دراسة الضغط المرحلي لإختبارات الحياة المعجلة للتوزيع الأسي العام للعينات المراقبة

تقديم الطالبة: مريم محمد مؤمن خان

تحت إشراف: د. آمال سليمان حسن

المستخلص

تسعى التكنولوجيا الحديثة الى إنتاج منتجات ذات صلاحية عالية لتنافس بها جودة المنتجات الاخرى. اختبارات الحياة لمثل هذه المنتجات تحت ظروف التشغيل العادية تحتاج الى وقت طويل للحصول على عدد مناسب من الوحدات التي فشلت لإجراء التحليلات الإحصائية. في هذه الحالة، يتم تطبيق اختبارات الحياة المعجلة (Accelerated life test) للحصول على بيانات زمن الفشل في وقت اقصر بكثير من ظروف التشغيل العادية مع تخفيض التكلفة. وقد استخدم المهندسون تجارب اختبارات الحياة المعجلة في المصانع لعدة عقود، وايضا أُستُخدمت اختبارات الحياة المعجلة في بعض التجارب الكهربائية والالكترونية والطبية وغيرها في العديد من المجالات المختلفة. الضغط المرحلي لإختبارات الحياة المعجلة (Step-stress accelerated life test) هو نوع خاص من أنواع اختبارات الحياة المعجلة، يتم فيه تغيير مستوى الضغط اللذي تتعرض له الوحدات مرحلة بمرحلة الى مستويات أعلى في اوقات محددة مسبقا خلال زمن التجربة الكلي، للحصول على معلومات حول معالم توزيع أزمنة الحياة (Lifetime) بسرعة اكبر من ظروف التشغيل الطبيعية. ومن الاعمال الأولية والرائدة في مجال نمذجة الضغط المرحلي لاختبارات الحياة المعجلة، كانت بواسطة Nelson (1980).

الهدف من هذه الرسالة هو دراسة نموذج الضغط المرحلي البسيط لإختبارات الحياة المعجلة مع مستويين من الضغط ، هذا النموذج البسيط تمت توسعته الى نموذج الضغط المرحلي لإختبارات الحياة المعجلة لثلاثة مستويات من الضغط، بعد ذلك تم تعميم النموذجين الى النموذج العام من الضغط المرحلي لإختبارات الحياة المعجلة بعدد (k) من مستويات الضغط المختلفة، وذلك في ظل افتراض وجود نموذج التعرض التراكمي.

في هذه الرسالة تمت دراسة الاستدلالات الإحصائية للمعالم الغير معلومة في نموذج الضغط المرحلي لإختبارات الحياة المعجلة بناء على أن العينة المتاحة هي عينة مراقبة من النوع الثاني، وذلك بافتراض أن أزمنة الفشل في كل مستوى من مستويات الضغط الثابت تتبع التوزيع الأسي العام (Generalized exponential distributeon) بمعلمة قياس ترتبط بمستوى الضغط بعلاقة خطية لوغارتمية، و كذلك بفرض أن النموذج المستخدم لربط توزيع ازمنة الفشل تحت مستويات الضغط المختلفة ببعضها البعض هو نموذج التعرض التراكمي (Cumulative exposure model) . تم استخدام طريقة الإمكان الأعظم للحصول على تقديرات لمعالم النموذج، وتمت دراسة آداء هذه المقدرات باستخدام بعض المقاييس الاحصائية. تم استنتاج مصفوفة معلومات فيشر لاستخدامها في الحصول على مصفوفة التباين والتغاير التقاربي لمقدرات الإمكان الأعظم. وإستنادا إلى التوزيع الطبيعي التقاربي لمقدرات الإمكان الأعظم، تم استنتاج فترات الثقة التقاربية للمعالم الغير معروفة. بالإضافة إلى ذلك ، تم إجراء اختبار الفرض لمعامل الانحدار لعلاقة الحياة والضغط بإستخدام طريقة اختبار النسبة لمقدّر الإمكان الأعظم .

بالإضافة الى ذلك، تم تحديد الزمن الأمثل لتغير مستوى الضغط من مستوى منخفض لمستوى أعلى، بإستخدام مقياس المحددات المثالية (D-optimality criteria) في حالة الضغط المرحلي البسيط لإختبارات الحياة المعجلة.

أيضا، تم تزويد الرسالة بنتائج المحاكاة مع مناقشة هذه النتائج اللتي تم الحصول عليها باستخدام برنامج "MathCad 14"، من أجل التحقق وتوضيح طريقة الاستدلال الاحصائي المقترح وكذلك خطة اختبار الأمثلية التي تمت مناقشتها في هذه الرسالة. أظهرت نتائج المحاكاة أن التحيز المطلق النسبي ومتوسط مربع الخطأ يكونان متناقصان بشكل عام وكذلك فترات الثقة تكون قصيرة عندما يزيد حجم العينة أو تنخفض نسبة المراقبة. اخيرا تم عرض بعض الامثلة العددية لشرح طريقة الاستدلال الاحصائي التي تمت مناقشتها عدديا في هذه الرسالة.

تحتوي هذه الرسالة على ستة فصول، يتضمن الفصل الأول مقدمة عامة للرسالة مع ذكر اهم الاهداف و تقسيم الرسالة.

الفصل الثانى يحتوي على بعض التعريفات والمفاهيم الإحصائية الأساسية المستخدمة فى الفصول التالية للرسالة، بالإضافة الى عرض الدراسات السابقة المهتمة باختبارات الحياة المعجلة خاصة المتعلقة بالضغط المرحلي لاختبارات الحياة المعجلة.

وفي الفصل الثالث تم حساب التقدير بنقطة وفترة لمعلمة الشكل و لمعلمتي معادلة الانحدار الخطي اللوغاريتمي التي توضح العلاقة بين مستويات الضغط وأزمنة الحياة وذلك في حالة الضغط المرحلي البسيط لاختبارات الحياة المعجلة باستخدام عينات مراقبة من النوع الثاني، كذلك تم اجراء اختبار الفرض لمعامل معادلة الانحدار الخطية، بالاضافة لذلك تم حساب الزمن الأمثل لتغيير مستوى الضغط، وفي اخر الفصل تم تطبيق و شرح هذه الطرق المستخدمة باستخدام طريقة المحاكاة بجانب ذكر مثال عددي مع التعليق ومناقشة النتائج العددية المتحصل عليها باستخدام برنامج "MathCAD-14".

في الفصل الرابع تمت دراسة حالة الضغط المرحلي لاختبارات الحياة المعجلة لثلاثة مستويات من الضغط عن طريق تطبيق طرق الاستدلال الحصائي من التقدير بنقطة وفترة بالاضافة الى اختبارات الفروض باستخدام طريقة مقدر الإمكان الاعظم، وتم توضيح الطرق المستخدمة عدديا عن طريق المحاكاة مع ذكر مثال عددي والتعليق تفصيليا على النتائج المتحصل عليها.

أما في الفصل الخامس فقد تم نظريا تعميم الحالات المذكورة في الفصل الثالث والرابع الى النموذج العام من الضغط المرحلي لإختبارات الحياة المعجلة بعدد (k) من مستويات الضغط المختلفة.

أما الفصل السادس والاخير فيتعلق بمناقشة موضوع الرسالة بشكل عام وماتهدف اليه مع تلخيص النتائج المتحصل عليها ومناقشتها، بالاضافة الى عرض بعض المقترحات لدراسات مستقبلية.

وفي نهاية البحث تم عمل ملاحق تحتوي على جداول تتضمن نتائج اجراء الدراسة العددية باستخدام برنامج "MathCAD-14" لمقدرات معالم التوزيع وفترات الثقة واختبارات الفروض في حالة الضغط المرحلي البسيط والضغط المرحلي لثلاثة مستويات من الضغط لاختبارات الحياة المعجلة، كذلك تحوي جداول خاصة بالوقت الأمثل في حالة الضغط المرحلي البسيط لاختبارات الحياة المعجلة. بالإضافة الى كل برامج "MathCAD-14" التي تم تنفيذها في هذه الرسالة للحصول على النتائج العددية.

Planning Step Stress Accelerated Life Tests for Generalized Exponential Lifetime Model with Censoring

By: Mariam Mohammed Momin-Khan

Supervised By: Dr. Amal Soliman Hassan

Abstract

Modern technology is producing high reliability products. Life testing for such products under normal use condition takes a lot of time to obtain a reasonable number of failures. In this situation, an accelerated life test (ALT) procedure is performed in order to obtain failure-time data in a much shorter time with less cost. In step-stress accelerated life test (SSALT), which is a special class of ALT, the stress setting for survival units is generally changed step by step to a higher stress levels at a pre-determined times during the experiment, to obtain information on the parameters of the lifetime distributions more quickly than under normal operating conditions.

The main focus of this thesis is to develop an optimum test plan, in which the stress change time should be optimality determined according to optimality criterion. This thesis studies the statistical inference of the unknown parameters on the SSALT model under type-II censoring. It is assumed that the failure times at each stress level follow the generalized exponential distribution with scale parameter that is a log linear function of the stress level. A cumulative exposure model is also assumed. First, simple SSALT model with two stress levels will be studied, then this model is extend to SSALT with 3 levels of stress and to more generalized model: k-step SSALT, which includes k levels ($k \geq 2$) of one stress variable.

Under the assumption of a cumulative exposure model, the maximum likelihood method is used to obtain the estimators of the model parameters. Although the proposed estimators cannot be expressed in closed forms expressions, they can be easily evaluated by using appropriate numerical techniques. The performances of these estimators are studied using some statistical measures. The observed Fisher information matrix is derived for obtaining the asymptotic variance-covariance matrix of the estimates. Also, the approximate confidence intervals for the unknown parameters are deduced. In addition, test of hypothesis for the regression coefficient of the life-stress relationship is examined using the likelihood ratio test method. Moreover, the optimal allocation of the stress change time is determined using the D-optimality criterion, in the case of simple SSALT model. Simulation results are provided with discussion using "MathCAD-14" program, for the validation and illustration of the proposed inference method and the optimal test plan procedure discussed in this thesis. The simulation results showed that the relative absolute biases and mean squared errors are generally decreases with shortest confidence intervals as the sample size increases or as the censoring percentage decreases. Finally, numerical example is presented to numerically examine the inferential procedure discussed here.