مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies -Economic and Legal Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

Estimation of Reliability Indicators for Repairable Machines Applied Study in the Alsahel Spinning Company

Dr. Yomn Mnsour *

(Received 17 / 7 / 2017. Accepted 17 / 9 / 2017)

□ ABSTRACT □

The aim of the research is to identify the basic indicators of the reliability of the machines that can be repaired. The aim of these indicators is to estimate some of the machines of the Alsahel spinning company in the city of Jableh, using the negative exponential probability distribution and the Weibull distribution, whichever is the best, as they are one of the most important probability distributions used in the study of reliability. The main results of the research were as follows:

- The failure of most of the studied machines is classified as a failure of usage and consumption, as it has been in use for more than fifteen years.
- It was found the rates of failure and repair of most machines studied increased with increasing time.
- Both the reliability and repair functions of all machines studied have decreased significantly for increasing periods of time.
- All the studied machines were well prepared, and the probability of being in the repair was small, due to Subject to preventive maintenance, and the initiative to repair any malfunction immediately.
- The reliability of most studied machines was generally low during the study period.

Key words: Reliability, Failure, Repair, Negative Exponential Distribution, Weibull Distribution.

* **Associate Professor - The Statistics And Programming Department - Faculty Of Economics- Tishreen University- Lattakia- Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية المجلد (39) العدد (5) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies -Economic and Legal Sciences Series Vol. (39) No. (5) 2017

تقدير مؤشرات الوثوقية للآلات القابلة للإصلاح
دراسة تطبيقية في شركة الساحل للغزل

الدكتورة يمن منصور *

(تاريخ الإيداع 17 / 7 / 2017. قُبِل للنشر في 17 / 9 / 2017)

□ ملخّص □

هدف البحث إلى التعرف على المؤشرات الأساسية لوثوقية الآلات القابلة للإصلاح ، كما هدف إلى تقدير هذه المؤشرات لبعض آلات شركة الساحل للغزل في مدينة جبلة ، وذلك باستخدام التوزيعين الاحتماليين الأسي السالب ووايبول أيهما الأفضل، كونهما من أهم التوزيعات الاحتمالية التي تستخدم في دراسة الوثوقية.

وتمثلت أهم نتائج البحث بالآتي:

– تصنف أعطال معظم الآلات المدروسة ضمن أعطال الاستخدام والاستهلاك، حيث أنها وضعت في الاستخدام منذ فترة تتجاوز خمسة عشر عاماً.

– تبين أن معدلات التعطل والإصلاح لمعظم الآلات المدروسة متزايدة مع تزايد الزمن.

– تناقص كل من دالتي الوثوقية والإصلاح لجميع الآلات المدروسة بشكل واضح من أجل فترات زمنية متزايدة.

– كانت جاهزية جميع الآلات المدروسة جيدة ، كما كان احتمال كونها في الإصلاح صغيراً ، وذلك بسبب خضوعها لعمليات الصيانة الوقائية ، وبسبب المبادرة لإصلاح أي عطل فور حدوثه.

– وثوقية معظم الآلات المدروسة كانت منخفضة بشكل عام خلال فترة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الوثوقية ، التعطل ، الإصلاح ، التوزيع الأسي السالب ، توزيع وايبول.

* أستاذ مساعد – قسم الإحصاء والبرمجة – كلية الاقتصاد – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية.

مقدمة:

نشأ مفهوم الوثوقية مع اختراع الإنسان لأدواته الأولى ، ومع التطورات التقنية والصناعية المتسارعة وظهور الآلات والأجهزة المعقدة تزايدت أهمية هذه الوثوقية ، كونها تعد المؤشر الرئيس الذي يبين مدى كفاءة هذه الآلات والأجهزة ، كما أنها تحدد قدرتها على العمل دون عطل لفترة زمنية معينة.

إن دراسة الوثوقية تسمح بحل المشاكل المتعلقة بتعطل الآلات والأجهزة خلال الاستخدام ، فهي تساعد في التخطيط والتصميم الصحيح لتحسين نوعية هذه الآلات ، كما أنها تساعد في التخطيط لحجم الإنتاج المطلوب، وبالتالي فهي تساعد في اتخاذ الحيطة مسبقاً اختصاراً لوقت التعطل وفوات فرص الإنتاج.

الدراسات السابقة:

– دراسة العذاري ، جابر ، 1987، استخدام طريقة كابلن – مير لتقدير معولية مكائن قسم المربيات ، معمل تعليب كربلاء. [1]

هدفت هذه الدراسة إلى تقدير دالة الوثوقية باستخدام إحدى الطرق اللامعلمية (طريقة كابلن – مير) ، كما هدفت إلى تقدير دالة الوثوقية لتوزيع وايبول باستخدام المقدر المنتظم غير المتحيز ذي التباين الأقل ، وتم تطبيق الطريقتين على بعض الآلات في قسم المربيات في معمل تعليب كربلاء.

وتوصلت هذه الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها: عدم وجود فروق كبيرة بين الطريقتين في تقدير دالة الوثوقية.

– دراسة منصور، 2003 ، الموثوقية ومعاييرها الرياضية.[2]

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على الأسس والطرائق الرياضية المستخدمة في دراسة موثوقية المركبات القابلة وغير القابلة للإصلاح بالإضافة إلى تحديد الأوقات التي يتوجب فيها القيام بالصيانة أو الاستبدال لهذه المركبات، حيث تم القيام بدراسة مقارنة على بعض آلات وأجهزة شركتي بردى (كإحدى شركات القطاع العام) والحافظ (كإحدى شركات القطاع الخاص) لإنتاج البرادات.وكان من أهم النتائج التي تم التوصل إليها : مسألة ضمان الثقة تشمل التصميم الأساسي للآلة أو الجهاز ، الاختبارات الميدانية ، الصيانة المتبعة...الخ. موثوقية المركبات في شركة الحافظ أكبر من موثوقيتها في شركة بردى.

– دراسة الدعيس، 2009، دراسة مقارنة لطرائق تقدير معالم التوزيعات الاحتمالية للفشل ودورها في الموثوقية، حالة تطبيقية في القطاع الصناعي اليمني. [3]

تناولت هذه الدراسة إيجاد صيغة مقترحة لتقدير معالم ودالة الوثوقية لكل من توزيع وايبول ذي المعلمتين وتوزيع وايبول بمعلمة، ومقارنتها مع بعض طرائق التقدير الاعتيادية وطرائق بايز لتقدير دالة الوثوقية باستخدام المحاكاة، مع التطبيق على بعض آلات الشركة الوطنية لصناعة الإسفنج والبلاستيك في اليمن.

وتوصلت هذه الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها: وجود تقارباً بين مقدرات طرائق التقدير المختلفة لحجوم العينات الكبيرة، الوثوقية المحسوبة للآلات المدروسة تتناقص تدريجياً مع الزمن بسرعات مختلفة ، عمليات الصيانة الوقائية ترفع من وثوقية الآلة وتحسنها.

- دراسة Lye , Ryan ، 1993،

Bayes estimation of the Extrime – Value Reliability Function.[4]

هدفت هذه الدراسة إلى استخدام أسلوب بايز التقريبي للحصول على مقدرات لدالة الوثوقية ، ومقارنة هذه المقدرات مع مقدر الإمكانية العظمى لدالة الوثوقية . وبينت النتائج التي تم التوصل إليها أن مقدر الإمكانية العظمى لدالة الوثوقية أفضل من مقدر بايز لهذه الدالة.

- دراسة Nassar , Eissa ، 2004

Bayesian estimation for the Exponentiated Weibll .[5]

تناولت هذه الدراسة مقارنة ثلاث طرائق(طريقة الإمكانية العظمى ، طريقة بايز باستخدام دالة الخسارة ، طريقة بايز باستخدام دالة الخسارة التربيعية) لتقدير معالم الوثوقية ودالة المخاطرة ، وبينت النتائج التي تم التوصل إليها أن مقدر بايز للوثوقية باستخدام دالة خسارة أفضل من مقدري بايز باستخدام دالة الخسارة التربيعية ومقدر الإمكانية العظمى.

ومن خلال الاطلاع على مضمون الدراسات السابقة تبين أن الدراسة الأولى قدّرت دالة الوثوقية باستخدام إحدى الطرق اللامعلمية ، وباستخدام المقدّر المنتظم غير المتحيز ذي التباين الأقل ، وتناولت الدراسة الثانية وثوقية الأجهزة القابلة وغير القابلة للإصلاح إضافة إلى تحديد الأوقات الأفضل للقيام بصيانة أو استبدال هذه الأجهزة ، بينما قامت كل من الدراسات الثالثة والرابعة والخامسة بمقارنة طرائق متعددة لتقدير دالة الوثوقية .

إن دراستنا تتشابه بشكل عام مع الدراسات السابقة من حيث تناولها لموضوع الوثوقية بشكل عام، ولكنها تختلف عنها من حيث كونها تقتصر على دراسة مؤشرات الوثوقية للآلات القابلة للإصلاح ، ومن حيث كونها تقتصر على استخدام التوزيعين الاحتماليين الأسي السالب ووايبول في تقدير مؤشرات الوثوقية لهذه الآلات دون التطرق للطرائق أو المقارنات التي تناولتها الدراسات السابقة ، كما تختلف عنها من حيث مجتمع البحث.

مشكلة البحث:

تعد الآلات من أهم الأصول الثابتة في الشركات الإنتاجية ، وإن أي توقف أو تعطل يطرأ على هذه الآلات يؤدي إلى خسائر مادية نتيجة فوات فرص الإنتاج ، ولذلك فإن دراسة الوثوقية ومؤشراتها تعد من الأهمية بمكان كونها تبين كفاءة الآلة وتقيس لنا مدى قدرتها على العمل لفترة زمنية محددة.

وبالتالي تتمثل مشكلة البحث في التساؤلات الآتية:

-ما هي المبادئ الأساسية لوثوقية الآلات القابلة للإصلاح؟

-ما هي الوثوقية التي يمكن منحها للآلات في شركة الساحل للغزل؟

-ما هو التوزيع الاحتمالي الذي تخضع له كل من فترات العمل والإصلاح للآلات القابلة للإصلاح؟

أهمية البحث وأهدافه:

تتمثل أهداف البحث في:

- التعرف على المؤشرات الأساسية لوثوقية الآلات القابلة للإصلاح.
- تقدير مؤشرات الوثوقية للآلات في شركة الساحل للغزل باستخدام التوزيعين الاحتماليين الأسي السالب ووايبول.

وتأتي أهمية البحث من أهمية الوثوقية والتي يمكن من خلال دراستها تلافي المشكلات التي يمكن أن تحدث للآلات في الشركات الإنتاجية ،وبذلك تحافظ هذه الشركات على آلاتها وترفع من كفاءتها الفنية والتشغيلية ، وتحسن أدائها، بما يساعدها على رفع مقدرتها التنافسية في الأسواق.

فرضيات البحث:

الفرضية الأولى: تخضع فترات حسن العمل لتوزيع احتمالي معين (الأسي السالب أو وايبول).

الفرضية الثانية: تخضع فترات إصلاح الأعطال لتوزيع احتمالي معين (الأسي السالب أو وايبول).

الفرضية الثالثة: تتمتع الآلات المدروسة بالوثوقية.

منهجية البحث:

يعتمد البحث على منهجين أساسيين هما المنهج الوصفي التحليلي ومنهج التحليل الإحصائي من أجل تحقيق أهداف البحث.

مجتمع وعينة البحث:

يتألف مجتمع البحث من الآلات القابلة للإصلاح في شركة الساحل للغزل في مدينة جبلة ، واقتصرنا في دراستنا على عينة منها بحجم خمس آلات فقط ، وذلك بسبب صعوبة الأخذ بالحسبان جميع الآلات المستخدمة.

زمان ومكان البحث :

أجري هذا البحث على الآلات القابلة للإصلاح في شركة الساحل للغزل في مدينة جبلة في محافظة اللاذقية وذلك خلال الفترة الممتدة من 2015/8/10 حتى 2017/7/11.

الدراسة النظرية:

ماهية الوثوقية:

تقيس الوثوقية قدرة الآلات والأجهزة على إنجاز المهام المعينة لها خلال فترة زمنية محددة ، وتقوم بدراسة تأثير الأعطال والتوقفات التي تتعرض لها هذه الآلات أثناء عملها ، كون هذه الأعطال تعد عائقاً للإنتاج وتؤدي لزيادة كلفته، وبذلك تساعد الوثوقية على قياس خطر الأعطال التالية زماناً وحجماً ،وتقود إلى التخطيط والتصميم الصحيح لتحسين نوعيتها ، وبالتالي إلى التخطيط لحجم الإنتاج المطلوب.

تعرف الوثوقية بشكل عام بأنها احتمال حسن إنجاز آلة ما لعمل معين في شروط معينة خلال مدة زمنية محددة دون أعطال أو توقفات ، وحكماً إن وثوقية هذه الآلة ترتبط بوثوقية الأجزاء المكونة لها [6]، و نميز فيها:

-الوثوقية الملازمة: وهي الوثوقية التي تم منحها للآلة نفسها عند التصور والتصميم والصناعة والاختبارات (الوثوقية في التصنيع).

-الوثوقية العملياتية: وهي التي تتحدد من خلال شروط استخدام وصيانة الآلة (الوثوقية في الاستخدام) ، وهي التي تعنينا في هذا البحث.

وفي دراسة الوثوقية نميز بين نوعين من المركّبات:

1-مركّبات غير قابلة للإصلاح: تتميز بأنها لا تعمل إلا مرة واحدة فقط ، وفاعليتها تنتهي بحدوث عطل لها، وتستوجب عندها الاستبدال.

2-مركبات قابلة للإصلاح : تتميز بكون فترة عملها بشكل عام طويلة إذ يتم خلالها تنفيذ عدد كبير من المهمات المتعاقبة ، وفعاليتها ترتبط بعوامل الصيانة والإصلاح و تجديد بعض القطع الداخلة في تراكيبها، وهي التي سندرس وثوقيتها في هذا البحث.

كما نميز بين أنواع الأعطال الآتية:

1-أعطال مبكرة: تحدث في وقت مبكر من استخدام الآلة ، وترجع في معظمها إلى صناعة سيئة أو إلى مراقبة نوعية غير كافية أثناء العمل ، ويمكن حذفها من خلال الاختبارات.

2-الأعطال الطارئة(العشوائية): تحدث في حالات عشوائية ، ويمكن من خلال مراقبة حالة الآلة ولفترة زمنية كافية الوصول لتقدير تكرار تقريبي لها يساعد على اتخاذ الحيطة مسبقاً لتفاديها.

3-أعطال الاستهلاك: وتنتج عن استهلاك الآلة ، وتدل هذه الأعطال على شيخوخة الآلة ، والعمر الذي تبدأ به هذه الأعطال يتغير حسب نوعية الآلة ، ومجال استخدامها وأسلوب عملها ، ويمكن التخفيف من آثارها بإتباع الأسلوب الأفضل للصيانة.

إذاً دراسة الوثوقية مهمة لتقييم آلات مصنع معين لغرض التخطيط والتطوير مستقبلاً لعمل هذه الآلات ،

وهنا نشير إلى وجود عدد من العوامل التي تؤثر على وثوقية هذه الآلات أهمها:

-أسلوب استخدام الآلة: بمعنى ضرورة اقتصار استخدام الآلة في العمل المقرر لها.

-العمر التصميمي المتوقع للآلة.

-الظروف البيئية المحيطة بالآلة.

مؤشرات الوثوقية للآلات القابلة للإصلاح:

ترتبط وثوقية هذه الآلات مع الفترات الزمنية الفاصلة بين الأعطال التي تحدث لها، كما ترتبط مع الفترات الزمنية التي يستغرقها إصلاح هذه الأعطال ، إضافة إلى ذلك ترتبط مع جاهزية هذه الآلات للقيام بعملها ضمن المواصفات والشروط المحددة [7].

ويمكن إجمال أهم مؤشرات الوثوقية لهذه الآلات بالآتي:

- بفرض أن T متغير عشوائي يمثل فترة العمل منذ بدء تشغيله أو إصلاحه إلى حدوث التعطل الأول، وبناء على ذلك فإن:

1-دالة الكثافة الاحتمالية للتعطل (التوقف) $f(t)$: وتمثل احتمال تعطل الآلة خلال الفترة $(t \le T \le t+dt)$، ويعبر عنها رياضياً كالتالي:

$$P(t \le T \le t+dt) = \int_{t}^{t+dt} f(t)dt \qquad (1)$$

وتحقق هذه الدالة الشرطين:

$$f(t) \ge 0 \qquad for \quad 0 < t < +\infty$$

$$\int_{0}^{\infty} f(t)dt = 1$$

على اعتبار أن فترة العمل موجبة دوماً.

2- دالة التوقف التجميعية: وتمثل احتمال تعرض الآلة للتعطل الأول قبل أو عند الزمن (t) ، ونعبر عنها كما يلي:

$$F(t) = P(T \le t) = \int_0^t f(t)dt \qquad for \qquad t > 0 \quad (2)$$

3- دالة الوثوقية: وتمثل احتمال عدم توقف الآلة خلال الفترة (0 , t) ، أي احتمال استمرار الآلة في العمل دون تعطل حتى الزمن t ، ويمكن التعبير عنها كالآتي:

$$R(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \qquad for \qquad (3)\ t > 0$$

نلاحظ بأن دالة الوثوقية دالة غير متزايدة وأن:

$R(0) = 1$, $\lim R(t) = 0$ عندما $t \to \infty$ فأي آلة لن تكون خالدة في العمل.

4- معدل التعطل: هو معدل التعطل الذي يعتمد على الماضي ويمثل تكرار الأعطال خلال وحدة الزمن، ويعطى بالعلاقة [8]:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \quad (4)$$

5- متوسط أزمنة حسن العمل (فترة الحياة): ويمثل التوقع الرياضي للفترة الزمنية الفاصلة بين حدوث الأعطال للآلة:

$$MTBF = \int_0^{+\infty} tf(t)dt = \int_0^{+\infty} R(t)dt \quad (5)$$

- وبفرض أن H يمثل متغيراً عشوائياً يبين الفترات التي يستغرقها إصلاح الأعطال فإن:

1- دالة توزيع فترات الإصلاح التجميعية:

$$G(h) = P(H \le h) = \int_0^{+\infty} g(h)dh \qquad (6)$$

حيث $g(h)$ دالة الكثافة الاحتمالية للإصلاح وتمثل احتمال إصلاح الآلة خلال الفترة $(h \le H \le h + dh)$.

2-دالة الإصلاح: وتمثل احتمال أن تكون فترة الإصلاح أكبر من مدة معينة، ونعبر عنها كالآتي:

$$\varphi(h) = P(H > h) = \int_0^{+\infty} g(h)dh \quad (7)$$

3-معدل الإصلاح: ويمثل تكرار الإصلاحات خلال وحدة الزمن ، ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$\mu(h) = \frac{g(h)}{\varphi(h)} = \frac{g(h)}{1 - G(h)} \quad (8)$$

4-متوسط أزمنة الإصلاح: وتمثل التوقع الرياضي لفترات إصلاح أعطال الآلة:

$$MTTR = \int_0^{+\infty} hg(h)dh \quad (9)$$

حيث $h > 0$

- الجاهزية: وتمثل احتمال أن تكون آلة معينة قادرة على أداء عمل ما في اللحظة التي يطلب منها [9]:

$$V = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (10)$$

- احتمال كون الآلة في الإصلاح : $\zeta = 1 - V$ **(11)**

أهم التوزيعات الاحتمالية المستخدمة في دراسة الوثوقية:

سنقتصر في دراستنا للتوزيعات الاحتمالية على توزيعين فقط هما التوزيع الأسي السالب وتوزيع وايبول كونهما من أهم التوزيعات التي تستخدم في دراسة الوثوقية.

-التوزيع الأسي السالب: ويستخدم في حالة كون أعطال الآلة لا تحدث بسبب التقادم بل بسبب الحوادث العشوائية ، ويتميز هذا التوزيع بمعدل تعطل مستقل عن العمر، وفي هذه الحالة يكون:

الجدول رقم (1) مؤشرات الوثوقية باستخدام التوزيع الأسي السالب :

	فترات العمل	فترات الإصلاح
$\lambda > 0$	$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$	$g(h) = \mu e^{-\mu h}$
$t > 0$	$R(t) = e^{-\lambda t}$	$\varphi(h) = e^{-\mu h}$
$\mu > 0$	$\lambda(t) = \lambda$	$\mu(h) = \mu$
$h > 0$	$MTBF = \frac{1}{\lambda}$	$MTTR = \frac{1}{\mu}$

المصدر: العلي ، إبراهيم ، عكروش ، محمد ، مقدمة في نظرية الاحتمالات ، 2007. [10]

-توزيع وايبول: ويستخدم لتمثيل الأعطال الناجمة عن استخدام واستهلاك الآلة [11]، وفي هذه الحالة

الجدول رقم (2) مؤشرات الوثوقية باستخدام توزيع وايبول:

	فترات العمل	فترات الإصلاح
$\beta, \alpha > 0$	$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot t^{\beta-1} e^{-\frac{t^\beta}{\alpha}}$	$g(h) = \frac{\beta'}{\alpha'} \cdot h^{\beta'-1} e^{-\frac{h^{\beta'}}{\alpha'}}$
$t > 0$	$R(t) = e^{-\frac{t^\beta}{\alpha}}$	
$\beta', \alpha' > 0$	$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot t^{\beta-1}$	$\mu(h) = \frac{\beta'}{\alpha'} \cdot h^{\beta'-1}$
$h > 0$	$MTBF = \alpha^{\frac{1}{\beta}} \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$	$MTTR = \alpha'^{\frac{1}{\beta'}} \Gamma(1 + \frac{1}{\beta'})$

المصدر: Ho , L.L. , Silve A.F , Bais Correction for Mean Time to Failure and P-Quantiles in a Weibull Distribution By Bootstrap Procedure , 2005.[12]

المناقشة والنتائج:

● **لمحة موجزة عن شركة الساحل للغزل:** تعد من كبرى الشركات التابعة للمؤسسة العامة للصناعات النسيجية، وتأسست بموجب المرسوم التشريعي رقم 1199 تاريخ 1978/12/3 ، وتعد هذه الشركة من المعامل التي تستخدم القطن السوري 100% ، وذلك لإنتاج الغزول القطنية المتعددة الأنواع المسرحة والممشطة والتوربينية وبقياسات مختلفة، وبطاقة إنتاجية تزيد عن (29000) طن سنوياً، وما نسبته (80%) منها معداً للتصدير الخارجي.

ويوجد في الشركة ثلاث صالات إنتاجية ، كل منها يعد معملاً قائماً بحد ذاته ومزود بمخبر تتم فيه الاختبارات على الأقطان والغزول وفق المقاييس العالمية وأحدث أجهزة التحليل المخبري، كما تتم فيها أعمال التعبئة والتغليف وفق الطرق المتبعة عالمياً للتغليف. [13]

● **وصف الآلات المختارة:** من أجل الحصول على تقدير لمؤشرات الوثوقية اخترنا مجموعة من الآلات القابلة للإصلاح في الشركة المدروسة ، وبعد الاطلاع على سجلات الشركة، والمناقشة مع المعنيين تم وضع الجدول الآتي:

الجدول رقم (3) وصف الآلات المدروسة

الآلة	المصدر	سنة الصنع	سنة الاستثمار	الصيانة الوقائية	العمل
آلة الكرد 803 DK	ألمانيا	1998	1998	يومية+سنوية	استخراج الألياف القطنية على شكل شريط ليفي أولي
آلة السحب 306 FA	الصين	1997	1998	يومية+سنوية	تنظيم ثخانة الشريط الليفي وتحسين مواصفاته
آلة البرم 415 FA	الصين	1998	1998	يومية + سنوية	إنتاج الخيط القطني الأولي
آلةغزل حلقي 507FA	الصين	1997	1998	يومية +سنوية	تحويل الخيط القطني الأولي إلى خيط غزل نهائي بمواصفات محدة
آلة تدوير 238 typ RM	ألمانيا	1998	1998	يومية +سنوية	لف الخيوط الغزلية على كونة مخروطية أو أسطوانية

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على سجلات شركة الساحل للغزل.

تم إخضاع كل من الآلات المذكورة أعلاه والمتواجدة في الصالة الأولى للمراقبة اليومية، ولفترة عام كامل (بدأت عملية المراقبة في شهر آب من عام 2015 وانتهت في شهر تموز من عام 2016) ، حيث تم رصد أزمنة العمل الفعلية بين الأعطال وأزمنة الإصلاح لكل عطل بالساعة، وقمنا بتحويل أزمنة العمل إلى أيام (على اعتبار أن يوم العمل 24 ساعة لثلاث ورديات) من أجل التبسيط وسهولة التعامل مع الأرقام حيث كان عدد ساعات العمل كبيراً نسبياً ، واعتماداً على البيانات التي حصلنا عليها تم تقدير مؤشرات الوثوقية لهذه الآلات خلال الفترة المدروسة باستخدام أحد التوزيعين الاحتماليين الأسي السالب ووايبول أيهما الأنسب والأفضل ، كونهما من أهم التوزيعات الاحتمالية التي تستخدم في دراسة الوثوقية.

وباستخدام البرنامج الإحصائي الجاهز (MINITAB) ، قمنا أولاً باختبار البيانات باستخدام المقياس الإحصائي (Anderson–Darling (A–D)) لغرض معرفة مدى ملاءمة البيانات التي حصلنا عليها للتوزيعين محل الدراسة ، والتوزيع الذي يعطي أقل قيمة ل (A–D) ، يكون هو التوزيع الأفضل لتمثيل البيانات ، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال الرسم البياني المرافق ، حيث تم رسم تلك البيانات المرتبة مقابل النسب (P_i) المحسوبة من التوزيع الاحتمالي المفترض للعينة.[15] [14]

وبعد تحديد التوزيع الاحتمالي الأفضل لتمثيل بيانات الآلات المدروسة قمنا بحساب معالمه ، حيث:

–قدرنا معلمة التوزيع الأسي السالب اعتماداً على العلاقة:

$$\lambda = \frac{1}{\frac{\sum_{i=1}^{r} t_i}{r}} \quad \text{و} \quad \mu = \frac{1}{\frac{\sum_{i=1}^{r} h_i}{r}} \qquad (12)$$

حيث:

r عدد الأعطال المسجلة للآلة خلال الفترة المدروسة.

t_i الأزمنة الفاصلة بين الأعطال (أزمنة العمل) و h_i أزمنة إصلاح الأعطال.

–قدرنا المعلمتين α و β في توزيع وايبول باستخدام طريقة الإمكانية العظمى من خلال المعادلتين الآتيتين:

$$\frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln t_i - \frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^{r} t_i^{\beta} \ln t_i = 0 \qquad (13)$$

$$-\frac{r}{\alpha} + \frac{\sum_{i=1}^{r} t_i^{\beta}}{\alpha^2} = 0$$

وفي حالة أزمنة الإصلاح يتم استبدال h_i ب t_i.

ومن ثم قدرنا مؤشرات الوثوقية للآلات المدروسة وفق هذين التوزيعين باستخدام العلاقات الواردة في الجدولين (1) و(2) ، بالإضافة إلى العلاقتين (10) و (11).

وقمنا بتقدير كل من دالة الوثوقية ومعدل التعطل من أجل فترات (5 ، 10 ، 20 ، 30) يوماً ، كما قمنا بتقدير دالة الإصلاح من أجل فترات (2 ، 4 ، 6) ساعة.

ونشير إلى أننا أخذنا بالحسبان توقفات الآلة الناتجة عن حدوث عطل ما فقط وبالتالي لم نأخذ التوقفات التي حدثت من أجل الصيانة الوقائية ، كون هذه التوقفات يومية ولجميع الآلات ولمدة ساعة يومياً كما يبين الجدول (3).

كما نشير إلى أن معظم الأعطال التي حدثت تم إصلاحها مباشرة دون وجود فترة انتظار.

دراسة وثوقية الآلات المدروسة:

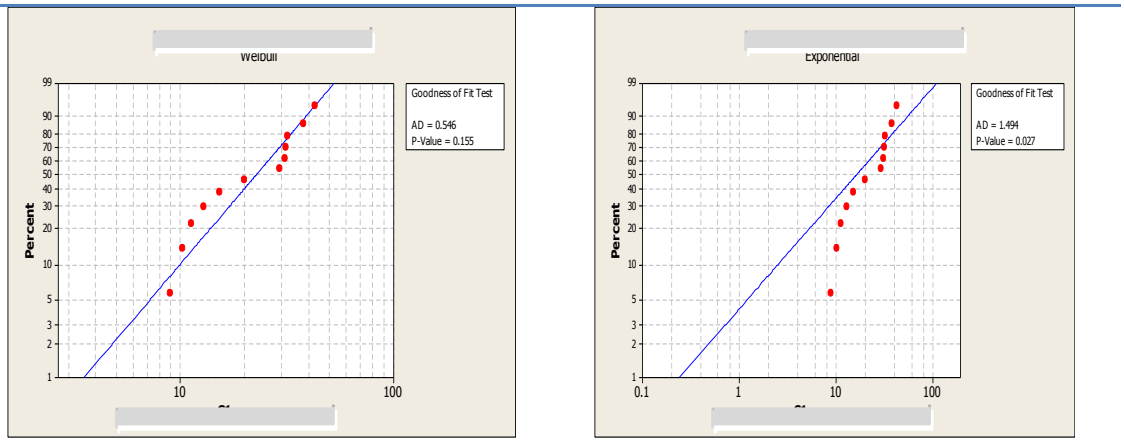
1–**آلة الكرد:** يبين الجدول الآتي فترات حسن العمل وفترات إصلاح الأعطال التي حدثت خلال فترة الدراسة لهذه الآلة:

الجدول رقم (4) أزمنة عمل وإصلاح آلة الكرد

t_i باليوم	31.55	43.13	12.9	29.5	38.19	10.30	32.11	15.33	8.98	20.13	31.22	11.38
r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h_i بالساعة	5	2.5	7	2	4	6	6	1.5	1	4	5	3

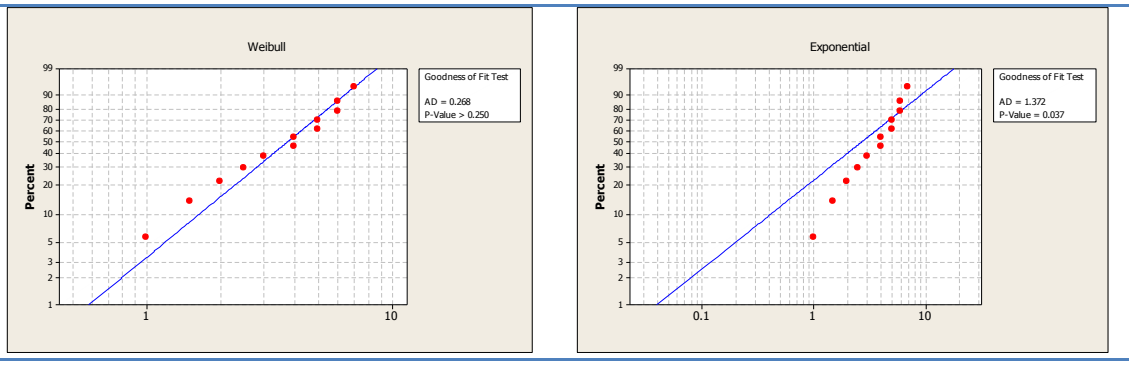
المصدر: إعداد الباحثة استناداً لعملية المراقبة.

يمكن تصنيف أعطال هذه الآلة ضمن الأعطال الناجمة عن استخدام واستهلاك الآلة كونها موضوعة في الاستخدام منذ فترة زمنية قدرها (15) سنة. وباستخدام بيانات الجدول (4) قمنا برسم الأشكال البيانية التالية:



الشكل (1) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لفترات العمل لآلة الكرد

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات العمل الواردة في الجدول (4) باستخدام برنامج MINITAB



الشكل (2) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لفترات الإصلاح لآلة الكرد

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات الإصلاح الواردة في الجدول (4) باستخدام برنامج MINITAB

يتبين لنا من الشكلين (1) و(2) أن شكل انتشار النقاط يأخذ تقريباً خطاً مستقيماً عند استخدام توزيع وايبول لتمثيل كل فترات العمل وفترات الإصلاح لهذه الآلة بخلاف شكل انتشار النقاط عند استخدام التوزيع الأسي السالب، وأن أقل قيمة للمقياس الإحصائي (A–D) هي لتوزيع وايبول ، كما أن احتمال الدلالة عند استخدام هذا التوزيع أكبر من مستوى الدلالة (5%) ، مما يعني أن بيانات هذه الآلة تتبع توزيع وايبول .

وبالتالي وبالاعتماد على بيانات الجدول (4) تم تقدير مؤشرات الوثوقية لهذه الآلة وفق توزيع وايبول:

الجدول (5) مؤشرات الوثوقية وفق توزيع وايبول لآلة الكرد

معالم توزيع وايبول باستخدام فترات العمل	$MTBF$	$\lambda(t)$				$R(t)$			
$\beta = 2.3$		5	10	20	30	5	10	20	30
$\alpha = 1733.42$	22.68	0.012	0.026	0.056	0.11	0.9769	0.8913	0.5673	0.2368

معالم توزيع وايبول باستخدام فترات الإصلاح	$MTTR$	$\mu(h)$			$G(h)$			*	
$\beta' = 2.3$		2	4	6	2	4	6	V	ζ
$\alpha' = 30.66$	3.92	0.1847	0.4548	0.770	0.8516	0.4534	0.1340	0.993	0.007

*لحساب جاهزية الآلة تم تحويل متوسط أزمنة الإصلاح MTTR إلى يوم.

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات الجدول (4)

نلاحظ من الجدول السابق أن معدل التعطل متزايداً مع الزمن حيث $\beta > 1$ ، وأن تكرار الأعطال هو (0.012) عطل خلال 5 أيام ويزداد إلى (0.11) خلال 30 يوماً، كما نجد أن احتمال عمل هذه الآلة لأكثر من خمس أيام دون تعطل كبيراً ويساوي (0.9769) ، ويصبح هذا الاحتمال ضعيفاً ويساوي (0.2368) عند عملها لأكثر من 30 يوماً ، وبلغ متوسط أزمنة حسن العمل لهذه الآلة 22.68 يوماً خلال الفترة المدروسة.

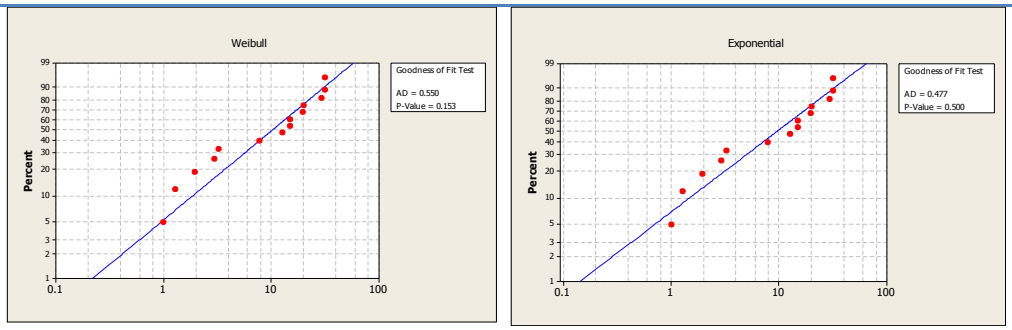
ومن ناحية أخرى نجد أيضاً أن معدل الإصلاح لهذه الآلة متزايداً مع الزمن حيث $\beta' > 1$ ، وأن تكرار الإصلاح يساوي (0.1847) إصلاح خلال ساعتين و يزداد إلى (0.770) إصلاح خلال 6 ساعات ، كما أن احتمال كون مدة الإصلاح أكبر من ساعتين يساوي (0.8516) وينخفض هذا الاحتمال إلى (0.1340) من أجل 6 ساعات ، وبلغ متوسط أزمنة الإصلاح 3.92 ساعة خلال الفترة المدروسة ، ونلاحظ أن جاهزية هذه الآلة كبيرة خلال الفترة المدروسة كما أن احتمال كونها في الإصلاح صغيراً ، وهذا عائد برأينا إلى عمليات الصيانة الوقائية اليومية التي تخضع لها هذه الآلة ، والقيام بإصلاح أي عطل عند حدوثه.

2-آلة الغزل: فيما يلي البيانات الخاصة لهذه الآلة:

الجدول (6) أزمنة عمل وإصلاح آلة الغزل

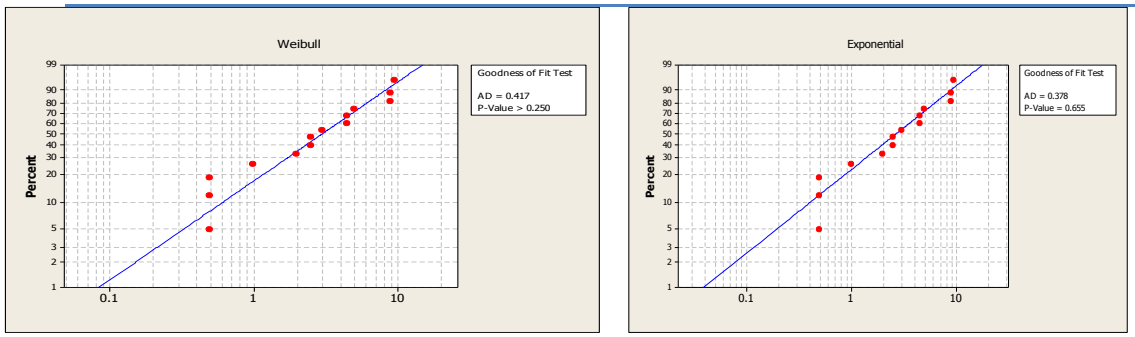
t_i باليوم	30.23	2	15.2	32.57	8	20.4	1.3	3.3	15.33	1.02	13	3	20.04	32.45
r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
h_i بالساعة	9	0.5	4.5	9.5	2.5	0.5	2	4.5	3	5	2.5	1	0.5	9

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لعملية المراقبة.



الشكل (3) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لأزمنة العمل لآلة الغزل

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات العمل الواردة في الجدول (6) باستخدام برنامج MINITAB



الشكل (4) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لأزمنة الإصلاح لآلة الغزل

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات الإصلاح الواردة في الجدول (6) باستخدام برنامج MINITAB

يتبين لنا من الأشكال السابقة والتي تمثل الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) أن التوزيع الأسي السالب هو أفضل من توزيع وايبول لتمثيل بيانات هذه الآلة ، وعليه يمكن القول أن أعطالها تحدث بشكل عشوائي وليس بسبب الاستهلاك على الرغم من بلوغها العمر الإنتاجي ، ويمكن أن نعزو ذلك إلى الإضافات والتجديدات التي تم إجراؤها على هذه الآلة ، وبالتالي باستخدام التوزيع الأسي السالب نجد أن مؤشرات الوثوقية لهذه الآلة هي كالآتي:

الجدول (7) مؤشرات الوثوقية وفق التوزيع الأسي السالب لآلة الغزل

معلمة التوزيع الأسي السالب باستخدام أزمنة العمل	$MTBF$	$\lambda(t)$	$R(t)$			
$\lambda = 0.071$			5	10	20	30
	14.08	0.071	0.7012	0.4916	0.2417	0.1188

معلمة التوزيع الأسي السالب باستخدام	$MTTR$	$\mu(h)$	$G(h)$	V	ζ		
			2	4	6		

فترات الإصلاح							
$\mu = 0.256$	3.9	0.256	0.5993	0.3592	0.2152	0.989	0.011

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات الجدول (6).

يتضح من النتائج السابقة والتي يحتويها الجدول (7) أن كلاً من معدلي التعطل و الإصلاح ثابتين مع تزايد الزمن، كما يتضح تناقص كل من دالتي الوثوقية والإصلاح مع الزمن ، وعلى الرغم من أن جاهزية هذه الآلة كبيرة وذلك بسبب عمليات الصيانة الوقائية اليومية والسنوية، إلا أنه يمكن القول (وبناءً على بيانات الجدول (7)) أن وثوقية هذه الآلة منخفضة بشكل عام.

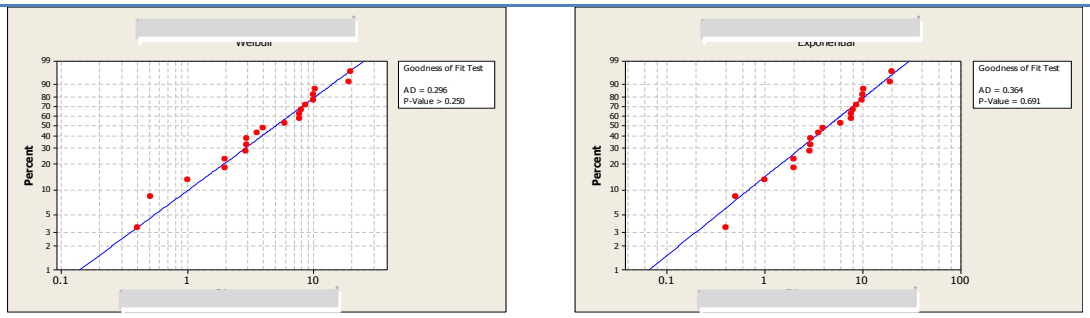
3-آلة السحب: يبين الجدول (8) الآتي البيانات الخاصة بهذه الآلة:

الجدول (8) أزمنة عمل وإصلاح آلة السحب

t_i باليوم	2.99	19.21	2.92	2.01	3.57	1.01	2	4.02	10.32	8.03
r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_i بالساعة	3	5	6.5	5.75	3.75	2	3.5	4.5	7	3
t_i باليوم	8.03	6	20	8.7	0.51	7.8	10.10	0.4	7.76	10
r	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
h_i بالساعة	5.5	4.5	5	2	3.5	3	2.5	4	2.75	2

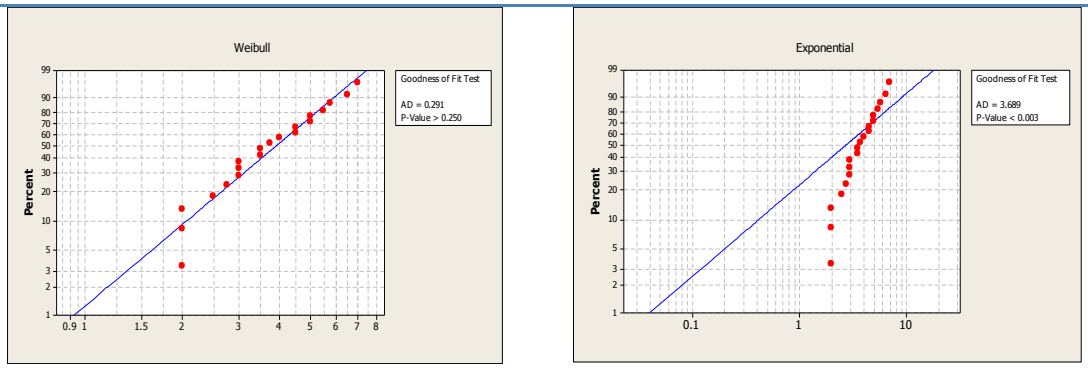
المصدر: إعداد الباحثة استناداً لعملية المراقبة.

يتبين من الجدول السابق (8) العدد الكبير للأعطال الذي حدث لهذه الآلة خلال الفترة المدروسة، ويبدو ذلك ناتجاً عن استخدام واستهلاك هذه الآلة ، وبملاحظة الشكلين (5) و(6) والاطلاع على النتائج المتعلقة بقيمة المقياس الإحصائي (A-D) وقيمة احتمال الدلالة، يتضح لنا أن توزيع وايبول هو التوزيع الأفضل لتمثيل بيانات هذه الآلة.



الشكل (5) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A-D) لأزمنة العمل لآلة السحب

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات العمل الواردة في الجدول (8) باستخدام برنامج MINITAB



الشكل (6) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لأزمنة الإصلاح لآلة السحب

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات الإصلاح الواردة في الجدول (8) باستخدام برنامج MINITAB

وبالاعتماد على توزيع وايبول تكون مؤشرات الوثوقية لهذه الآلة كالآتي:

الجدول (9) مؤشرات الوثوقية وفق توزيع وايبول لآلة السحب

معالم توزيع وايبول باستخدام أزمنة العمل	$MTBF$	$\lambda(t)$				$R(t)$			
		5	10	20	30	5	10	20	30
$\beta=1.2$ $\alpha=9.74$	6.27	0.170	0.196	0.224	0.243	0.492	0.1965	0.024	0.0023

معالم توزيع وايبول باستخدام فترات الإصلاح	$MTTR$	$\mu(h)$	$G(h)$	V	ζ				
		2	4	6	2	4	6		
$\beta'=2.9$ $\alpha'=74.67$	3.95	0.1449	0.541	1.17	0.9049	0.4742	0.0891	0.9744	0.026

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات الجدول (8)

نلاحظ أن الوثوقية التي يمكن منحها لهذه الآلة منخفضة بشكل عام خلال الأزمنة المقترحة للعمل والإصلاح ، حيث أن احتمال عملها لأكثر من خمسة أيام ضعيفاً ويساوي (0.4920) ، ويكاد ينعدم من أجل (20) يوماً ، كما أن كلاً من معدلي التعطل والإصلاح متزايدين مع الزمن ، وبلغ متوسط أزمنة حسن العمل (6.27) يوماً والمدة المتوسطة لإصلاح العطل (3.95) ساعة ، لكن على الرغم من ذلك كله ، تبدو جاهزيتها جيدة خلال الفترة المدروسة.

4- آلة البرم: يبين الجدول الآتي (10) البيانات الخاصة بهذه الآلة:

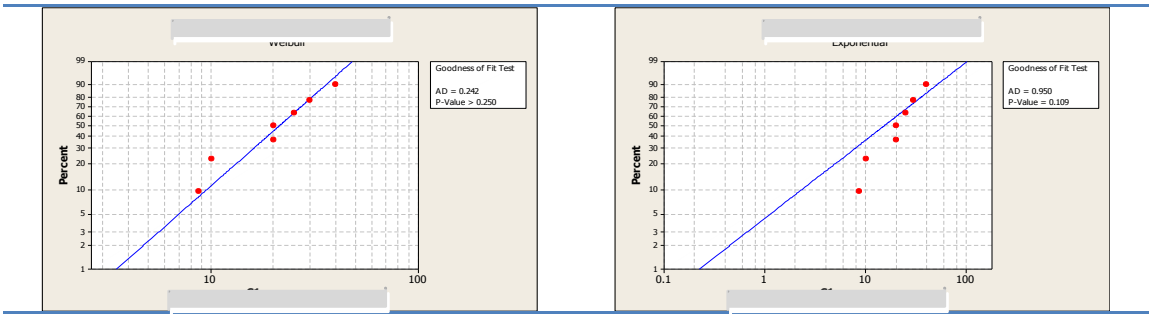
الجدول (10) أزمنة عمل وإصلاح آلة البرم

t_i باليوم	40.43	10.13	20.22	25.37	8.76	30.32	20.24
r	1	2	3	4	5	6	7

h_i بالساعة	2.75	2	3	5	3.5	4.5	1.5

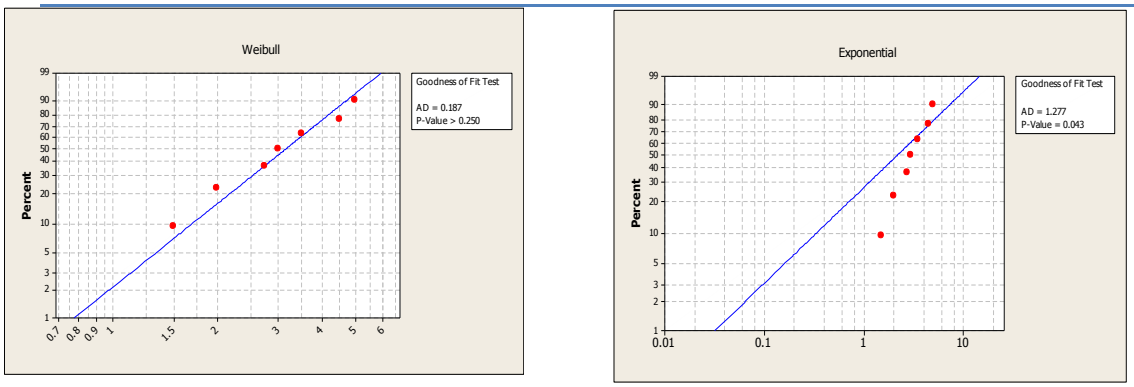
المصدر: إعداد الباحثة استناداً لعملية المراقبة.

سجلت هذه الآلة العدد الأقل من الأعطال خلال الفترة المدروسة ، ويتبين لنا من الشكلين (7) و(8) أن توزيع وايبول هو الأفضل لتمثيل بيانات هذه الآلة:



الشكل (7) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لأزمنة العمل لآلة البرم

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات العمل الواردة في الجدول (10) باستخدام برنامج MINITAB



الشكل (8) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لأزمنة الإصلاح لآلة البرم

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات الإصلاح الواردة في الجدول (10) باستخدام برنامج MINITAB

وبالتالي وباستخدام توزيع وايبول نجد أن مؤشرات الوثوقية لهذه الآلة هي كالآتي:

الجدول (11) مؤشرات الوثوقية وفق توزيع وايبول لآلة البرم

معالم توزيع وايبول باستخدام أزمنة العمل	$MTBF$	$\lambda(t)$				$R(t)$			
		5	10	20	30	5	10	20	30
$\alpha=1833.38\ \beta=2.3$	23.24	0.010	0.025	0.062	0.104	0.9781	0.8969	0.5851	0.2562

معالم توزيع وايبول باستخدام فترات الإصلاح	$MTTR$	$\mu(h)$			$G(h)$			V	ζ
		2	4	6	2	4	6		
$\alpha' = 46.1208\ \beta' = 3$	3.2	0.260	1.04	2.34	0.8408	0.2497	0.0093	0.9943	0.0057

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات الجدول (10)

تبدو وثوقية هذه الآلة بشكل عام أفضل من وثوقية الآلات السابقة ، حيث أن متوسط أزمنة حسن عملها هو الأكبر بلغ (23.24) يوماً ، واحتمالات العمل دون عطل خلال الفترات المقترحة هي الأكبر ، وكذلك جاهزيتها هي الأكبر.

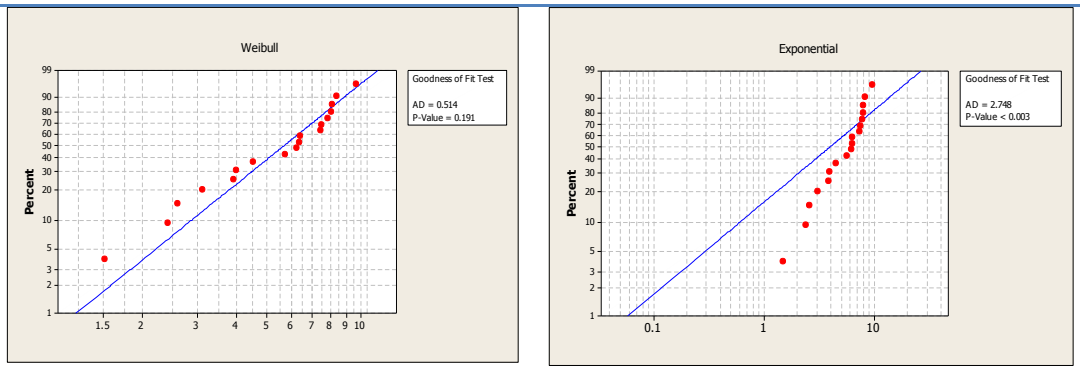
5- آلة التدوير: يبين الجدول الآتي البيانات الخاصة بهذه الآلة:

الجدول (12) أزمنة عمل وإصلاح آلة التدوير

t_i باليوم	3.13	6.44	7.5	6.25	8.42	9.71	4.54	8.08	7.9
r	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_i بالساعة	1.5	0.5	1	2	1.75	2.5	0.75	2	3
t_i باليوم	4	2.6	3.93	5.76	8.12	7.55	1.52	6.4	2.43
r	10	11	12	13	14	15	16	17	18
h_i بالساعة	1	1.5	2	1.75	2.5	3	1	1.5	1.75

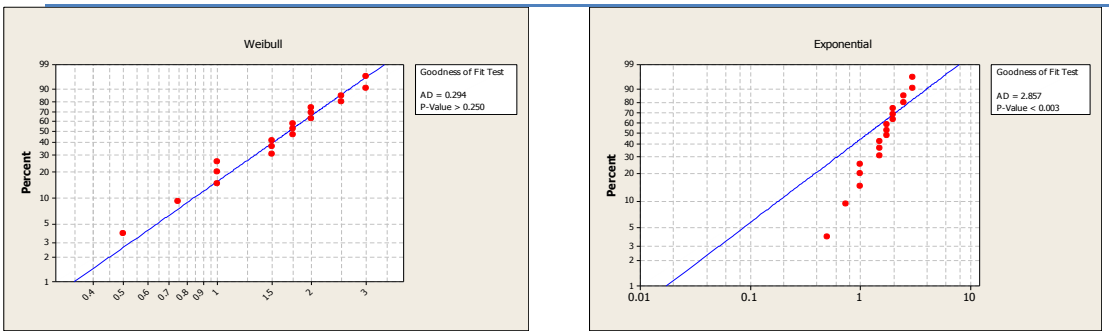
المصدر: إعداد الباحثة استناداً لعملية المراقبة.

نلاحظ العدد الكبير نسبياً من الأعطال قد حدث خلال الفترة المدروسة ، وبملاحظة الشكلين (9) و (10) يتضح لنا أن توزيع وايبول أيضاً هو الأنسب لتمثيل بيانات هذه الآلة.



الشكل (9) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A-D) لأزمنة العمل لآلة التدوير

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات العمل الواردة في الجدول (12) باستخدام برنامج MINITAB



الشكل (10) الرسم الاحتمالي ونتائج اختبار (A–D) لأزمنة الإصلاح لآلة التدوير

المصدر: إعداد الباحثة استناداً لبيانات فترات الإصلاح لواردة في الجدول (12) باستخدام برنامج MINITAB

وبالتالي وباستخدام توزيع وايبول نجد أن مؤشرات الوثوقية لهذه الآلة هي كالآتي:

الجدول (13) مؤشرات الوثوقية وفق توزيع وايبول لآلة التدوير

معالم توزيع وايبول باستخدام أزمنة العمل	$MTBF$	$\lambda(t)$				$R(t)$			
		5	10	20	30	5	10	20	30
$\alpha=176.735\ \beta=2.8$	5.65	0.2871	0.9996	3.481	7.222	0.5989	0.0282	$1.59.10^{-11}$	0

معالم توزيع وايبول باستخدام أزمنة الإصلاح	$MTTR$	$\mu(h)$			$G(h)$			V	ζ
		2	4	6	2	4	6		
$\alpha'=5.87\ \beta'=2.7$	1.713	1.49	4.86	9.67	0.3306	0.00075	$4.62.10^{-10}$	0.9875	0.0125

المصدر: إعداد الباحثة استناداً إلى بيانات الجدول (12)

نلاحظ بشكل عام أن جميع قيم دالة الوثوقية لهذه الآلة منخفضة من أجل الفترات الزمنية المقترحة ، كما أن متوسط أزمنة حسن عملها (5.65) يوماً وهو الأقل من بين الآلات المدروسة ، وبالنظر إلى المؤشرات الأخرى في الجدول (13) يتبين لنا الوثوقية المنخفضة لهذه الآلة خلال الفترة المدروسة.

مما سبق وبالاطلاع على النتائج السابقة:

– معظم أعطال الآلات المدروسة تندرج ضمن أعطال الاستخدام والاستهلاك وهذا واقعي ، فكما نلاحظ من الجدول(3) معظم هذه الآلات في العمل منذ فترة طولها 15 سنة ، وهو تقريباً يساوي العمر الإنتاجي لها، ويمكن أن نرجع أسباب استمرار هذه الآلات في العمل إلى القيام بعمليات الصيانة الوقائية اليومية والسنوية لها ، وإلى إجراء العديد من عمليات التجديد والاستبدال في السنوات الماضية مما أدى هذا إلى إطالة عمرها الإنتاجي.

– بيانات معظم الآلات المدروسة تتبع توزيع وايبول (باستثناء بيانات آلة الغزل التي تتبع التوزيع الأسي السالب)، كون هذا التوزيع يستخدم أساساً لتمثيل بيانات الآلات في فترة الاستهلاك ، وهذا ما يتوافق أيضاً مع الواقع.

– بينت قيمة الثابتين β و β' في توزيع وايبول المحسوبة باستخدام كل من أزمنة العمل وأزمنة الإصلاح

أن كلاً من معدلي التعطل والإصلاح متزايدين مع الزمن ،وهذا أيضاً يتوافق مع الواقع ، حيث أن معدل التعطل متزايد كون معظم الأعطال ناتجة عن استهلاك الآلة ، ومعدل الإصلاح متزايد لتزايد خبرة ومعرفة فرق الإصلاح بالآلة وبالتالي السرعة في اكتشاف الأجزاء المتسببة في العطل ، ومن ثم السرعة في الإصلاح.

-كانت جاهزية الآلات المدروسة جيدة ، كما كانت احتمالات كون الآلات في الإصلاح صغيرة ، وذلك بسبب عمليات الصيانة الوقائية اليومية وأيضاً بسبب المبادرة لإصلاح أي عطل فور حدوثه خلال فترة المراقبة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- تصنف أعطال الآلات المدروسة في شركة الساحل للغزل ضمن الأعطال الناتجة عن الاستهلاك والاستخدام.

2- إن معدلي التعطل والإصلاح متزايدان مع الزمن باستثناء آلة الغزل حيث أن معدلي تعطلها وإصلاحها مستقلين عن الزمن بسبب طبيعة أعطالها العشوائية.

3- تناقص كل من دالتي الوثوقية والإصلاح بشكل واضح للآلات المدروسة من أجل فترات زمنية متزايدة.

4- جاهزية الآلات المدروسة جيدة بشكل عام وبالتالي كان احتمال أن تكون الآلة في الإصلاح صغيراً ، وكانت آلة البرم هي الأفضل من حيث الجاهزية.

5- وثوقية معظم الآلات المدروسة منخفضة ، مما يعني انخفاض مستوى أدائها بشكل عام.

6-آلة البرم هي الأكثر وثوقية بشكل عام خلال الفترة المدروسة تلتها آلة الكرد ثم آلة الغزل ثم السحب وأخيراً كانت آلة التدوير من حيث الوثوقية.

التوصيات:

وتتمثل بالآتي:

1- تقييم وثوقية الآلات العاملة في الشركة خلال كل فترة زمنية كونها تسمح لنا بالتعرف على حقيقة وواقع أداء هذه الآلات، ومن كونها تمكننا من التنبؤ بسلوك الآلة ضمن شروط الاستخدام المتوقعة.

2- استخدام الأساليب الرياضية والإحصائية في دراسة وتقييم وثوقية الآلات العاملة في الشركة.

3- دراسة وتحليل الأعطال ، وتصنيفها بحسب أنواعها من أجل وضع المقترحات الصحيحة لعلاج هذه الأعطال، ومن ثم التقليل من تكرار حدوثها، مما ينعكس إيجاباً على فترات عمل الآلات ومستوى أدائها وبالتالي على إنتاجيتها.

4- إعطاء أهمية أكبر للصيانة الوقائية من أجل تخفيض عدد الأعطال ، وبالتالي تخفيض تكاليف الإصلاح، حيث لاحظنا أنه على الرغم من القيام بالصيانة الوقائية اليومية إلا أن عدد الأعطال الكلي لمعظم الآلات المدروسة كان كبيراً بشكل عام.

5- إنشاء نظام معلومات في الشركة يتضمن جميع البيانات المتعلقة بكل آلة (مثل فترات حسن العمل، بيانات الصيانة الوقائية، الأعطال، فترات الإصلاح ، الإضافات والتجديدات التي تحدث للآلة ....الخ).

6- دراسة إمكانية استبدال الآلات في الشركة بآلات جديدة تؤدي العمل نفسه، وتتمتع بالوثوقية العالية، كون معظم آلات الشركة تجاوزت عمرها الإنتاجي، وأصابها التقادم التكنولوجي.

المراجع:

1- العذاري ، فارس، جابر، عدنان ، استخدام طريقة كابلن – مير لتقدير معولية مكائن قسم المربيات ، معمل تعليب كربلاء ، مجلة تنمية الرافدين ، العدد 20، 1987.

2-منصور، يمن، الموثوقية ومعاييرها الرياضية ، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة دمشق، 2003 ، 214

3- الدعيس، فؤاد سعيد ، دراسة مقارنة لطرائق تقدير معالم التوزيعات الاحتمالية للفشل ودورها في الموثوقية، حالة تطبيقية في القطاع الصناعي اليمني ، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة دمشق، ، 2009، 219.

4-Ley, L.M. , Ryan , Bayes estimation of the Extrime – Value Reliability Function Countries , With Special Reference to Bangladesh, IEEE Transaction on Reliability , Vol. 42 , No. 4. ,1993 , 641-655 Bayesian estimation for the Exponentiated Weibll

5- Nassar, M. M. , Eissa, F.H. Model , Communications in Statistics Theory and Methods, Vol. 33, No. 10 , 2004 , 2343−2362.

6- Pagès, A., Gondran, M., Fiabilité des systèmes, Editions Eyrolles, Paris, 1980.275.

7- البلداوي ، عبد الحميد ، نديم ، زينب ، إدارة الجودة الشاملة والمعولية /الموثوقية/ والتقنيات الحديثة في تطبيقها واستخدامها، دار الشروق، عمان الأردن، 2007 ، 227.

8- Rigdon, S. E. , Basu, A. P., Statiscal Methods for the Reliability for Repairable Systems , New York , John Wiley & Sons, 2000, 245.

9-Xie, M. ,Shaumdai , Y. S. ,Lengpoh Computing Systems Reliability Models Analysis , 2004 ,320.

10- العلي ، إبراهيم ، عكروش ، محمد ، *مقدمة في نظرية الاحتمالات* ، جامعة تشرين ، 2007 ، 614.

11- Ruegg, A., Processus Stochastique avec Application aux Phenomenes D'attente et de Fiabilite Presses Polytechniques Romandes, 1992, 212.

12- Ho , L.L. , Silve A.F , Bais Correction for Mean Time to Failure and P-Quantiles in a Weibull Distribution By Bootstrap Procedure , Communications in Statistics Simulation and Computation, 2005, 690.

13- الموقع الرسمي لشركة الساحل للغزل ، جبلة ، تاريخ المطالعة 2015/12/9 ، jablehsy.com.sy

14- WWW. Itl . nist . gov.

15-WWW .Spcforexcel . com.