهرة في الجدول (٨) إذ كانت (٠,٤٧١) الأمر الذي أنعكس على قابليتها على الصيانة M(t) (٠,٠١٧) ، على العكس من ذلك ، نجد إن الماكنة (يان٢) قد حازت على أعلى متوسط وقت الاشتغال بين فشل و آخر MTBF (١٤٥,٦٧) مقارنة مع بقية المكائن الأمر الذي أدى إلى انخفاض متوسط وقت التصليح MTTR لها (٦٢,٥٠)إذ أثر على انخفاض معدل الفشل r(t) (٠,٠٠٦) والذي توافق مع المعولية المرتفعة لها الظاهرة في الجدول (٨) إذ كانت (٠,٦٨٠) . من ذلك يتضح وجود علاقة ارتباط تبادلية بين مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية ، وهذا ماسيتم إثباته من خلال الفقرة التالية .

٤-١-١ : العلاقة التبادلية بين مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية :

تم استخدام معامل الارتباط البسيط (معامل بيرسون Person Correlation Coefficient) ، بمساعدة برنامج (SPSS V.١٠) لقياس العلاقة التبادلية بين مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية ، وتم التوصل إلى النتائج الموضحة في الجدول (١٠) أدناه .

الجدول (١٠) علاقات الارتباط بين مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM)

M(t)	r(t)	MTTR	MTBF	R(t)		
-.٣٧٦	-.٩٣٤	-.٤٠٥	.٩٣٣	١.٠٠٠	Pearson Correlation	R(t)
.٠٨٤	.٠٠٠	.٠٦١	.٠٠٠	.	Sig. (٢-tailed)	
٢٢	٢١	٢٢	٢٢	٢٢	N	
-.٢٨٠	-.٩٧٢	-.٣٥٩	١.٠٠٠ .	.٩٣٣	Pearson Correlation	MTBF
.٢٠٧	.٠٠٠	.١٠١	.	.٠٠٠	Sig. (٢-tailed)	
٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	N	
-.١٤٥	.٤١٣	١.٠٠٠ .	-.٣٥٩	-.٤٠٥	Pearson Correlation	MTTR
.٥١٨	.٠٦٣	.	.١٠١	.٠٦١	Sig. (٢-tailed)	
٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	N	
.٢٩٦	١.٠٠٠ .	.٤١٣	-.٩٧٢	-.٩٣٤	Pearson Correlation	r(t)
.١٩٣	.	.٠٦٣	.٠٠٠	.٠٠٠	Sig. (٢-tailed)	
٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	N	
١.٠٠٠ .	.٢٩٦	-.١٤٥	-.٢٨٠	-.٣٧٦	Pearson Correlation	M(t)
.	.١٩٣	.٥١٨	.٢٠٧	.٠٨٤	Sig. (٢-tailed)	
٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	N	

المصدر : البرنامج الإحصائي (SPSS V.١٠) .

مناقشة النتائج :

من خلال استعراض النتائج في جدول (١٠) والذي يوضح طبيعة علاقة الارتباط التبادلية بين مؤشرات (RCM) إذ تظهر علاقات ارتباط قوية طردية بين كل من دالة المعولية R(t) ومتوسط وقت الاشتغال بين فشل و آخر MTBF ودالة الفشل r(t) وتحت مستوى معنوية (٠,٠١) في حين تكون العلاقة بين متوسط وقت التصليح MTTR وبين دالة المعولية R(t) ومتوسط وقت الاشتغال بين فشل و آخر MTBF بعلاقة ارتباط متوسطة وعكسية ضمن مستوى المعنوية (٠,٠١)، وبينما يرتبط مؤشر دالة الفشل r(t) بعلاقات ارتباط قوية عكسية مع متوسط وقت التصليح MTTR ومتوسط وقت الاشتغال بين فشل و آخرMTBF ومع مؤشر القابلية على الصيانة M(t) بعلاقة ارتباط متوسطة طردية ضمن مستوى المعنوية (٠,٠١)، بينما يرتبط مؤشر القابلية على الصيانة M(t) بعلاقات ارتباط عكسية ضعيفة مع متوسط وقت التصليح MTTR ومتوسط وقت الاشتغال بين فشل و آخرMTBF مستوى المعنوية (٠,٠١) ، ويتضح من ذلك وجود علاقات ارتباط تبادلية قوية بين مؤشرات (RCM) وهذا مايثبت صحة الفرضية الفرعية الثانية .

٢ : اتاحية المكائن الإنتاجية :

٢-١ : تقدير اتاحية المكائن الإنتاجية :

يمكن الاستفادة من مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية في تقدير اتاحية المكائن الإنتاجية وذلك باستخدام المعادلة الأولى الموضحة في الجدول (٣) الخاص بمقاييس الاتاحية ، وكما موضح في الجدول (١١) أدناه

الجدول (١١) اتاحية المكائن الانتاجية لمعمل الألبسة الجاهزة / قسم الخياطة للمدة (١ / ٧ – ٣٠ / ٩ / ٢٠٠٦)

القسم	القطاع	اسم الماكنة	A(t)%
قسم الخياطة	القطاع (١ _ ٥)	نكي١	٥٠
		جوكي١	٣٧
		دركوب١	٦١
		برذر١	٥١
		يان١	٦٣
		فاف١	٦٦
		ريز١	٤٥
	القطاع (٢ _ ٥)	نكي٢	٥٣
		جوكي٢	٥٠
		ريمولدي٢	٥٢
		برذر٢	٥٢
		يان٢	٧٠
		فاف٢	٥٤
		درز٢	٥٣
		ريز٢	٥٧
	القطاع (٣ _ ٥)	نكي٣	٥٤
		جوكي٣	٦١
		ريمولدي٣	٦٨
		برذر٣	٥٨
		يان٣	٥٣
		فاف٣	٦٣
		ريز٣	٦٠

المصدر : أعداد الباحثين .

مناقشة النتائج :

من خلال النتائج المعروضة في الجدول (١١) أعلاه ، يتبن لنا إن اتاحية A(t)معظم مكائن قسم الخياطة في المعمل قيد الدراسة هي ضمن المدى المتوسط بحيث لم تتجاوز نسبة ٦٨ % باستثناء الماكنة(يان٢) إذ كانت نسبة اتاحيتها ٧٠ % ، لذا ينبغي على إدارة قسم الصيانة في المعمل قيد الدراسة الاهتمام بمؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية عند قيامها بتخطيط مهام و أنشطة الصيانة بهدف تحسين اتاحية المكائن ، ويتم ذلك من

خلال تعظيم معولية المكائن وتخفيض متوسط وقت التصليح وزيادة القابليـــة على الصيانة .

٢- ٢ : العلاقة بين اتاحية المكائن الإنتاجية و مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية :

تم اســـتخدام معامـــل الارتبـــاط البـــسيط(معامـــل بيرســـون Person Correlation Coefficient) ، بمساعدة برنامج (SPSS V.١٠) لقياس العلاقة بين الاتاحية ومؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية ، وتم التوصل إلى النتائج الموضحة في الجدول (١٢) أدناه .

الجدول (١٢) علاقات الارتباط بين الاتاحية و مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية (RCM)

		A(t)	R(t)	MTBF	MTTR	r(t)	M(t)
A(t)	Pearson Correlation	١,٠٠٠	,٧٢٥	,٧٤٠	-,٨٨٥	-,٧٦٠	-,٠١٩
	Sig. (٢-tailed)	.	,٠٠٠	,٠٠٠	,٠٠٠	,٠٠٠	,٩٣٤
	N	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢
R(t)	Pearson Correlation	,٧٢٥	١,٠٠٠	,٩٣٣	-,٤٠٥	-,٩٣٤	-,٣٧٦
	Sig. (٢-tailed)	,٠٠٠	.	,٠٠٠	,٠٦١	,٠٠٠	,٠٨٤
	N	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢
MTBF	Pearson Correlation	,٧٤٠	,٩٣٣	١,٠٠٠	-,٣٥٩	-,٩٧٢	-,٢٨٠
	Sig. (٢-tailed)	,٠٠٠	,٠٠٠	.	,١٠١	,٠٠٠	,٢٠٧
	N	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢
MTTR	Pearson Correlation	-,٨٨٥	-,٤٠٥	-,٣٥٩	١,٠٠٠	,٤١٣	,١٤٥
	Sig. (٢-tailed)	,٠٠٠	,٠٦١	,١٠١	.	,٠٦٣	,٥١٨
	N	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢
r(t)	Pearson Correlation	-,٧٦٠	-,٩٣٤	-,٩٧٢	,٤١٣	١,٠٠٠	,٢٩٦
	Sig. (٢-tailed)	,٠٠٠	,٠٠٠	,٠٠٠	,٠٦٣	.	,١٩٣
	N	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢
M(t)	Pearson Correlation	-,٠١٩	-,٣٧٦	-,٢٨٠	-,١٤٥	,٢٩٦	١,٠٠٠
	Sig. (٢-tailed)	,٩٣٤	,٠٨٤	,٢٠٧	,٥١٨	,١٩٣	.
	N	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢	٢٢

المصدر : البرنامج الإحصائي (SP

مناقشة النتائج :

أظهرت النتائج في جدول (١٢) والذي يوضح طبيعة علاقة الارتباط بين الاتاحية A(t) ومؤشرات (**RCM**) إذ تظهر علاقات ارتباط قوية طردية وتحت مستوى معنوية (٠,٠١) بين كل من الاتاحية A(t) و دالة المعولية R(t) و كذلك مع متوسط وقت الاشتغال بين فشل و آخر MTBF ، إذ كانت قيمة معامل الارتباط البسيط هي (٠,٧٢٥) و (٠,٧٤٠) على التوالي مما يعني ثبوت معنوية علاقة الارتباط ، في حين نجد إن العلاقة بين الاتاحية A(t) وكل من دالة الفشل r(t) و متوسط وقت التصليح MTTR بعلاقة ارتباط قوية وعكسية إذ كان معامل الارتباط البسيط (٠,٧٦٠-) و (- ٠,٨٨٥) على التوالي وهذا يدل على ثبوت معنوية علاقة الارتباط العكسية بدرجة عالية و تحت مستوى معنوية (٠,٠١) ، بينما نلاحظ عدم وجود علاقة ارتباط بين الاتاحية A(t) و القابلية على الصيانة M(t) لذلك فإن القابلية على الصيانة لا تؤثر على اتاحية المكائن الانتاجية ، في حين كانت القابلية على الصيانة M(t) مع متوسط وقت التصليح MTTR هي علاقة عكسية (٠,٣٩٥-) وهذا ينسجم مع النتائج التي تم التوصل أليها عن طريق تقدير اتاحية المكائن الانتاجية والتي تظهر في الجدول (١١) لذا ينبغي على إدارة الصيانة في معمل الألبسة الجاهزة ضرورة الاهتمام بتخفيض وقت التصليح للمكائن بهدف تحسين الاتاحية A(t) . و مما تقدم يتضح وجود علاقة ارتباط ذات دلالة معنوية بين اتاحية المكائن الانتاجية ومؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية وهذا مايثبت صحة الفرضية الرئيسة .

رابعا" : الأستنتاجات والتوصيات :

تتضمن هذه الفقرة أهم الأستنتاجات والتوصيات التي توصلت اليها الدراسة وهي :

٤-١ الأستنتاجات :

١. لاتوجد عملية تقييم لاداء مها وانشطة الصيانة في المعمل قيد الدراسة والتي تستند على مقاييس ومؤشرات كمية مثل (مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية) والتي تعد الركيزة الاساس في تطوير وتحسين أداء المكائن الانتاجية .

٢. افتقار قسم الصيانة الى استخدام اساليب علمية مثل نموذج منحنى Bathtub Carve في تحليل انواع حالات الفشل للمكائن الانتاجية وهو امر ضروري في تحديد سياسات الصيانة المثلى في تخمين احتمالية حدوث الفشل العشوائي .

٣. ظهر ان بيانات اوقات الاشتغال بين فشل وآخر لكافة مكائن الانتاج قيد الدراسة تتبع التوزيع الاسيDist. Exponential وهذا مايشير الى ان نسبة الفشل هي ثابتة تقريبا ، لذا تصنف حالات الفشل لمكائن الانتاج ضمن (مدة العمر النافع) وفقا" لمنحنى Bathtub Carve .

٤. من خلال نتائج اختبار الفرضية الفرعية الثانية في الدراسة ، أتضحت لنا اهمية مؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية RCM في تقييم مهام وانشطة الصيانة الحالية باستثناء مؤشر القابلية على الصيانة M(t) والذي يكون ذا تاثير ضعيف في عملية تقييم اداء انشطة الصيانة ، لذا يتوجب على ادارة قسم الصيانة الاهتمام اكثر بتحسين اداء الملاك الفني للصيانة .

٥. من خلال نتائج اختبار الفرضية الرئيسة للدراسة ، يتوجب على قسم الصيانة في المعمل قيد الراسة اتباع سياسة صيانة اكثر فاعلية بهدف تحسين اتاحية المكائن الانتاجية من خلال زيادة اوقات الاشتغال بين فشل واخر للمكائن الى اقصى حد ممكن ، والتاكيد على ضرورة تقليص وقت التصليح الى ادنى حد ممكن .

٤-٢ التوصيات :

١. توصي الدراسة بضرورة تبني مباديء الصيانة المرتكزة على المعولية RCM في المعمل قيد الدراسة واستخدام مؤشراتها الكمية باعتبارها الوسيلة الفاعلة في تحديد انشطة الصيانة المثلى بهدف تحسين اتاحية المكائن الانتاجية .

٢. الاهتمام بعملية جمع البيانات بشكل دقيق عن اوقات الاشتغال بين فشل و آخر واوقات تصليح المكائن في كافة القطاعات الانتاجية وذلك بهدف تهيأتها للتحليل الكمي باستخدام مؤشرات RCM مستقبلا" .

٣. تخفيض متوسط وقت التصليح للمكائن من خلال تشجيع مشغلي المكائن والعاملين عليها في القيام ببعض انشطة الصيانة البسيطة والتي لاتحتاج الى مهارة عالية .

٤. الاهتمام برفع كفاءة اداء فريق الصيانة من خلال اشراكهم في برامج تدريبية مستمرة لتنمية مهاراتهم في عمليات الصيانة .

٥. المراجعة المستمرة لسياسات الصيانة الخاصة بمكائن الانتاج ، بهدف أجراء التعديلات الضرورية عند الحاجة وبالاعتماد على المؤشرات التي توفرها الصيانة المرتكزة على المعولية .

٦. تحديد اسبقيات تنفيذ مهام الصيانة من خلال جدولة هذه المهام بحسب اهمية موقع المكائن في العملية الانتاجية ، ووفقا" لنتائج التحليل العملي و الخاص بمؤشرات الصيانة المرتكزة على المعولية (الجدول٩) بهدف تامين استمرارية عملية الانتاج .

المصادر:

أولاً: المصادر العربية :

١. التميمي، حسين عبد الله حسن، "إدارة الانتاج والعمليات – مدخل كمي"، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، ١٩٩٧.

٢. إلهيتي، خالد عبد الرحيم وأكرم أحمد الطويل وجلال محمد ألنعيمي، "أساسيات التنظيم الصناعي"، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر – جامعة الموصل، ١٩٨٨.

٣. الحكيم، ليث علي يوسف "تقدير معولية المكائن الانتاجية – دراسة تحليلية تطبيقية في معمل اطارات بابل"، رسالة ماجستير علوم ادارة الاعمال، مقدمة الى مجلس الادارة والاقتصاد/ جامعة الكوفة، ٢٠٠٠.

٤. طعمه، حسن ياسين، "تقدير وتقييم معولية مكائن قسم الخياطة – دراسة تطبيقية في معمل الألبسة الرجالية الجاهزة/نجف" ، جامعة مؤتة، ٢٠٠٠.

٥. علي، علي محمود، "تخطيط برامج الصيانة باستخدام المحاكاة" ، دراسة حالة في معمل إطارات بابل، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الإدارة والاقتصاد–جامعة الكوفة، ٢٠٠٣.

ثانياً: المصادر الأجنبية :

Aladon, World Leaders in RCM, Reliability- Centred , P(١-٨)www.sae.org/,٢٠٠٧Maintenance- An Introduction,

Buffa, Elwood, S., "Modern production /Operations Management" John wiley & Sons, INC, ١٩٩٣.

Dilworth, James B. Operations Management: Design, Planning & Control for manufacturing & Services" McGraw – Hill New York ١٩٩٣.

Ebeling, Charles E. , An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering McGraw, New York , ١٩٩٧

Evans, James R., "productions/ operations management quality per for mance & value", ٥th ed west publishing, U. S. A, ١٩٩٧.

Heizer, J and Render,B. "Production and operations Management Strategic and Tactical Decision" Prentice Hill ٤th, Ed. New Jersey, ١٩٩٦.

Heizer,J.and Render,B., " Principles of Operations ١٩٩٩. Management" ٣ th ed ,Prentice Hell,New Jerse,.

Heizer,J.and Render,B., Operations Management" ٦th,ed ,Prentice Hall, New Jersey , ٢٠٠١.

Hill ,T, " Operations Management - Strategic Context and Managerial analysis" Prentice-Hall ,New York, ٢٠٠٠.

Hitomi, K, " Manufacturing Systems Engineering" ٢nd Ed. Taylor and Francis, Inc, London, ١٩٩٦.

Hduson, Joel B., Technical Manual (RCM) – Headquarters Dep. of Army –U.S.G Printing Washington, Dc. ٢٠٠٣.

Lewis E. E., "Introduction to Reliability Engineering", John Wiley and Sons, Inc, ٢nd, ed. ١٩٩٦.

Noori,H.and Radford, R , "Production and Operations Management " total Quality and Responsiveness Mc Grew-Hill, U.S.A .١٩٩٥.

Reliability- Centered Maintenance (RCM) Guide, Definition & Philosophy. (١-٨).www.sea.org.٢٠٠٧

Shafer, Scott. M. and Meredith, Jack, R., "Operation management: A process Approach with spreads sheets" John Wiley & Sons Inc. New York ١٩٩٨.

Slack, N. chambers, Harland, C., Harrison, A, and Johnston, R. ((operation management)) , ٢nd pH man pub., ١٩٩٨ .

Smith, David J., Reliability, Maintainability and Risk, Practical, ٦th, ed. ٢٠٠١.

Waller, Derk, L., "Operation Management – A supply Chain Approach International Thomson Publishing Co., London, ١٩٩٩.

Wolfson, Maintenance Techniques and Analysis, WM Engineering LTD, Microsoft Internet Explorer, ١٩٩٨.