مجلة تنمية الرافدين

اسم المقال: قياس المعولية والكفاءة المتاحة في خطوط الإنتاج أداة لتخطيط نشاطات الصيانة
اسم الكاتب: أ.م.د. عقيلة مصطفى الأتروشي، أ.د. قبيس سعيد عبد الفتاح، م. أوس محمد الطائي
رابط ثابت: https://political-encyclopedia.org/index.php/library/3065
تاريخ الاسترداد: 2026/11/02 15:54 +03

الموسوعة السياسيّة هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.
لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسيّة – Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسيّة – Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع https://political-encyclopedia.org/terms-of-use

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة تنمية الرافدين كلية الإدارة والاقتصاد / جامعة الموصل ورفده في مكتبة الموسوعة السياسيّة مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكريّة ومتطلبات رخصة المشاع الإبداعي التي ينضوي المقال تحتها.

تنمية الرافدين ٨١ (٢٨) ٢٠٠٦
ص ص [٣٣-٥٢]

قياس المعولية والكفاءة المتاحة في خطوط الإنتاج
أداة لتخطيط نشاطات الصيانة

الدكتورة عقيلة مصطفى الأتروشي
استاذ مساعد
المعهد التقني- الموصل

الدكتور قبيس سعيد عبد الفتاح
استاذ بحوث العمليات

أوس محمد الطائي
م.مدرب فني
المعهد التقني- الموصل

المستخلص

الصيانة في بيئة العمليات المخصصة لتصنيع منتجات بالمواصفات العالمية لا تقتصر على صيانة المكائن والمعدات وإنما تهدف الى توفير طاقات إنتاجية بمعولية عالية. عليه يتبنى المصنع برامج الصيانة الشاملة، والصيانة مسؤولية الجميع وتعتمد فرق عمل تدرك جيداً مفاهيم المعولية وفاعلية الكلف الاقتصادية للمكائن. ويتناول البحث تصميم برمجيات متكاملة لتقييم كفاءة الأداء الفني لخطوط الإنتاج، وباعتماد المفاهيم الحديثة لهندسة دقة الأداء في التخطيط والسيطرة على تشغيل المكائن ودراسة تأثير العطلات والتوقفات الفجائية على فاعلية وكفاءة خطوط الإنتاج .

توفر البرمجيات المصممة معلومات متكاملة ومؤشرات دقيقة لدعم نشاطات الصيانة والتخطيط العلمي السليم لتقليل التوقفات التي يتعرض لها الخط الإنتاجي. وتعمل برمجيات النظام الحالي على وفق منطق المعالجة لنظام Areas الذي يعمل في بيئة نظام التشغيل MS-DOS، فضلاً عن أن برمجيات البحث الحالي المصممة بوساطة لغة Visual Basic 6 تتميز بإمكانيات متطورة من حيث توفير المعلومات المتكاملة والتمثيل البياني الكفء للمؤشرات وإمكانيات الربط مع التطبيقات الإحصائية المتطورة ، فضلاً عن التكامل مع نشاطات الإنتاج .

مقدمة

يحظى موضوع الاستغلال السليم للمكائن والمعدات بأهمية بالغة من قبل الشركات الصناعية كافة، فقد أثبتت الكثير من الدراسات التطبيقية أن إنتاجية المكائن هي دالة لإنتاجية العناصر الرئيسة للإنتاج والمتمثلة بالمواد والعمل. عليه يتطلب التركيز المتميز في تخطيط وتنظيم عمليات الصيانة ومتابعة كفوءة لتنفيذها، كل ذلك بهدف تقليل التوقفات المفاجئة وزيادة ساعات التشغيل للمكائن من جهة وتحقيق فاعلية الكلف الاقتصادية بمستوى استخدامها.

تنطلق مشكلة البحث من التطور الهائل الذي يشهده القطاع الصناعي وظهور المكائن والمعدات ذات الطاقات الإنتاجية العالية والتي تشكل ٥٠% أو أكثر من الكلفة الإجمالية لمعظم المصانع، فأن العناية بهذه المعدات والمكائن والتخطيط لصيانتها أمراً في غاية الأهمية بغية إطالة العمر الإنتاجي لها. ولقد فرض هذا

تاريخ التسلم ٢٠٠٥/٣/٢٧ _____ تاريخ قبول النشر ٢٠٠٥/٨/١

التطور اعتماد المفاهيم الحديثة لهندسة دقة الأداء(*) في التخطيط والسيطرة على تشغيل هذه المعدات ودراسة تأثير العطلات والتوقفات الفجائية في فاعلية وكفاءة خطوط الإنتاج. فالخطوة الاولى، باتجاه التطورات التكنولوجية الحديثة في المكائن تتمثل في فهم وظيفة الصيانة، فالصيانة في بيئة العمليات المطلوبة لتصنيع منتجات من المرتبة العالمية World Class Products لا تقتصر على صيانة المكائن والمعدات وإنما تهدف الى توفير طاقات إنتاجية بمعولية عالية وزيادة العمر التشغيلي لموجودات المصنع. وتتبنى كذلك برامج الصيانة المنتجة الشاملة كون الصيانة مسؤولية الجميع وتعتمد فرق عمل تدرك جيداً مفاهيم المعولية Reliability فاعلية الكلف الاقتصادية للمكائن والمعدات (Economic Equipment Effectiveness) (EMS, 2000; MPC, 2000).

وبالاتجاه نفسه يبرز هدف البحث في اقتراح وسيلة لرفع كفاءة أداء خطوط الإنتاج في المصانع والتي تعتمد بدورها على كفاءة أداء مكائن الخط الإنتاجي ومعداته. ولما كان الفرق بين الطاقة التصميمية والفعلية ناجماً بالأساس عن عدم الاستثمار الأمثل للمكائن والذي يعزى الى التوقفات بسبب الصيانة الدورية والعلاجية، لذا يركز البحث على إيجاد السبل الكفيلة بتخفيض فترة العطل أو التوقف، ومن ثم زيادة المعولية للمكائن المستخدمة .

من هنا تظهر الحاجة الى نظام متكامل لتقييم كفاءة الأداء الفني لخطوط الانتاج في المصانع وبإطار يرشد قرارات الاستخدام الكفء للموارد. إذ تبين من خلال المعايشة والزيارات المستمرة للعديد من المصانع وخاصة معامل السمنت أن إداراتها تهدف الى اعتماد منهجية واضحة في تحديد وانتقاء الوسائل ضمن المنظور الستراتيجي لتشخيص التوقفات التي تتعرض لها المكائن وتحليلها ودراستها وحساب تأثيرها على استغلال الطاقات المتاحة.

وتتضمن الخطوات التنفيذية للبحث بناء برمجيات النظام، تعتمد في هيكليتها على مبادئ ومفاهيم هندسة دقة الأداء Reliability Engineering والتي تتمثل بمؤشرات المعولية ودقة الصيانة والكفاءة المتاحة، واستخدام طريقة الإمكان الأعظم لإيجاد معامل التشغيل ومعامل التقادم. فضلاً عن استخدام الاختبارات الإحصائية المناسبة لتحديد التوزيعات الاحتمالية لتمثيل البيانات التشغيلية بين العطلات والتوقفات، واستخدام تلك التوزيعات لتحديد التوجه المستقبلي للتوقف. ويغطي البحث الفقرات

(*) وحتى نعطي لكل ذي حق حقه، فقد تم تكليف الباحثين كفريق عمل لتصميم نظام لقياس المعولية من قبل معامل السمنت الشمالية وعلى وفق اجراءات ومنطق المعالجة لنظام Areas الذي يعمل في بيئة نظام التشغيل MS-DOS، وتوفرت لدى الباحثين التقارير النهائية فقط، وقد استغرق تصميم نظام (RMA and P) وبامكانيات متميزة ومرونة تفوق النظام الاول ستة اشهر من ضمنها قيام الباحثين بدراسة نظرية لتحديد المعادلات واجراءات حساب المؤشرات بالاعتماد على المصادر العلمية والمناقشة مع ذوي الاختصاص.

الأتية :
١. تقييم كفاءة الأداء لخطوط الإنتاج.
٢. معمارية النظام المصمم .
٣. الاستنتاجات والمقترحات.

١. تقييم كفاءة الأداء لخطوط الإنتاج: المفاهيم - المؤشرات

١-١ المفاهيم

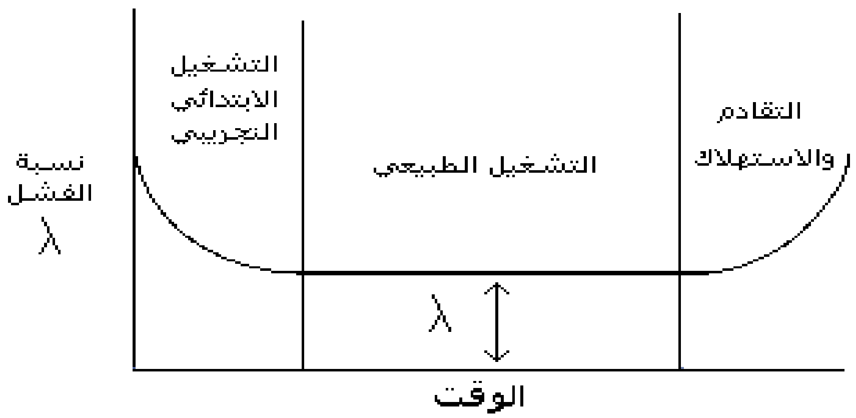
يتم تصميم المكائن والمعدات الصناعية وباختلاف أنواعها لتحقيق أداء محدد في حالة تشغيلها في الظروف التي صممت للعمل بموجبها ولفترة زمنية محددة. ويتمثل الأداء المطلوب من خطوط الانتاج بضمان تحقيق الطاقة الإنتاجية التصميمية بالكمية والمواصفات النوعية المقررة وبالكلف المحددة فقد تتأثر كفاءة الخط الإنتاجي وفاعليته بمستوى السيطرة على ظروف التشغيل من حيث توفر المواد الأولية بالمواصفات المعتمدة والظروف البيئية التي يعمل بها الخط، فضلاً عن كفاءة نشاطات الصيانة ومستوى تنفيذها (Heizer,1999, 666 ;Microsoft Corporation,2001,1-3) .

تمر المكائن والأجهزة الصناعية وباختلاف تصاميمها بدورة حياة تتألف من ثلاث مراحل متميزة وكما في الشكل ١، (Nahmais,1997,724 ; Feigenbaum,1991,578-578) وكالاتي :

١. **مرحلة التشغيل التجريبي** Experimental Stage **:** وتتسم بكثرة العطلات والتوقفات المبكرة والتي تعزى الى أخطاء في التصميم والتركيب لبعض مكونات المكائن أو أخطاء في عملية التشغيل وبذلك تكون المعولية منخفضة في هذه المرحلة لحين معالجة تلك العطلات.
٢. **مرحلة التشغيل الطبيعي** Normal Operating Stage **:** وتسمى بالعمر النافع وتتميز المكائن في هذه المرحلة بتحقيق الأداء التصميمي فيما إذا توافرت مستلزمات التشغيل والإنتاج كافة. وفي حالة حدوث توقفات فأنها تخضع لعوامل عشوائية.
٣. **مرحلة التقادم والاستهلاك** Wearout Stage **:** تتعرض المكائن أثناء عمليات الانتاج للاستهلاك وبمرور الزمن تزداد التوقفات والعطلات المفاجئة، لذا توصف المعولية في هذه المرحلة بالانخفاض وتزداد معها نسب التلف والضياع في العملية الإنتاجية .

يتبين من الشكل ١ أن المنحنى الذي يمثل معدل الفشل يتسم بالارتفاع ثم يبدأ بالانخفاض عند الاستخدام في مرحلة العمر التجريبي، في حين يكاد يكون ثابتاً في مرحلة التشغيل الطبيعي، ويبدأ بالارتفاع المستمر في مرحلة التقادم والاستهلاك. هذا ويفيد معدل الفشل في تشخيص مرحلة العمر الحقيقي للماكنة والتعرف على أنواع

العطلات وأسبابها، وفي الوقت نفسه يساند هذا المؤشر عمليات التخطيط لتطبيق مفاهيم إدارة الجودة الشاملة TQM وتحديد سياسات كفوءة لصيانة معدات خطوط الإنتاج .



Source: Feigenbaum, A,V., Total Quality Control, McGraw-Hill, Industrial, Engineering Series , New York , 1991.

الشكل ١

معدل الفشل ومراحل عمر الماكنة

١-٢ المؤشرات

تعد المعولية ودقة الصيانة من المؤشرات المهمة التي يستند عليها قياس الكفاءة المتاحة وفاعلية الكلف (WHS,2001,4-2-4-5;Gaffney,2001). وسنتناول هذه المؤشرات بشيء من التفصيل وكالأتي:

أولاً- المعولية: وهي أحد أبعاد الجودة، وتعرف بأنها احتمالية أداء الماكنة للمهمة المطلوبة بدون فشل لمدة معينة وتحت الشروط التشغيلية المحددة. أو أنها احتمالية أداء الماكنة لمهمة في أية محاولة لاستخدامها (Russell,1998,190;Meredith ,1998,774; Steven, 2001,1).

وفيما يتعلق بمعولية خطوط الإنتاج فإنها مقياس لقابلية المعدات الإنتاجية على تحقيق الطاقة التصميمية وذلك في حالة اشتغالها في الظروف المحددة في التصميم، في حين يعد الفشل إنهاء لهذه القابلية في أداء العمل المخطط ضمن الوقت المطلوب (Wesner,1995,170).

وتقاس المعولية بالمؤشرات الأتية (Slack 1998, 726 ; Hansson,1995, 97 ; Heizer,1999,666):

١. معدل العطل أو الفشل Failure Rate FR

وتتمثل بعدد التوقفات والعطلات في الساعة الواحدة خلال فترة التشغيل المقررة (عطل/ساعة) .

$$FR = NOF / OT \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

اذ إن: NOF = عدد التوقفات

OT = وقت التشغيل

٢. معدل مدة الاشتغال بين عطلين متتالين Mean Time Between Failure MTBF

ويتمثل بمعدل ساعات الاشتغال بين عطلين متتالين خلال مدة التشغيل المقررة، أو هو الوقت بين تصليح العطل وحدوث عطل جديد ،لذا فهو مقلوب مؤشر معدل الفشل FR.

$$MTBF = OT/ NOF \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ثانيا- دقة الصيانة

تسهم دقة الصيانة بتحقيق أهداف استراتيجية في إطار مستويات كفوءة لدقة الأداء.حيث تهدف نشاطات الصيانة الى الحفاظ على قابلية النظام للأداء في ضوء السيطرة على الكلف . فالصيانة الجيدة وسيلة للسيطرة على حالة المكائن والمعدات لتحقيق الأداء المطلوب وضمن مواصفات الجودة (Lamb,1998, 3; Hiezer,1999,667). وتعرف **دقة الصيانة** بأنها احتمالية إرجاع معدات الخط الإنتاجي إلى الحالة الطبيعية للعمل ضمن مدة الصيانة المقررة، وتقاس دقة الصيانة بدلالة مؤشر معدل مدة التوقف لكل عطل Mean Downtime MDT. ويحسب معدل ساعات التوقف لكل عطل تكنولوجي خلال مدة التشغيل المقررة (Barringer,2001,1-5) :

$$MDT = DT / NOF \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

DT = وقت التوقف أو العطل

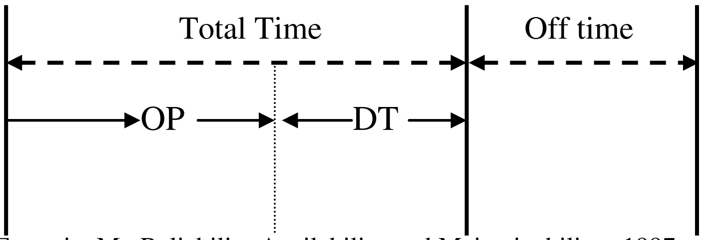
تتضمن MDT جميع أوقات التوقف المتسببة من الصيانة العلاجية Corrective Maintaince مع التأخيرات المرافقة لها . وبغية تخفيض هذه الأوقات بدأت الصناعة اليابانية تبنى مفهوم الصيانة المنتجة الشاملة Total Productive Maintenance والتي جوهرها يتمثل بتدريب العاملين على بعض نشاطات الصيانة للمكائن مع تبني فرق عمل يدرك أعضاؤها أهمية مؤشرات المعولية ودقة الصيانة وفاعلية الكلف في الأداء الكلي للمصنع. وتهدف إلى إنشاء برنامج كفء للصيانة الوقائية Preventive Maintenance. (Nahimias,1997,726).

ثالثاً- الكفاءة المتاحة

تعرف بأنها دالة لمهمة معينة فيما إذا تحققت كما ينبغي(Microsoft Corporation, 2001,5)، وتعرف كذلك بأنها مقياس لقابلية الماكنة لأداء مهمة في أي وقت يطلب منها. ويقسم الشكل ٢ وقت الماكنة إلى مدة تكون الماكنة متوقفة عن العمل Off

Ttime بدون وجود عطل ولكن بسبب عدم وجود مهمة مخططة للعمل. لذا لا يدخل هذا الوقت ضمن قياس الكفاءة المتاحة، ويتمثل هذا الوقت بفترات النقل والخزن للمكائن والمعدات(WHS,2001,4-2-4-5) .

هذا وتعتمد الكفاءة المتاحة أساسا على الاتجاهات والاستراتيجيات العامة لأدارة الشركة في تبني الطرق المختلفة في قياس مؤشرات المعولية ودقة الصيانة (Lamb, 1998, 3) .



Source : Fantasia, M., Reliability Availability and Maintainability , 1997, [www.Log.dau.mil/alg/chap10.pdf].

الشكل ٢
تصنيف وقت الماكنة

وتقاس الكفاءة المتاحة بالصيغة الآتية (Fantasia,1997,3)

AO = Upt/(Upt + DT) .... (4) or

AO = MTBF /(MTBF + MDT) .... (4)

إذ إن UPT: الوقت الكلي المستخدم

تؤشر المعادلة ٤ الكفاءة العملياتية Operational Availability وتتميز بأنها اكثر الصيغ استخداما لتقييم الطاقات الكامنة للتسهيلات المتاحة، ولهذا المؤشر أهمية في قياس فاعلية الكلف لأنها تتعلق بالمكونات المادية للأجهزة والمكائن، وعلى الرغم من أهمية مؤشر الكفاءة العملياتية فأن الكفاءة الملازمة Inherent Availability تقيس الكفاءة المتاحة لوقت التشغيل في ظل اعتماد الصيانة العلاجية. ويحسب هذا المؤشر الذي سنطلق عليه رمز AI بالشكل الآتي :

AI= MTBF / (MTBF + MTTR) .... (5)

ويرى بعض الباحثين أن الكفاءة الملازمة تعطي قيماً غير دقيقة للطاقة الكامنة، وذلك لأنها لاتغطي جميع فعاليات الماكنة ولكل وقت التشغيل بل تقتصر على دراسة ما يحدث أثناء الصيانة العلاجية (WHS,2001,4-4) .

٢. معمارية النظام المصمم
مكونات وأساليب

يترتب على تكرار حدوث العطلات وإطالة فتراتها في مكائن ومعدات الخط الإنتاجي فقدان الشركة لميزة تنافسية أو حصة سوقية أو فرصة مهمة، خاصة عندما يكون الزمن عنصر مهم في طبيعة العمليات التصنيعية للمنتوجات، فضلاً عن الكلف والجودة. أمام هذا الواقع تتجسم الحاجة لدى الباحثين لاستحداث إطار متكامل يتضمن معلومات عن العطلات والتوقفات المتوقع حدوثها على المكائن، لاسيما وهناك تأشير واضح من قبل بيئة المشكلة الى برمجيات مصممة لقياس المعولية، مما يعكس أهمية المشكلة ويبرر تصدي البحث لها. إذ يوصف نظام RM and AP بكونه يتألف من مجموعة من البرمجيات وملفات بيانات دائمية وأخرى تتكون اثناء التنفيذ ترتبط فيما بينها لتشكل قاعدة بيانات متكاملة ذات معالجة وفق مبادئ هندسة دقة الأداء، مكونة هيكلاً يعتمد الوحدات المتكاملة والموضحة في الشكل ٣ وبالشكل الآتي:

أولاً- وحدة التهيئة والدخول الى النظام Setup and System Interring

تستقر في ملفات هذه الوحدة معلومات عامة يستخدمها النظام عند التنفيذ وتختص بهيكلية الشركة ومصانعها وأقسام أو خطوط الإنتاج فيها. وبعدها يتم تبويب أنواع العطلات والتوقفات المتوقع حدوثها على معدات ومكائن الخط أثناء فترات الاشتغال وإدخالها الى ملف التوقفات. ويتميز هذا الملف بتصنيف العطلات والتوقفات الى عطلات فنية وتوقفات غير فنية. ويتميز النظام المصمم بمرونة عالية في تقييم أداء الخط الإنتاجي المصمم لإنتاج أكثر من منتوج واحد خلال مدة التشغيل، اذ يتم إدخال المنتوجات المخطط إنتاجها الى الملف المخصص، وبنفس الاتجاه يحتاج النظام وعلى مستوى الشهر بيانات تشغيلية عن أداء الخط الإنتاجي ونؤشرها في :

١. معدل الطاقة التصميمية لساعة واحدة.
٢. الطاقة المتاحة لساعة واحدة.
٣. معدل ساعات العمل المخططة يومياً.
٤. معدل عدد أيام العمل خلال مدة التشغيل.
٥. إجمالي الانتاج خلال مدة التشغيل / وحدات.

ثانياً- وحدة المعالجة RMA and P Facilities and Logic

يعتمد النظام المصمم في هيكليته مفاهيم هندسة دقة الأداء في تحليل البيانات التشغيلية الخاصة بأوقات وتواريخ التوقفات والعطلات الفنية وغير الفنية. حيث يمثل R (t) احتمال عدم فشل الماكنة خلال الفترة (0، t) وعندما تكون الماكنة أو الجهاز مهيأ للعمل فأن R(0) = 1 ، ولكن عند استخدامها وبعد مرور مدة زمنية ونتيجة للتقادم فأن $R(\infty) = 1$ ، وعلى الرغم من توافر العديد من القواعد والتوزيعات الإحصائية التي تختص بتحليل البيانات التشغيلية للمكائن والمعدات، الا أن معظمها تصف مرحلة العمر النافع فقط. ويعتمد النظام المصمم توزيع Weibull ذا

المعلمتين (a, β) وهو أحد توزيعات الفشل الكثيرة الاستخدام في اختبارات أمد الحياة ودراسة المعولية ويتميز كذلك بمرونته في وصف مراحل العمر التشغيلي كافة التي تمر بها المعدات (المعموري، ١٩٩١، ١٩-٢١ ؛ Strelnikov, 2001).

وبغية ربط دالة المعولية بالدالة الاحتمالية ، فأن منطق المعالجة في النظام المصمم يؤشر كالآتي (الخزرجي، ٢٠٠١ ;Joseph,2002, 29-32; Bohr, 1998) .

١. يمكن تعريف توزيع Weibull بالدالة التراكمية (Cumulative Function) F(x) وكالآتي:

$$\mathbf{F\,(x) = 1 - e^{-\alpha x^{\beta}}} \qquad x > 0$$

حيث أن :

α = معلمة القياس Scale Parameter وهي معامل التشغيل

β = معلمة الشكل Shape Parameter وهي معامل التقادم .

x = مدة الاشتغال بين عطلين متتاليين

بينما تمثل F(x) دالة الكثافة الاحتمالية (Probability Density Function)

$$\mathbf{F(x,\alpha,\beta)} = \begin{cases} \boldsymbol{\alpha^{\beta}\beta x^{\beta-1}e^{-\alpha x^{\beta}}} & \mathbf{, x > 0, \quad \alpha > 0, \quad \beta > 0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{, Otherwise} \end{cases}$$

وعندما β =1 فان توزيع Weibull هو نفسه التوزيع الأسي، أما دالة الإمكان الأعظم Maximum likelihood Function لهذا التوزيع فهي:

$$\mathbf{L\,(x,\alpha,\beta) = \alpha^{n\beta}\beta^{n}\left[\prod_{i=1}^{n} x_i\right] exp\left(-\,\alpha\sum_{i=1}^{n} x_i^{\beta}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

وبأخذ اللوغاريتم لطرفي للمعادلة 1 نحصل على:

$$\left[L\,(\mathrm{x}, \alpha, \beta) = \mathrm{n\ Log}\,(\alpha) + \mathrm{nLog}\,(\beta) + (\beta - 1)\sum_{i=1}^{n} \mathrm{Log\ x_i} \ - \alpha\sum_{i=1}^{n} \mathrm{x}_i^{\beta}\right] \ldots\ldots (2)$$

وبأخذ مشتقة المعادلة 2 وبالنسبة الى β ، نحصل على قيمة α :

$$\boldsymbol{\alpha} = \left[\frac{\mathbf{n}}{\sum_{i=1}^{n} \mathbf{x}_i^{\beta}}\right]^{\frac{1}{\beta}}$$

وبالتعويض عن قيمة α في المعادلة ٢ نحصل على□□β:

$$\beta = \frac{n}{\beta} + \sum_{i=1}^{n} Ln(x_i) - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^{\beta} \, Ln(x_i)}{\sum_{i=1}^{n} x_i^{\beta}}$$

ولقد استلزم اعتماد النظام لاحدى طرائق التحليل العددي وهي طريقة Newton Raphson لحساب قيمة β ومن البيانات التشكيلية للحالة المدروسة، تمهيدا لحساب المؤشرات المطلوبة.

٢. يتم احتساب معدل فترة الاشتغال بين عطلين متتالين MTBF، ومعدل مدة التوقف لكل توقف أو عطل باعتماد الصيغة الآتية (Bellingham, WA 2002):

$$MTBF = \alpha^* \Gamma (1 + (1/\beta))$$

٣. بغية تحديد درجة انطباق توزيع Weibull على البيانات التشغيلية تم اعتماد أحد الاختبارات غير المعلمية Non-Paramedic وهو اختبارKolmogorov Smirnov، ويعد أكثر الاختبارات استخداما خاصة للعينات الصغيرة. اذ إن أوقات التشغيل بين العطلات المتتالية تعد عينة عشوائية من دالة احتمالية مستمرة، اذ يرفض النظام البيانات التي تقل درجة انطباقها عن 95% (Steel, 1981 ,535 – 537).

٤. يعتمد النظام مؤشرات عامة لقياس أداء الخط الإنتاجي وكالأتي (أسطيفو، ١٩٨٨ ، ٢٩٧؛ الغريري ،١٩٩٢، ١٠٣-١٠٧) :

أ. الطاقة الممكن تحقيقها Possible Production Rate وتتمثل بكمية الإنتاج التي بإمكان الخط الإنتاجي تحقيقها خلال مدة التشغيل لساعة واحدة بظروف العمل القائمة بعد الأخذ بنظر الاعتبار التوقفات والعطلات التشغيلية كافة التي يتعرض لها الخط الإنتاجي خلال مدة التشغيل المقررة وبالشكل الأتي:

$$PPR = PRC^* * AO$$

ب. الطاقة المتحققة Achieved Production Rate وهي كمية الإنتاج المتحققة فعلاً في الساعة الواحدة خلال مدة التشغيل المخططة.

$$APR = TP / TWH$$

ت. خسارة الإنتاج اليومي Daily Production Losses وتتمثل بمعدل الخسارة التي يتحملها الخط الإنتاجي يومياً خلال فترة التشغيل المقررة بسبب عدم

(*) يقصد بالطاقة المتاحة بأنها كمية الانتاج المتحقق خلال مدة التشغيل لساعة واحدة وبدون أي توقف وبظروف العمل القائمة . بينما يقصد بالطاقة التصميمية بأنها كمية الانتاج التي تم تصميم الخط الانتاجي لتحقيقها خلال مدة التشغيل لساعة واحدة وبدون أي عطل أو توقف في حالة توفر الظروف التشغيلية كافة التي صمم للعمل بموجبها .

تحقيق الطاقة الممكن تحقيقها.

$$DPL = [1- (APR/PPR)] * PPR * DWH$$

يؤشر النظام كذلك الطاقة الممكن تحقيقها Utilization Of Present Capacity والتي تعكس تأثير ظروف التشغيل على مدى استغلال الطاقة الفعلية للخط الإنتاجي:

$$UPPR = (APR/PPR) * 100$$

ويتسم النظام المصمم بإمكانيات لاحتساب مؤشرات تعكس كفاءة المعدات في تحقيق الطاقة المتاحة Utilization Of Present Capacity والطاقة التصميمية Utilization Of Design Capacity.

ثالثاً- التقارير والإحصائيات ومناقشة النتائج

بغية تأشير المخرجات التي يفرزها النظام **بكفاءة ومناقشتها وبيان دورها في مساندة عمليات التخطيط لنشاطات الصيانة**، تم اعتماد بيانات مصنع افتراضي لفترة من ٢٠٠٢/٤/١ إلى ٢٠٠٢/٥/١ وضمن السياقات البرمجية للنظام تم إدخال المعلومات كافة عن أنواع العطلات التي تتعرض إليها خطوط الإنتاج، وكذا معلومات عن المنتوجات التي تقوم بإنتاجها الشركة ومعلومات أخرى عن نشاطات الإنتاج وهي:

الإنتاج الإجمالي خلال الفترة / وحدة	601000.00
معدل الطاقة المتاحة / ساعة	1350.00
معدل الطاقة التصميمية/ ساعة	1490.00
معدل ساعات العمل المخططة / يوم	24.00
إجمالي أيام العمل المخططة خلال الفترة	26.00

ومن خلال متابعة تنفيذ النظام تم الحصول على **المؤشرات أو نتائج التطبيق** وكالأتي:

أولاً- تتصف البرمجيات المصممة بمرونة عالية في تبويب التوقفات والعطلات التي يتعرض لها الخط الإنتاجي، وتصنيفها إلى توقفات فنية تعزى إلى حدوث ضرر بأحد أجزاء الماكنة وتحتاج عملية إعادتها للعمل تصليح أو استبدال هذه الأجزاء. وتوقفات اخرى غير فنية تعزى إلى سياسات وتوجهات الإدارة، فضلاً عن تحديد تأثير هذه التوقفات على كفاءة التشغيل للخط الإنتاجي و الجدول ١ يوضح جزءاً من الملف الخاص بهذا التبويب. في حين يبين الجدول ٢ جزءاً من الملف الخاص بالمعلومات عن التوقفات والعطلات الفعلية التي يتعرض لها الخط الإنتاجي. اذ تساند هذه المعلومات الإدارة في تحديد أنواع العطلات التي تتكرر على الخط الإنتاجي ومدى كفاءة الصيانة لإرجاع الخط الإنتاجي للعمل.

ثانياً- مؤشرات المعولية ودقة الصيانة والكفاءة المتاحة الفكرة الأساسية من هذا التقرير هو تشخيص الواقع الفعلي لبيئة الخط الإنتاجي مع تحديد أنواع التوقفات وتأثير تكرارها على مجموعة من المؤشرات. كما ويتضمن التقرير تأشير التوقع المستقبلي لتلك التوقفات والعطلات والتي على ضوئها يتوقع النظام تحسيناً في كفاءة الأداء خلال الفترات التشغيلية اللاحقة خاصة في حالة استمرار ظروف التشغيل الحالية.

وبالاتجاه نفسه فقد هبطت كفاءة الخط لمجموعة التوقفات Packing Stage الى ٨٩% بسبب تعرضه الى توقف برمز ٧٦ وبـ ٣ مرات، في حين توقف رمز ٧٧ أثنتي عشرة مرة، ويتوقع النظام انخفاض الكفاءة المتاحة للفترات التشغيلية اللاحقة. في حين تكرر التوقف Material Blockage ثماني مرات ويتوقع النظام استقرار كفاءته المتاحة(*) بالنسبة نفسها في الفترات التشغيلية اللاحقة .

ثالثاً- مؤشرات الأداء على مستوى القسم الإنتاجي يمثل هذا التقرير أحد المكونات المهمة لمخرجات النظام إذ يعتمد التقرير إجراء برمجياً يحقق التكامل بين العديد من ملفات النظام لاسيما وإنه يعتمد على مؤشرات المعولية والكفاءة المتاحة وللفترة التشغيلية نفسها. ويتضمن التقرير المؤشرات الاتية وكما في الجدول ٤:

١. مؤشرات استخدام الوقت: وتتمثل بمؤشر إجمالي ساعات العمل المخططة والتي بلغت ٦٢٤ ساعة، في حين بلغ إجمالي ساعات العمل الفعلية ٧٢٠. ولقد احتاج الخط الإنتاجي إلى ساعات إضافية بمعدل ٦.٤٠ ساعة يومياً لكي يصل إلى الإنتاج المتحقق. ويؤشر التقرير مجموع التوقفات الفعلية وهي ٤٨ توقفاً وعطلاً.
٢. مؤشرات الكفاءة المتاحة: يقسم النظام الكفاءة الكلية المتاحة للخط الانتاجي الى الكفاءة الفنية والتي بلغت ٧٥.٧٥، في الوقت الذي بلغت الكفاءة غير الفنية ٨٣.٨٤. ويكشف التطبيق الفعلي للنظام أن الكفاءة المتاحة الاجمالية والتي بلغت ٦٣.٥١ هي دالة للكفاءة الفنية والكفاءة غير الفنية للفترة التشغيلية.
٣. مؤشرات الإنتاج المتحقق: يعتمد النظام المصمم في وجوده على الطاقات الممكن تحقيقها في الساعة الواحدة، وبظروف العمل القائمة مع الأخذ بنظر الاعتبار تأثير ظروف التشغيل والصيانة كافة التي يعمل بها الخط. لذا فأن هذا المؤشر يمثل الطاقة المتاحة القصوى في الساعة وبإمكان الخط الإنتاجي تحقيقها. وقد بلغت ٨٥٧.٣٣ طن/ساعة من المنتوج، في حين بلغت الطاقة المتحققة فعلاً ٧٦٠.٣٤

(*) للنظام المصمم إمكانية لتحديد اتجاه التوقف مستقبلاً ، وذلك من خلال إجراء برمجي يعتمد عدد العطلات لمدة شهر والفترة الزمنية للعطل في تحديد ذلك .

طن/ساعة، وهناك خسارة يومية ناتجة عن التوقفات وقدرها النظام بـ ٢٣٢٧.٦٦ طن .

٤. مؤشرات استغلال الطاقة: تختص هذه المؤشرات بتحديد نسب استغلال الطاقة الممكن تحقيقها والطاقات المتاحة، فضلاً عن الطاقة التصميمية. إذ يبين الجدول ٤ بأن الطاقة الممكن تحقيقها بلغت ٨٨.٦٤%، في حين بلغ معدل استخدام الطاقة المتاحة ٥٦.٣٢%، وبلغت نسبة استغلال الطاقة التصميمية ٥١% .

وفي ضوء ما سبق، تؤكد لنا نتائج التطبيق للنظام المصمم أنها تتضمن مؤشرات تساند وبنسبة كبيرة عمليات التخطيط الكفء لنشاطات الصيانة المبنية على الواقع الفعلي للمكائن والأجهزة ومن ثم تخصيص المبالغ الكافية لمعالجة العطلات بسرعة وتدنية أوقات التوقفات والعطلات .

٣. الاستنتاجات والمقترحات

تبين لنا من تطبيق النظام المصمم أن تقييم كفاءة الخطوط الإنتاجية يهدف الى :

أ. تحديد مواقع الخلل ونقاط الضعف والاختناقات الحقيقية التي تعاني منها خطوط الإنتاج وذلك نتيجة لتكرار العطلات والتوقفات.

ب. تخطيط وبرمجة أعمال الصيانة ومتابعتها وذلك من خلال تقييم تأثير العطلات والتوقفات الفجائية التي تتعرض لها المعدات والمكائن والتنبؤ بتطور تأثيرها خلال فترات الاشتغال اللاحقة بالاعتماد على مراحل العمر الإنتاجي التي تمر بها معدات الخط .

وبناءاً على ما سبق، وعلى الرغم من المحاولات الجادة للكثير من الشركات الصناعية بتنظيم أعمال الصيانة، إلا أن التبويب السليم للتوقفات والعطلات واستخدام تكرارها في تقييم دقة الأداء يعد من الضرورات الملحة، وذلك باستخدام البرمجيات المتقدمة للتخطيط والسيطرة على أعمال الصيانة وتوفير مستلزماتها بكفاءة .

الشـركة :
المصـنع :
القسم أو الخط الإنتاجي :

الجدول١
تصنيف التوقفات والعطلات

رمـز التوقف	طبيعة التوقف	نـوع التوقف فني وغير فني	تأثير التوقف %
00001	**الوقـت غيـر المتـاح**	N	0
2	انقطاع التيار الكهربائي	N	0
3	عطل المحرك الكهربائي	T	35
5	عطل ميكانيكي	T	10
6	عطل غير متوقع	N	0
00010	**مـرحلة التحضيرات**		
7	عطل كهربائي في نقطة التغذية	T	0
8	تشغيل خاطئ في منظومة ABC	N	10
11	انسـداد فـي بوابـات تفريـغ	T	15
12	السايلوات	T	0
	عطل في مستويات السيطرة	T	0

الجدول ٢

قائمة بتواريخ وأوقات التوقفات

للفترة: ٢٠٠٢/٤/١ - ٢٠٠٢/٥/١

من تاريخ	الى تاريخ	وقت البدء	وقت الانتهاء	رمز التوقف	المنتج المخطط
01/04/2002	01/04/2002	09:00	13:00	102	
01/04/2002	01/04/2002	09:40	19:00	6	
02/04/2002	02/04/2002	11:00	12:00	8	
03/04/2002	04/04/2002	10:00	10:00	15	
03/04/2002	05/04/2002	09:00	11:00	77	
04/04/2002	05/04/2002	12:00	09:00	16	
04/04/2002	05/04/2002	13:00	09:00	11	
06/04/2002	07/04/2002	09:00	08:00	2	

تاريخ التسلم ٢٠٠٥/٣/٢٧ ــــــــــــــــــــــــــــــــــــ تاريخ قبول النشر ٢٠٠٥/٨/١

[٤٨] كلية الادارة والاقتصاد/جامعة الموصل ـــــــ

الجدول ٤
مؤشرات الأداء على مستوى القسم الإنتاجي

مؤشرات استخدام الوقت	
إجمالي عدد ساعات العمل المخططة خلال الفترة	624.00
إجمالي ساعات العمل الحقيقية / يوم	790.44
إجمالي الوقت الإضافي خلال الفترة	6.40
عدد التوقفات خلال الفترة	48.00
الكفاءة المتاحة	
الكفاءة المتاحة الفنية	75.75
الكفاءة المتاحة غير الفنية	83.84
الكفاءة المتاحة االاجمالية	63.51
مؤشرات الإنتاج المتحقق	
معدل الطاقة الممكن تحقيقها / ساعة	857.33
معدل الطاقة المتحققة فعلياً / ساعة	760.34
الإنتاج الضائع / يوم	2,327.66
مؤشرات استخدام الطاقة	
معدل استخدام الطاقة الممكن تحقيقها	88.69
معدل استخدام الطاقة المتاحة	56.32
معدل استخدام الطاقة التصميمية	51.03

المراجع

أولاً– المراجع باللغة العربية

١. احمد عبد علي الخزرجي، مقارنة طرائق تقدير المعولية للبيانات الكاملة باستخدام المحاكاة، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية علوم الحاسبات والرياضيات/ جامعة الموصل، ٢٠٠١ .
٢. إيثار عبد الهادي المعموري، تقييم كفاية أداء خط الانتاج في المنشأة العامة للصناعات الكهربائية، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الإدارة والاقتصاد/جامعة بغداد/١٩٩١.
٣. سامي عبد الرزاق الغريري، نظام الإنتاج المتكامل وأثر تنفيذه في منشأة القادسية العامة للصناعات الكهربائية، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الإدارة والاقتصاد/جامعة بغداد، ١٩٨٨ .
٤. نجيب أيوب اسطيفوا، فوزي النقاش، نظام (Areas لتقييم كفاءة الأداء الفنية لخطوط الانتاج، الندوة العلمية للإنتاجية، الجامعة التكنولوجية، ١٩٨٨.

ثانياً- المراجع باللغة الاجنبية

1. Barringer, P. E., Availability = Reliability , Barringer and Associates , Inc .[www.

Baringer.com/ar.files.pdf] .
2. Bellingham, W.A., Weibull using Mean and Variance ,1998, [www.mathoption.com].
3. EMS , RAM-Reliability Assessed Maintenance, Equipment Maintenance Services, 2000,[www.emsusa.com/ram.html] .
4. Fantasia, M., Reliability Availability and Maintainability, 1997, [www.Log.dau.mil/alg/chap10.pdf].
5. Feigenbaum, A,V., Total Quality Control, McGraw Hill, Industrial, Engineering Series , Newyork , 1991.
6. Gaffney , J. and Martin, L, Practical Software and System Availability and Reliability Estimation , [www. Dacs. Dtic. Mil/Awareness/Practicalrel.html].
7. Hansson, A. Stochastic Control of Critical Processes, Institute of Technology, Lund, 1995.
8. Heizer, J., and Render,B., Principles of Operations Management, Prentice-Hall, 1999.
9. Joseph, H. N., Iterative Methods for Parameter Estimation ,2002, [www.stat.tamu.edu/ Jnewton/604/chapter4.pdf] .
10. Lamb, R.G.,Plant Availability Based Business Simulation, Journal of Competitiveness, vol. 77.no.5.1998.
11. Meredith,T.B. and Others, Operations Management ,John Wiley and Sons, C, 1998, NewYork .
12. Microsoft Corporation, Planning for Reliability and High Availability, 2000.[www.MSDN microsoft .comm/Planavilability .html] .
13. Nahimas, S., Production and Operations Analysis, McGraw – Hill International Edition . 1997.1
14. Russell, R.S. and Taylor, B.W., Operations Management , Prentice-Hall, New Jersey, 1998.
15. Slack, N. and Others, Operations Management , Pitman Publishing, London, 1998.
16. Steel, R.G, and Torrie, J.H, Principles and Procedures of Statistics, McGraw –Hill, 1981.
17. Stevev,L., BMP: Program Management–Reliability Maintainability ,and Availability ,2001. [www.bmpcoe.org / about/index.html]
18. Strelnikov, V., P, The Status and Prospects of Reliability Technology, The Journal of Reliability Analysis Center, First Quarter, 2001.
19. Washington Headquarters Services (WHS, Availability, 2000, (www.dtic.mil/ whs/directives/corres
20. Wesner, J.W. and Others, Winning With Quality, Addison – Wesley Publishing Company, 1995.

ABSTRACT

Reliability Maintainability and Availability Planning (RM and AP)

Factories engaged in manufacturing world-class product do not confine the maintenance of machinery and equipment but they give as their objective to provide productivity with a high reliability. These factories; therefore, adopt the programs of comprehensive maintenance, the responsibility of every body. They depend on work teams aware of the concepts of reliability and economic equipment effectiveness. The research also tackles designing integrated software to evaluate the efficiency of the technical work of the production lines. It depends on the up-to date concepts of designing the accuracy of work in planning, controlling the operation of machinery, studying the effect of defects and sudden breakdowns on the effectiveness and efficiency of the production lines.

The designing software provides complete information and accurate indictations to support the activities of maintenance and correct scientific planning to reduce the breakdowns that the production line exposes to .The system of Software act according to the processing logical of (under Dos) system. Further, the designed Software of this research by (Visual Basic 6) are characterized by the developed abilities in providing complete information, good chart of indications, the abilities of connecting with developed statistical applications and integrating with production activities