تقدير دالة المعولية لبعض مكائن الشركة العامة لصناعة الأسمدة المنطقة الجنوبية باتباع سياسة الفحص والصيانة الوقائية

Estimating of Reliability function for the Equipment of the state Company for Fertilizer manufacturing, South region by using the policy of Replacement and miantence

أ.د. محمد عبود طاهر
قسم الأحصاء/ كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة البصرة

م.د. عبدالله عبدالقادر أمين
قسم الأحصاء/ كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة البصرة

م.م. بهاء عبدالرزاق قاسم
قسم الأحصاء/ كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة البصرة

المستخلص

تم مؤخرا تصميم العديد من الأساليب في مجال المعولية الهندسية وذلك لمساعدة الإدارة في عملية تحديد دالة المعولية للأجهزة والمعدات وربطها مع أساليب الصيانة والاستبدال.

الهدف من البحث هو تصميم نماذج لإيجاد دالة المعولية باستخدام التوزيعات الحقيقية لزمن تأخير العطلات إذ تم اختبار هذه النماذج باستخدام بيانات من الواقع العملي للشركة العامة لصناعة الأسمدة / المنطقة الجنوبية .

ABSTRACT

Recently, there have been considerable methods developed in the field of Reliability Engineering in order to help the management in determining the Reliability function of their equipments and combined this function with the miantence and Replacements methods.

The aim of this research is to develop methods in order to find the Reliability function based on the empirical distribution of the delay time by using an actual data from the Real life of a production company.

قبول البحث بتاريخ ٢٠٠٩/٣/٣

استلام البحث بتاريخ 2008/11/19

١. المقدمة Introduction

اهتم الباحثون في دراسة وتصميم أساليب رياضية وإحصائية لمساعدة الإدارة في اختيار السياسات المثلى لعمليات الصيانة والاستبدال بسبب التعقد التكنولوجي المستخدم في الأجهزة والمعدات وارتفاع تكاليفها الاستثمارية والتشغيلية وقد ازداد الاهتمام أيضا بدراسة معوليه هذه الأجهزة من اجل تحديد مدى كفاءتها واستمرارها بالعمل وتحديد المدة الزمنية لاستبدالها إلا أن الباحثين لم يتطرقوا إلى الربط بين معولية الأجهزة والمعدات والتوزيعات الحقيقية لزمن تأخير العطلات (المدة الزمنية الواقعة بين توقف الجهاز بسبب العطل واشتغاله مرة أخرى)، وبخاصة التوزيع الآسي وتوزيع وايبل الذي يعد الأكثر تطبيقا في الحياة العملية .

إن الهدف من البحث هو تصميم نماذج لمعوليه الأجهزة والمعدات بإتباع سياسة الفحص Inspection Policy ومعيار اقل مدة تأخير العطلات عندما يكون كلٌ من زمن تأخير العطلات Delay Time و زمن اشتغال المنكة Operating Time يتبعان توزيع وايبل أو التوزيع الآسي لغرض مساعدة إدارة الصيانة والعمليات الإنتاجية في تحديد معولية الأجهزة والمعدات وبالتالي اتخاذ القرار المناسب للاستبدال أو الصيانة .

٢. المعولية Reliability

لقد بدأت البحوث الأولية بالاهتمام بشكل أو بآخر بموضوع المعولية خلال الحرب العالمية الثانية، كما تناولت اغلب المصادر والبحوث صيغا عديدة لتعريف المعولية منها :

هي الاحتمالية في أن تعمل منظومة ما لمدة زمنية محددة وتحت ظروف العمل المصممة لأجله [٢]، أو أنها احتمال أداء جهاز ما (أو مجموعة أجهزة مربوطة بشكل معين لتشكل نظاماً) بشكل مقبول لمدة زمنية معينة في ظل ظروف محددة [٢].

ومن التعريفين المذكورين آنفاً يتضح أن المعولية تدل على نوع من الأداء يكون فيه الجهاز ناجحا (يعمل) أو فاشلا (ينهار) خلال مدة الخدمة المعد لأجلها[٦]، وبالتالي تحتاج دراسة المعولية إلى دراسة عطلات وتوقفات المكائن والمعدات الذي بدوره يحتاج إلى وصف لأوقات حياة المكائن، إذ يحصل على مجموعة من البيانات تمثل مدة الحياة لمكنة واحدة أو نظام من المكائن[٧]، ومن هنا لابد من استخدام التوزيعات الإحصائية ومنها :

- التوزيع الآسي Exponential Distribution
- توزيع وايبل Weibull Distribution
- توزيع كاما Gamma Distribution

- التوزيع الطبيعي اللوغارتيمي Lognormal Distribution

إن توزيع وايبل هو أكثر استخداما في دراسة بيانات أوقات الحياة Life Time Data للمكائن والمعدات [٥]، من إذ كونه احد النماذج التي تصف أنواعا مختلفة من حالات الفشل لأي مكنة أو معدة ولاسيما المكائن ذات طبيعة العمل الميكانيكية [٣].

لذا سيتم التركيز في هذا البحث على توزيع وايبل والتوزيع الآسي الذي يعد حالة خاصة منه.

٣. الصياغة الرياضية لدالة المعولية تحت سياسة الفحص

إن الصيغة الرياضية لدالة المعولية للمكنة في الزمن t قبل إجراء عملية الفحص، التي يرمز لها بـ R(t) تعرف كالآتي[٢] :

$$R(t) = 1 - F(t)$$

إما الصيغة الرياضية لدالة المعولية للمكنة في الزمن t، مدة فحص t_c و m دورة من عمليات الفحص، والتي يرمز لها بـ $R_{t_c}^{(m)}(t)$ تعرف كالآتي[٤] :

$$R_{t_c}^{(m)}(t) = \left\{ \begin{aligned} &\sum_{j=1}^{m-1} \left[\left(\int_{(j-1)t_c}^{jt_c} g(t_o)\, z(jt_c - t_o)\, dt_o \right) R_{t_c}^{(m-j)}(t - jt_c) \right] + \int_{t}^{\infty} g(t_o)\, dt_o \\ &\quad + \int_{(m-1)t}^{t} g(t_o)\, z(t - t_o)\, dt_o \qquad ...(1) \end{aligned} \right\}$$

إذ أن :

$$(m-1)t_c \le t < mt_c$$

$g(t_o)$: دالة الكثافة الاحتمالية لزمن اشتغال المكنة بين عطلين متتالين t_o.

$z(t)$: احتمال العطلات الظاهرة في الزمن t لن تؤدي إلى فشل المنكة، يمكن التعبير عنها رياضيا بالشكل الآتي [٤] :-

$$z(t) = \int_{t}^{\infty} f(t_d)\, dt_d = 1 - F(t) \qquad ...(2)$$

إذ إن $f(t_d)$ تمثل دالة الكثافة الاحتمالية لزمن التأخير t_d .

سنتطرق إلى اشتقاق الصيغة الرياضية لدالة المعولية $R_{t_c}^{(m)}(t)$ في الحالات الآتية :-

٣,١ عندما يكون زمن الاشتغال t_o وزمن التأخير t_d يتبعان توزيع وايبل

إذا كان t_o يتبع توزيع وايبل فان دالة الكثافة الاحتمالية $g(t_o)$ تكون بالشكل الآتي [٨] :

$$g(t_o)=\begin{cases}\alpha\,\beta^{-\alpha}\,t_o^{(\alpha-1)}\,e^{-(t_o/\beta)^{\alpha}} & ;t_o\geq 0,\alpha,\beta>0\\ 0 & ;otherwise\end{cases} \qquad ...(3)$$

من الجدير بالذكر إن التوزيع الآسي يمثل حالة خاصة من توزيع وايبل عندما $\alpha=1$ وبالتالي فان دالة الكثافة الاحتمالية $g(t_o)$ تصبح بالشكل الأتي :

$$g(t_o)=\begin{cases}(1/\beta)\,e^{-(t_0/\beta)} & ;t_o\geq 0,\ \beta>0\\ 0 & ;otherwise\end{cases} \qquad ...(4)$$

وكذلك إذا كان t_d يتبع توزيع وايبل فان دالة الكثافة الاحتمالية $f(t_d)$ تكتب بالشكل الآتي :

$$f(t_d)=\begin{cases}\gamma\,\theta^{-\gamma}\,t_d^{(\gamma-1)}\,e^{-(t_d/\theta)^{\gamma}} & ;t_d\geq 0,\gamma,\theta>0\\ 0 & ;otherwise\end{cases} \qquad ...(5)$$

وعندما $\gamma=1$ فان t_d يتبع التوزيع الآسي وبدالة كثافة احتمالية $f(t_d)$ أدناه :

$$f(t_d)=\begin{cases}(1/\theta)\,e^{-(t_d/\theta)} & ;t_d\geq 0,\theta>0\\ 0 & ;otherwise\end{cases} \qquad ...(6)$$

وباشتقاق الصيغة الرياضية لدالة المعولية $R_{t_c}^{(m)}(t)$ المعرفة في المعادلة (١) يكون كالآتي :
بإجراء التكامل للمعادلتين (٣) و(٥) نحصل على :

$$\int_{t}^{\infty} g(t_o)\, dt_o = e^{-(t/\beta)^{\alpha}} \qquad ...(7)$$

$$z(t) = \int_{t}^{\infty} f(t_d)\, dt_d = e^{-(t/\theta)^{\gamma}} \qquad ...(8)$$

وبذلك فان

$$\int_{(j-1)t_c}^{jt_c} g(t_o)\, z(jt_c - t_o)\, dt_o = \frac{\alpha}{\beta} \int_{(j-1)t_c}^{jt_c} (t_0/\beta)^{(\alpha-1)}\; e^{\frac{\left(t_o\,\theta^{\gamma} + (jt_c - t_o)^{\gamma}\,\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\,\theta^{\gamma}}}\; dt_o \qquad ...(9)$$

من الصعب إيجاد التكامل المبين في المعادلة (٩) تحليليا، لذا سيتم إيجاده باستخدام إحدى طرائق التكامل العددي المتمثلة بطريقة سمبسون فنحصل على :

$$\int_{(j-1)t_c}^{jt_c} g(t_o)\, z(jt_c - t_o)\, dt_o \cong \frac{h\alpha}{3\beta}\Big[((j-1)t_c/\beta)^{(\alpha-1)}\; e^{\frac{-\left(((j-1)t_c)^{\alpha}\,\theta^{\gamma} + t_c^{\gamma}\,\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\,\theta^{\gamma}}} +$$

$$4\sum_{i=1}^{n/2} k\left[(j-1)t_c + (2i-1)h\right] + 2\sum_{i=1}^{n/2-1} k\left[(j-1)t_c + 2ih\right]$$
$$+ (jt_c/\beta)^{(\alpha-1)}\; e^{-(jt_c/\beta)^{\alpha}}\Big] \qquad ...(10)$$

إذ أن $h = t_c/n$ ، n عدد التقسيمات ضمن المدة ((j-1)t$_c$, jt$_c$) والتي تكون زوجية في طريقة سمبسون ، وان

$$k(t_o) = (t_o/\beta)^{(\alpha-1)}\; e^{-\left(\frac{\left(t_o\alpha\,\theta^{\gamma} + (jt_c - t_o)^{\gamma}\,\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\,\theta^{\gamma}}\right)} \qquad ...(11)$$

$$\int_{(m-1)t_c}^{t} g(t_o)\, z(t - t_o)\, dt_o = \frac{\alpha}{\beta}\int_{(m-1)t_c}^{t} (t_o/\beta)^{(\alpha-1)}\; e^{\frac{\left(t_o^{\alpha}\,\theta^{\gamma} + (t - t_o)^{\gamma}\,\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\,\theta^{\gamma}}}\; dt_o \qquad ...(12)$$

وللسبب نفسه أعلاه سنستخدم طريقة سمبسون لإيجاد التكامل (١٢) عدديا فنحصل على :

$$\int_{(m-1)t_c}^{t} g(t_o)\, z(t-t_o)\, dt_o \cong \frac{h_1\alpha}{3\beta}\Big[\big((m-1)t_c/\beta\big)^{(\alpha-1)} e^{\frac{-\left(((m-1)t_c)^{\alpha}\theta^{\gamma}+(t-(m-1)t_c)^{\gamma}\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\theta^{\gamma}}}$$
$$+4\sum_{i=1}^{n_1/2} k\big[(m-1)t_c+(2i-1)h_1\big]$$
$$+2\sum_{i=1}^{n_1/2-1} k\Big[(m-1)t_c+2ih_1+(t/\beta)^{(\alpha-1)}e^{-(t/\beta)^{\alpha}}\Big] \quad ...(13)$$

إذ أن $h_1 = \big(t-(m-1)t_c\big)/n_1$ ، n_1 عدد التقسيمات الزوجية ضمن $((m-1)t_c\, ,\, jt_c)$ ، وان

$$k(t_o)=\big(t_o/\beta\big)^{(\alpha-1)} e^{-\left(\frac{\left(t_o{}^{\alpha}\theta^{\gamma}+(t-t_o)^{\gamma}\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\theta^{\gamma}}\right)} \quad ...(14)$$

بتعويض المعادلات (٧) ، (١٠) و (١٣) في المعادلة (١) نحصل على دالة المعولية للماكنة لهذه الحالة والتي تكون كالآتي :

$$R_{t_c}^{(m)}(t) \cong \frac{h\alpha}{3\beta}\sum_{j=1}^{m-1}\Big[\big((j-1)t_c/\beta\big)^{(\alpha-1)} e^{\frac{-\left(((j-1)t_c)^{\alpha}\theta^{\gamma}+t_c{}^{\gamma}\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\theta^{\gamma}}}$$
$$+4\sum_{i=1}^{n/2} k\big[(j-1)t_c+(2i-1)h\big]+2\sum_{i=1}^{n/2-1} k\big[(j-1)t_c+2ih\big]$$
$$+(jt_c/\beta)^{(\alpha-1)} e^{-(jt_c/\beta)^{\alpha}}\Big] R_{t_c}^{(m-j)}(t-jt_c)+e^{-(t/\beta)^{\alpha}}$$
$$+\frac{h_1\alpha}{3\beta}\Big[\big((m-1)t_c/\beta\big)^{(\alpha-1)} e^{\frac{-\left(((m-1)t_c)^{\alpha}\theta^{\gamma}+(t-(m-1)t_c)^{\gamma}\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\theta^{\gamma}}}$$
$$+4\sum_{i=1}^{n_1/2} k\big[(m-1)t_c+(2i-1)h_1\big]+2\sum_{i=1}^{n_1/2-1} k\big[(m-1)t_c+2ih_1\big]$$
$$+\big(t/\beta\big)^{(\alpha-1)} e^{-(t/\beta)^{\alpha}}\Big] \quad ...(15)$$

إذ أن

$$(m-1)t_c \le t < mt_c$$

٣,٢ عندما زمن الاشتغال t_o يتبع توزيع وايبل و t_d يتبع التوزيع الآسي

من الجدير بالذكر إن التوزيع الآسي يمثل حالة خاصة من توزيع وايبل عندما تكون $\gamma = 1$ في المعادلة (٥) وبالتعويض عن هذه القيمة في المعادلة (١٥) نحصل على دالة معولية المكنة $R_{t_c}^{(m)}(t)$ لهذه الحالة التي ستكون كالآتي :-

$$R_{t_c}^{(m)}(t) \cong \frac{h\alpha}{3\beta}\sum_{j=1}^{m-1}\Bigg[\left((j-1)t_c/\beta\right)^{(\alpha-1)} e^{\frac{-\left(((j-1)t_c)^{\alpha}\theta + t_c\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\theta}}$$

$$+4\sum_{i=1}^{n/2} k\left[(j-1)t_c + (2i-1)h\right] + 2\sum_{i=1}^{n/2-1} k\left[(j-1)t_c + 2ih\right]$$

$$+(jt_c/\beta)^{(\alpha-1)} e^{-(jt_c/\beta)^{\alpha}}\Bigg] R_{t_c}^{(m-j)}(t - jt_c) + e^{-(t/\beta)^{\alpha}}$$

$$+\frac{h_1\alpha}{3\beta}\Bigg[\left((m-1)t_c/\beta\right)^{(\alpha-1)} e^{\frac{-\left(((m-1)t_c)^{\alpha}\theta + (t-(m-1)t_c)\beta^{\alpha}\right)}{\beta^{\alpha}\theta}}$$

$$+4\sum_{i=1}^{n_1/2} k\left[(m-1)t_c + (2i-1)h_1\right] + 2\sum_{i=1}^{n_1/2-1} k\left[(m-1)t_c + 2ih_1\right]$$

$$+(t/\beta)^{(\alpha-1)} e^{-(t/\beta)^{\alpha}}\Bigg] \qquad ...(16)$$

٣,٣ عندما زمن الاشتغال t_o يتبع التوزيع الاسي و زمن التأخير t_d يتبع توزيع وايبل

إن هذه الحالة أيضا تمثل حالة خاصة من الحالة الأولى وعليه بالتعويض عن $\alpha = 1$ في المعادلة (١٥) نحصل على دالة المعولية $R_{t_c}^{(m)}(t)$ كالآتي :-

$$R_{t_c}^{(m)}(t) \cong \frac{h}{3\beta}\sum_{j=1}^{m-1} \Big[e^{\frac{-\left((j-1)t_c\,\theta^{\gamma}+t_c^{\gamma}\,\beta\right)}{\beta\theta^{\gamma}}} + 4\sum_{i=1}^{n/2} k\big[(j-1)t_c + (2i-1)h\big] + 2\sum_{i=1}^{n/2-1} k\big[(j-1)t_c + 2ih\big] + e^{-(jt_c/\beta)} \Big] R_{t_c}^{(m-j)}(t - jt_c) + e^{-(t/\beta)} + \frac{h_1}{3\beta}\Big[e^{\frac{-\left((m-1)t_c\,\theta^{\gamma}+(t-(m-1)t_c)^{\gamma}\,\beta\right)}{\beta\theta^{\gamma}}} + 4\sum_{i=1}^{n_1/2} k\big[(m-1)t_c + (2i-1)h_1\big] + 2\sum_{i=1}^{n_1/2-1} k\big[(m-1)t_c + 2ih_1\big] + e^{-(t/\beta)} \Big] \quad ...(17)$$

٣,٤ عندما يكون زمن الاشتغال t_o يتبع التوزيع الآسي وزمن التأخير t_d يتبع التوزيع الآسي

يمكن اشتقاق الصيغة الرياضية لدالة المعولية $R_{t_c}^{(m)}(t)$ لهذه الحالة عن طريق تعويض المعادلتين (٣) و (٥) في المعادلة (١) وكالتالي :

$$\int_{(j-1)t_c}^{jt_c} g(t_o)\, z(jt_c - t_o)\, dt_o = \frac{\theta}{\theta-\beta}\left[e^{-\left(\frac{((j-1)\theta+\beta)t_c}{\beta\theta}\right)} - e^{-\frac{jt_c}{\beta}} \right] \quad ...(18)$$

كذلك

$$\int_{(m-1)t_c}^{t} g(t_o)\, z(t - t_o)\, dt_o = \frac{\theta}{\theta-\beta}\left[e^{-\left(\frac{(m-1)t_c\,\theta+(t-(m-1)t_c)\beta}{\beta\theta}\right)} - e^{-\frac{t}{\beta}} \right] \quad ...(19)$$

عندئذ نجد إن دالة معولية المكنة لهذه الحالة هي :

$$R_{t_c}^{(m)}(t) = \left\{ \sum_{j=1}^{m-1}\left(\frac{\theta}{\theta-\beta}\left[e^{-\left(\frac{((j-1)\theta+\beta)t_c}{\beta\theta}\right)} - e^{-\frac{jt_c}{\beta}} \right] r_{t_c}^{(m-j)}(t - jt_c)\right) + e^{-t/\beta} + \frac{\theta}{\theta-\beta}\left[e^{-\left(\frac{(m-1)t_c\,\theta+(t-(m-1)t_c)\beta}{\beta\theta}\right)} - e^{-\frac{t}{\beta}} \right] \right\} \quad ...(20)$$

٤. اختبارات تحديد التوزيع الاحتمالي

يتم عادة اختبار فرضية مدى مطابقة توزيع بيانات عينة لتوزيع نظري معين بإحدى الطريقتين الآتيتين :

4.1 اختبار جودة المطابقة (Test of Goodness of Fit)

تمكن Karl Pearson عام ١٩٠٠ من اختبار الفرضية من خلال استخدام الاحصاءة التالية [٥]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \qquad \ldots(21)$$

إذ أن :

r تمثل عدد الفئات (المجاميع) ، O_i عدد تكرارات القيم المشاهدة و E_i عدد تكرارات القيم المتوقعة

ترفض فرضية مدى مطابقة توزيع بيانات عينة لتوزيع نظري معين إذا كانت $\chi^2 > \chi^2_{1-\alpha}(v)$
إذ تمثل $\chi^2_{1-\alpha}(v)$ القيمة الجدولية لاحصاءة χ^2 بدرجة حرية $v = r - m - 1$ وبمستوى معنوية α وان m تمثل عدد معالم التوزيع الإحصائي المراد تعيينه .

4.2 اختبار كولمكروف ـ سمير نوف (K-S) [١] :

إن اختبار(K-S) بجودة التطابق يحقق بديلا لاختبار χ^2 في اختبار فرضية مدى مطابقة توزيع بيانات عينة لتوزيع نظري معين يتم هذا الاختبار وذلك من خلال استخدام الاحصاءة التالية :

$$D = \sup_x \left| F_S(x) - F_T(x) \right| \qquad \ldots(22)$$

إذ أن $F_T(x)$ تمثل دالة التوزيع (Distribution Function) النظرية و $F_S(x)$ دالة توزيع العينة.

ترفض الفرضية إذا كانت $D > K_{1-\alpha}(n)$ إذ تمثل $K_{1-\alpha}(n)$ القيمة الجدولية لهـذه الاحـصاءة تأخذ من جداول خاصة بمستوى معنوية α وحجم العينة n .

٥. التطبيق العملي

٥,١ عينة البحث

تم جمع البيانات من الشركة العامة لصناعة الأسمدة / المنطقة الجنوبية ، إذ مثلت هذه البيانات المقاسة بالأيام زمن اشتغال المنكة بين عطلين متتـاليين Time Between Failure ، وزمـن تأخير إصلاح العطل Dealy- Time ، المبينة في الجدولين (١) و (٢) الآتيين.

جدول(١)

زمن الاشتغال لإحدى منظومات الترشيح

ت	زمن الاشتغال	ت	زمن الاشتغال	ت	زمن الاشتغال	ت	زمن الاشتغال
١	٨	١١	١٢	٢١	٨	٣١	١٤
٢	٧	١٢	١٤	٢٢	٨	٣٢	٨
٣	١٠	١٣	١٠	٢٣	٩	٣٣	٩
٤	٤	١٤	١٥	٢٤	٣	٣٤	٧
٥	٣	١٥	١٠	٢٥	٢	٣٥	٦
٦	٧	١٦	١٢	٢٦	١٤	٣٦	٢
٧	٧	١٧	٤	٢٧	١٤	٣٧	١
٨	٨	١٨	٦	٢٨	١٢		
٩	٨	١٩	٧	٢٩	١٣		
١٠	١٠	٢٠	٧	٣٠	١٢		

جدول(٢)

أزمنة تأخير إصلاح العطلات لإحدى منظومات الترشيح

ت	زمن التأخير	ت	زمن التأخير	ت	زمن التأخير	ت	زمن التأخير
١	٥	١١	٢	٢١	٤	٣١	٣
٢	٤	١٢	٥	٢٢	٥	٣٢	٢
٣	٣	١٣	١	٢٣	٦	٣٣	٢
٤	٢	١٤	٢	٢٤	٤	٣٤	٤

٥	٤	١٥	١	٢٥	٢	٣٥	٣
٦	٥	١٦	٣	٢٦	١	٣٦	٥
٧	٣	١٧	٢	٢٧	٣	٣٧	٦
٨	٢	١٨	١	٢٨	٢	٣٨	٢
٩	٤	١٩	٣	٢٩	١		
١٠	٣	٢٠	٢	٣٠	٢		

٥,٢ معالجة بيانات الدراسة واختبارها

اختبرت البيانات باستخدام اختبار حسن المطابقة Test of Goodness of Fit من إذ كـون البيانات تتبع توزيع وايبـل أو التوزيـع الآسـي، بعـد تقـدير معـالم التوزيعـات الاحتماليـة (وايبل ، الاسي) باستخدام طريقـة الإمكـان الأعظـم Maximum Likelihood Method ، ولانجـاز ذلـك تـم بنـاء برنـامج حاسـوبي بالاسـتعانة بلغـة Visual Basic وبرنـامج Excel و Access ، فضلاً عن استخدام اختبار سميرنوف – كـولمكروف K-S الموجـود فـي البرنامج الإحصائي (Spss) في حالة فشل اختبار حسن المطابقة.

وقد تبين إن بيانات زمن الاشتغال الموضحة في الجدول (١) ملائمة لتوزيع وايبل،إذ كانت قيمة x^2 المحسوبة تساوي (٠,٧٩٤) وهي اكبر من الجدولية التي تساوي (٣,٨٤) بدرجـة حريـة (١) و مدة ثقة (٠,٩٧٥) مما يدل على قبول فرضية العدم H_O والتي مفادها أن زمن الاشـتغال بين العطلات يتبع توزيـع وايبـل .كـذلك كانـت تقـديرات معـالم التوزيـع مـساوية إلـى ($\hat{\alpha} = 2.41, \hat{\beta} = 9.41$).إما بيانات زمن التأخير الموضحة في الجدول (٢) فكانت تتبع التوزيع الاسي وتقدير معلمة التوزيع($\hat{\theta} = 3.027$).

٥,٣ حساب تقديرات دالة المعولية للمكنة المختارة للدراسة

بعد معالجة بيانات الدراسة واختبارها تم تحديد تقديرات دالة المعولية للمكنة المختارة للدراسة على وفق الأنموذج في المعادلة (١٦) بالاعتماد على البرنامج الذي تم بناؤه من قبل الباحثين، ومن الجدير بالذكر أن مدة الفحص مساوية إلى (t_c=120day)، دورة فحص (m=1,2,3)، والجدول (٣) الآتي يوضح قيم دالة المعولية R(t) قبل إجراء عمليات الفحص و $R_{t_c}^{(m)}(t)$ التـي تمثـل معولية المكنة بعد إجراء عمليات الفحص.

جدول(٣)

قيم دالة المعولية للماكنة تحت الدراسة قبل إجراء عملية الفحص وبعدها

m	t	$R_{t_c}^{(m)}$	R(t)
1	5	0.99518	0.80424
	10	0.49	0.31
	15	9.13E-02	4.61E-02
	20	5.34E-03	2.13E-03
	25	8.56E-05	2.66E-05
	30	3.34E-07	7.93E-08
	60	7.10E-37	1.83E-38
	90	7.85E-98	5.41E-101
	120	4.87E-196	2.71E-201
2	150	1.63E-202	0.00
	180	3.46E-232	0.00
	210	3.82E-293	0.00
	240	0.00	0.00

من خلال الجدول(٣) نجد إن دالة المعولية R(t) قبل إجراء عمليات الفحص التي تعكس واقع حال المكنة تتناقص بزيادة الزمن بشكل سريع، إذ أن احتمال اشتغال هذه المكنة لمدة (١٠) أيام من دون عطل مساو إلى (٠,٣١) ولمدة (٢٠) يوما من دون عطل (٣٠) يوما من دون عطل (٧,٩٣E-08) وهكذا إلى أن تصل المعولية إلى الصفر تماما بعد مرور (١٥٠) يوما لاشتغال المكنة.

وعند مقارنة دالة المعولية R(t) مع $R_{t_c}^{(m)}(t)$ التي تمثل معولية المكنة بعد إجراء عمليات الفحص نلاحظ تناقص $R_{t_c}^{(m)}(t)$ بشكل بطيء بزيادة الزمن ونسبة التحسن التي طرأت على المكنة، إذ يصبح احتمال اشتغال المكنة لمدة (١٠) أيام من دون عطل مساو إلى (٠,٤٩) ولمدة (٣٠) يوما من دون عطل مساو إلى (3.34E-07) إلى أن تصل المعولية إلى (1.63E-202) بعد مرور (١٥٠) يوماً .

٦. الاستنتاجات

أ- من خلال النتائج التي تم التوصل إليها وجد أن عمليات الفحص تعمل على رفع معولية المكنة وتحسينها.

ب- أن النتائج الخاصة بحساب تقديرات المعولية للمكنة تحت الدراسة قبل إجراء عمليات الفحـص تتناقص تدريجيا بزيادة الزمن يسرع مختلفة وتعطي مؤشراً عاما لعدم إمكانية الاعتماد على هـذه المكنة في العمل لفترات طويلة من دون عطل .

٧.التوصيات

أ- التأكيد على بناء قاعدة معلومات خاصة بتوثيق أوقات الفشل والتصليح للمكائن والمعدات مـن الاعتماد على برامج حاسوبية مهيأة لهذا الغرض من اجل تحديد معولية المكنة بصورة أكثـر دقة .

ب- نوصي بإعادة النظر في الأسلوب المتبع لإجراءات الصيانة في الشركة العامة لصناعة الأسمدة / المنطقة الجنوبية، والذي تعد الصيانة العلاجية الأكثر استخداما فيه .

ت- التأكيد على بناء نماذج رياضية وإحصائية أخرى لدالة المعولية تهدف إلى تقدير معولية نظـام من المكائن والمعدات مربوطة على التوالي، إذ أن معدات ومكائن الشركة العامـة لـصناعة الأسمدة / المنطقة الجنوبية مربوطة على التوالي .

ث- العمل على تقدير دالة المعولية تحت سياسات أخرى من سياسات عمليات الصيانة مثل سياسـة الاستبدال و التصليح وتحت معايير أخرى مثل معيار اقل كلفة و مستوى الأمان .

ج- استخدام توزيعات احتمالية أخرى في حساب معولية المكائن والمعدات مثل التوزيع الطبيعـي اللوغارتيمي وتوزيع كاما .

ح- التوصية ببناء برامج حاسوبية إحصائية خبيرة خاصة بتقدير دالة المعولية للمكائن والمعدات

المصادر

المصادر العربية

١. ألبياتي، هلال عبود، نوري، وليد عبد الحميد، العاني، العـاني، صـبري ردي، (١٩٨١)، " الاحصاء الرياضي " ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل .

٢. الربيعي ، فاضل محسن ، صلاح حمزة ،(٢٠٠٠) ، " مقدمة في العمليات في التـصادفية " ، مديرية دار الكتب ، بغداد ، العراق .

٣. العاني ، نهى رؤوف ، (٢٠٠٠) ، " تقدير دالة المعولية لحساب توقيتات الصيانة الوقائية لبعض مكائن معمل بابل -١- في الشركة العامة لصناعة البطاريات "، رسالة ماجستير في بحوث العمليات، غير منشورة، قسم الاحصاء، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد .

المصادر الأجنبية Foreign References

٤. Christer , A.H. , (1987) , " Dealy-Time Model of Reliability " , Journal Of Operational Research Society , VOL. 38 , pp. 324-334 .

5.Ott, R. Lyman And Cher , Michael ,(2001) , " An Introduction To Statistical Methods And Data Analysis " , Fifth Edition .

6. Sheldon , M. Ross , (1985) , " Introduction to Probability Models " , Academic Press , London .

شبكة المعلومات الدولية Internet

7. www. relex .com / products/ Weibull.asp. , (2008) , " Reliability Growth " .

8. www.weibull.com , (2008) .

الملحق

- برنامج تقدير دالة المعولية للمكنة في الزمن t و مدة فحص t_c و m=1 :

```
MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 0) = " ti"
MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 1) = "Rm"
MSFlexGrid1.TextMatrix(0, 2) = "R"
a = InputBox(a1, "operating alfa")
b = InputBox(b1, "operating beta")
c = InputBox(c1, "delay time alfa")
d = InputBox(d1, "delay time beta")
tf = InputBox(tf1, "time inspection")
n = InputBox(n1, "division interval")
m = 1
X1 = (m - 1) * tf
X2 = m * tf
For t = 1 To X2
h = (t - (m - 1) * tf) / n
k4 = 0 ' if index is even'
k5 = 0 ' if index is odd'
Y1 = 0
```

```
For i = 1 To (n - 1)
Y1 = Y1 + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k4 = k4 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
Else
k5 = k5 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k7 = (tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (t / b) ^ a) 'if index equal n'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k6 + 4 * k5 + 2 * k4 + k7)
Text1.Text = integralgy
k8 = Exp(-1 * (t / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
Text2.Text = k8
MSFlexGrid1.TextMatrix(t, 2) = k8
rial = Val(Text1.Text) + Val(Text2.Text)
Text3.Text = rial
Text11.Text = Text3.Text
MSFlexGrid1.TextMatrix(t, 1) = Text3.Text
MSFlexGrid1.TextMatrix(t, 0) = t
Next t
```

- - برنامج تقدير دالة المعولية للمكنة في الزمن t و مدة فحص t_c و m=2 :

```
t = InputBox(t1, "operating time")
a = InputBox(a1, "operating alfa")
b = InputBox(b1, "operating beta")
c = InputBox(c1, "delay time alfa")
d = InputBox(d1, "delay time beta")
tf = InputBox(tf1, "final time")
n = InputBox(n1, "division interval")
m = 2
X1 = (m - 1) * tf
X2 = m * tf
```

```
Print X1, t, X2
If Val(t) > Val(X1) Then
If Val(t) < Val(X2) Then
'comput relibilty with m=1 and t=t-tf'
m1 = 1
t2 = t - tf
h = (t2 - (m1 - 1) * tf) / n
k4 = 0 ' if index is even'
k5 = 0 ' if index is odd'
Y1 = 0
For i = 1 To (n - 1)
Y1 = Y1 + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k4 = k4 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t2 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
Else
k5 = k5 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t2 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k7 = (tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (t2 / b) ^ a) 'if index equal n'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k6 + 4 * k5 + 2 * k4 + k7)
k8 = Exp(-1 * (t2 / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
End If
End If
rial = integralgy + k8
Text3.Text = rial
'comput inte(g(y))and integ(g(y)*m(t-y) when m=2 and tf'
h = (t - (m - 1) * tf) / n
k4 = 0 ' if index is even'
k5 = 0 ' if index is odd'
Y1 = 0
For i = 1 To (n - 1)
Y1 = Y1 + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
```

```
k4 = k4 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
Else
k5 = k5 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k6 = ((m - 1) * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (((m - 1) * tf) ^ a * c ^ d + (t - (m -
1) * tf) ^ d * b ^ a) / (b ^ a * c ^ d))  'if index equal 0)
k7 = (tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (t / b) ^ a) 'if index equal n'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k6 + 4 * k5 + 2 * k4 + k7)
Text1.Text = integralgy
k8 = Exp(-1 * (t / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
Text2.Text = k8
'comput int(g(y)*m(j*tf-y)) when m=2 and tf'
j = 1
h = tf / n
k = 0 ' if index is even'
k2 = 0 ' if index is odd'
y = 0
For i = 1 To (n - 1)
y = y + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k = k + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b ^
a * c ^ d))
Else
k2 = k2 + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b
^ a * c ^ d))
End If
Next i
k3 = (j * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (j * tf / b) ^ a)  'if index equal tf'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (4 * k2 + 2 * k + k3)
Text4.Text = integralgy


Text5.Text = Val(Text3.Text) * Val(Text4.Text) + Val(Text1.Text) +
Val(Text2.Text) 'relibilty with m=2 and tf'
```

```
Text11.Text = Text5.Text
```

- برنامج تقدير دالة المعولية للمكنة في الزمن t و مدة فحص t_c و m=3 :

```
t = InputBox(t1, "operating time")
a = InputBox(a1, "operating alfa")
b = InputBox(b1, "operating beta")
c = InputBox(c1, "delay time alfa")
d = InputBox(d1, "delay time beta")
tf = InputBox(tf1, "final time")
n = InputBox(n1, "division interval")
m = 3
X1 = (m - 1) * tf
X2 = m * tf
Print X1, t, X2
If Val(t) > Val(X1) Then
If Val(t) < Val(X2) Then
'comput relibilty with m=1 and t=t-2*tf'
m1 = 1
t2 = t - 2 * tf
h = (t2 - (m1 - 1) * tf) / n
k4 = 0 ' if index is even'
k5 = 0 ' if index is odd'
Y1 = 0
For i = 1 To (n - 1)
Y1 = Y1 + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k4 = k4 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t2 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
Else
k5 = k5 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t2 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k7 = (tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (t2 / b) ^ a) 'if index equal n'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k6 + 4 * k5 + 2 * k4 + k7)
k8 = Exp(-1 * (t2 / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
End If
```

```
End If
rial = integralgy + k8
Text1.Text = rial
'comput int(g(y)*m(j*tf-y)) when m=3 and tf'
j = 1
h = tf / n
k = 0 ' if index is even'
k2 = 0 ' if index is odd'
y = 0
For i = 1 To (n - 1)
y = y + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k = k + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b ^ a * c ^ d))
Else
k2 = k2 + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k3 = (j * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (j * tf / b) ^ a)  'if index equal tf'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (4 * k2 + 2 * k + k3)
Text2.Text = integralgy
'comput int(g(y)*m(j*tf-y)) when m=3 and tf'
j = 2
h = tf / n
k = 0 ' if index is even'
k2 = 0 ' if index is odd'
y = 0
For i = 1 To (n - 1)
y = y + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k = k + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b ^ a * c ^ d))
Else
```

```
k2 = k2 + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b
^ a * c ^ d))
End If
Next i
k1 = ((j - 1) * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (((j - 1) * tf) ^ a * c ^ d + tf ^ d * b ^
d) / (b ^ a * c ^ d)) ' if index equal 0'
k3 = (j * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (j * tf / b) ^ a)  'if index equal tf'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k1 + 4 * k2 + 2 * k + k3)
Text3.Text = integralgy


'comput relibilty with m=2 and t=t-tf'
X1 = (m - 1) * tf
X2 = m * tf
Print X1, t, X2
If Val(t) > Val(X1) Then
If Val(t) < Val(X2) Then
'comput relibilty with m=1 and t=t-3*tf'
m1 = 1
t2 = t - 2 * tf
h = (t2 - (m1 - 1) * tf) / n
k4 = 0 ' if index is even'
k5 = 0 ' if index is odd'
Y1 = 0
For i = 1 To (n - 1)
Y1 = Y1 + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k4 = k4 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t2 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
Else
k5 = k5 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t2 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k7 = (tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (t2 / b) ^ a) 'if index equal n'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k6 + 4 * k5 + 2 * k4 + k7)
k8 = Exp(-1 * (t2 / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
End If
End If
```

```
rial = integralgy + k8
Text4.Text = rial
'comput inte(g(y))and integ(g(y)*m(t-y) when m=2 and tf'
m2 = 2
t3 = t - tf
h = (t3 - (m2 - 1) * tf) / n
k4 = 0 ' if index is even'
k5 = 0 ' if index is odd'
Y1 = 0
For i = 1 To (n - 1)
Y1 = Y1 + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k4 = k4 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t3 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
Else
k5 = k5 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t3 - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k6 = ((m2 - 1) * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (((m2 - 1) * tf) ^ a * c ^ d + (t3 -
(m2 - 1) * tf) ^ d * b ^ a) / (b ^ a * c ^ d))  'if index equal 0)
k7 = (tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (t3 / b) ^ a) 'if index equal n'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k6 + 4 * k5 + 2 * k4 + k7)
Text1.Text = integralgy
k8 = Exp(-1 * (t3 / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
Text5.Text = k8
'comput int(g(y)*m(j*tf-y)) when m=2 and tf'
j = 1
h = tf / n
k = 0 ' if index is even'
k2 = 0 ' if index is odd'
y = 0
For i = 1 To (n - 1)
y = y + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
```

```
If r1 = 0 Then
k = k + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b ^
a * c ^ d))
Else
k2 = k2 + (y / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (y ^ a * c ^ d + (j * tf - y) ^ d * b ^ a) / (b
^ a * c ^ d))
End If
Next i
k3 = (j * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (j * tf / b) ^ a)  'if index equal tf'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (4 * k2 + 2 * k + k3)
Text6.Text = integralgy
Text7.Text = Val(Text3.Text) * Val(Text4.Text) + Val(Text1.Text) +
Val(Text2.Text) 'relibilty with m=2 and tf'
'comput int(g(y) when m=3 and tf'
k9 = Exp(-1 * (t / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
Text8.Text = k9
'comput int(g(y)m(t-y)) when m=3 and tf'
m = 3
h = (t - (m - 1) * tf) / n
k4 = 0 ' if index is even'
k5 = 0 ' if index is odd'
Y1 = 0
For i = 1 To (n - 1)
Y1 = Y1 + h
r = i \ 2
r1 = i - 2 * r
If r1 = 0 Then
k4 = k4 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
Else
k5 = k5 + (Y1 / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (Y1 ^ a * c ^ d + (t - Y1) ^ d * b ^ a) /
(b ^ a * c ^ d))
End If
Next i
k6 = ((m - 1) * tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (((m - 1) * tf) ^ a * c ^ d + (t - (m -
1) * tf) ^ d * b ^ a) / (b ^ a * c ^ d))  'if index equal 0)
k7 = (tf / b) ^ (a - 1) * Exp(-1 * (t / b) ^ a) 'if index equal n'
integralgy = ((a * h) / (3 * b)) * (k6 + 4 * k5 + 2 * k4 + k7)
Text9.Text = integralgy
```

```
Text11.Text = Val(Text2.Text) * Val(Text7.Text) + Val(Text3.Text) * Val(Text1.Text) + Val(Text8.Text) + Val(Text9.Text)
```

- برنامج تقدير دالة المعولية R(t) في الزمن t فقط :

```
t = InputBox(t1, "operating time")
a = InputBox(a1, "operating alfa")
b = InputBox(b1, "operating beta")

k13 = Exp(-1 * (t / b) ^ a)   ' integral of g(y)'
Text11.Text = k13
```