

12 Accelerated life testing

12.1 Introduction

12.2 Experimental designs for ALT

ALT är en förkortning av "Accelerated Life Testing." Tekniken kallas ibland för "over-stress testing".

12.3 Parametric models used in SALT

SALT är en förkortning av "Step-stress Accelerated Life Testing."

Exempel 12.1 *Design I*

Här tänker man sig att en typisk funktionstid $T \sim \text{Exp}(\lambda)$, där parametern λ beror av stress-nivån s . Vi betecknar den därför med $\lambda(s)$. Funktionen $\theta(s) = 1/\lambda(s)$ beskriver hur den förväntade livslängden beror av stress-nivån s .

En vanlig ansats är att ansätta att $\lambda(s) = \lambda g(s)$ för någon lämpligt vald funktion $g(s)$. Tre vanliga parametriska uttryck för $g(s)$ är

$$\begin{aligned} g(s) &= s^a && \text{(power rule model)} \\ g(s) &= e^{-b/s} && \text{(Arrhenius model)} \\ g(s) &= s e^{-b/s} && \text{(simple Eyring model)} \end{aligned}$$

Alla tre beskriver situationer där felbenägenheten ökar med s (åtminstone om parametern är positiv). Det förekommer att man arbetar med modeller som har fler än en parameter. Exempel: $g(s) = s^a e^{-b/s}$.

Känner man $g(s)$ till fullo (alltså det principiella utseendet, inkl parametrarnas värden), räcker det att testa på en nivå $s_1 \geq s_0$ (s_0 är den för enheten normala drift-stress-nivån) för att skatta λ . Den normala situationen är nog emellertid att parametrarna i $g(s)$ ej är kända med någon större exakt-het. Då måste man testa på flera nivåer $s_1, \dots, s_k$. Typiskt väljs testnivåer $s_1 < s_2 < \dots < s_k$ större än den normala stressnivån s_0 komponenten eller enheten utsätts för. Man vill ju ha snabba resultat. Efter det att man

skattat parametrarna i modellen för $g(s)$ med t.ex trolighetsmetoden, så har man ju även en skattning $\hat{\lambda}_0$ av $\lambda_0 = \lambda g(s_0)$.

Att man kallar denna situation för "Design I" beror på att man testar n_1 komponenter på stress-nivån s_1 , n_2 st på nivån s_2 , osv. Det är viktigt att allokeringen av komponenter till de olika test-nivåerna sker slumpmässigt. $\square$

Exempel 12.2 *Design II*

Här tänker man sig en situation där man sätter igång n komponenter samtidigt. Under tiden $[0, t]$ låter man enheterna arbeta under den normala stress-nivån s_0 . Sedan (alltså efter tidpunkten t) kör man de enheter som ännu inte gått ner tills "failure" under en accelererad (förhöjd) stress-nivå $s_1 > s_0$. Se lärobokens figur 12.2. $\square$

Man kan även tänka sig att stressnivån s kontinuerligt ökar med testtiden. Men då är vi inne på något som skulle kunna kallas "progressive test accelerated testing" och förkortas PALT.

Obs att när man använder sig av parametriska modeller, som de just beskrivna, är det viktigt

- att fördelningen är av samma typ (t.ex exponential, Weibull) på olika testnivåer, och
- att man känner till, modulo några skattningsbara konstanter, hur parametrarna i fördelningen beror av stress-nivån.

Obs också att man ofta av tidsskäl ej hinner följa alla enheter som testas till "failure", så även i den här typen av provning har man typiskt censurerade data.

Notera slutligen att när man testar med konstant förhöjd stress är det inte så enkelt att översätta resultaten till normala driftsförhållanden, för i sådana är det nästan alltid så att stressen s varierar med tiden på ett icke-förutsägbart (m.a.o slumpmässigt) sätt.

12.4 Nonparametric models used in ALT

S.k Proportional Hazard-modeller (PH-modeller, modellen där $\lambda(s) = \lambda g(s)$ som studeras i exempel 12.1 är en sådan) karaktäriseras av att felbenägenheten $z(t)$ beror av stress-nivån s (man skriver därför istället $z(t, s)$) på ett sådant sätt att

$$z(t, s) = z_0(t) \cdot g(s)$$

där $z_0(t) = z(t, s_0)$ och $g(s_0) = 1$. Då gäller ju för varje stress-nivå s , att $z(t, s) \propto z_0(t)$. Därför benämningen "Proportional Hazard". Det är viktigt att notera att proportionalitetskonstanten $g(s)$ ej förändras med tiden.

Då stressen är s_0 gäller

$$P(T > t) = R(t, s_0) = e^{-\int_0^t z_0(u) du}$$

och då stressen är s gäller

$$P(T > t) = R(t, s) = e^{-\int_0^t z_0(u) g(s) du} = R(t, s_0)^{g(s)}$$

Funktionen $g(s)$ kan man tänka sig olika parametriska utseenden av. T.ex de tidigare nämnda av typen $g(s) = s^a e^{-b/s}$, där $-\infty < a < \infty$, $-\infty < b \leq \infty$. PH-modellen blir då semi-parametrisk.