تنفيذ الصيانة المعتمدة على الموثوقية
دراسة تطبيقية في الشركة العامة لصناعات النسيج والجلود / مصنع القطنية / الكاظمية

م.د عماد خليل اسماعيل / كلية المامون الجامعة
Dr. Emad Khalil Ismail /Al Mamoun University College
emadaldulaimy1956@gmail.com

المستخلص

يهدف البحث الى ايجاد صيغة مناسبة لتنفيذ صيانة تعتمد على الموثوقية لاجل تقليل الضائع من الوقت والجهد والاموال في عمليات التصنيع وبالتالي تقليل الكلف وتحسين الجودة ، وتم اختيار الشركة العامة لصناعات النسيج والجلود / مصنع القطنية في الكاظمية لهذا الغرض.

توصلت الدراسة الى جملة من الاستنتاجات المهمة ابرزها ان هناك هدر كبير في الاتاحية للشركة فضلا عن الانخفاض الحاد في نسب نسبة الانتفاع من الطاقة مما يودي بالنتيجة الى ارتفاع كلف المنتجات وبالتالي اسعارها .

الكلمات المفتاحية : تنفيذ الصيانة ، الموثوقية ، الشركة العامة لصناعات النسيج والجلود ، الكاظمية.

Implementation of reliability based maintenance
An applied study in the General Company for Textile and Leather Industries / Cotton Factory / Al-Kadhimiya

Abstract:

The research aims to find an appropriate formula for the purpose of implementing maintenance based on reliability in order to reduce wasted time, effort and money in manufacturing operations and thus reduce costs and improve quality, and the General Company for Textile and Leather Industries / Cotton Factory in Kadhimiya was chosen for this purpose.

The study reached a number of important conclusions, the most prominent of which is that there is a great waste in the availability of the company, as well as a sharp decline in the rates of energy utilization, which leads as a result to an increase in the cost of products and, accordingly, their prices.

Keywords: Maintenance implementation, reliability, the General Company for Textile and Leather Industries, Al-Kadhimiya .

المبحث الاول
(منهجية البحث)

اولا: مشكلة البحث

تركز مشكلة البحث عن كيفية محافظة الشركة المبحوثة على الطاقة الانتاجية المخططة مسبقا والبحث في سبل تقليل الهدر الناتج عن توقف الانتاج ولاسباب متعددة وكيفية تجاوز هذه المشكلة عن طريق تنفيذ الصيانة المعتمدة على الموثوقية، ويلاحظ ان هذه المشكلة تعاني منها اغلب المنشات الصناعية العراقية ، ومن خلال معايشة الباحث لما تعانيه شركة العامة لصناعات النسيج والجلود / مصنع القطنية في بغداد / الكاظمية من عدم تمكنها من الوصول الى الطاقة الانتاجية المخططة تمكنا من تحديد العديد من الاسباب والعوائق التي تحول دون ذلك وهذه الاسباب هي نفسها التي تعاني منها اغلب الصناعت العراقية ، إذ يتم الابتعاد عن الاسس العلمية في القياس والتشخيص والمعالجات لاغلب هذه المشاكل ومنها على سبيل المثال لا الحصر عدم التخطيط للمواد الاحتياطية للمواد (السريعة الدوران) اللازمة لديمومة اشتغال المكائن والمعدات ، نقل العاملين من الفنيين والقدماء او تسريحهم مما يودي الى حصول هبوط في الروح المعنوية لمن بقي منهم ، وكذلك عدم استخدام مؤشرات جودة الاداء والصيانة للمعدات التي تجاوز عمرها ٢٠ عاما وغيرها من المشكلات .

واستنادا لذلك تم تحديد السؤال البحثي الرئيس كما في أدناه :

- ما هو تاثير تنفيذ الصيانة المعتمدة على الموثوقية على تجاوز مشاكل الشركة العامة للنسيج والجلود / مصنع القطنية .

ومن السؤال الرئيسي ، تم استنباط الأسئلة الفرعية التالية :

- هل يمكن تنفيذ الصيانة المعتمدة على الموثوقية في الشركة العامة للنسيج والجلود / مصنع القطنية؟
- هل يمكن تجاوز التاخير في عمليات التشغيل بعد كل عطل لعمال الشركة العامة للنسيج والجلود / مصنع القطنية ؟
- هل هناك امكانية لزيادة نسب الانتفاع من الطاقة في الشركة العامة للنسيج والجلود / مصنع القطنية ؟

ثانياً : أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى تحقيق عدد من الأهداف للشركة العامة للنسيج والجلود / مصنع القطنية نذكرها بإيجاز كالتالي :

- استكشاف تاثير تنفيذ الصيانة المعتمدة على الموثوقية من خلال مراجعة الأدبيات النظرية التي تناولت هذه الظاهرة المهمة.
- تحديد مدى استخدام الشركة للصيانة المعتمدة على الموثوقية .
- الوقوف على العلاقات فيما بين متوسط الوقت بين الاخفاقات ، ومتوسط وقت الاصلاح ، والتوافر (الاتاحية) وغيرها لمعرفة مستوى الصيانة في الشركة .

ثالثا: افتراض البحث

جرى صياغة فرضية البحث على اساس ان الشركة العامة للصناعات النسيجية والجلدية/ مصنع القطنية تطبق الصيانة المعتمدة على المعولية .

رابعا: الحدود المكانية والزمانية للبحث

تم اختيار الشركة العامة لصناعات النسيج والجلود ووقعت الدراسة على مصنع القطنية في بغداد - الكاظمية لاغراض البحث لدورها في رفد السوق المحلية من المنتجات القطنية التي تتميز بجودتها العالية وكذلك لنيله العديد من الشهادات وله حضور متميز ويضم عدة اقسام وورش لتصفية المياه وخزانات لخزن المحروقات ومنشات خدمية اخرى .

خامسا: اساليب جمع وتحليل البيانات

١. لغرض الوصول الى جمع البيانات بشكل دقيق تم الرجوع الى بعض السادة المسؤولين المعنيين بالموضوع قيد الدراسة في الشركة لغرض مساعدتنا وتزويدنا بالبيانات اللازمة عن الانشطة للسنوات السبعة الماضية وابتداءاً من عام ٢٠١٦ ولغاية عام ٢٠٢٢ وذلك بالاستعانة بقسم الانتاج والعمليات وقسم الاحصاء والسجلات والاستفسار عن جميع التفاصيل المهمة التي تعيننا والتي تم تزويدنا بها من واقع السجلات لغرض انجاز هذا البحث .

٢. استخدام المقاييس الكمية الملائمة لمعالجة البيانات والمؤشرات المتاحة التي يمكن الاسترشاد بها لتحليل النتائج وكما يلي :

- ❖ متوسط الوقت بين عطلين (MTBF) = مج ساعات الاشتغال / عدد حالات الفشل.
- ❖ متوسط وقت اصلاح المكائن (MTTR) = مج ساعات اصلاح المكائن / عدد حالات الفشل (عدد العطلات).
- ❖ الاتاحية (التوافر) Availability = متوسط الوقت بين الاخفاقات (MTBF) / متوسط الوقت بين الاخفاقات (MTBF) + متوسط وقت الاصلاح (MTTR)
- ❖ فضلا عن ذلك تم استخدام النسب المؤية .

المبحث الثاني

(الاطار النظري)

اولا: مراجعة الأدبيات النظرية :

تطورت الصيانة المرتكزة على الموثوقية (RCM) في صناعة الطيران خلال الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي . ذكر Nowlan و Heap أن منطقRCM يعتمد على ثلاثة أسئلة ، أي:

١. كيف يحدث الفشل؟

٢. ما هي عواقبها على السلامة أو التشغيل؟

٣. ما فائدة الصيانة الوقائية؟

وشددوا كذلك على أنه ، في RCMالعنصر الدافع في جميع قرارات الصيانة ليس فشل عنصر معين ، ولكن نتيجة هذا الفشل للمعدات ككل . (Kelly, 2006:140)

تم تعريفRCM بواسطة المعيار الفني (SAE JA1011) ، على أنه "إطار عمل هندسي يتيح تحديد نظام صيانة كامل، إذ يعتبر الصيانة وسيلة للحفاظ على الوظائف التي قد يطلبها المستخدم من الآلات في سياق تشغيل محدد "". إنه نهج للتحسين الصناعي يركز على تحديد ووضع سياسات التشغيل والصيانة وتحسين رأس المال التي ستدير مخاطر تعطل المعدات بشكل أكثر فعالية. في سياق التصنيع ، تعد آلية التنسيق الإقليمية نهجًا منهجيًا لفهم وظيفة نظام التصنيع وأنماط فشل مكوناته ، واختيار المسار الأمثل للعمل الذي من شأنه منع حدوث أنماط الفشل أو اكتشافها قبل حدوثها, (Al-Turki,&elt,2014:14) .

على الرغم من أن مفهوم RCM منظم بشكل مختلف إلى حد ما من قبل كل خدمة . يتضمن تطبيق RCM تقييم الصيانة بناءً على خصائص التصميم والوظائف التشغيلية للنظام وأنماط عطله وعواقبه .يتطلب تطبيق تحليل منطقي مفصل قائم على المعرفة لتحديد مهام مراقبة الحالة (CM) والصيانة عند الحالة (OCM) واستبدال الوقت الصعب (HTR) الأكثر فعالية في منع أوضاع فشل جزء كبير من النظام . باستخدام بيانات أمان وموثوقية النظام المتاحة (وضع الفشل التاريخي والتأثيرات) ، والجدول التالي يوضح بعض من مفاهيم الصيانة المركزة على المعولية .

المصدر	المفهوم
(Anderson,&elt,1990:13)	**تحدد RCM الأجزاء التي تعتبر بالغة الأهمية من حيث إنجاز المهمة وسلامة التشغيل .إنه يحدد جدوى الصيانة واستصوابها ، ويسلط الضوء على مناطق مشاكل الصيانة لإعادة التصميم ، ويوفر تبريرًا داعمًا للصيانة**
(Swamidass,2000:640)	**بانها الصيانة التي تركز على الموثوقية هي طريقة منظمة لتقييم متطلبات الصيانة للأنظمة المعقدة , واعتبارًا منهجيًا لوظائف نظام التصنيع والطريقة**

التي يمكن أن تفشل بها الوظائف. في RCM ، يتم التعبير عن قيمة أنشطة الصيانة أولاً وقبل كل شيء من حيث تحسين موثوقية الماكينة	
هي "العملية المستخدمة لتحديد الصيانة الأكثر فاعلية والتي يتم تعريفها على أنها سلسلة من الأنشطة التي تم إنشاؤها على أساس تقييم منهجي لتطوير أو تحسين برنامج الصيانة	(Mahdavi,&elt,2009:6598)
هي الصيانة الوقائية التي تحافظ على توفر الأنظمة أو تحسنها. تم تصميم RCM لتحقيق التوازن بين التكاليف والفوائد. الهدف الرئيسي من RCM هو تحسين التكلفة من خلال التركيز على الوظائف الأساسية للنظام وتجنب إجراءات الصيانة غير الضرورية	(Park,&elt,2012:391)
تقنية RCM هي إطار منظم لتحليل الوظائف والفشل المحتمل لمكون الإرسال ، مع التركيز على الحفاظ على الموثوقية. وبالتالي ، يجب ألا تأخذ RCM في الاعتبار حالة قطعة من المعدات فحسب ، بل يجب أن تراعي أيضًا أهميتها في النظام	(Heo,&elt,2014:283)
يُنظر إلى RCM عمومًا على أنها نهج منظم لتحقيق التوازن بين مهام الصيانة الوقائية والتصحيحية على مكونات النظام. تركز RCM بشكل أساسي على المكونات الحرجة التي لها أكبر تأثير على الأداء العام للنظام ، وتساعد في منع حالات فشل هذه المكونات التي يمكن من خلالها منع خسائر فنية واقتصادية كبيرة غير مرغوب فيها .	(Sabouhi,&elt,2016:88)
بأنها عملية تستخدم لتحديد متطلبات الصيانة لأي نظام مادي يتم الجمع بين المرافق والمعدات لأي نظام واستخدامها لما يريد المستخدمون القيام به .	(Abdulghafour,&elt,2018:842)
استراتيجية صيانة تدمج منطقيًا مزيجًا مثاليًا من ممارسات الصيانة التفاعلية والوقائية والتنبؤية والاستباقية .تتميز الصيانة بأنها مجموعة من الأنشطة التي تحافظ على المعدات أو الأنظمة في حالة يمكنها من خلالها أداء الوظائف المخصصة لها.	(Patil,&elt,2022:2)
RCM. تُستخدم الصيانة المرتكزة على الموثوقية لتتبع أنواع أنشطة الصيانة التي يتم إجراؤها على المعدات للتأكد من أنها الأنشطة الصحيحة	(Wireman, 2005:56)
تُعرف المعولية او الموثوقية (R) رياضيًا بأنها احتمالية مشروطة ـ نسبة النتائج المقبولة إلى إجمالي التجارب . بتعبير أدق ، R هو احتمال أن تؤدي المكونات والمعدات والأنظمة وظائف التصميم الخاصة بها دون عطل	(August, 1999:14)

١. أهداف الصيانة المرتكزة على الموثوقية : RCM Goals

تهدف الصيانة المرتكزة على الموثوقية إلى تحقيق الأهداف التالية :

١. لتحديد مهام الصيانة الأكثر فعالية من حيث التكلفة والقابلة للتطبيق لتقليل مخاطر وتأثير الفشل على وظيفة الأنظمة / المعدات.

٢. ضمان أداء عالي للسلامة والموثوقية.

٣. الحفاظ على وظائف النظام والمعدات بأكثر الطرق اقتصادا.

٤. لضمان تحقيق مستويات السلامة والموثوقية الكامنة في المعدات.

٥. لإعادة المعدات إلى هذه المستويات المتأصلة عند حدوث التدهور.

٦. الحصول على المعلومات اللازمة لتحسين تصميم تلك العناصر حيث يثبت عدم كفاية موثوقيتها الكامنة.

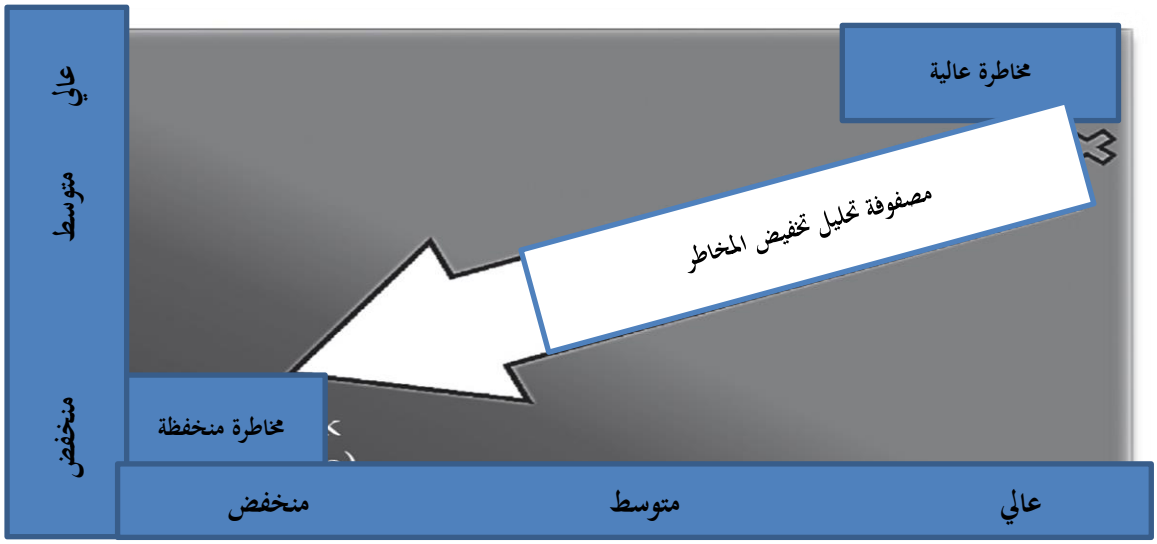
٧. لتحقيق هذه الأهداف بأقل تكلفة إجمالية ، بما في ذلك تكاليف الصيانة وتكاليف الدعم والعواقب الاقتصادية للفشل التشغيلي.

تعتبر الغايات والأهداف المحددة المذكورة أعلاه مشتقة بشكل واضح لبرامج الصيانة الفعالة التي تنتج عادة عن تطبيق منهجية.RCM (Duffuaa,&elt,2015:247)

٢. عملية الصيانة المرتكزة على الموثوقية :RCM Process

يصف هذا الجزء بعضًا من كيفية إجراء الصيانة المرتكزة على الموثوقية ، تتمثل الخطوة الأولى في تحديد الأصول التي ستفحصها باستخدام الصيانة المرتكزة على الموثوقية، في مرحلة التصميم ، قد تختار تحليل جميع الأنظمة. على سبيل المثال ، في عملية حالية ، قد تختار الأصول التي تسبب أكبر "خسارة" مالية. ومع ذلك ، في العمل أو الصناعة ، هناك العديد من الطرق لقياس الخسائر. لذلك ، فإننا نعني بالألم تلك الأصول المادية التي لا يمكن الاعتماد عليها كثيرًا أو تلك التي يُعرف عنها أنها تخلق مشاكل تتعلق بالسلامة أو البيئة عندما تفشل . حدد أولويات الأصول الخاصة بك وتعامل مع العناصر ذات الأولوية القصوى أولاً. الأصل ذو الأولوية العالية هو الأصل الذي إذا فشل فإنه يعرض مخاطر عالية (نتيجة عالية ، واحتمالية فشل عالية) للمؤسسة الشكل ادناه . قد ترغب في النهاية في تحليل الأصول الأخرى ذات الأولوية الأقل ، وهي ممارسة تتبعها بعض الشركات. في النهاية ، الهدف من أي مشروع لتحسين الموثوقية هو تقليل تعرض الشركة (لخطر فشل الأصل) إلى مستوى منخفض مقبول. سيؤدي إجراء تحليل آلية التنسيق الإقليمية على جدول زمني متسلسل لـ "الجهات السيئة" إلى تقليل التعرض لمخاطر الأعمال.

شكل(١) مصفوفة المخاطر تساعد RCM على تقليل كل من العواقب واحتمالية الفشل



SOURCE: Campbell, J. D., Reyes-Picknell, J. V., & Kim, H. S. (2015).P321.

٣. مقاييس جودة أداء عمليات الصيانة

❖ قياس المعولية : Reliability measure

الموثوقية مصطلح شائع الاستخدام ، ولكن ما هو؟ كيف تقيسه؟ هل يشمل فقط حساب عدد رحلات المصنع سنويًا لتحديد ما إذا كان مصنعك موثوقًا أم لا؟ أم أنها عامل قدرة مصنعك؟ هل هو متوسط الوقت بين الفشل (MTBF) لمكونات معينة؟ ، فإن معايير القياس العامة والرقيقة إلى حد ما ، والتي تعد أكثر قياسات الموثوقية شيوعًا ، يمكن أن تكون خادعة بل وتهدئك إلى شعور زائف بالراحة والأمان إذا تم استخدامها بمفردها. لكن كيف تقيس مصداقية الكيان بأكمله؟ ما هي بوادر الفشل التي تسبب القلق من أن المصنع بأكمله قد لا يكون موثوقًا به؟ تتطلب معالجة هذه المخاوف عمقًا أكبر من مجرد النظر إلى الموثوقية على أنها احتمال فشل عنصر معين.

الموثوقية هي أكثر من مجرد احتمال بقاء عنصر فردي دون فشل. وبالمثل ، فإن الأمر يتعلق بأكثر من مجرد حساب الأعداد الإجمالية لحالات الفشل أو عدد أيام الإنتاج الضائعة الناتجة عن نوع من أعطال المعدات.

من الضروري تجاوز التعريف والنظر إلى الموثوقية بشكل أكبر كمقياس للأحداث ، والتي أعرّفها على أنها المعدل التراكمي والمتكامل للأحداث المجمعة غير المرغوب فيها لكل وحدة زمنية ، حيث لا تقتصر الأحداث على أعطال المعدات فقط. أعني بهذا أن الموثوقية تشمل مجموعة كاملة من الأحداث والأحداث غير المرغوب فيها التي يمكن قياسها كمعدل لساعات تشغيل الوحدة. تمثل الموثوقية نطاقًا أوسع من الأحداث أكثر من مجرد حالات الفشل ، وبالتالي ، يمكن أن توفر قياسات الموثوقية رؤية أكثر سهولة لتحديد مدى جودة أداء منشأة ما. في العديد من الصناعات ، تلعب مغالطة رئيسية دوراً مهما عند مقارنة كيان تشغيلي بآخر. يكون هذا صحيحًا عند إجراء المقارنات دون تطبيق إدخال معدل أداء موثوقية إلى المعادلة ببساطة عن طريق حساب عدد حالات الفشل أو عدد تخفيضات الطاقة أو عدد المرات التي تكبدت فيها المحطة رحلة غير مرغوب فيها. هذه المغالطة

مضللة بشكل خاص عند المقارنة، على سبيل المثال ، موثوقية مصنع بآخر. يجب تسوية كل هذه المقارنات باستخدام معدل لكل x عدد ساعات تشغيل الوحدة . على سبيل المثال ، يواجه أحد المصانع عددًا معينًا من الأحداث عندما يعمل لمدة 50 بالمائة فقط من الوقت المتاح مقارنة بنفس العدد من التكرارات في مصنع آخر كان يعمل بنسبة 100 بالمائة من فترة المقارنة . هذا ليس معيارًا دقيقًا أو عادلًا للمقارنة (Bloom, 2005:218)

تتمحور إدارة الموثوقية حول زيادة وقت التشغيل إلى أقصى حد وتقليل تكرار حوادث التعطل. تتمثل الميزة الأساسية لإدارة الموثوقية في أنها تزيد من موثوقية الأصول عن طريق زيادة متوسط الوقت بين حالات الفشل (MTBF). وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة توافر الأصول (الميكانيكية) وزيادة إمكانات الإنتاج (استخدام الأصول) وتوليد الإيرادات. تعمل الموثوقية المتزايدة على تقليل التكاليف لأنها تقلل من الحاجة إلى إصلاحات باهظة الثمن ووقت تعطل مع خسائر إنتاج باهظة الثمن:

- **التوافر(الاتاحية) : Availability**

هو نسبة الوقت الذي يكون فيه الأصل متاحًا للاستخدام, لتحسين التوافر ، نريد زيادة وقت التشغيل وتقليل وقت التوقف عن العمل. في بعض التعريفات ، يستبعد الوقت الإجمالي وقت التوقف عن أنشطة الصيانة الوقائية أو الإصلاحية المخططة. كن على علم أنه في هذه الحالة ، هناك افتراض أساسي بأن بعض الصيانة المخطط لها , أمر ضروري في الواقع - ليس هذا هو الحال دائمًا. تعمل أوقات تعطل الصيانة المخطط لها ، مثل التوقف عن العمل لأي سبب آخر ، على الحد من التوافر. في بعض الأحيان تكون هناك حاجة إليها ، وأحيانًا لا تكون كذلك.

- **متوسط الوقت بين الإخفاقات :MTBF :**

هو المتوسط الإحصائي لمنحنى توزيع الأعطال المرتبط بأي مصنع أو مركبة أو معدات أو سجل فشل مكون محدد . تميل معظم حالات الفشل إلى أن تكون عشوائية بطبيعتها ، لذلك غالبًا ما يتم تقريب MTBF من خلال قسمة "عمر" الأصل ، أو العمر المشترك لأسطول من الأصول المتطابقة ، على عدد حالات الفشل التي حدثت في تلك العمر. الحياة ، في هذه الحالة ، هي المدة الزمنية التي نجا فيها الأصل من وقت تشغيله حتى وقت إخفاقه. الخطأ الشائع الذي يحدث في حساب MTBF هو تضمين جميع أحداث التوقف على أنها حالات فشل . كثير منها ليس فاشلًا في الواقع ولا ينبغي وضعه في الحسبان في هذه الإحصائية.

- **متوسط وقت التوقف عن العمل (MDT) :**

هو متوسط طول الوقت المستغرق لاستعادة الأصل إلى الخدمة. يتم حساب MDT بقسمة إجمالي وقت التوقف عن العمل .

(وقت الإغلاق + الوقت المستغرق في تحضير المعدات للعمل + وقت الإصلاح + وقت التشغيل + وقت بدء التشغيل ، وما إلى ذلك) على العدد الإجمالي لحوادث التعطل التي تعتمد على الموثوقية لأي سبب بما في ذلك الإصلاحات والإجراءات الوقائية. لا يتم عادةً تضمين وقت التوقف عن العمل للأغراض المتعلقة بالعملية أو الإنتاج البحت ، على الرغم من أنه يمكن أن يكون له تأثير كبير على التوافر.

❖ **متوسط الوقت اللازم للإصلاح (MTTR) :**

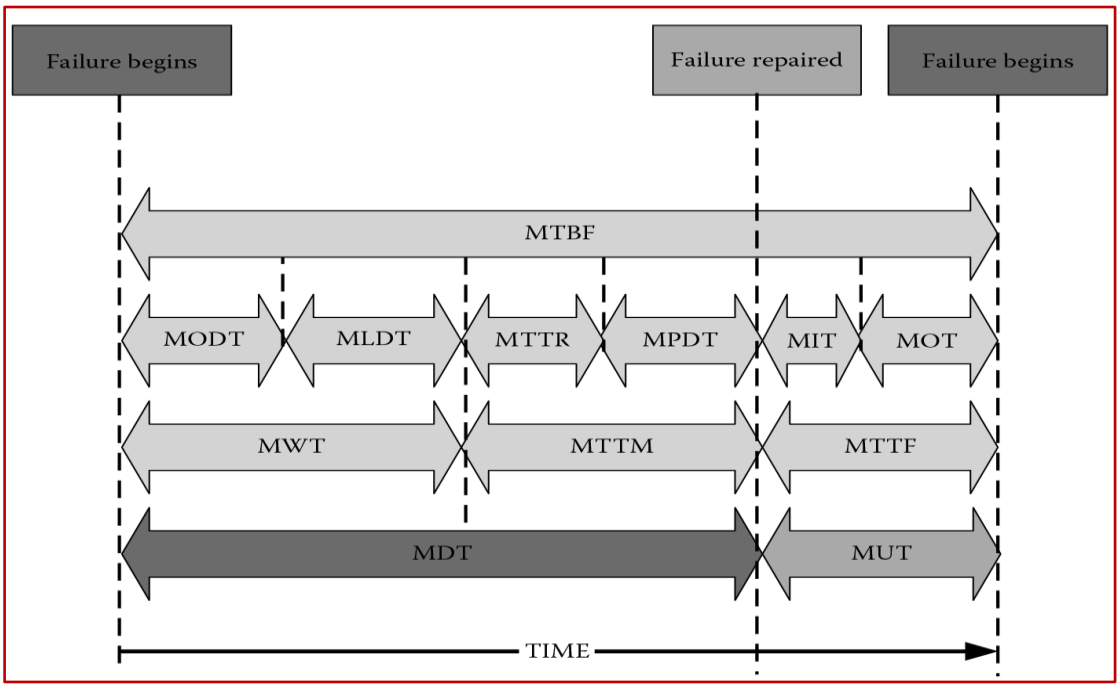
هو متوسط الفترة الزمنية التي يستغرقها إصلاح أحد الأصول عند فشلها. يتم حساب MTTR بقسمة إجمالي وقت الإصلاح لعدد من حالات الفشل على عدد حالات الفشل يعد MTTR مقياسًا لقابلية الصيانة للأصل .

فكلما زادت قيمة MTTR ، قلت إمكانية صيانته. لزيادة التوفر (A) ، وجب تقليل وقت الإصلاح . (Campbell, & elt,2015:264)

❖ **تعريف الوقت : Definition of Time :**

نحتاج إلى تعريف واضح للوقت كي لا يؤدي إلى تفسيرات مزدوجة . نادرًا ما يتم تحقيق ذلك على الرغم من محاولات تطبيع التعريف. على سبيل المثال ، تُعرِّف بعض الأوقات على أنها التوافر والبعض الآخر على أنها عدم توفر ، مما أدى إلى ظهور تفسيرات مختلفة تمنع استخدامها في مقياس معياري . أدت هذه المشكلة إلى الاستخدام الواسع لعدد محدود من المؤشرات المعروفة باسم المستوى العالمي ، بما في ذلك MTBF و MTTR. هذه تعريفات مقبولة ومتفق عليها عالميًا، إنها ليست مشكلة تعريف صحيح أو غير صحيح للوقت ، بل هي مشكلة استخدامه في المقاييس. لحساب التوافر المختلفة (Pascual, & elt,2016:216) .

شكل(٢) عرض الأوقات في الفشل وعملية الإصلاح



Source: Pascual, D. G., & Kumar, U. (2016). Maintenance audits handbook: A performance measurement framework. Crc Press p:216

والجدول التالي يعرض المفاهيم المختصرة وفق الشكل اعلاه

الرمز	المصطلح	الترجمة
MTBF	mean time between failures	متوسط الوقت بين الإخفاقات
MODT	mean operative downtime	متوسط التوقف عن العمل الفعال
MLDT	mean logistic downtime	متوسط التوقف اللوجستي
MTTR	mean time to repair	متوسط وقت الإصلاح
MPDT	mean preventative maintenance downtime	متوسط تعطل الصيانة الوقائية
MIT	mean idle time	متوسط وقت الخمول
MOT	mean operational time	متوسط الوقت التشغيلي
MWT	mean waiting time	متوسط وقت الانتظار
MTTM	mean time to maintain	متوسط وقت الصيانة
MTTF	mean time to failure	متوسط وقت الفشل
MDT	mean downtime	متوسط التوقف
MUT	mean uptime	متوسط الجهوزية

موثوقية الآلة : Machine Reliability :

هي احتمال تشغيل الآلة دون عطل. يمكن ذكر ذلك كنسبة مئوية ، محسوبة بقسمة وقت التشغيل الفعلي (إجمالي وقت التشغيل المجدول مطروحًا منه وقت التوقف غير المجدول) على إجمالي وقت التشغيل المجدول. وبالتالي ، من المتوقع أن تعمل آلة ذات موثوقية أعلى لنسبة مئوية أكبر من وقت التشغيل المحدد لها.

يمكن أن تكون موثوقية الماكينة عاملاً محددًا مهمًا لسرعة التسليم وموثوقية التسليم لأن وقت تعطل الماكينة غير المتوقع لن يؤدي فقط إلى زيادة المهلة الزمنية بل سيؤدي أيضًا إلى تعطيل خطة الإنتاج. يمكن أن تكون هذه الاضطرابات ضارة ببيئة التصنيع في الوقت المناسب (JIT) وبالتالي ، غالبًا ما تؤكد الشركات التي تستخدم JIT على الصيانة الوقائية للمعدات باستخدام نهج يُعرف باسم الصيانة الوقائية الشاملة التي تضع المسؤولية عن معظم صيانة الماكينة على عاتق الشخص الذي يقوم بتشغيل تلك الآلة (Swamidass, 2000:383) .

❖ **التحكم في موثوقية المصنع : Controlling plant reliability**

١. **التحكم التفاعلي لموثوقية المصنع :** متطلبات الأنظمة هي:

(أ) مراقبة معلمات الإخراج لكل وحدة مثل الموثوقية (متوسط الوقت حتى الفشل MTTF)، وقابلية الصيانة (متوسط الوقت للإصلاح (MTTR)، وحالة المصنع ، وما إلى ذلك وبعض شروط الإدخال (على سبيل المثال ما إذا كان يتم تنفيذ خطة حياة الوحدة وفقًا للمواصفات وبالتكلفة المتوقعة) .

(ب) تحديد السبب الجذري لأي عطل [لاحظ أن نظام التحكم لهذا يجب أن يشمل عدة إدارات لأن السبب قد ينشأ عن الإنتاج (سوء التشغيل) أو في الهندسة (سوء التصميم) أو في الصيانة.

(ج) تحديد الإجراءات التصحيحية اللازمة. على مستوى مسار المصنع لمحطة الخلط ، يمكن تصور التحكم ، أي أن لكل وحدة نظام تحكم خاص بها. مرة أخرى ، ترجع الصعوبة إلى تعدد الوحدات التي تشكل مصنعًا صناعيًا رئيسيًا ، وبالتالي أنظمة التحكم المطلوبة. أصبحت معالجة البيانات الناتجة قابلة للإدارة بواسطة تقنية الكمبيوتر الحديثة التي يمكنها بسهولة التعامل مع العديد من آليات التحكم المستقلة. ومع ذلك ، لا تكمن الصعوبة عادة في المعالجة ولكن في الحصول على البيانات. لذلك قد تحتاج إدارة الشركة إلى تركيز جهود الرقابة على وحدات مختارة تلك التي تعتبرها حاسمة بالنسبة للباقي ، قد يستخدمون نظام تكلفة الصيانة لتحديد أكثر المشاكل إزعاجًا ، على سبيل المثال تلك التي تتميز بأعلى تكلفة صيانة عالية ، وأقل جودة للمنتج ، وأعلى وقت تعطل ، وما إلى ذلك.

٢ . **التحكم الاستباقي في موثوقية المصنع:**

يختلف عن التفاعل من حيث أنه لا ينتظر الفشل أو حدوث مشكلات عالية التكلفة قبل اتخاذ الإجراء. الفكرة الأساسية هي أن جميع أعضاء المنظمة (ولكن على وجه الخصوص أرضية المتجر) يجب أن يبحثوا باستمرار عن طرق لتحسين موثوقية الوحدة ، وبالتالي الإخراج والسلامة وما إلى ذلك. يسمي اليابانيون هذا كايزن.

تشكل أرضية المتجر فرقًا صغيرة متعددة التخصصات (ولكنها موجهة نحو المصنع) لتحسين موثوقية الوحدات المختارة. (يتم تفسير الصيانة الوقائية حرفيًا - لمنع الحاجة إلى أي صيانة ، من خلال التصميم الخارجي والإجراءات الأخرى.) تضمن دوائر الإدارة العليا الترويج للفكرة وقبولها في جميع أنحاء المنظمة. هذا يضمن أن دوائر الإدارة الوسطى تقدم المساعدة والمشورة لفرق العمل حسب الضرورة.

٣. دمج أنظمة التحكم في الموثوقية في المنظمة :

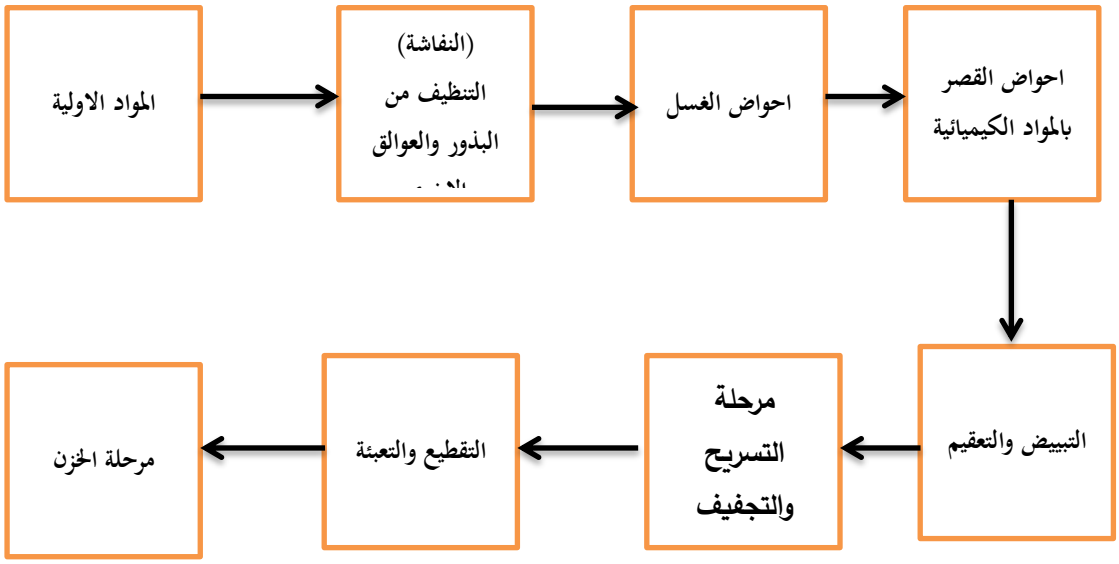
على الرغم من أن تم فهم آليات التحكم في الموثوقية ، إلا أنه لا يزال يتعين دمج هذه الأفكار في مخطط لمنظمة صيانة عاملة ، تطبيق هذا على منظمة مصنع ، يمكن ملاحظة أن هناك عدة مستويات مترابطة للتحكم في موثوقية المصنع في المؤسسة ، ولكل منها مسؤولياته وأدواره . **الأول** يعمل بين دور المحل والمشرفين ، وإلى حد كبير مستقل عن أنظمة المعلومات - ومع ذلك ، يمكن أن يكون سجل التاريخ مهمًا هنا. هذا المستوى من التحكم مفيد بشكل خاص لأن هناك رد فعل أسرع للمشكلات. نظرًا لأن الموظفين المعنيين قد يكونون حاضرين في الإصلاح ، ويمكنهم مناقشته مع المشغلين والحرفيين ، فمن المحتمل أن تكون هناك معرفة مباشرة عن سبب الفشل. بالإضافة إلى ذلك ، عند هذا المستوى يعمل التوجه الرئيسي للتحكم الاستباقي ؛ إذا لم يتمكن الموظفون المعنيون من تحديد السبب و / أو وصف وتنفيذ حل ، فسيتم تمرير المشكلة إلى **المستوى الثاني**. يعمل المستوى الثاني من التحكم من خلال المهندسين المعينين و / أو فريق تحقيق الصيانة. لكي تكون فعالة ، يتطلب هذا تكامل نظم المعلومات والتحقيق الهندسي. يجب تصميم نظام المعلومات (المحوسب) . ومع ذلك ، فإن الجهد الرئيسي يكمن في تشخيص أسباب الفشل ، من خلال استجواب تاريخ الماكنة ، وفي وصف الإجراء التصحيحي ، وهو جهد يجب أن يأتي من المهندسين الاستقصائيين. بشكل عام ، هذا هو السبب الجذري لأي مشكلة سيتم البحث عنها ، ولأن جهود التحقيق محدودة بالضرورة ، يمكن فقط النظر في عدد قليل من عناصر المشكلة في أي وقت. عادة ما يعتمد معيار اختيار هذه على نوع من تصنيف المعدات حسب وقت التوقف أو التكلفة المباشرة أو تكرار الفشل , يكمن **المستوى الثالث** المحتمل للتحكم في الاتصال بين مختلف المستخدمين لنوع معين من المعدات والشركة المصنعة لها. يوفر هذا الفرصة لجمع معلومات الصيانة من مجموعة أكبر من الخبراتنظرًا لأن أكثر من شركة مستخدم واحدة ستشارك ، من الناحية العملية ، فإن هذا هو أقل مستوى تحكم فعال. يقع على عاتق الشركة المصنعة للمعدات مسؤولية ضمان نجاح مثل هذا النشاط (Kelly, 2006:196) .

المبحث الثالث

(الجانب العملي)

يتناول المبحث الثالث الجانب التطبيقي للمؤشرات التي تم استخدامها من اجل الوصول الى النتائج استنادا الى البيانات التي تم الحصول عليها من واقع سجلات الشركة وتم الوصول الى النتائج التي سيتم عرضها بعد عرض المسار التكنلوجي لمعمل إنتاج القطن الطبي .

١. المسار التكنلوجي لمعمل إنتاج القطن الطبي .



شكل (٣) المسار التكنلوجي لمعمل إنتاج القطن الطبي

٢. تحليل البيانات التي تم الحصول عليها من واقع سجلات الشركة :

اشتمل التحليل للبيانات التي تم الحصول عليها من واقع سجلات الشركة الدول رقم (١) والقيام بعملية تطبيق كمي للمعادلات التي تم عرضها سابقا للوقوف على واقع الانشطة التي تقوم بها الشركة واستخراج الميسورية(الاتاحية)(availability) ، والوقت بين عطلين(MTBF) ، و متوسط وقت الإصلاح(Maintainability)(MTTR) وكما في الجدول رقم (٢) .

جدول (١) يبين البيانات التي تاشيرها من واقع سجلات الشركة

السنة	الطاقة الإنتاجية (طن)	نسبة الانتفاع من الطاقة المتاحة %	الإنتاج الفعلي المتحقق (طن)	عدد حالات الفشل (عدد العطلات)	مج اوقات التوقف (ساعة)	مج ساعات الاشتغال	مج ساعات اصلاح المكائن
2016	331	29	96	416	574	1190	144
2017	331	30.2	100	402	614	1150	123

154	1094	670	383	40	12.1	331	2018
186	918	846	321	4	1.2	331	2019
213	700	1064	245	3	0.9	331	2020
225	784	980	274	1	0.3	331	2021
188	868	896	304	2	0.6	331	2022

جدول (٢) يبين الميسورية(availability) ، والوقت بين عطلين(MTBF) ، و متوسط وقت الإصلاح(MTTR)

السنة	MTBF متوسط الوقت بين عطلين	MTTR متوسط وقت الإصلاح	MTBF + MTTR	الميسورية
2016	2.86	0.35	3.21	0.89
2017	2.86	0.31	3.17	0.90
2018	2.86	0.40	3.26	0.88
2019	2.86	0.58	3.44	0.78
2020	2.86	0.87	3.73	0.77
2021	2.86	0.82	3.68	0.78
2022	2.86	0.62	3.48	0.82

يتضح من الجدول(١) ما يلي :

١. قلة حالات الفشل وبشكل متناقص واعتبارا من عام ٢٠١٧ ولغاية عام ٢٠٢١ ، وعاودت الارتفاع في عام ٢٠٢٢،وهذا لايعكس باي حال من الاحوال جودة الصيانة في الشركة ، بل يجب ان تتم المقارنة والرجوع الى المؤشرات الاخرى.

٢. ارتفاع في مجموع ساعات اصلاح المكائن من عام ٢٠١٨ وبشكل متصاعد وهذا يعكس حالة غير جيدة تؤثر على كمية الانتاج المخطط ويؤدي الى رفع كلفة المنتج من مادة القطن الطبي .

٣. يفترض ان تتطابق الميسورية (الاتاحية)جدول رقم (٢) مع الطاقة المخططة في الجدول رقم (١) غير اننا نلاحظ انحدار كبير في نسب الميسورية عما هو مخط من الطاقة الانتاجية .

٤. بارغم من ثبات MTBF (متوسط الوقت بين عطلين) الاان ذلك لم يمنع من تدني الميسورية (availability) وذلك بسبب زيادة (MTTR) متوسط وقت الإصلاح.

٥. يلاحظ ان متوسط الوقت للإصلاح (MTTR) (قابلية الصيانة)(Maintainability) وهو مقياس للقدرة على جعل المعدات متاحة بعد فشلها وهو من المؤشرات غاية في الاهمية، ان قابلية الصيانة في تناقص مستمر وذلك بسبب قدم المكائن وقلة موادها الاحتياطية .

المبحث الرابع

(الاستنتاجات والتوصيات)

اولاً : الاستنتاجات

١. كان المفترض ان تكون نسب الانتفاع بشكل تام غير ان الانحدار المستمر في قابلية الصيانة ادى الى انخفاض كبير في هذه النسب .

٢. تم تاشير ارتفاع ملحوظ في MTTR متوسط وقت الإصلاح وادى ذلك الى ضعف في امكانية اعادة الاصول الى العمل وذلك بسبب زيادة اوقات التوقفات المشار اليها في الجدول رقم (٢) .

٣. هناك خلل واضح في تاشير وحساب المواد الاحتياطية اللازمة لاصلاح المكائن (المواد الاحتياطية السريعة الدوران) والتي تكون هناك حاجة ماسة لها وبشكل دوري مما تسبب ذلك في زيادة وقت الاصلاح MTTR.

٤. تم الاستغناء عن ٢٤% من العاملين في المصنع مابين عام ٢٠١٦- ٢٠٢٢ وهذا بلا شك قد اثرسلبا وبشكل مباشر على معنويات من تبقى من العاملين وفقدان الخبرات التي يمتلكها العاملين الذين تم الاستغناء عنهم.

٥. الضعف الواضح في امكانية العاملين على القيام بعمليات الصيانة استنادا الى ماتم تاشيره في الجول رقم (٢) .

ثانيا : التوصيات

١. بذل الجهود الممكنة لزيادة نسب الانتفاع عن طريق تقليل الوقت اللازم للصيانة .

٢. زيادة امكانية اعادة الاصول العاطلة الى العمل بالسرعة الممكنة مما يؤثر بشكل ايجابي على زيادة نسب الانتفاع وتقليل الوقت الضائع .

٣. استخدام الوسائل الحديثة في كيفية تاشير وحساب المواد الاحتياطية اللازمة لاصلاح المكائن (المواد الاحتياطية السريعة الدوران) والتي تكون هناك حاجة ماسة لها وبشكل دوري مما يقلل وبشكل كبير من الوقت اللازم لعملية الاصلاح MTTR .

٤. المحافظة قدر الامكان على العاملين والفنيين وايلاء الرعاية والاهتمام مما كون راس المال الفكري يصعب الاستغناء عنه لما يمتلكه من خبرات متراكمة يساعد الشركة على تجاوز الكثير من المشاكل.

٥. لغرض زيادة امكانية العاملين على القيام بعمليات الصيانة يتوجب على المعنيين في الشركة فتح الدورات الاختصاصية للعاملين والفنيين لجعلهم قادرين على القيام بالمهام الموكلة اليهم .

References:

1. Pascual, D. G., & Kumar, U. (2016). Maintenance audits handbook: A performance measurement framework. Crc Press.
2. Abdulghafour, A. B., & Abdulwahed, A. I. (2018). Developing of Reliability-Centered Maintenance Methodology in Second Power Plant of South Baghdad. Engineering and Technology Journal, 36(8), 842-852.
3. Al-Turki, U. M., Ayar, T., Yilbas, B. S., Sahin, A. Z., Al-Turki, U. M., Ayar, T., & Sahin, A. Z. (2014). Integrated maintenance planning Springer International Publishing.
4. Bloom, N. (2005). Reliability Centered Maintenance (RCM): Implementation Made Simple: Implementation Made Simple. McGraw Hill professional.
5. Campbell, J. D., Reyes-Picknell, J. V., & Kim, H. S. (2015). Uptime: Strategies for excellence in maintenance management. CRC Press.
6. Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2015). Planning and control of maintenance systems. John Willey and Son, New York.
7. Heo, J. H., Kim, M. K., & Lyu, J. K. (2014). Implementation of reliability-centered maintenance for transmission components using particle swarm optimization. International journal of electrical power & energy systems, 55, 238-245.
8. Kelly, A. (2006). Strategic maintenance planning (Vol. 1). Elsevier.
9. Mahdavi, I., Paydar, M. M., Solimanpur, M., & Heidarzade, A. (2009). Genetic algorithm approach for solving a cell formation problem in cellular manufacturing. Expert Systems with Applications, 36(3), 6598-6604.
10. Park, G. P., & Yoon, Y. T. (2012). Application of ordinal optimization on reliability centered maintenance of distribution system. European Transactions on Electrical Power, 22(3), 391-401.
11. Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., & PraveenKumar, S. (2022). Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach. Sustainability, 14(16), 10073.
12. Sabouhi, H., Fotuhi-Firuzabad, M., & Dehghanian, P. (2016). Identifying critical components of combined cycle power plants for implementation of reliability-centered maintenance. CSEE Journal of Power and Energy Systems, 2(2), 87-97.

13. **Swamidass, P. M. (Ed.). (2000). Encyclopedia of production and manufacturing management. Springer Science & Business Media.**
14. **Wireman, T. (2005). Developing performance indicators for managing maintenance. Industrial Press Inc.**
15. **August, J. (1999). Applied reliability-centered maintenance. Pennwell Corporation.**