مقارنة طرائق تقدير المعلمات والمعولية لانماذج الاختبارات المعجلة والنمو لبيانات المراقبة من النوع الثاني مع تطبيق عملي

أ. م. انتصار عريبي فدعم الدوري   م. ورود باسم نور بهية
جامعة بغداد - كلية الادارة والاقتصاد
قسم الاقتصاد

الخلاصة

نظراً لاهمية المعولية في التطبيقات الصناعية والهندسية فقد ظهرت الحاجة لاختبارات المعولية والتي هي سلسلة من الاختبارات والكشف عن العوامل التي تظهر خلال الاختبار لمعرفة مدى ملائمة الانتاج للمواصفات لغرض الاحصول على الجودة لهذا ظهرت الحاجة لبحث اختبار لبيانات المراقبة من النوع الثاني وللتوزيع الاسي بمعلمة واحدة والاختبار الذي تناوله البحث هي (اختبار نمو المعولية) حيث تم تقدير المعلمات والمعولية لانماذج الاختبار التي هي ثلاثة منحنيات منحنى النمو المثالي اذ تم تقديرة بطريقة الامكان الاعظم و منحنى النمو دايني تم تقديرة بطريقة المربعات الصغرى، واخذت البيانات من مصنع الرشيد (قسم الصابون) . و منحنى النمو الاسي تم حسابه عن طريق القيود والوصول الى الحل الامثل باستخدام اسلوب المحاكاة .

واخضعت لاختبارات حسن المطابقة ومن ثم تطبيق اختبار النمو للمعولية وتضمن البحث اهم الاستنتاجات التي تم التوصل اليها والتوصيات التي يقترحها البحث وكذلك احتوى البحث على الملاحق للبرامجيات المعدة من قبل الباحث .

Abstract

Reliability has an important role in both the industrial and engineering applications. So the need for Reliability Tests appeared are series of tests a discover out of factors that appear through the test, knowledge limit of fit a specifics production addition for getting on goodness of production.

Therefore, the need for research to test for censor data from (Type II) for exponential distribution with one parameter and that test it's (Reliability Growth) includes three curves are Idealized Growth curve estimation parameters and reliability with maximum likelihood method, Duane Growth curve takes estimation parameters and reliability with least squares method, Exponential Reliability Growth Curve take estimation parameters and reliability by means of constraints for finding an optimal solution.

Finally, contains the more important findings and recommendations as well as the future visions which the research included. Also the research contains computer programs prepared by the researcher as well as another especial attaches.

البحث مستل من رسالة ماجستير

المقدمة وهدف البحث

بعد الانتشار الواسع للصناعة في القرن الماضي ولاهمية المعدة في هـذا المجـال ازداد الاهتمـام بدراسة المعولية واختباراتها وكانت البحوث مقتصرة على السيطرة النوعية، ولم تشخص المعولية حينهـا وبعد الحرب العالمية الثانية ونتيجة لزيادة انتاج المعدات الحربية المعقدة اصبح لحقل المعولية واختباراتها كيان مستقل ولاهتمام الشركات المنتجة للاجهزة وتجنب ضياع الوقت والتكاليف وتقديم افـضل الخـدمات وتحقيق ارباح عالية و تطورت دراسة المعولية بالاضافة الى اختبارات المعولية .

ومن اختبارات المعولية هو اختبار النمو الذي يظهر لنا اهداف المعولية والمقارنـة بـين تقـديرات المعلمة والمعولية بداية الاختبار ونهاية الاختبار لنموذجي دايني والمثالي ولبيانات المراقبـة مـن النـوع الثاني (Censored Type II) باستخدام التوزيع الاسي بمعلمة واحدة وهو حالة خاصة من توزيع كامـا وتوزيع ويبل اذ يعتبر الاخير من انماذج الفشل الشائعة والتي يتسم بسهولة الحساب.

وان مشكلة عطل الالات خط الانتاج تؤدي بالخسارة للمصنع او الشركة المنسوبة للخط ، بلاضـافة الى معرفة الاخطاء او السلبيات والايجابيات التي تحدث اثناء الاختبار وتسمى (معلومات المعولية) حيث يتم اجراء التعديلات على السلبيات وبعد ذلك يستمر الاختبار الى النهاية فيظهر لنا ما يسمى (اهداف المعولية) التي تعطي النتائج بعد التعديل .

اما هدف البحث هو تقدير معلمة القياس للتوزيع الاسي بمعلمة واحدة والتي تمثـل متوسـط وقـت الفشل ($MTTF = \theta$) للكشف على معلومات المعولية (بداية الاختبار) لاتخاذ اللازم من خلال السلبيات التي تظهر اثناء الاختبارو اهداف المعولية (نهاية الاختبار) للحصول على جودة الانتاج او تلافي عطل خـط الانتاج، ولنموذجي النمو المثالي والنمو دايني اما نموذج النمو الاخر فكان الهدف منه الوصول الى الحـل الامثل (افضل اهداف المعولية) للحصول على افضل انتاج واعلى الارباح للشركة او المصنع المنسوب له خط الانتاج.

ان اختبارات المعولية (Reliability Testing) هي سلسلة اختبارات ومنهـا اختبـار النموالـذي يهدف الى معرفة مدى ملائمة الانتاج للمواصفات لغرض الحصول على جودة الانتـاج أي الوصـول الـى (اهداف المعولية). ومن اهم البحوث التي اهتمـت بهـذا الموضـوع نـذكر منهـا: فـي عـام (1988) قام الباحث [العتر][1] بأيجاد العديد من الطرق التي تستخدم في تحليل بيانات النمو وتوفيق منحنـى لـه ولكـل طريقـة حـسناتها والـدوافع العلميـة لاسـتخدامها . وفـي عـام (1995) قـام البـاحثون [Aadp & Sampath ،Michael] [3] بدراسة الامثلية المخصصة من اختبـار مـصادر لبرنـامج (Software) لانموذج نمو المعولية للمركبات استند الى تطور (Software) .

1. الجانب النظري

1-2 التوزيع الاسي Exponential Distribution [2]

يعتبر من توزيعات الفشل الشائعة في المعولية ودالة الكثافة الاحتمالية هي كما يأتي :

$$f_T(t) = \frac{1}{\theta}\exp\left[\frac{-t}{\theta}\right] \; I_{(0,\infty)} \quad , \theta > 0 \qquad \text{...(1-2)}$$

حيث θ تسمى معلمة القياس(Scale Paramter)

t: تمثل وقت العطل (الفشل)

فأن دالة التوزيع التجميعي هي :

$$F_T(t) = 1 - \exp\left[\frac{-t}{\theta}\right] \quad ,\theta > 0 \qquad \text{...(2-2)}$$

ودالة المعولية :

$$R(t) = \exp\left[\frac{-t}{\theta}\right] \quad ,\theta > 0 \qquad \text{...(3-2)}$$

ودالة المخاطرة :

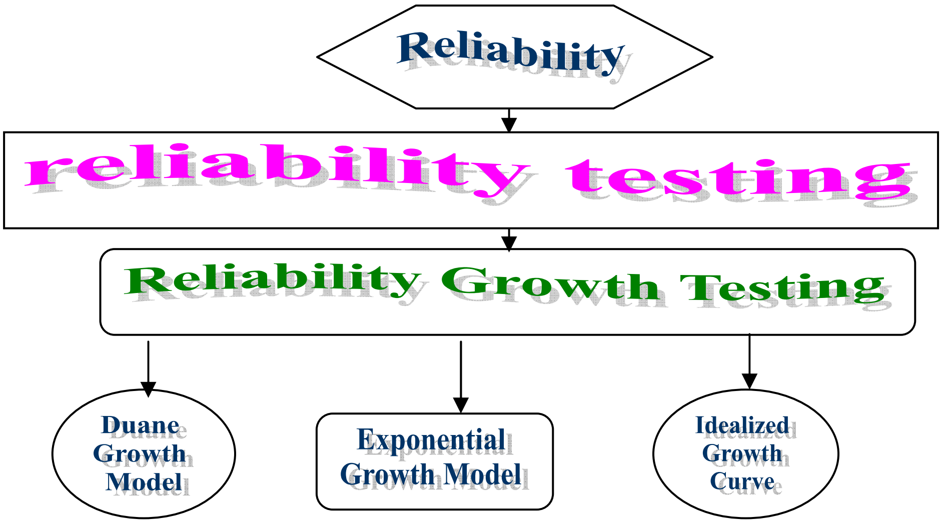
$$\lambda(t)=\frac{1}{\theta} \quad ,\theta > 0 \qquad \ldots(4\text{-}2)$$

ومتوسط وقت الفشل :

$$MTTF = E(T) = \theta \qquad \ldots(5\text{-}2)$$

4-2 **اختبارات المعولية** Reliability Tests

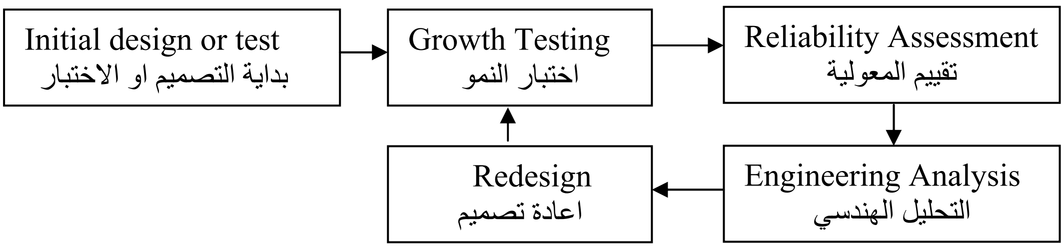
نظراً لتطبيقات المعولية في الحياة اليومية ، كانت هناك حاجة ماسة لأختبار المعولية للحصول على اهداف المعولية التي تكشف لنا جودة الانتاج وعيوب الانتاج ان وجدت في المنتج التي قـد يكـون سـببها عيوب في عمل الماكنة ومن هذة الاختبارات اختبار نمو المعولية[2]. ومنحنى النمو اما يكـون متزايـد او متناقص حسب النموذج او الطريقة[1]. والاختبار كما في المخطط السهمي الأتي:-



مخطط (1) اختبارات المعولية

1-4-2 **اختبار نمو المعولية** [2] Reliability Growth Testing

هو الوقت الاضافي لتحسين المعولية خلال التغيرات في تصميم الانتاج او من خـلال نوعيـة خـط الانتـاج وتطورانة ويوضح من اختبار- تثبيت – اختبار – تثبيت كما في الشكل :



مخطط (2) دورة اختبار نمو المعولية

الاختبارات المعولية والتقييمات وصلت الى أنماذج مصممة بينما ، اهداف المعولية كونت نقطة تقابل او تلافي معها. حيث عند التثبيت يجري التحليل الهندسي في الانتاج لمعالجة حالات الفشل واعادة تصميمها لتصحيح عيوب التصنيع، اما التحليل الهندسي لخط انتاج معين فيقدم بدراسة تأثيرات الماكنة نتيجة التفاعل الكيميائي للانتاج الذي يؤدي الى اسباب عديدة للفشل كارتفاع درجة الحرارة وغيرها فضلاً عن دراسة نوع خط الانتاج الذي يوصلنا الى اعلى جودة للانتاج . ولم تقتصر الاختبارات على المكائن والانتاج فقط بل قاد التطور الى برامج الحاسوب (Software) لمعالجة مشاكل الامثلية وعيوب البرنامج .

2-4-2 منحنى النمو المثالي Idealized Growth Curve [2]

ان نمو المعولية يظهر من خلال الاختبارات المستمرة والتقييم واعادة تصميم التفاعل للانتاج كما موضح في مخطط (2) اعلاه فمثلاً لمادة الصابون التي تمت عليها الدراسة تمر باختبارين الاول (بداية الاختبار) عند اخذ عينة من الانتاج تظهر نسب المواد التي تم اضافتها والتأثيرات التي تولدت نتيجة التفاعل الكيميائي او نتيجة سوء استخدام الماكنة او عطل الماكنة، بعد نتائج التحليل للاختبار يتم اجراء التعديلات للماكنة او للانتاج ويستمر العمل ويدعى (تثبيت دورة الاختبار). اما الاختبار الثاني(عينه اخرى) فيظهر لنا النتائج النهائية للانتاج بعد التعديلات التي اجريت في الاختبار الاول وقد نحتاج الى تعديل اخر او لانحتاج وهذا ما يسمى بنمو أي التطورات التي اجريت خلال فترة الاختبار ، وهو من اكثر الاختبارات التي تؤدي الى اكبر تحسين للمعولية والنمو. ويمكن برسم بيانات وقت الاختبار ونتائج وقت الاختبار اساس بناء العديد من أنماذج المعولية .وهناك تحسين جديد التصميم كما في كتاب[Military](1981) [Reliability Growth Management] عبر رياضياً عن منحنى النمو المثالي كما يأتي :

$$\theta_{cu}(t)=\begin{bmatrix} \theta_{cu1} & 0<t\le t_1 \\ \dfrac{\theta_{cu1}}{1-\alpha}\left(\dfrac{t}{t_1}\right)^{\alpha_g} & t>t_1 \end{bmatrix} \qquad \text{...(7-2)}$$

حيث إن $\theta_{cu}(t)$ = تمثل متوسط وقت الفشل θ في وقت الاختبار المتراكم t .

θ_{cu1} = متوسط وقت الفشل θ في دورة الاختبار الاولية.

t_1 = طول دورة الاختبار الاولى في وقت الاختبار المتراكم.

t = وقت الاختبار المتراكم.

α_g =معلمة النمو.

MTTF = θ = متوسط وقت الفشل

حيث ان θ_{cu1} تحسب بطريقة تدعى طريقة الامكان الاعظم لبيانات المراقبة وتحتاج الى t_1 من العمليات الحسابية التالية :

نفرض ان وقت العطل = tc

$$\left.\begin{aligned} & tc_1(start)=c_1 \\ & c_1+(start-1)(tc_1-tc_2)=c_2 \\ & \vdots \\ & c_r+(start-r)(end-tc_r)=t_1 \end{aligned}\right\} \qquad \text{...(8-2)}$$

start : وقت بداية خطة الاختبار.

end : وقت نهاية خطة الاختبار .

$$\theta_{cu1}=\frac{t_1}{r} \qquad \text{...(9-2)}$$

خلال اي دورة اختبار، هناك متوسط وقت الفشل بداية الاختبار(t) θ_{cu} ومتوسـط وقـت الفـشل نهايـة الاختباروبرمز له (θ_m) الذي يكشف مدى التحسن بعد التعديلات التي جرت خلال الاختبـار ويحـسب θ_m بالصيغة الاتية :

$$\theta_m = \frac{t_i - t_{i-1}}{r(t_i) - r(t_i - 1)} \qquad \dots (10\text{-}2)$$

حيث t_i = وقت الاختبار المتراكم في نهاية(i) من دورات الاختبار.
$r(t_i)$ = تراكم عدد حالات الفشل (العطل) بعد (i) من دورات الاختبار.
لنفترض ان معدل المخاطرة[$\lambda_i = 1/\theta_m$] هو ثابت للدورة (i) حيث $i=1,\dots,r$.
وان α_g القيمة التقريبية لمعلمة النمو فتحسب بالصيغه الاتية :

$$\alpha_g = -\ln\left(\frac{T}{t_1}\right) - 1 + \left[\left\{1 + \ln\left(\frac{T}{t_1}\right)\right\}^2 + 2\ln\left(\frac{\theta_f}{\theta_{cu1}}\right)\right]^{0.5} \qquad \dots (11\text{-}2)$$

حيث إن θ_f = يمثل نهاية الهدف θ ثابته والحد الذي تتوقف عنده θ_m .
T = يمثل وقت الاختبار المتراكم.
اما لغرض التعبير عن$r(t_i)$ لتكن :

$$r(t_i) - r(t_1) = \lambda(t_i - t_1)$$

حيث λ هي معدل تقدير المخاطرة في الفترة (t, t_1):

$$\lambda = \frac{1}{t - t_1}\int_{t_1}^{t} \frac{1}{\theta(t')}\,dt' = \frac{1}{t - t_1}\int_{t_1}^{t} \frac{1-\alpha_g}{\theta_{cu1}}\left(\frac{t'}{t_1}\right)^{-\alpha_g} dt' \qquad \dots (12\text{-}2)$$

$$r(t) = \frac{t_1}{\theta_{cu1}}\left[\frac{t}{t_1}\right]^{1-\alpha_g} = \lambda_1 t_1\left(\frac{t}{t_1}\right)^{1-\alpha_g} \qquad \dots (13\text{-}2)$$

علماً ان $r(t_1) = \frac{t_1}{\theta_{cu1}}$.

ودالة المعولية المتراكمة في بداية الاختبارR_{cu} تحسب كما يأتي :

$$R_{cu}(t) = \exp\left[\frac{-t}{\theta_{cu}}\right] \qquad \dots (14\text{-}2)$$

ودالة المعولية المتراكمة في نهاية الاختبارR_m تحسب كما يأتي :

$$R_m(t) = \exp\left[\frac{-t}{\theta_m}\right] \qquad \dots (15\text{-}2)$$

3-4-2 أنموذج نمو دايني [2] Duane Growth Model

ان انموذج نمو دايني[Duane (1964)] هو الانموذج الاكثر استخداماً وتطوراً خلال فتـرة النمـو وقت الاختبار. هذا الانموذج يفترض محاولات الفشل اسية(بافتراض نسبة الفشل ثابتـة) والتعبيـر عنـة رياضياً كما يأتي :

$$\ln\left[\frac{T}{r(T)}\right] = a + b\ln T \qquad \dots (16\text{-}2)$$

$$\theta_c = \frac{T}{r(T)} = \exp[a + b\ln T] = \exp(a)\,T^b = k\,T^b \qquad \dots (17\text{-}2)$$

T = وقت اختبار كلي متراكم على كل أنموذج.

r(T) = حالات الفشل المتراكمة خلال الوقت T.

$\left(\frac{r(T)}{T}\right)$ **= معدل فشل متراكم ،** $\left(\frac{T}{r(T)}\right)$ **= متوسط وقت الفشل المتراكم θ.**

θc = متوسط وقت الفشل المتراكم بداية الاختبار.

b = هو معدل النمو او الانحدار بالمقارنة مع الصيغة العامه لخط المستقيم y=mx+a.

a = المقطع الصادي.

أنموذج معدلات النموالمميزة l (b) تكون ضمن المجال 0.3 الى 0.6 [2] ومن المعادلة (2-17):

$$r(T) = \frac{1}{k}T^{1-b} \qquad \ldots(18\text{-}2)$$

$$\frac{\partial r(T)}{\partial T} = \lambda(T) = \frac{1-b}{k}T^{-b} \qquad \ldots(19\text{-}2)$$

وبفرض ان معدل الفشل ثابتاً، فأن اختبار النمول(MTTF) كما في:

$$\theta_e = \frac{KT^b}{1-b} = \frac{\theta_c}{1-b} \qquad \ldots(20\text{-}2)$$

حيث إن θe = متوسط وقت الفشل نهاية الاختبار .

وان دالة المعولية المتراكمة نهاية الاختبار هي :

$$R_c = \exp\left[\frac{-t}{\theta_c}\right] \qquad \ldots(21\text{-}2)$$

وان دالة المعولية لمنحنى دايني في اختبار نمو المعولية لنهاية الاختبار هي :

$$R_e(t) = \exp\left[\frac{-t}{\theta_e}\right] \qquad \ldots(22\text{-}2)$$

حيث إن k تحسب من $k = \exp(\hat{a})$ **اما b,a = فتقدر بطريقة المربعات الصغرى كما يأتي:**

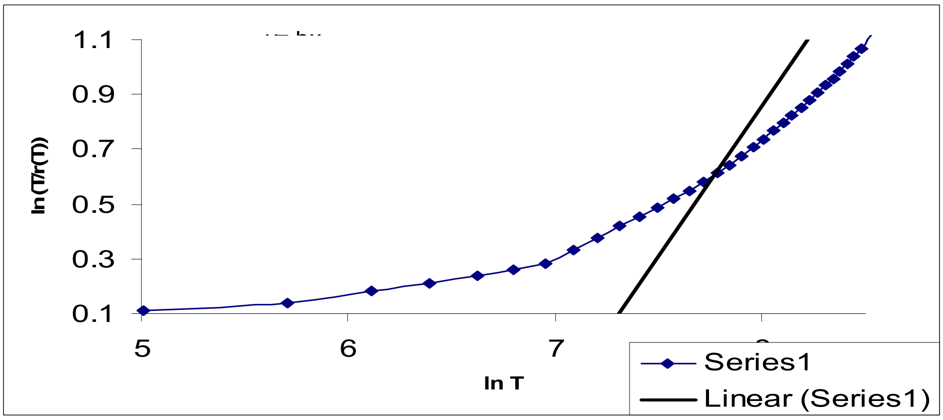
$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^{r} x_i y_i - \bar{x}\sum_{i=1}^{r} y_i}{\sum_{i=1}^{r} x_i^2 - r\bar{x}^2} \qquad \ldots(23\text{-}2)$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x} \qquad \ldots(24\text{-}2)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{r} x_i}{r}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{r} y_i}{r}, \quad x_i = \ln t_i, \quad y_i = \ln\left[\frac{t_i}{r(t_i)}\right] \qquad \ldots(25\text{-}2)$$

حيث إن x_i , y_i = هي قيم المتغيرين العشوائين y,x .

وارسم منحني الانموذج حيث $y=\ln\left[\frac{T}{r(T)}\right]$ ويمثل المحور الصادي ويقابل x=lnT ويمثل المحور السيني بأعتماد على البيانات الحقيقية المستحصلة وكما موضح في شكل(3) .



أما معامل التحديد (Coefficient of Determination) R^2 الذي يظهر لنا جودة النموذج للبيانات قيد الدراسه وبجذره يسمى(index of fit) rr وتقع قيمته بين rr(1,0) وان كلاً من x , y متغيرين عشوائيين حيث ان rr تحسب كما يأتي :

$$R^2=\frac{b^2\sum\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{\sum\left(y_i-\bar{y}\right)^2} \Rightarrow \text{index of fit}=rr=\sqrt{\frac{b^2\sum(x_i-\bar{x})^2}{\sum(y_i-\bar{y})^2}} \quad \dots (26\text{-}2)$$

4-4-2 **أنموذج نمو المعولية الاسي** [3] Exponential Reliability growth model

ويعتمد على قيديين للوصول الى الحل الامثل(Optimal Solution) وهو الحل المقبول(الذي يحقق القيد) فضلاً عن ذلك يجعل القيد في نهايته الصغرى. ومعدل الفشل (λ_j للمركب j) ووقت الاختبار t_j المستغرق يحسب من خلال المعادلة الأتية :

$$\lambda_j = \lambda_{j0}\,\exp[-u_j\, t_j] \quad \dots (27\text{-}2)$$

λ_{j0} = معدل الفشل الاولي في الوقت(0) ، u_j معلمة التالف.

وسنوضح المشاكل المترتبة في التطبيق (من خلال قيديين لهذا النموذج) كالأتي :

1-4-4-2 **قيد معدل الفشل الثابت** [3]Fixed Failure Rate Constraint

مشكلة قيد معدل الفشل الثابت يمكن ان يصاغ في تطبيق وحيد في مجال البيئة(البرمجة الخطية)، نفرض ان منحنيات نمو المعولية الاسي تطبق كما يأتي :

$$\text{Minimize} \quad tp=\sum\frac{1}{u_j}\ln\left(\frac{\lambda_{j0}}{\lambda_j}\right)$$

يخضع الى القيد الأتي :

$$\lambda_{p1}+\lambda_{p2}+\dots+\lambda_{r} \le \delta \qquad \dots (28\text{-}2)$$

نستخدم طريقة لاكرانج للوصول الى الحل المثالي الذي يجعل القيد في نهاية الصغرى:

$$F(\lambda_{p1}, \lambda_{p2}, \dots, \lambda_{pr}) = t_p + \varphi\,[(\lambda_{p1}+\lambda_{p2}+\dots+\lambda_{pr}) - \delta] \qquad \dots (29\text{-}2)$$

حيث φ مضاعف لاكرانج ،وللحصول على معدلات الفشل كما ياتي :

$$\left.\begin{aligned}
\lambda_{p1} &= \frac{\delta}{1+\left(\frac{u_1}{u_2}\right)+\dots+\left(\frac{u_1}{u_r}\right)} \\
\lambda_{p2} &= \left(\frac{u_1}{u_2}\right)\lambda_{p1} \\
&\vdots \\
\lambda_{pr} &= \left(\frac{u_1}{u_r}\right)\lambda_{p1}
\end{aligned}\right\} \quad \dots (30\text{-}2)$$

وأوقات الاختبار[$t_{p1}, t_{p2}, \dots, t_{pr}$] تحسب باستخدام معدلات الفشل اعلاة وكما يأتي :

$$\left.\begin{aligned}
t_{p1} &= \left(\frac{1}{u_1}\right)\ln\left(\frac{\lambda_{10}}{\lambda_{p1}}\right) \\
t_{p2} &= \left(\frac{1}{u_2}\right)\ln\left(\frac{\lambda_{20}}{\lambda_{p1}}\right) \\
&\vdots \\
t_{pr} &= \left(\frac{1}{u_r}\right)\ln\left(\frac{\lambda_{r0}}{\lambda_{p1}}\right)
\end{aligned}\right\} \quad \dots (31\text{-}2)$$

ويجب أن لا تكون ($\lambda_{10} \le \lambda_{p1}$) للحصول على حلول مثلى تتبع استتراجية صحيحة .

وان معلمة أو متوسط وقت الفشل للقيد θ_p يحسب كما يأتي :

$$\theta_p = \frac{1}{\lambda_{pi}} \qquad i = 1,2,\dots,r \qquad \dots (32\text{-}2)$$

ودالة المعولية للقيد R_p تحسب كما يأتي :

$$R_p = \exp\left[\frac{-t_{p(i)}}{\theta_p}\right] \qquad \dots (33\text{-}2)$$

2-4-4-2 ميزانية الاختبار الثابتة [3] Fixed Testing Budget

مشكلة ميزانية الاختبار يمكن ان تصاغ في تطبيق بيئي، نفرض ان منحنى نمو المعولية الاسي :

$$\text{Minimize} \quad \lambda_d = \lambda_{d1}+\lambda_{d2}+\dots+\lambda_{dr}$$

يخضع إلى القيد الأتي :

$$t_{d1}+t_{d2}+\dots+t_{dr} \le tt \qquad \dots (34\text{-}2)$$

نستخدم طريقة لاكرانج للوصول الى الحل المثالي الذي يجعل القيد في نهاية الصغرى كلأتي:

$$F(t_{d1},t_{d2},\dots,t_{dr}) = \lambda_d + \varphi\,[(t_{d1}+t_{d2}+\dots+t_{dr}) - tt] \qquad \dots (35\text{-}2)$$

حيث φ مضاعف لاكرانج ،والحلول الناتجة ل [λ's] هي :

$$\left.\begin{aligned} \lambda_{d1} &= \lambda_{10}\exp[-u_1 t_{d1}] \\ \lambda_{d2} &= \lambda_{20}\exp[-u_2 t_{d2}] \\ &\vdots \\ \lambda_{dr} &= \lambda_{r0}\exp[-u_r t_{dr}] \\ -u_1\lambda_{d1} &= -u_2\lambda_{d2} = \ldots = -u_r\lambda_{dr} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (36\text{-}2)$$

وحلول [t's] هي :

$$\left.\begin{aligned} t_{d1} &= \frac{tt - \left[\frac{1}{u_2}\ln\left(\frac{\lambda_{20}u_2}{\lambda_{10}u_1}\right) + \ldots\ldots + \frac{1}{u_r}\ln\left(\frac{\lambda_{r0}u_r}{\lambda_{10}u_1}\right)\right]}{1 + \left(\frac{u_1}{u_2}\right) + \ldots\ldots\ldots + \left(\frac{u_1}{u_r}\right)} \\ t_{d2} &= \frac{1}{u_2}\ln\left(\frac{\lambda_{20}u_2}{\lambda_{10}u_1}\right) + \left(\frac{u_1}{u_2}\right)t_{d1} \\ &\vdots \\ t_{dr} &= \frac{1}{u_r}\ln\left(\frac{\lambda_{r0}u_r}{\lambda_{10}u_1}\right) + \left(\frac{u_1}{u_r}\right)t_{d1} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (37\text{-}2)$$

وان معلمة أو متوسط وقت الفشل للقيد θ_d يحسب كما يأتي :

$$\theta_d = \frac{1}{\lambda_{di}} \qquad i=1,2,\ldots,r \qquad \ldots (38\text{-}2)$$

ودالة المعولية للقيد R_d تحسب كما يأتي :

$$R_d = \exp\left[\frac{-t_{d(i)}}{\theta_d}\right] \qquad \ldots (39\text{-}2)$$

2. الجانب التطبيقي

تمكن الباحث من الحصول على بيانات حقيقية من مصنع الرشيد لشركة الزيوت (خط انتاج صابون الصحة) وتم الحصول عل من موقع المراقبة (السيطرة) وخطة العمل[1] للمصنع وكانت البيانات خاصة بأنواع الالات وزمن عطلاتها والاختبارات التي تجرى عليها وبمساعدة مهندسي وفنيي القسم تم التوصل لمعلومات اكثر دقة فضلاً عن خطة الاختبارالمراقبة واوقات الفشل للالات مكائن خط الانتاج وسجلت البيانات لسنة (2007) وتشمل اوقات العطل(t_s) وقت الاختبار الثابتTووقت بداية الاختبارstart حيث يتناقص ساعه لكل وقت عطل وتدعى خطة المراقبة ، ورتبت البيانات حسب طبيعة الاختبارات وكما موضحة في الجدول رقم (1).

[1] - خطة العمل موضحة في صفحة (21)

من النوع الثاني مع تطبيق عملي

جدول رقم (1) انواع الالات العاطلة ووقت العطل (t) وخطتي الاختبار لها

T	start=42 end=200	ساعة (t_s)	انواع الالات العاطلة	الرقم
200	42	1	خلاط	1
200	41	9	خزان تذويب	2
200	40	9	فلتر	3
200	39	10	براجل تبريد	4
200	38	13	ناقل جبس	5
200	37	21	خباطة قصر	6
200	36	25	خزان النواة	7
200	35	28	مضخة النواة	8
200	34	32	خزان الكلسرين	9
200	33	33	مضخة رقم (4)	10
200	32	37	سايلو خشبي	11
200	31	40	خزان اللي	12
200	30	41	خباطة صابون	13
200	29	41	خباطة الوان	14
200	28	44	احواض الصابون	15
200	27	58	خط المملحة	16
200	26	61	منظومة فاكيوم	17
200	25	62	ناقل بلودرات	18
200	24	66	طاحونة	19
200	23	68	خزان الملح	20
200	22	83	ماطور هواء	21
200	21	84	مضخة الملح	22
200	20	90	خط البخار الرئيسي	23
200	19	102	مضخة اللي	24
200	18	106	بلودر ثنائي	25
200	17	118	بلودر اولي	26
200	16	119	مضخة الدهون	27
200	15	125	هدر البخار	28
200	14	128	كمبريسر هواء	29
200	13	130	خزان التغذية	30
200	12	134	قاطعة	31
200	11	145	مجففة	32
200	10	154	طابعة	33
200	9	166	مضخات تغذية	34
200	8	175	مضخات الشط	35

3-1 اختبار حسن المطابقة [2] Goodness of fit test

لمعرفة ما هو توزيع البيانات الخاصة باوقات العطل (t_s) الموضحة في جدول رقم (1) للتوزيع الاسي بمعلمة واحدة استخدم الباحث اختبارين لحسن المطابقة لتاكيد توزيع البيانات توزيعاً اسياً بمعلمة واحدة والاختباريين هي [(χ^2) Chi_squar , Kolmogorov-Smirnov (k-s)] وفق فرضية العدم التي تنص على ان اوقات العطل تتوزع توزيعاً اسياً بمعلمة واحدة (θ) والفرضية البديلة ضد ذلك بالنسبة للاختباروالموضحة كما يأتي :

H_0 : Failure times are exponential with θ

H_1 : Failure times are not exponential with θ

حيث تم اختبارχ^2 لوقت العطل t_s الموضح في جدول رقم (1) وتم الحصول على[χ^2_{table}=13.3 $>$ χ^2=2.685] وبعد المقارنة بين القيمة الحسابية(χ^2) والقيمة الجدولية(χ^2_{table}) اظهرت النتائج بان القيمة الجدولية اكبر من القيمة الحسابية وبذلك تم قبول فرضية العدم (H_0)، اما في اختبار (k-s) لوقت العطل t_s الموضح في جدول رقم(1) استنتج ان[D_n=0.049 $<$ D_{table} =0.174] القيمة الجدولية(D_{table}) اكبر من القيمة الحسابية (D_n) وبناءً على ذلك تم قبول فرضية العدم(H_0). وبعد ان اجريت اختباريين لحسن المطابقة (الموضحة صيغها في اسفل الصفحة) على جميع اوقات العطل التي حصل عليها الباحث والموضحة في جدول رقم(2) تم قبول فرضية العدم لكل اختبار لاوقات العطل وبذلك تم التاكد من ان البيانات تتوزع توزيعاً اسياً بمعلمة واحدة .[2]

جدول رقم (2) اختبارات حسن المطابقة عند (α=0.01)

اختبار حسن المطابقة	Chi-square (χ^2)			Kolmogorov-Smirnov (k-s)		
t	χ^2	χ^2_{table}	Accept Test	D_n	D_{table}	Accept Test
t_s	2.0186	9.49	Accept H_0	0.0492	0.1742	Accept H_0

3-2 اختبار نمو المعولية Reliability Growth Test

استخدم الباحث في هذا الاختبار المعلومات المتوفرة في جدول (1) الذي يوضح انواع الالات واوقات عطلاتها ودوراتها واوقات الاختبار، اما هدف الاختبار هو الوصول الى اهداف المعولية اي تعطينا معلومات متراكمة عن بداية الاختبار حتى نهاية الاختبار لمعرفة سلبيات وايجابيات عمل الماكنة والتغيرات التي تحدث وقد يتم اجراء التعديلات بعد اعطاء المعلومات بداية الاختبار للتحسين او للوصول الى افضل الاهداف للمعولية (MTTF=θ) .

في جدول (1) يوضح معلومات لانموذجي منحنى النمو المثالي وداييني التي تم الحصول عليها من اوقات العطل(t_s) وخطة الاختبار (start,end)الموضحة في جدول رقم(1) لانموذج منحنى النمو المثالي تم افترض قيمة (θ_f) التي تحقق لنا هدف الاختبار(القيمة التي تتوقف عندها قيمة θ_m وكلما تقترب قيمتها من θ_f المفترضه تشير الى حصول افضل النتائج للا نتاج وهذا مايدعى بهدف المعولية والوقت الذي توقفت عنده θ_m يرمزله t_f وقت نهاية الاختبار) اما (θ_{cu1}) وهي معلمة بداية الاختباراي تكون في وقت بداية الاختبار بين($0<t<t_1$) فقد تم تقديرها من المعادلتين [(2-8) , (2-9)] ومعلمة النمو α_g التي تم تقديرها وفق المعادلة (2-11) علماً بأن الطريقة المستخدمة لهذا الانموذج هي الامكان الاعظم، وأنموذج منحنى داييني الذي تم تقدير المعلمة المتراكمة له هي (θ_c) وفق المعادلة (2-17) و(θ_e) التي تمثل معلمة نهاية الاختباراو الهدف من المعادلة(2-20)باستخدام اوقات الاختبار T الموضحه في جدول رقم (1) وindex لانموذج داييني (rr) الذي تم الحصول علية من المعادلات[(2-23)... (2-26)] ويوضح مدى جودة النموذج للبيانات المستخدمه اما الطريقة المستخدمة لهذا الانموذج هي المربعات الصغرى .

2

D_1= Max [f(t_i) – (i-1/n)] , D_2= Max [i/n – f(t_i)] D_n=Max[D_1, D_2]	χ^2=∑ [(O_i – E_i)^2 /E_i]

والنتائج الموضحه في جدول(3) لمنحنى النمو المثالي هي عندما(θ_{cu1}=113) وللحصول على افضل النتائج فأن معلمة الهدف(θ_f=300) والوقت الذي يحقق الوصول الى معلمة الهدف هو(t_f=11000) ومعلمة النمو المقدرة هي α_g = 0.43 ،ولمنحنى دايني فأن قيمة المعلمة التراكمية بداية الاختبار(θ_c=2.2687) اما معلمة الهدف(نهاية الاختبار)(θ_e=3.1223) وindex (rr=0.913) التي تشير الى جودة النموذج .

جدول رقم(3) معلومات منحنى النمو المثالي ومنحنى دايني

منحنى دايني		منحنى النمو المثالي		
θ_c	θ_e	t_f	θ_{cu1}	θ_f
2.2687	3.1223	11000	113	300
rr =0.913		α_g =0.43		

1-2-3 منحنى النمو المثالي Idealized Growth Curve

عند عمل خط انتاج الصابون يمر الصابون بفحصيين مختبريين وهذا الفحص يحتاج الى تثبيت الاختبار لاجراء الفحص باخذ عينة من مادة الصابون ونكشف عن سلبيات المادة الناتجة كارتفاع درجة حرارة الماكنة نتيجة التفاعل الكمياوي لمواد الانتاج وبعد ذلك من اخذعينه من الانتاج واختبارها فتظهر لنا نسب المواد المضافه للنتاج بعد التفاعل فأن أي نقصان او زياده بنسبة كل ماده مضافة يقود الانتاج الى الفشل فيقوم المهندس الكميائي بتعديل السلبيات من خلال اضافة مواد لمعادلة نسب او غيرها للحصول على افضل النتائج او نثبت الاختبار نتيجة لحدوث خطأ ما في خط الانتاج او تنبأ بالعطل لكي يتمكن المهندس من معالجة الخلل وتلافي حدوثه وكل تثبيت يكشف لنا التطورات التي تحدث خلال عمل خط الانتاج وهذا مانسميه بالنمو وهو اما يكون متزايداً او متناقصاً.

من اوقات العطل (t_s) وخطة الاختبار المتوفرة في جدول(1) وللوصول الى (t_1) من تطبيق المعادلة (2-8) حصلنا على النتائج الموضحة في جدول (4) ومن اوقات العطل وخطة الاختبار المتراكمه تمكنا من الحصول على (t_1=3958) وبعدها نقوم بتقريبها الى اقرب الف فتصبح (t_1=4000) ثم زيادة 1000 للوصول الى الوقت النهائي t_f ومعلمة الهدف θ_f [2] فضلاً عن المعلومات الخاصه بانموذج منحنى النمو المتوفرة في جدول (3) تمكنا من الوصول الى هدف منحنى النمو من الجوانب الرياضية للمعادلات [(7-2)الى (2-15)] .

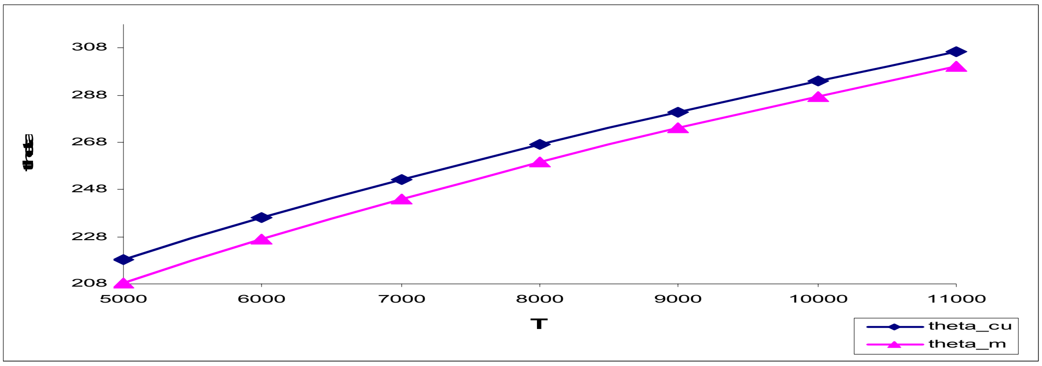
جدول (4) اوقات الاختبار المتراكمة

t_s	Cumulative test time	t_s	Cumulative test time
1	42	66	2149
9	370	68	2195
9	370	83	2525
10	409	84	2546
13	523	90	2666
21	819	102	2894
25	963	106	2966
28	1068	118	3170
32	1204	119	3186
33	1237	125	3276
37	1365	128	3318
40	1458	130	3344
41	1488	134	3392
41	1488	145	3513
44	1572	154	3603
58	1950	166	3711
61	2028	175	3783
62	2053	200	3958

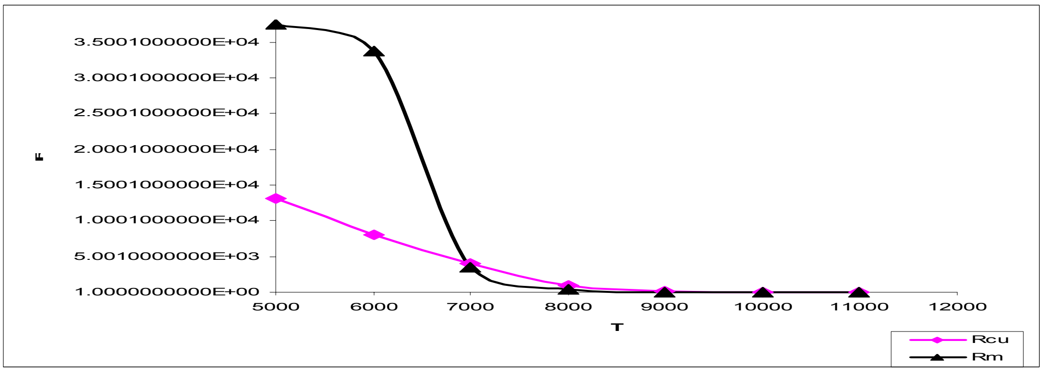
حيث اظهرت النتائج في جدول (5) في وقت توقف (نهاية) الاختبار (T(i)= 11000) فأن المعلمه المتراكمه او متوسط وقت العطل المتراكم بداية الاختبار (θ_{cu1}=306.278) ومنحنى النمو لها متزايد وكان عدد العطلات خلال دورة الاختبار ($r(t_i)$=63.008) اما معلمة الهدف او عند توقف الاختبار (θm=300.142) ومنحنى النمو لها متزايد ونلاحظ عند التوقف بدأت قيمة المعلمة او متوسط وقت العطل يتناقص وهذا التناقص مايسمى بالنمو، بينما دالة المعولية المتراكمة عند الوقت 11000 (R_{cu}=2.525 x 10^{-16}) ومنحنى النمو لها متناقص ودالة المعولية عند توقف الاختبار (R_m=1.211 x 10^{-16}) ومنحنى النمو لها متناقص ايضاً لكنها متزايده بالنسبة لدالة المعولية المتراكمة والتناقص الحاصل لمعلمتي الانموذج هما المتراكمه والهدف من خلالة نستنتج ان عمليات المعالجة اثناء الاختبار ادت الى تحسن في معلومات المعولية (المعلمات) مما قابل تناقص لدالتي المعولية نتيجة التحسن في هدف المعولية. والشكل(1) يوضح نتائج جدول (5) التي تم التوصل اليها للمعلمات التراكميه بداية الاختبار. والشكل (2) يوضح نتائج جدول (5) التي تم التوصل اليها لدالة المعولية التراكميه بداية الاختبار.

جدول (5) تقديرات المعلمات ودالة المعولية لمنحنى النمو المثالي

$T_{(i)}$	θ_{cu}	$r(t_i)$	θ_m	R_{cu}	R_m
5000	218.2101226	40.1994633	208.27982079	1.118×10^{-10}	3.751×10^{-11}
6000	236.0058831	44.60192114	227.14584530	9.096×10^{-12}	3.374×10^{-12}
7000	252.1795983	48.69823662	244.12182210	8.807×10^{-13}	3.523×10^{-13}
8000	267.0831476	52.54950692	259.65458726	9.805×10^{-14}	4.162×10^{-14}
9000	280.9584320	56.19861118	274.03985415	1.225×10^{-14}	5.456×10^{-15}
10000	293.980004	59.67705084	287.48522274	1.686×10^{-15}	7.822×10^{-16}
11000	306.2785949	63.0087963	300.14297390	2.525×10^{-15}	1.211×10^{-16}



شكل(1) تقديرات معلمات منحنى النمو المثالي



شكل (2) تقديرات دالة المعوليه لمنحنى النمو المثالي

2-2-3 أنموذج النمو دايني Duane Growth Model

ويقصد بذلك بعد فتره من الاختبار نقوم بايقاف الاختبار لفحص المنتج او الماكنه لمعرفة السلبيات والايجابيات لنتمكن من اجراء التعديلات ونغير ما يلزم تغيره لتحقيق افضل اهداف للمعوليه فضلاً عن انه يكشف لنا التطورات التي تحدث في كل تثبيت اي النمو المتزايد او المتناقص .

ومن المعلومات المتوفرة في جدول (1) لاوقات العطل t_s بعد ترتيبها تنازلياً وان من تراكم اوقات العطل تم الحصول على اول قيمة الموضحة في جدول(6) $c(t_s)= 175$ ومن ثم اضافة العطل الثاني له وهكذا اما وقت الاختبار الثابت $T=200$ لكل وقت عطل ولكن بتراكم اوقات العطل ادى الى ضرورة تراكم اوقات الاختبار كما موضح في جدول (6) والمعلومات الخاصة بأنموذج دايني في جدول (3) حيث كانت المعلمة المتراكمة بداية الاختبار (θ_c=2.2687) اما معلمة الهدف (نهاية الاختبار) (θ_e= 3.1223) ان النمو المتزايد الموضح للمعلمتين يبرهن ان هناك تحسناً في معلومات المعوليه عكس ما حدث في منحنى النمو المثالي فكان النمو المتناقص للمعلمتين يدل على تحسن معلومات المعوليه ،وللحصول على هدف الانموذج من المعادلات[(2-16) الى (2-26)] تم التوصل الى النتائج الموضحة في جدول(6)، حيث ان دالتي المعوليه لدايني المتراكمه (R_c= 0.0967) ومنحنى النمو لها متناقص ودالة المعوليه عند توقف الاختبار (R_e= 0.1832) ومنحنى النمو لها متناقص وان التزايد الملحوظ لدالتي المعولية المتراكمة والهدف هو هدف المعوليه الذي حققه منحنى النمو.

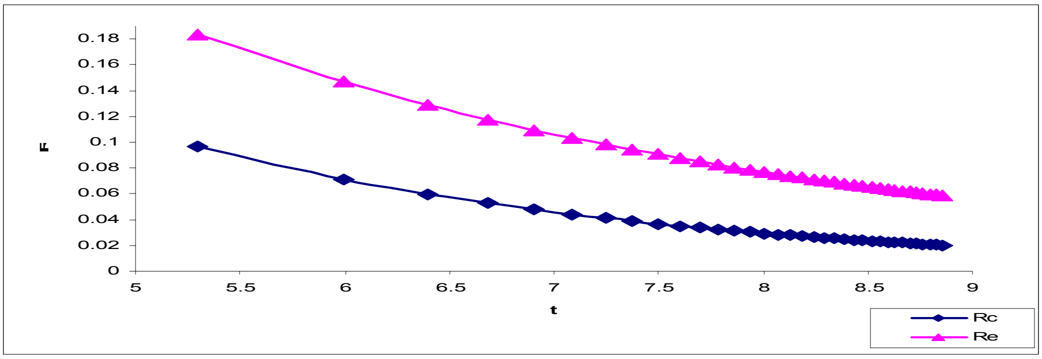
الشكل (3) يوضح نتائج جدول (6) لمنحنى دايني وخط الانحدار

الشكل (4) يوضح نتائج جدول (6) تقديردالة المعولية المتراكمة بداية الاختبار والهدف لمنحنى دايني.

من النوع الثاني مع تطبيق عملي

جدول (6) تقديرات دالة المعولية لمنحنى النمو دايني

t_s	$r(t_s)$	T	x_i	y_i	R_c	R_e
175	175	200	5.2983	0.1335	0.0967	0.1832
166	341	400	5.9914	0.1595	0.0712	0.1467
154	495	600	6.3969	0.1923	0.0596	0.1288
145	640	800	6.6846	0.2231	0.0525	0.1175
134	774	1000	6.9077	0.2561	0.0476	0.1094
130	904	1200	7.09	0.2832	0.0439	0.1032
128	1032	1400	7.2442	0.3049	0.041	0.0982
125	1157	1600	7.3777	0.3241	0.0386	0.0941
119	1276	1800	7.4955	0.344	0.0367	0.0906
118	1394	2000	7.6009	0.3609	0.035	0.0876
106	1500	2200	7.6962	0.3829	0.0336	0.085
102	1602	2400	7.7832	0.4042	0.0323	0.0826
90	1692	2600	7.8632	0.4296	0.0312	0.0805
84	1776	2800	7.9373	0.4552	0.0302	0.0786
83	1859	3000	8.0063	0.4785	0.0293	0.0769
68	1927	3200	8.0709	0.5071	0.0285	0.0754
66	1993	3400	8.1315	0.5341	0.0277	0.0739
62	2055	3600	8.1886	0.5606	0.027	0.0726
61	2116	3800	8.2427	0.5854	0.0264	0.0713
58	2174	4000	8.294	0.6097	0.0258	0.0702
44	2218	4200	8.3428	0.6384	0.0252	0.0691
41	2259	4400	8.3893	0.6666	0.0247	0.068
41	2300	4600	8.4338	0.6931	0.0242	0.0671
40	2340	4800	8.4763	0.7184	0.0238	0.0662
37	2377	5000	8.5171	0.7435	0.0234	0.0653
33	2410	5200	8.5564	0.769	0.023	0.0645
32	2442	5400	8.5941	0.7935	0.0226	0.0637
28	2470	5600	8.6305	0.8185	0.0222	0.063
25	2495	5800	8.6656	0.8435	0.0219	0.0623
21	2516	6000	8.6995	0.869	0.0216	0.0616
13	2529	6200	8.7323	0.8967	0.0213	0.061
10	2539	6400	8.764	0.9245	0.021	0.0603
9	2548	6600	8.7948	0.9517	0.0207	0.0598
9	2557	6800	8.8246	0.978	0.0204	0.0592
1	2558	7000	8.8536	1.0066	0.0201	0.0586



شكل (4) تقديرات دالة المعولية لمنحني النمو دايني

3-2-3 أنموذج منحنى النمو الاسي

اعتمد على اسلوب المحاكاة وله قيدين ولكل قيد شروط وهما :

a) قيد معدل الفشل الثابت (Fixed Failure Rate) من (2-28)...(2-33) وشروط القيد هي:

1) مجموع معدلات الفشل له اصغر او تساوي القيمة الافتراضية (δ) ($\lambda_{p1}+\lambda_{p2}+\ldots+\lambda_{pr} \le \delta$)

2) مجموع اوقات الاختبار اقل ما يمكن (Minimize $\sum t_p$) .

b) قيد ميزانية الفشل الثابتة (Fixed Testing Budget) من (2-34)...(2-39) .

1) مجموع معدلات الفشل اقل ما يمكن (Minimize $\sum \lambda_d$).

2) مجموع اوقات الاختبار له اصغر او يساوي القيمة الافتراضية (tt) $t_{d1}+t_{d2}+\ldots+t_{dr} \le tt$

وللوصول الى الحل الامثل يجب تحقيق الشروط اعلاة للقيدين وافتراض قيم لمعدلات الفـشل الاوليـة λ_{j0} ومعلمات التاف u لمركبات المعولية الستة والقيم التي تم افتراضها موضحة في الجدول الأتي :

جدول(w) القيم الافتراضية لقيدي منحنى النمو الاسي (معدل الفشل الثابت وميزانية الاختبار الثابتة)

δ	tt	λ_{j0}	u
9	3	5	1
		5	1
			2
			3
			4
			5
			6
		5	1
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		5	1
		6	2
		7	3
		8	4
		9	5
		10	6

ومن خلال النتائج المبينة في الجدول (7) تقديرات منحنى النمو الاسي لقيدي معدل الفـشل الثابـت وميزانية الاختبار الثابتة لست مركبات باعتماد على القيم في جدول (w) نلاحظ ما يأتي :

1) الحالة الاولى عند تثبيت كل من معدلات الفشل الاولي λ_{j0} ومعلمات التاف (u) لقيد معدل الفشل الثابت كانت القيمة الافتراضية (δ=9) حيث ان مجموع معدلات الفشل ($\sum\lambda_p=9 \le \delta$)، ($\sum t_p=7.2238$) ممـا يحقق شروط القيد وان معلمة القيد (θ_p) منحنى النمو لها ثابت ودالة المعوليـة للقيـد (R_p)منحنيهـا متناقص . بينما لقيد ميزانية الاختبار الثابتة فكان وقت الاختبار المفترض(tt=3) حيث ان مجموع اوقات الاختبار ($\sum t_d=3$)، ($\sum\lambda_d=18.1959$) مما يحقق شروط القيد وان معلمة القيد (θ_d) ودالـة المعوليـة (R_d)منحنى النمو لهما ثابت .

2) **الحالة الثانية عندما معدلات الفشل الاولي متغيرة λ_{j0} ومعلمات التلف ثابتة (u) لقيد معدل الفشل الثابت كانت القيمة الافتراضية (δ=9) حيث ان مجموع معدلات الفـشل($\sum\lambda_p=9 \leq \delta$) ،($\sum t_p$=9.4935) ممـا يحقق شروط القيد وان معلمة القيد (θ_p) منحنى النمو لها ثابت ودالة المعوليـة للقيـد (R_p) منحنيهـا متناقص. بينما لقيد ميزانية الاختبار الثابتة فكان وقت الاختبار المفترض(tt=3) حيث ان مجموع اوقات الاختبار ($\sum t_d$=2.99997) ،($\sum\lambda_d$=26.5620) مما يحقق شروط القيد وان معلمة القيـد (θ_d) منحنـى النمو لها ثابت ودالة المعولية للقيد (R_d)منحنيها متناقص .**

3) **الحالة الثالثة عندما معدلات الفشل الاولي ثابتة λ_{j0} ومعلمات التلف متغيرة (u) لقيد معدل الفشل الثابت كانـت القيمـة الافتراضـية (δ=9) حيـث ان مجمـوع معـدلات الفـشل ($\sum\lambda_p$=8.99996≤ δ)، ($\sum t_p$=2.4351) مما يحقق شروط القيد وان معلمة القيد (θ_p) منحنى النمو لها متزايد ودالة المعوليـة للقيد (R_p) منحنيها متزايد ايضاً . بينما لقيد ميزانية الاختبار الثابته فكـان وقـت الاختبـار المفتـرض (tt=3) حيث ان مجموع اوقات الاختبار ($\sum t_d$=2.99997) ،($\sum\lambda_d$=7.147) مما يحقق شـروط القيـد وان معلمة القيد (θ_d) منحني النمو لها متزايد ودالة المعولية للقيد (R_d)منحنيها متزايد ايضاً .**

4) **الحالة الرابعة عندما معدلات الفشل الاولي متغيرة λ_{j0} ومعلمات التلف متغيرة (u) لقيد معـدل الفـشل الثابـــت كانـــت القيمـــة الافتراضـــية (δ=9) حيـــث ان مجمـــوع معـــدلات الفـــشل ($\sum\lambda_p$=8.99996≤ δ)،($\sum t_p$=2.9890) مما يحقق شروط القيد وان معلمة القيد (θ_p) منحنى النمو لها متزايد ودالة المعولية للقيد (R_p)منحنيها متزايد ايضاً . بينما لقيد ميزانية الاختبار الثابته فكـان وقـت الاختبار المفترض(tt=3) حيث ان مجموع اوقات الاختبار ($\sum t_d$=2.99997) ،($\sum\lambda_d$=8.96003) ممـا يحقق شروط القيد وان معلمة القيد (θ_d) منحنى النمو لها متزايد ودالة المعولية للقيـد (R_d) منحنيهـا متزايد ايضاً .**

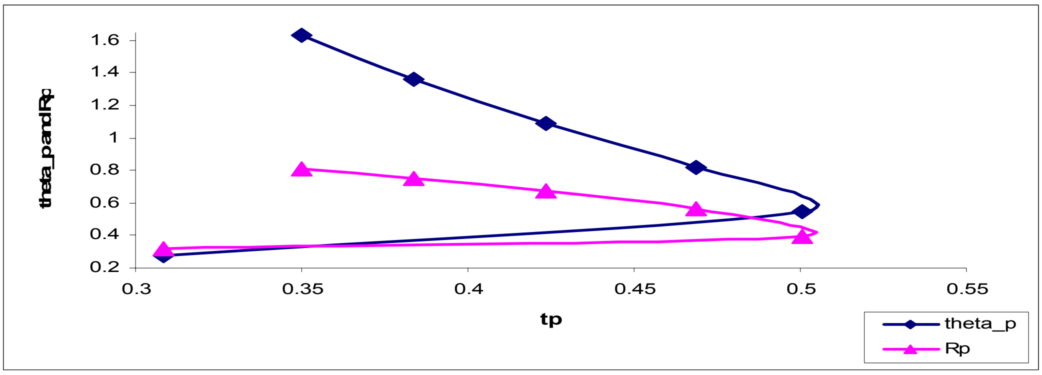
الشكل (5) يوضح معلمة ودالة المعولية للحل الامثل لقيد معدل الفشل الثابت .

الشكل (6) يوضح معلمة ودالة المعولية للحل الامثل لقيد ميزانية الاختبار الثابته.والنتائج اعلاه موضحة في الجدول الأتي :

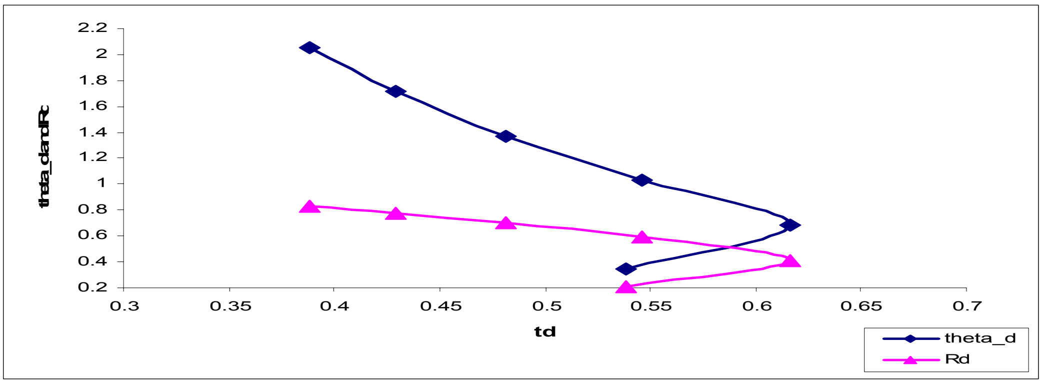
من النوع الثاني مع تطبيق عملي

جدول (7) تقديرات منحنى النمو المثالي لفيدي معدل الفشل الثابت وميزانية الاختبار الثابته لست مركبات

			Fixed failare rate				Fixed testing budget				
λj0	u	δ	λp	tp	θp	Rp	tt	λd	td	θd	Rd
5	1	9	1.5	1.20397	0.66666	0.16431	3	3.03265	0.5	0.32974	0.21951
5	1		1.5	1.20397	0.66666	0.16431		3.03265	0.5	0.32974	0.21951
5	1		1.5	1.20397	0.66666	0.16431		3.03265	0.5	0.32974	0.21951
5	1		1.5	1.20397	0.66666	0.16431		3.03265	0.5	0.32974	0.21951
5	1		1.5	1.20397	0.66666	0.16431		3.03265	0.5	0.32974	0.21951
5	1		1.5	1.20397	0.66666	0.16431		3.03265	0.5	0.32974	0.21951
			9	7.22382				18.1959	3		
5	1	9	1.5	1.20397	0.66666	0.16431	3	4.42701	0.12171	0.22588	0.58343
6	1		1.5	1.38629	0.66666	0.125		4.42701	0.30403	0.22588	0.26028
7	1		1.5	1.54044	0.66666	0.09919		4.42701	0.45818	0.22588	0.13154
8	1		1.5	1.67397	0.66666	0.08118		4.42701	0.59171	0.22588	0.07283
9	1		1.5	1.79175	0.66666	0.06804		4.42701	0.70949	0.22588	0.04324
10	1		1.5	1.89711	0.66666	0.05809		4.42701	0.81485	0.22588	0.02712
			9	9.49353				26.5620	2.99997		
5	1	9	3.67346	0.3083	0.27222	0.32221	3	2.91715	0.53883	0.3428	0.20766
5	2		1.83673	0.50072	0.54444	0.39863		1.45857	0.61598	0.6856	0.40719
5	3		1.22448	0.46897	0.81666	0.56312		0.97238	0.54581	1.0284	0.58816
5	4		0.91836	0.42364	1.08888	0.67768		0.72928	0.48128	1.3712	0.70398
5	5		0.73469	0.38354	1.36111	0.75443		0.58343	0.42965	1.714	0.77827
5	6		0.61224	0.35001	1.63333	0.80711		0.48619	0.38843	2.0568	0.8279
			8.99996	2.43518				7.147	2.99997		
5	1	9	3.67346	0.3083	0.27222	0.32221	3	3.65716	0.31274	0.27343	0.31861
6	2		1.83673	0.59188	0.54444	0.33718		1.82858	0.5941	0.54687	0.33743
7	3		1.22448	0.58112	0.81666	0.49086		1.21905	0.58261	0.8203	0.49152
8	4		0.91836	0.54114	1.08888	0.60836		0.91429	0.54226	1.09374	0.60909
9	5		0.73469	0.5011	1.36111	0.692		0.73143	0.50199	1.36717	0.69268
10	6		0.61224	0.46553	1.63333	0.75199		0.60952	0.46627	1.64061	0.7526
			8.99996	2.98907				8.96003	2.99997		



شكل (5) تقديرات المعلمة ودالة المعولية (p) $(\sum t_p= 2.43518, \delta=9)$



شكل (6) تقديرات المعلمة ودالة المعولية (d) $(\sum \lambda_d= 7.147, tt=3)$

3. الاستنتاجات Conclusions

في ضوء تحليل تجارب المحاكاة والجانب التطبيقي ادناه بعض الاستنتاجات :

1. افضل اهداف المعولية عندما تكون دالة المعولية نهاية الاختبار اقل مـن دالـة المعوليـة بدايـة الاختبار لانموذج النمو المثالي اما لانموذج النمو دايني دالة المعولية نهاية الاختبار اقل من دالـة المعولية بداية الاختبار عكس النموذج السابق.
2. تم التوصل الى الحل الامثل للفيديين معدل الفشل الثابت وميزانية الاختبار الثابتـة وهـو عنـدما معدلات الفشل الاولي ثابت ومعلمات التاف متغيرة حيث تم الحصول على اقل معدلات فشل بأقـل وقت اختبار للفيديين.

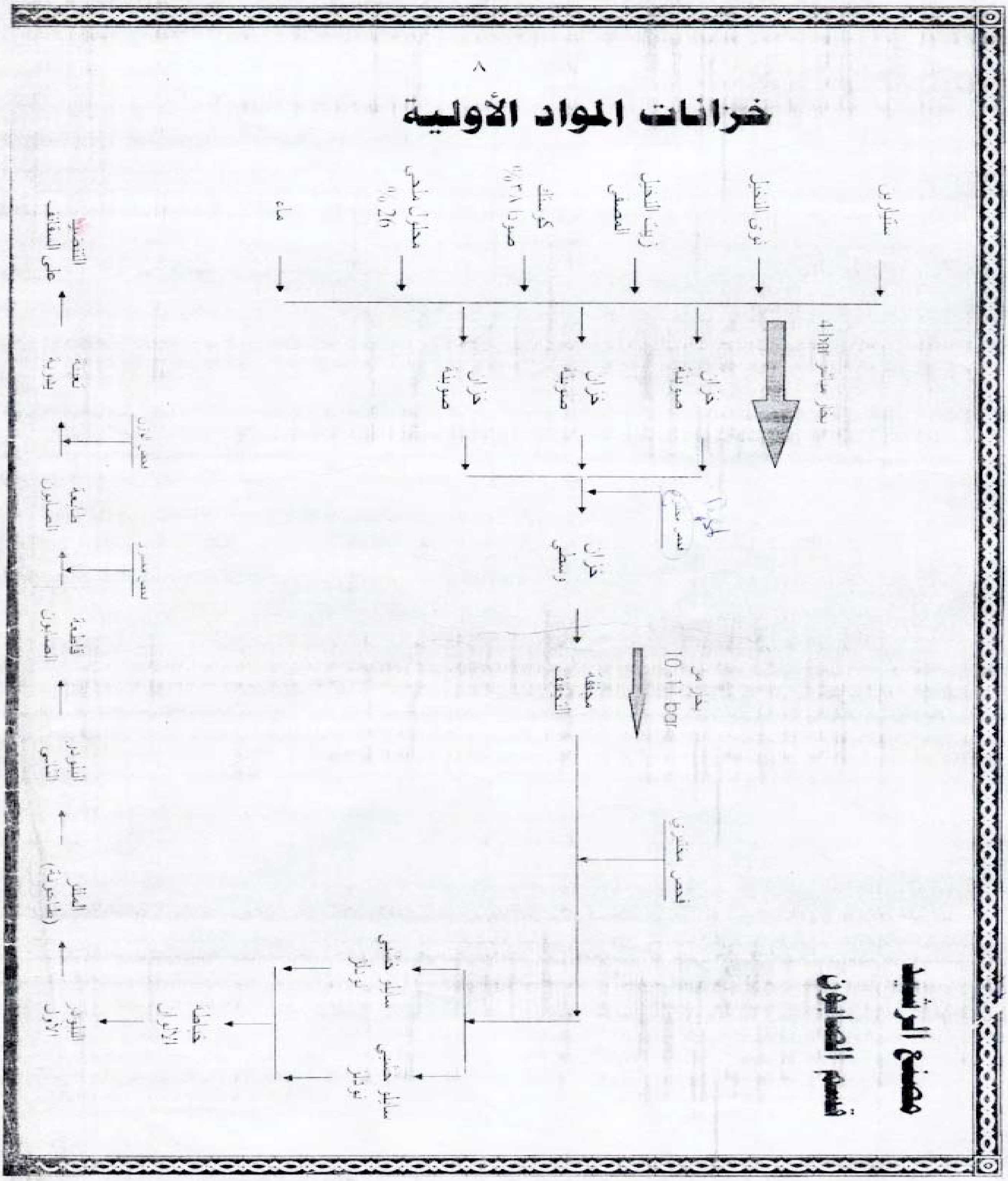
4. التوصيات Recommendations

بناءاً على ما تم التوصل اليه من استنتاجات ادناه التوصيات المقترحة :

1. نوصي بأخذ عينة من الانتاج اثناء الاختبار لتمكن من اجراء التعديلات على الانتاج لتجنب فـشل الانتاج والحصول على جودته حسب المواصفات المطلوبة.
2. نوصي باجراء بحوث لمنحنى النمو الاسي عن طريق البرمجة الخطية للوصول الى الحل الامثـل لفيديين معدل الفشل الثابت وميزانية الاختبار الثابتة وبالاعتماد على معدلات فشل ثابتة ومعلمـات تاف متغيرة .

References

1. العتر، عماد عدنان، (1988) ، "استخدام المحاكاة في دراسة طرق توفيق منحنيات النمو لبيانـات المكررة مع تطبيق عملي"، رسالة ماجستير، قسم الاحصاء، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد .
2. **Ebeling,Charles.E. ,(1999) "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering".DMC Craw-Hill companies, INC.**
3. **Michael,R.Rangarajan,Lyu,Sampath and van Moorsel,Aad P.A., (1995)"Opimal Allocation of Testing Resources for Software Reliability Growth Modeling in Component-Based Software Development " http// www.Exponential Distribution for Reliability Testing (p.d.f) .**


خزانات المواد الأولية
10-11 bar