الفصل الثامن CHAPTER 8

العولية
RELIABILITY

أوجه أساسية FUNDAMENTAL ASPECTS

تعريف Definition

بقول مبسط، العولية هى الجودة على المدى الطويل. الجودة هى الشرط للمنتج أثناء التشغيل أو فور الانتهاء من التشغيل، بينما العولية هى مقدرة المنتج على أداء الوظيفة التى يهدف لأدائها عبر فترة من الزمن. والمنتج الذى «يعمل» لفترات زمنية طويلة يتميز بالعولية. وحيث أن كل وحدات المنتج سوف تفشل فى أوقات مختلفة، فإن العولية تكون احتمال.

التعريف الأكثر دقة هو : العولية هى احتمال أن المنتج ينفذ الوظيفة التى يهدف لأدائها بصورة مقنعة لحياة محددة تحت شروط بيئية محددة. ومن التعريف، يوجد أربعة عوامل تصاحب العولية : (١) قيمة عددية، و (٢) وظيفة يهدف لأدائها، و(٣) حياة، و (٤) شروط بيئية.

القيمة العددية هى احتمال ألا يفشل[١] المنتج خلال فترة معينة. لهذا، فالقيمة

(١) كلمة فشل failure تستخدم فى هذا الفصل فى معناها التقنى المحدود وتشير إلى نشاط اختبار بدلا من استخدام.

0.93 تمثل احتمال أن 93 منتجا من 100 سوف تعمل بعد فترة زمنية محددة وأن 7 منتجات سوف تفشل قبل انتهاء الفترة الزمنية المحددة. ويمكن استخدام توزيعات احتمالية خاصة فى وصف معدل فشل وحدات المنتج.

العامل الثانى يخص الوظيفة التى يهدف إليها المنتج. تصمم المنتجات لتطبيقات محددة ويتوقع أن تكون قادرة على تنفيذ هذه التطبيقات. مثال ذلك، الرافعة الكهربائية يتوقع أن ترفع حمل محدد مصمم، ولا يتوقع لها أن ترفع حملا يزيد عن مواصفات التصميم. والمفك يصمم لإدارة مسامير قلاووظ وليس لفتح علب صفيح.

العامل الثالث فى تعريف العولية هو الحياة المقصودة للمنتج، وفى كلمات أخرى، ماطول المدة المتوقع للمنتج أن يؤدى ما هو مصمم له فيها. لهذا، تحدد حياة إطارات السيارات بقيم مختلفة، مثل 36 شهر أو 48,000 كم، طبقا لتصميم الإطار. وتحدد حياة المنتج كدالة فى الاستخدام، أو الوقت، أو الاثنين معا.

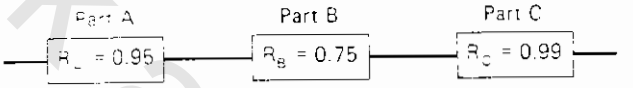
العامل الأخير فى التعريف يشمل الشروط البيئية. فالمنتج المصمم للعمل داخليا، مثل الكرسى المنجد، لايمكن أن يتوقع أن يعمل بعولية فى الشمس، والرياح، والتطويح خارج المنزل. كما تشمل الشروط البيئية أيضا أوجه التخزين والنقل للمنتج. ويمكن أن تكون هذه الأوجه أكثر قسوة عن الاستخدام الفعلى.

تحقيق العولية Achieving Reliability

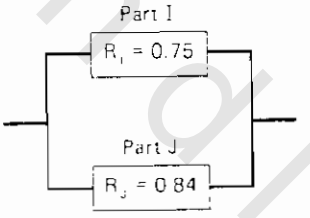
تركيز emphasis. يعطى تركيزا متزايدا لعولية المنتج. أحد أسباب هذا التركيز هو قانون حماية المستهلك Consumer Protection Act عام ١٩٧٢م (فى الولايات المتحدة الأمريكية)، والذى يناقش فى الفصل العاشر. سبب آخر هو الحقيقة أن المنتجات تكون أكثر تعقيدا. فى أحد الأوقات كانت ماكينة غسيل الملابس وحدة بسيطة تحرك الملابس فى محلول ساخن وبه الصابون. أما الآن، فلماكينة غسل

الملابس سرعات تحريك مختلفة، وسرعات شطف مختلفة، ودورات زمنية مختلفة، ودرجات حرارة ماء مختلفة، ومستويات ماء مختلفة، واحتياطات لتوزيع عدد من مكونات الغسيل فى أوقات دقيقة من الدورة. وسبب إضافى لتزايد التركيز على العولية هو الآلية، فالناس، فى العديد من الحالات، غير قادرين على تشغيل المنتج يدويا إذا ما فشلت المكونات الآلية.

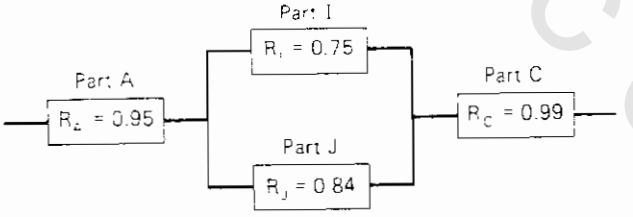
عولية النظام system reliability. مع تزايد تعقيد المنتجات (ووجود مكونات أكثر لها)، تزيد فرصة الفشل. وطريقة ترتيب المكونات تؤثر على عولية النظام ككل. فيمكن ترتيب المكونات على التوالى، أو على التوازى، أو فى خليط من التوالى والتوازى. ويوضح شكل ٨ ـ ١ الترتيبات المختلفة.



(أ) ترتيب على التوالى



(ب) ترتيب على التوازى



(جـ) ترتيب على التوالى والتوازى

شكل ٨ ـ ١: طرق ترتيب المكونات

عندما ترتب المكونات على التوالى، تكون عولية النظام حاصل ضرب المكونات الفردية. لهذا الترتيب المتتالى فى شكل ٨ ـ ١ـ أ، تطبق نظرية الضرب وتحسب عولية التوالى، R_S، كما يلى:

$$\begin{aligned} R_s &= (R_A)(R_B)(R_C) \\ &= (0.95)(0.75)(0.99) \\ &= 0.71 \end{aligned}$$

ومع إضافة مكونات على التوالى، تقل العولية. كما أن عولية النظام تكون أقل من أدنى قيمة لها دائما.

عندما ترتب المكونات على التوالى، فإن فشل أى من المكونات يتسبب فى فشل النظام. وليس هذا هو الحال عندما ترتب المكونات على التوازى. فعندما تفشل إحدى المكونات، يستمر المنتج فى العمل مستخدما مكونا آخر حتى تفشل كل المكونات المتوازية. لهذا، للترتيب المتوازى فى شكل ٨ ـ ١ ـ ب تحسب عولية التوازى، R_p، كما يلى :

$$\begin{aligned} R_p &= 1 - (1 - R_I)(1 - R_J) \\ &= 1 - (1 - 0.75)(1 - 0.84) \\ &= 0.96 \end{aligned}$$

ومع تزايد عدد المكونات المتوازية، تزيد العولية. وتكون عولية ترتيب المكونات المتوازى أكبر من عولية المكونات الفردية.

ومعظم المنتجات المعقدة تكون خليطا من الترتيب المتوازى والمتتالى للمكونات. وهذا موضح فى شكل ٨ ـ ١ـ جـ، عندما يستبدل الجزء B بالمكونات المتوازية، الجزء I والجزء J. وتحسب عولية الخليط، R_c كما يلى:

$$\begin{aligned} R_c &= (R_a)(R_{I,J})(R_C) \\ &= (0.95)(0.96)(0.99) \\ &= 0.90 \end{aligned}$$

وتعتمد عولية المنتج على تصميمه، وتشغيله، ونقله، وصيانته.

التصميم design. أكثر وجوه العولية أهمية هو التصميم. فيجب أن يكون بسيطا بقدر الإمكان. وكما سبق ذكره، كلما ازداد عدد المكونات، كلما ازدادت فرصة فشل المنتج. فإذا كان بالنظام 50 مكونا على التوالى، وكان لكل مكون عولية تقدر بمقدار 0.95، فإن عولية النظام تكون :

$$R_s = R^n = 0.95^{50} = 0.08$$

وبالرغم من أن هذا المثال ليس واقعيا، إلا أنه يدعم الحقيقة بأنه كلما قلت عدد المكونات، كلما ازدادت العولية.

طريقة أخرى لتحقيق العولية هى أن يوجد مكون احتياطى أو إضافى. وعندما يفشل المكون الأولى، ينشط مكون آخر. وهذا المفهوم موضح بواسطة ترتيب متوازى للمكونات. ومن الأرخص وجود مكونات إضافية غير مكلفة لتحقيق عولية معينة عن وجود مكون مكلف واحد.

كما يمكن تحقيق العولية أيضا بالتصميم الإضافى. استخدام معاملات أمان كبيرة يمكن أن يزيد عولية المنتج. مثال ذلك، يمكن استبدال حبل قطره 1/2 بوصة بحبل قطره 1 بوصة حتى إذا كان الحبل الذى قطره 1/2بوصة كافيا.

وعندما يمكن أن يقود فشل المنتج إلى فقدان مالى معتبر أو إلى كارثة، يجب استخدام وحدة من النوع الآمن ضد الفشل. لهذا، تقل الحوادث التى تتسبب فى إعاقة العاملين إعاقة كبيرة من عمليات مكابس الضغط عن طريق استخدام جهاز للتعشيق clutch. ويجب أن يتصل جهاز التعشيق بالمكبس والإسطمبة للإقلال. فإذا كان هناك عيب فى نظام تنشيط جهاز التعشيق، يفشل المكبس فى العمل.

كما أن صيانة النظام عبارة عن عامل هام فى العولية. فالمنتجات سهلة الصيانة يحتمل أن تلقى صيانة أفضل. وفى بعض المواقف يكون من الأكثر عمليا إلغاء

الحاجة للصيانة. مثال ذلك، كراسى المحاور المشتملة على زيت فى إطار محكم لاتحتاج إلى تزييت (تشحيم) طوال فترة استخدامها.

والشروط البيئية مثل الغبار، ودرجة الحرارة، والرطوبة والذبذبات يمكن أن تتسبب فى الفشل. ويجب أن يحمى المصمم المنتج من هذه الظروف. الحاميات من الحرارة، وربط المطاط لامتصاص الذبذبات، والفلاتر تستخدم فى زيادة العولية تحت شروط بيئية مختلفة.

وتوجد علاقة محددة بين الاستثمار فى العولية (التكلفة) والعولية. فبعد نقطة معينة، يوجد تحسن طفيف فقط فى العولية للزيادة الكبيرة فى تكلفة المنتج. مثال ذلك، افرض أن مكونا يكلف 50 دولارا له عولية 0.75. إذا زادت التكلفة إلى 100 دولار، تصبح العولية 0.90، وإذا زادت التكلفة إلى 150 دولارا، تصبح العولية 0.94، وإذا زادت التكلفة إلى 200 دولار، تصبح العولية 0.96. وكما يمكن رؤيته من هذا المثال الافتراضى، توجد عولية متضائلة كعائد للدولار الاستثمارى.

التشغيل manufacturing. عملية التشغيل هى الوجه الثانى الأكثر أهمية للعولية. وأساليب مراقبة الجودة الأساسية التى سبق وصفها فى الفصول السابقة سوف تقلل مخاطرة فشل المنتج. ويجب أن يوضع تركيز على المكونات التى لها أقل عولية.

يمكن لأفراد التشغيل أن يتخذوا إجراءات للتأكد من أن المعدة المستخدمة سليمة ومناسبة للعمل ويفحصوا المعدة الجديدة عندما تصبح متاحة. بالإضافة إلى ذلك، يمكنهم أن يجروا تجارب مع شروط العملية لتحديد أى الشروط تنتج منتجا له أقصى عولية.

النقل transportation. الوجه الثالث هو نقل المنتج إلى العميل. ولايهم كيف تم التصميم أو مدى دقة التشغيل، فإن الأداء الفعلى للمنتج لدى العميل هو

التقويم النهائى. ويمكن أن تتأثر عولية المنتج عند نقطة استخدامه بشدة بنوع المناولة التى يتلقاها المنتج فى النقل. وطرق التعبئة الجيدة وتقويم الشحن تكون ضرورية.

الصيانة maintenance. بينما يحاول المصممون أن يلغوا الحاجة إلى صيانة العميل، إلا أنه توجد مواقف عدة لايكون عمليا فيها أو ممكنا عمل ذلك. فى مثل هذه الحالات، يجب أن يعطى للعميل تحذيرات وافرة. مثال ذلك، ضوء أو صوت تحذيرى يظهر عندما يحتاج أحد المكونات إلى تشحيم. ويجب أن تكون الصيانة بسيطة وسهلة الأداء.

أوجه إحصائية STATISTICAL ASPECTS

التوزيعات المطبقة على العولية
Distributions Applicable to Reiability

أنواع التوزيعات الاحتمالية المستمرة المستخدمة فى دراسات العولية هى التوزيع الأسى، والطبيعى، وويلبول weilbull[1]. وتوزيعاتها التكرارية كدالة فى الوقت معطاة فى شكل ٨ ـ ٢ ـ أ.

منحنيات العولية Reliability curves

منحنيات العولية للتوزيعات الأسى، والطبيعى، وويلبول كدالة فى الوقت معطاة فى شكل ٨ ـ ٢ـ ب. وصيغ هذه التوزيعات معطاة أيضا فى الشكل. وللمنحنى

(١) نوع رابع، توزيع جاما، غير مقدم بسبب تطبيقاته المحدودة. كذلك لم تقدم التوزيعات الاحتمالية الوثابة، والتوزيع الهندسى، وذات الحدين السالب، لنفس السبب.

الاسى ومنحنى ويلبول تكون الصيغ كما يلى : $R_t = e^{-\lambda t}$ ، و $R_t = e^{-\alpha t}$ ، على التوالى. وصيغة التوزيع الطبيعى هى:

$$R_t = 1.0 - \int_0^t f(t)\, dt$$

والتى تتطلب تكاملا. جدول أ فى الملحق يمكن أن يستخدم فى إيجاد المساحة تحت المنحنى، والتى تكون $\int_0^t f(t)\, dt$.

منحنى معدل الفشل Failure-Rate curve

معدل الفشل يكون مهما فى وصف منحنى تاريخ حياة المنتج. ومنحنيات معدل الفشل للتوزيعات الأسى، والطبيعى، وويلبول كدالة فى الوقت مبينة فى شكل ٢٠٨ـ جـ.

ويمكن أن يقدر معدل الفشل من بيانات اختبار باستخدام الصيغة :

$$\lambda_{\text{estimated}} = \frac{\text{number of item failures}}{\text{sum of test times or cycles}}$$

مثال ذلك، اختبرت تسعة عناصر، مع النتائج التالية فى نهاية 22 ساعة اختبار :

فشل 4 عناصر بعد 4و 12 و 15 و 21 ساعة على التوالى. ولاتزال 5 عناصر تعمل بعد انتهاء فترة الاختبار، 22 ساعة.

$$\lambda = \frac{4}{4 + 12 + 15 + 21 + 5(22)} = 0.025$$

بالنسبة إلى التوزيع الأسى وتوزيع ويلبول عندما كانت معلمة الشكل، مساوية 1 ، فإنه يوجد معدل فشل ثابت. وعندما يكون معدل الفشل ثابتا، فإن العلاقة بين متوسط الوسط الحسابى للعمر ومعدل الفشل تكون كما يلى[1]:

لمعدل فشل ثابت $\lambda = \frac{1}{\theta}$

حيث λ: = معدل الفشل، وهو احتمال أن تفشل الوحدة فى وحدة زمن أو دورات زمنية محددة.

θ: = الوسط الحسابى للحياة أو الوسط الحسابى للوقت حتى الفشل mean time to failure (MTTF)

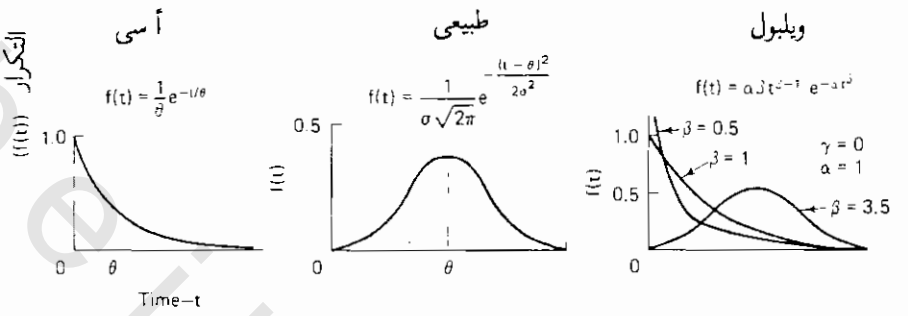
ولمثال مشكلة، متوسط للحياة θ يمكن أن يحدد بواسطة :

$$\theta = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.025} = 40 \text{ h}$$

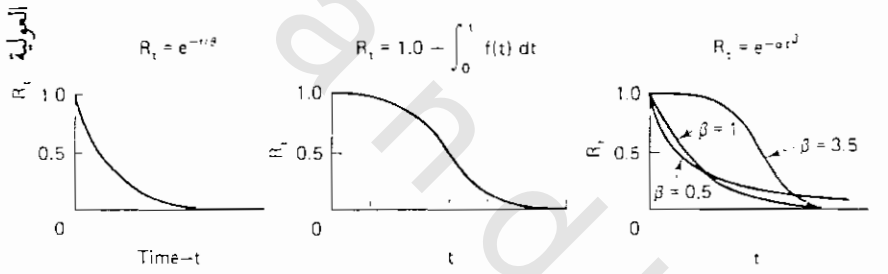
منحنى تاريخ الحياة Life-History Curve

يبين شكل ٨ ـ ٣ منحنى تاريخ حياة تقليدى لمنتج معقد لعدد لانهائى من العناصر. والمنحنى، يشار إليه فى بعض الأحيان بأنه منحنى "بانيو buhtab"، هو مقارنة لمعدل الفشل مع الوقت. وله ثلاث مراحل مميزة : مرحلة التصحيح debugging phase، ومرحلة فشل الفرصه chance failure phase، ومرحلة التآكل wear-out phase. والتوزيعات الاحتمالية المبينة فى شكل ٨ ـ ٢ ـ جـ تستخدم فى وصف هذه المراحل.

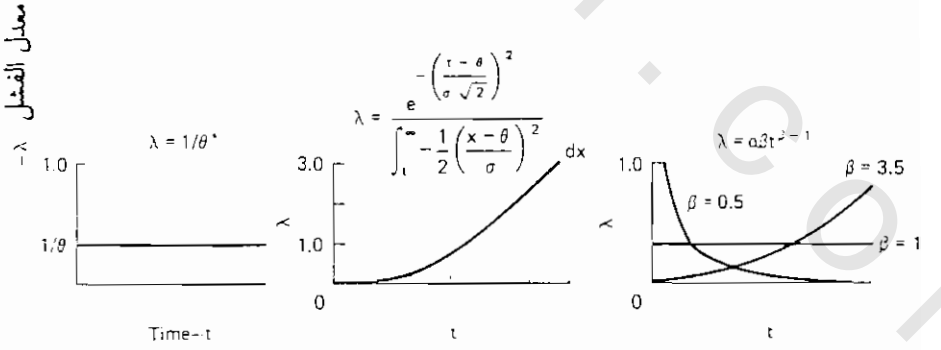
(١) معدل الفشل يساوى R_t f (t).



(أ) التوزيع التكرارى كدالة فى الوقت

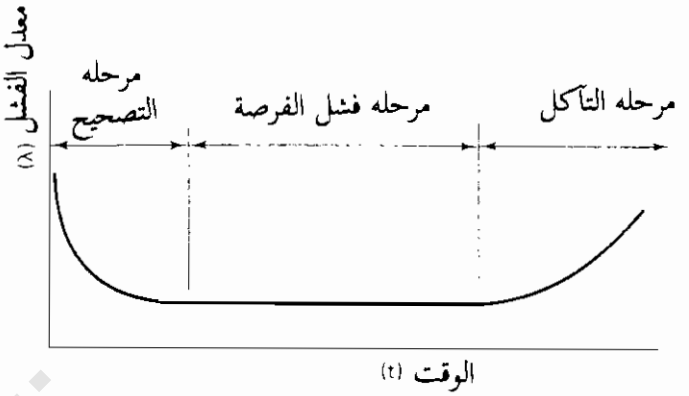


(ب) العوليه كدالة فى الوقت



(حـ) معدل الفشل كدالة فى الوقت

شكل ٢٠٨ : التوزيعات الاحتمالية، ومنحنيات معدل الفشل، ومنحنيات العولية كدالة فى الوقت.



شكل ٣.٨: تاريخ عمر تقليدى لمنتج معقد لعدد لا نهائى من العناصر.

مرحلة التصحيح the debugging phase، والتى تسمى أيضا مرحلة التوهج (أو الاحتراق) أو مرحلة الطفولة والوفاة، وتتميز بأجزاء حدية قصيرة الحياة تتسبب فى قلة سريعة فى معدل الفشل. بينما يختلف شكل المنحنى بعض الشىء بسبب نوع المنتج، فإن توزيع ويلبول بمعلمات للشكل أقل من 1، $B < 1$، تستخدم فى وصف حدوث الفشل. ويمكن أن تكون مرحلة التصحيح جزءا من نشاط اختبار يسبق شحن بعض المنتجات. ولمنتجات أخرى، عادة ما تعطى هذه المرحلة بفترة الضمان. وفى أى من الحالتين، فهى تكلفة جودة معنوية.

مرحلة فشل الفرصه the chance failure phase مبينة فى الشكل كخط أفقى، جاعلة على ذلك معدل الفشل ثابتا. ويحدث الفشل بطريقة عشوائية بسبب معدل الفشل الثابت. والفرض بأن معدل الفشل ثابت يكون صحيحا لمعظم المنتجات، إلا أن بعض المنتجات يمكن أن يكون لها معدل فشل يزيد مع الوقت. وفى الحقيقة، تبين قلة من المنتجات انخفاضا بسيطا، والذى يعنى أن المنتج يتحسن بالفعل مع الوقت. والتوزيع الأسى وتوزيع ويلبول بمعلمة شكل مساوية 1 يستخدمان فى وصف هذه المرحلة من تاريخ الحياة. وعندما يزيد المنحنى أو يقل، يمكن استخدام معلمة شكل ويلبول أكبر من أو أقل من 1. وتهتم دراسات العولية وخطط المعاينة،

فى معظم الأجزاء، بمرحلة فشل الفرصة. وكلما قل معدل الفشل كلما كان المنتج أفضل.

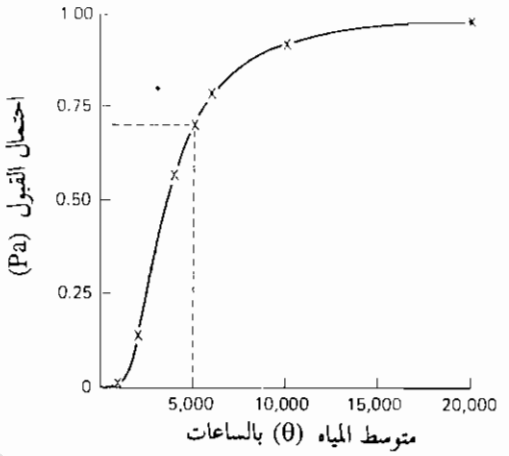
المرحلة الثالثة هى مرحلة التآكل wear-out phase، والتى تصور بالزيادة الحادة فى معدل الفشل. وعادة ما يكون التوزيع الطبيعى هو الأفضل فى وصف مرحلة التآكل. إلا أن توزيع ويلبول بمعلمات شكل أكبر من أو أقل من 3.5 يمكن أن يستخدم طبقا لنوع توزيع التآكل.

والمنحنى المبين فى شكل ٨ ـ ٣ هو نوع نمط الفشل المعروض بواسطة معظم المنتجات، إلا أنه توجد بعض المنتجات التى تنحرف عن هذا المنحنى. ومن المهم معرفة نوع نمط الفشل بحيث يمكن استخدام توزيعات احتمالية معروفة فى تحليل عولية المنتج والتنبؤ بها. وتستخدم نتائج الاختبار من العينات فى تحديد المنحنى الاحتمالى المناسب.

إعداد منحنى OC OC Curve Construction

يعد منحنى خواص العمل (oc) بطريقة تشبه ما سبق التعرض له فى الفصل السادس. إلا أن كسر عدم المطابقة، P_0، يستبدل بالمتوسط الحسابى للحياة، θ. شكل منحنى OC كالمبين فى شكل ٨ ـ ٤ يكون مختلفا عن ذلك الموجود فى الفصل السادس. فإذا سلمت دفعات بوسط حسابى للعمر 5000 ساعة، يكون احتمال القبول 0.697 باستخدام خطة المعاينة الموصوفة بالمنحنى oc الموجود فى شكل ٨ ـ ٤.

وسوف يستخدم مثال لمشكلة لمعدل فشل ثابت فى توضيح إعداد المنحنى. خطة معاينة قبول دفعة بدفعة مع الاستبدال كانت كما يلى. اختر عينة من 16 وحدة من دفعة واختبر كل عنصر لعدد 600 ساعة. إذا فشل عنصران أو أقل، اقبل الدفعة، وإذا فشل 3 عناصر أو أكثر، ارفض الدفعة. وبالرموز، تكون الخطة كما يلى : n =



شكل ٤٠٨: منحنى oc لخطة معاينة n = 16 و T = 600 ساعة و c = 2 و r = 3

16 و T = 600 و c = 2 و r = 3. عندما يفشل أحد العناصر، فإنه يستبدل بعنصر آخر من الدفعة. وأول خطوة فى إعداد المنحنى هى افتراض قيم للوسط الحسابى للحياة θ. وتحول هذه القيم إلى معدل فشل، λ ، كما هو مبين فى العمود الثانى من جدول ٨ ـ ١. ومتوسط عدد الفشل المتوقع يتم الحصول عليه بضرب nT فى معدل الفشل كما هو مبين فى العمود الثالث من الجدول. هذا الثابت يساوى 9600 ساعة [nT = (16) (600)] لخطة المعاينة هذه.

جدول ٨٠١: حسابات منحنى oc لخطة المعاينة n = 16 و T = 600 و c = 2 و r = 3

متوسط الحياة	معدل الفشل	المتوسط المتوقع لعدد مرات الفشل	
θ	$\lambda = 1/\theta$	$nT\lambda$	P_a $c = 2$
20,000	0.00005	0.48	0.983[a]
10,000	0.0001	0.96	0.927[a]
5,000	0.0002	1.92	0.698[a]
2,000	0.0005	4.80	0.142
1,000	0.0010	9.60	0.004
4,000	0.00025	2.40	0.570
6,000	0.00017	1.60	0.783

a بالاستكمال

تنفذ القيمة $nT\lambda$ نفس الوظيفة مثل القيمة، np_0، والتى سبق استخدامها فى إعداد منحنى oc. وقيم احتمال القبول للدفعة توجد فى جدول ج من الملحق لقيمة $c = 2$. والحسابات التقليدية تكون كما يلى : افرض أن $\theta = 2000$.

$$\lambda = \frac{1}{\theta} = \frac{1}{2000} = 0.0005$$

$$nT\lambda = (16)(600)(0.0005) = 4.80$$

من جدول ج فى الملحق ولقيمة $nT\lambda = 4.80$، و $c = 2$،

$$P_a = 0.142$$

وتظهر حسابات إضافية لقيم مفترضة أخرى لـ θ فى جدول ٨ ـ ١.

وحيث أن منحنى oc هذا يفترض معدل فشل ثابت، فيستخدم التوزيع الأسى. ويستخدم توزيع بواسون فى إعداد منحنى oc حيث أنه تقريب للتوزيع الأسى.

وبسبب معدل الفشل الثابت، فإنه تكون هناك خطط معاينة أخرى يكون لها نفس منحنى oc. وبعض من هذه الخطط هى :

$n = 4, \quad T = 2400$ h, $\quad c = 2$

$n = 8, \quad T = 1200$ h, $\quad c = 2$

$n = 24, \quad T = 450$ h, $\quad c = 2$

وأى خليط من قيم n و T يعطى 9600 مع $c = 2$ يكون له نفس منحنى oc.

منحنيات oc لخطط معاينة العولية ترسم كذلك كدالة فى θ/θ_0، وهى الوسط الحسابى الفعلى للحياة مقسوما على الوسط الحسابى للحياة المقبول. وعندما يرسم

منحنى oc بهذه الطريقة، يكون لكل منحنيات oc لاختبارات الحياة مع الإحلال أو بدونه نقطة واحدة مشتركة. هذه النقطة هى مخاطرة المنتج و $\theta/\theta_0 = 1.0$.

الحياة وخطط اختبار العولية

LIFE AND REIBILITY TESTING PLANS

أنواع الاختبارات Types of Tests

حيث أن اختبار العولية يحتاج استخدام المنتج وفى بعض الأحيان تدميره، فعادة ما يكون نوع الاختبار وكمية الاختبار قرارا اقتصاديا. وعادة ما يؤدى الاختبار على المنتج النهائى، إلا أن المكونات والأجزاء يمكن أن تختبر إذا ما كانت تقدم مشاكل. وحيث أن إجراء الاختبار عادة ما يحدث فى المعمل، فيجب بذل كل جهد لمحاكاة البيئة الحقيقية تحت شروط يتم التحكم فيها.

واختبارات الحياة تكون من ثلاثة أنواع، كما هو مذكور أدناه.

الانتهاء بالفشل failure-terminated. خطط عينة اختبار الحياة هذه تنتهى عندما يحدث للعينة عدد من مرات الفشل سبق تحديده. وتبنى معايير القبول للدفعة على مرات اختبار العنصر التراكمية عندما ينتهى الاختبار.

الانتهاء بالوقت time-terminated. هذا النوع من خطة عينة اختبار الحياة ينتهى عندما تحصل العينة على وقت اختبار سبق تحديده. وتبنى معايير القبول للدفعة على عدد مرات الفشل فى العينة أثناء وقت الاختبار.

تتابعيا sequential. نوع ثالث من خطط اختبار الحياة يكون خطة معاينة اختبار حياة تتابعيا حيث لايكون عدد المرات الفشل أو الوقت اللازم للاختبار والمحددان للقرار سبق تحديدهما. وبدلا من ذلك، تعتمد القرارات على النتائج التراكمية

للاختبار. وخطط اختبار الحياة التتابعية هذه لها ميزة أن الوقت المتوقع للاختبار وعدد مرات الفشل المتوقعة اللازمة للوصول إلى قرار خاص بقبول الدفعة تكون أقل من نوع الانتهاء بالفشل أو نوع الانتهاء بالوقت.

ويمكن أداء الاختبار مع استبدال الوحدة الفاشلة أو بدون استبدالها. ويحدث موقف مع الاستبدال with replacement عندما تستبدل الوحدة التى تفشل بوحدة أخرى. ويستمر وقت الاختبار فى التراكم مع وحدة العينة الجديدة. وهذا الموقف ممكن عندما يكون هناك معدل فشل ثابت والوحدة المستبدلة يكون لها نفس فرصة الفشل. ويحدث موقف بدون استبدال without replacement عندما لاتستبدل الوحدة التى تفشل.

وتبنى الاختبارات على خاصية أو أكثر من الخواص التالية :

١ـ الوسط الحسابى للحياة mean life - متوسط حياة المنتج.

٢ـ معدل الفشل failure rate - النسبة المئوية للفشل لكل وحدة زمنية أو عدد من الدورات.

٣ـ معدل المصادفة hazard rate - معدل الفشل اللحظى فى وقت محدد. وهذا يختلف مع العمر باستثناء الحالة الخاصة لمعدل الفشل الثابت عندما يكون معدل الفشل ومعدل المصادفة هما نفس الشيء. ويطبق توزيع ويلبول ويزيد معدل المصادفة مع العمر إذا كانت معلمة العمر أكبر من 1 ويقل مع العمر إذا كانت معلمة العمر أقل من 1 .

٤ـ حياة عولية reliable life - الحياة التى بعدها تحيا بعض أجزاء محددة من العناصر فى الدفعة. ويطبق توزيع ويلبول والتوزيع الطبيعى حيث أنهما مختصان بمرحلة التآكل.

ويعطى جدول ٨ ـ ٢ موجزا لبعض اختبارات الحياة وخطط العولية. اختبارات الانتهاء بالوقت بالنسبة إلى معايير الوسط الحسابى للحياة هى الخطط الأكثر استخداما.

كتيب H108 Handbook H108

كتيب مراقبة الإنتاج والعولية H108 يقدم إجراءات وجداول معاينة لاختبارات الحياة والعولية. وخطط المعاينة الموجودة فى الكتيب مبنية على التوزيع الأسى. ويقدم الكتيب الأنواع الثلاثة المختلفة للاختبارات : الانتهاء بالفشل، والانتهاء بالوقت، والتتابعى. ولكل من أنواع الاختبارات هذه، اعد احتياطى لموقفين : مع استبدال الوحدات التى تفشل أثناء الاختبار، أو بدون استبدال. ومن الضرورى أن تبنى الخطط على معيار الوسط الحسابى للحياة، بالرغم من أن استخدام معدل الفشل فى أحد أجزاء الكتيب.

وحيث أن الكتيب أكثر من 70 صفحة، فلن توضح إلا خطة واحدة من الخطط. وهذه الخطة هى خطة انتهاء بالوقت، مع الاستبدال، وهى خطة وسط حسابى للحياة، وهى أكثر الخطط استخداما. وهناك ثلاث طرق للحصول على هذه الخطة. ويستخدم مثال لمشكلة فى توضيح هذه الطرق.

١ـ مخاطرة المنتج المشروطة، ومخاطرة المستهلك، وحجم العينة stipulated producer's risk, consumer's risk, and sample size. حدد الانتهـاء بالوقت، مع الإحلال، وخطة معاينة للوسط الحسابى للحياة، حيث تكون مخاطرة المنتج، &، لرفض دفعات بوسط حسابى للحياة $\theta_0 = 900$ هى 0.05 ومخاطرة المستهلك، B، لقبول دفعات بوسـط حسابى للحيـاة $\theta_1 = 300$ هى 0.10. النسبة θ_1/θ_0 تكون:

$$\frac{\theta_1}{\theta_0} = \frac{300}{900} = 0.333$$

من جدول ٨ ـ ٣ لقيمة $\& = 0.05$، و $\beta = 0.10$ و $\theta_1/\theta_0 = 0.333$، حرف الشفرة B-8 يمكن الحصول عليه. وحيث أن النسبة المحسوبة نادرا ما تساوى النسبة الموجودة فى الجدول، فتستخدم النسبة الأكبر مباشرة.

جدول ٢٠٨: موجز لبعض خطط اختبار الحياة والمعولية

DOCUMENT	BASIC DISTRIBUTION AND TYPE OF PLAN	PLANS IN TERMS OF: MEAN LIFE	HAZARD RATE	RELIABLE LIFE	FAILURE RATE (FR)	TYPE OF TEST: FAILURE-TERMINATED	TIME-TERMINATED	SEQUENTIAL
H 108[a]	Exponential, lot by lot	X			X	X	X	X
MIL-STD-690B[b]	Exponential, lot by lot				X		X	
MIL-STD-781C[c]	Exponential sampling scheme	X					X	X
TR-3[d]	Weibull, lot by lot	X					X	
TR-4[e]	Weibull, lot by lot		X				X	
TR-6[f]	Weibull, lot by lot			X			X	
TR-7[g]	Weibull, lot by lot, converts MIL-STD-105D	X	X	X			X	

[a] "H108, Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing (Based on Exponential Distribution)," U.S. Department of Defense, Quality Control and Reliability Handbook, Government Printing Office, Washington, D.C., 1960.

[b] "MIL-STD-690B, Failure Rate Sampling Plans and Procedures," U.S. Department of Defense, Military Standard, Government Printing Office, Washington, D.C., 1968.

[c] "MIL-STD-781C, Reliability Tests: Exponential Distribution," U.S. Department of Defense, Military Standard, Government Printing Office, Washington, D.C., 1977.

[d] "TR-3, Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing Based on the Weibull Distribution (Mean Life Criterion)," U.S. Department of Defense, Quality Control and Reliability Technical Report, Government Printing Office, Washington, D.C., 1961.

[e] "TR-4, Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing Based on the Weibull Distribution (Hazard Rate Criterion)," U.S. Department of Defense, Quality Control and Reliability Technical Report, Government Printing Office, Washington, D.C., 1962.

[f] "TR-6, Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing Based on the Weibull Distribution (Reliable Life Criterion)," U.S. Department of Defense, Quality Control and Reliability Technical Report, Government Printing Office, Washington, D.C., 1963.

[g] "TR-7, Factors and Procedures for Applying MIL-STD-105D Sampling Plans to Life and Reliability Testing," U.S. Department of Defense, Quality Control and Reliability Technical Report, Government Printing Office, Washington, D.C., 1965.

Source: Reproduced by permission from J. M. Juran ed., *Quality Control Handbook* (New York: McGraw-Hill Book Company, 1988), Sec. 25, p. 80.

جدول ٨-٣: تحديد * شفرة خطة معاينة اختبار الحياة

(جدول 2A-1 من H108)

α = 0.01 β = 0.01		α = 0.05 β = 0.10		α = 0.10 β = 0.10		α = 0.25 β = 0.10		α = 0.50 β = 0.10	
CODE	θ_1/θ_0	CODE	θ_1/θ_0	CODE	θ_1/θ_0	CODE	θ_1/θ_0	CODE	θ_1/θ_0
A-1	0.004	B-1	0.022	C-1	0.046	D-1	0.125	E-1	0.301
A-2	0.038	B-2	0.091	C-2	0.137	D-2	0.247	E-2	0.432
A-3	0.082	B-3	0.154	C-3	0.207	D-3	0.325	E-3	0.502
A-4	0.123	B-4	0.205	C-4	0.261	D-4	0.379	E-4	0.550
A-5	0.160	B-5	0.246	C-5	0.304	D-5	0.421	E-5	0.584
A-6	0.193	B-6	0.282	C-6	0.340	D-6	0.455	E-6	0.611
A-7	0.221	B-7	0.312	C-7	0.370	D-7	0.483	E-7	0.633
A-8	0.247	B-8	0.338	C-8	0.396	D-8	0.506	E-8	0.652
A-9	0.270	B-9	0.361	C-9	0.418	D-9	0.526	E-9	0.667
A-10	0.291	B-10	0.382	C-10	0.438	D-10	0.544	E-10	0.681
A-11	0.371	B-11	0.459	C-11	0.512	D-11	0.608	E-11	0.729
A-12	0.428	B-12	0.512	C-12	0.561	D-12	0.650	E-12	0.759
A-13	0.470	B-13	0.550	C-13	0.597	D-13	0.680	E-13	0.781
A-14	0.504	B-14	0.581	C-14	0.624	D-14	0.703	E-14	0.798
A-15	0.554	B-15	0.625	C-15	0.666	D-15	0.737	E-15	0.821
A-16	0.591	B-16	0.658	C-16	0.695	D-16	0.761	E-16	0.838
A-17	0.653	B-17	0.711	C-17	0.743	D-17	0.800	E-17	0.865
A-18	0.692	B-18	0.745	C-18	0.774	D-18	0.824	E-18	0.882

a مخاطرة المنتج، α هى احتمال رفض دفعات بوسط حسابى للحياة قيمته، θ_0 مخاطرة المستهلك β ، هى احتمال قبول دفعات بوسط حسابى للحياة θ_1.

ويختار حجم العينة من أحد أرقام الرفض المتعددة : $2r$ و $3r$ و $4r$ و $5r$ و $6r$ و $7r$ و $8r$ و $9r$ و $10r$ و $20r$. ولخطط اختبار الحياة، يعتمد حجم العينة على التكلفة النسبية لوضع عدد كبير من وحدات المنتج فى الاختبار وعلى طول الوقت المتوقع لوجوب استمرار اختبارات الحياة لكى يتحدد مدى قبول الدفعات. وزيادة حجم العينة سوف يقلل، من ناحية، متوسط الوقت اللازم لتحديد مدى القبول إلا أنه من ناحية أخرى يزيد التكلفة بسبب وضع وحدات أكثر للمنتج فى الاختبار. ولمثال

المشكلة هذا، يتم اختيار $3r$ ، والذى يعطى حجم عينة $n = 3(8) = 24$. والقيمة المناظرة لـ$T/\theta_0 = 0.166$ ، والتى تعطى وقت اختبار :

$$\begin{aligned} T &= 0.166(\theta_0) \\ &= 0.166(900) \\ &= 149.4 \quad \text{or} \quad 149 \text{ h} \end{aligned}$$

وتختار عينة من 24 عنصرا من الدفعة وكلها تختبر فى نفس الوقت. فإذا ما حدث 8 فشل قبل وقت الانتهاء المحدد بأنه 149 ساعة، ترفض الدفعة، وإذا لم يحدث 8 فشل بعد انتهاء 149 ساعة الخاصة بالاختبار، تقبل الدفعة.

٢ـ مخاطرة المنتج المشروطة، ورقم الرفض، وحجم العينة stipulated producer's risk, rejection number, and sample size . حدد الانتهاء بالوقت، مع الإحلال، وخطة معاينة بالوسط الحسابى للحياة حيث تكون مخاطرة المنتج لرفض دفعات بوسط حسابى للحياة $\theta_0 = 1200$ هو 0.05، ورقم الرفض هو 5، وحجم العينة هو 10 أو $2r$. تستخدم نفس مجموعة الجداول لهذه الطريقة مثل الطريقة السابقة. وجدول ٨ ـ ٤ هو الجدول الخاص بتحديد حرف الشفرة B وكذلك لقيمة $\alpha =$ 0.05 . لهذا، باستخدام جدول٨ ـ ٤، فإن قيمة $T/\theta_0 = 0.197$ وقيمة T تكون :

$$\begin{aligned} T &= 0.197(\theta_0) \\ &= 0.197(1200) \\ &= 236.4 \quad \text{or} \quad 236 \text{ h} \end{aligned}$$

وتختار عينة من 10عناصر من الدفعة وتختبر كلها فى نفس الوقت. فإذا حدث الفشل الخامس قبل وقت الانتهاء المحدد بأنه 236 ساعة، ترفض الدفعة، أما إذا لم يحدث الفشل الخامس بعد 236 ساعة، فتقبل الدفعة.

٣ـ مخاطرة المنتج المشروطة، ومخاطرة المستهلك، ووقت الاختبار stipulated producer's risk, consumer's risk, and test time. حدد الانتهاء بالوقت، مع الاستبدال، وخطة معاينة الوسط الحسابى الحياة والتى لا تتعدى 500 ساعة والتى تقبل وسط حسابى للحياة 10,000ساعة (θ_0) على الأقل 90% من الوقت ($\alpha = 0.10$) وترفض دفعة بوسط حسابى للحياة 2000 ساعة (θ_1) حوالى 95% من الوقت ($\beta = 0.05$). الخطوة الأولى هى حساب النسبتين، θ_1/θ_0 ، و T/θ_0 .

$$\frac{\theta_1}{\theta_0} = \frac{2000}{10,000} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{T}{\theta_0} = \frac{500}{10,000} = \frac{1}{20}$$

باستخدام قيمة θ_1/θ_0 و T/θ_0 و α و β يتم الحصول على قيمة r و n من جدول٨ ـ ٥وتكون $n = 34$ و $r = 4$.

وتكون خطة المعاينة اختيار عينة بها 34 عنصرا من الدفعة. فإذا حدث الفشل الرابع قبل وقت الانتهاء 500 ساعة، ترفض الدفعة، أما إذا لم يحدث الفشل الرابع بعد 500 ساعة، فتقبل الدفعة.

وعند استخدام هذه الطريقة الجداول المقدمة لقيم

$\alpha = 0.01, 0.05, 0.10, 0.25$ ، و $\beta = 0.01, 0.05, 0.10, 0.25$ ،

و $\theta_1/\theta_0 = 2/3, 1/2, 1/3, 1/5, 1/10$ ، و $T\theta_0 = 1/3, 1/5, 1/10, 1/20,$.

الطريقة المستخدمة للحصول على خطة معاينة اختبار الحياة المرغوب فيها تتحدد بواسطة المعلومات المتاحة.

جدول ٤٠٨ : قيم T/θ_o لقيمة $\alpha = 0.05$ - الانتهاء بالوقت، مع الاستبدال وحرف الشفرة B

[جدول (2c - 2c6) من H 108]　　[جدول (b) 2 - G 2 من H108]

الشفرة	r	حجم العينة										
		2r	3r	4r	5r	6r	7r	8r	9r	10r	20r
B–1	1	0.026	0.017	0.013	0.010	0.009	0.007	0.006	0.006	0.005	0.003
B–2	2	0.089	0.059	0.044	0.036	0.030	0.025	0.022	0.020	0.018	0.009
B–3	3	0.136	0.091	0.068	0.055	0.045	0.039	0.034	0.030	0.027	0.014
B–4	4	0.171	0.114	0.085	0.068	0.057	0.049	0.043	0.038	0.034	0.017
B–5	5	0.197	0.131	0.099	0.079	0.066	0.056	0.049	0.044	0.039	0.020
B–6	6	0.218	0.145	0.109	0.087	0.073	0.062	0.054	0.048	0.044	0.022
B–7	7	0.235	0.156	0.117	0.094	0.078	0.067	0.059	0.052	0.047	0.023
B–8	8	0.249	0.166	0.124	0.100	0.083	0.071	0.062	0.055	0.050	0.025
B–9	9	0.261	0.174	0.130	0.104	0.087	0.075	0.065	0.058	0.052	0.026
B–10	10	0.271	0.181	0.136	0.109	0.090	0.078	0.068	0.060	0.054	0.027
B–11	15	0.308	0.205	0.154	0.123	0.103	0.088	0.077	0.068	0.062	0.031
B–12	20	0.331	0.221	0.166	0.133	0.110	0.095	0.083	0.074	0.066	0.033
B–13	25	0.348	0.232	0.174	0.139	0.116	0.099	0.087	0.077	0.070	0.035
B–14	30	0.360	0.240	0.180	0.144	0.120	0.103	0.090	0.080	0.072	0.036
B–15	40	0.377	0.252	0.189	0.151	0.126	0.108	0.094	0.084	0.075	0.038
B–16	50	0.390	0.260	0.195	0.156	0.130	0.111	0.097	0.087	0.078	0.039
B–17	75	0.409	0.273	0.204	0.164	0.136	0.117	0.102	0.091	0.082	0.041
B–18	100	0.421	0.280	0.210	0.168	0.140	0.120	0.105	0.093	0.084	0.042

جدول ٥٠٨: خطط معاينة لقيم محددة لـ α ، و β ، و θ_1/θ_0 ، و T/θ_0

(جدول 2C-4 من H108)

		T/θ_0					T/θ_0			
		1/3	1/5	1/10	1/20		1/3	1/5	1/10	1/20
θ_1/θ_0	r	n	n	n	n	r	n	n	n	n
		α = 0.01		β = 0.01			α = 0.05		β = 0.01	
2/3	136	331	551	1103	2207	95	238	397	795	1591
1/2	46	95	158	317	634	33	72	120	241	483
1/3	19	31	51	103	206	13	25	38	76	153
1/5	9	10	17	35	70	7	9	16	32	65
1/10	5	4	6	12	25	4	4	6	13	27
		α = 0.01		β = 0.05			α = 0.05		β = 0.05	
2/3	101	237	395	790	1581	67	162	270	541	1082
1/2	35	68	113	227	454	23	47	78	157	314
1/3	15	22	37	74	149	10	16	27	54	108
1/5	8	8	14	29	58	5	6	10	19	39
1/10	4	3	4	8	16	3	3	4	8	16
		α = 0.01		β = 0.10			α = 0.05		β = 0.10	
2/3	83	189	316	632	1265	55	130	216	433	867
1/2	30	56	93	187	374	19	37	62	124	248
1/3	13	18	30	60	121	8	11	19	39	79
1/5	7	7	11	23	46	4	4	7	13	27
1/10	4	2	4	8	16	3	3	4	8	16
		α = 0.01		β = 0.25			α = 0.05		β = 0.25	
2/3	60	130	217	434	869	35	77	129	258	517
1/2	22	37	62	125	251	13	23	38	76	153
1/3	10	12	20	41	82	6	7	13	26	52
1/5	5	4	7	13	25	3	3	4	8	16
1/10	3	2	2	4	8	2	1	2	3	7
		α = 0.10		β = 0.01			α = 0.25		β = 0.01	
2/3	77	197	329	659	1319	52	140	234	469	939
1/2	26	59	98	197	394	17	42	70	140	281
1/3	11	21	35	70	140	7	15	25	50	101
1/5	5	7	12	24	48	3	5	8	17	34
1/10	3	3	5	11	22	2	2	4	9	19
		α = 0.10		β = 0.05			α = 0.25		β = 0.05	
2/3	52	128	214	429	859	32	84	140	280	560
1/2	18	38	64	128	256	11	25	43	86	172
1/3	8	13	23	46	93	5	10	16	33	67
1/5	4	5	8	17	34	2	3	5	10	19
1/10	2	2	3	5	10	2	2	4	9	19
		α = 0.10		β = 0.10			α = 0.25		β = 0.10	
2/3	41	99	165	330	660	23	58	98	196	392
1/2	15	30	51	102	205	8	17	29	59	119
1/3	6	9	15	31	63	4	7	12	25	50
1/5	3	4	6	11	22	2	3	4	9	19
1/10	2	2	2	5	10	1	1	2	3	5
		α = 0.10		β = 0.25			α = 0.25		β = 0.25	
2/3	25	56	94	188	376	12	28	47	95	190
1/2	9	16	27	54	108	5	10	16	33	67
1/3	4	5	8	17	34	2	2	4	9	19
1/5	3	3	5	11	22	1	1	2	3	6
1/10	2	1	2	5	10	1	1	1	2	5

obeikandl.com

مشاكل PROBLEMS

١ـ لأحد النظم أربعة مكونات، A و B و C و D، وقيم عولية 0.98، و 98.0، و 0.94، و 0.95، على التوالى. إذا كانت المكونات على التوالى، فما عولية النظام؟

٢ـ إذا تغير المكون B من المشكلة رقم ١ إلى ثلاثة مكونات متوازية وكل منها له نفس العولية، فما هى عولية النظام الآن؟

٣ـ أحد النظم مكون من خمسة مكونات على التوالى وكل منها له عولية 0.96. فإذا كان يمكن أن يتغير النظام إلى ثلاثة مكونات على التوالى، فما التغير فى العولية؟

٤ـ حدد معدل الفشل لاختبار 150 ساعة لعدد 9 عناصر حيث فشل 3 عناصر عند 5 و 67 و 531 ساعة. ما الوسط الحسابى للحياة؟

٥ـ إذا كان الوسط الحسابى للحياة هو 52 ساعة، فما معدل الفشل؟

٦ـ ارسم منحنى oc لخطة معاينة محددة بأن $n = 24$ و $T = 149$ و $r = 8$.

٧ـ ارسم منحنى لخطة oc لخطة معاينة محددة بأن $n = 10$ و$T = 236$ و $r = 5$.

٨ـ حدد وقت الانتهاء، مع الإحلال، وخطة معاينة للوسط الحسابى للحياة حيث مخاطرة المنتج لرفض دفعات بوسط حسابى للحياة 800 ساعة يكون 0.05 ومخاطرة المستهلك لقبول دفعات بوسط حسابى للحياة $\theta_1 = 220$ يكون 0.10. حجم العينة هو 30.

٩ـ حدد وقت الانتهاء، مع الإحلال لخطة معاينة لها المواصفات التالية : & = 0.05، و $\theta_o = 800$، و $\beta = 0.10$، $\theta_1 = 400$، و $T = 160$.

١٠ـ حدد وقت الانتهاء، مع الإحلال لخطة معاينة حيث مخاطرة المنتج لرفض

دفعات بوسط حسابى للحياة $\theta_0 = 900$ يكون 0.05، ورقم الرفض هو 3، وحجم العينة هو 9.

١١ـ أوجد خطة معاينة استبدال اختبار الحياة من 300 ساعة والتى تقبل دفعة بوسط حسابى للحياة 3000 فى 95% من الوقت كما أنها ترفض دفعة بوسط حسابى للحياة 1000 ساعة فى 90% من الوقت.

١٢ـ إذا كان احتمال قبول دفعة بوسط حسابى للحياة 1100 دورة هو 0.95 واحتمال رفض دفعة بوسط حسابى للحياة 625 دورة هو 0.90، فما خطة المعاينة لحجم عينة 60 ؟

١٣ـ أوجد اختبار حياة، لخطة معاينة انتهاء بالوقت مع الإحلال والتى تقبل دفعة بوسط حسابى 900 ساعة باحتمال 0.95 ($\alpha = 0.05$). ويوقف الاختبار بعد حدوث الفشل الثانى ووضع 12وحدة من المنتج فى الاختبار.