

Uma investigação de métodos para o estudo da influência da incerteza em dados experimentais de vida acelerada

Autores

Maria Celia de Oliveira Papa

Orientador

Alvaro Jose Abackerli

1. Introdução

Uma das importantes tarefas dos fabricantes é a busca pela melhoria da produtividade, confiabilidade e a qualidade de seus produtos. A melhoria da confiabilidade está diretamente relacionada a melhoria contínua da qualidade. Neste contexto, é preciso a obtenção cada vez mais precisa do intervalo de tempo estabelecido como garantia de um produto.

A teoria da confiabilidade é composta de técnicas capazes de avaliar de forma probabilística as chances dos produtos falharem. Para isso, esta teoria analisa estatisticamente todas ou a maioria das variáveis envolvidas nesta avaliação. O'Connor (2004) expressa a confiabilidade como a probabilidade de que um produto ou item executar uma função requerida sem falhas sob condições especificadas por um período de tempo determinado

Para conhecermos a confiabilidade do produto, necessitamos conhecer o tempo , ou seja, o tempo mínimo esperado que o produto deva funcionar. Uma das formas de determinar se o produto atende a sua missão é determinando sua vida, neste caso, por meio de ensaios acelerados. Tais ensaios envolvem a obtenção do intervalo de tempo em que o produto funciona até falhar, em condições acima das nominais. Os tempos de falha obtidos nas condições aceleradas são então extrapolados para condições normais de uso. Segundo Nelson (1990), nos ensaios acelerados de vida, o tempo de vida do produto está em função da carga de estresse que é utilizada na realização do teste. Tais cargas de estresse, em geral, são consideradas medidas exatas. Na prática experimental nem sempre é possível a definição exata da carga, dado que na maioria das vezes é impossível se obter uma medição perfeita da carga de estresse utilizada no ensaio.

2. Objetivos

Este estudo busca por métodos capazes de considerar as incertezas na análise dos dados de falha acelerada, considerando todas as características de um teste acelerado.

3. Desenvolvimento

Segundo Nelson (1990), um ensaio acelerado de vida consiste de uma variedade de métodos que intencionalmente diminuem a vida útil de um produto ou aceleram a degradação de seu desempenho. Para

isso, é preciso a utilização de cargas de estresse, que podem ser aplicadas de forma constante, cíclica, intervalar, progressiva e aleatória. O procedimento de ensaio acelerado com cargas de estresse constantes tem sido o mais utilizado. Porém, para a realização do teste é de extrema importância a determinação da intensidade e do tipo de carga a ser aplicada, pois tal carga deve ser apropriada ao tipo de dados que se deseja obter, além de condicionada ao tempo e aos recursos disponíveis para a realização do ensaio.

Um dos tipos de ensaio de vida acelerado mais freqüentemente utilizados é realizado a partir de um conjunto de amostras de um dado produto. Para a realização do ensaio, cada amostra é submetida a um nível de carga de estresse diferente, porém contínua e teoricamente constante durante o período de teste. Para cada nível de estresse, os dados de falha são modelados por uma mesma distribuição de probabilidades que representa os tempos de falha dos componentes ensaiados nos diferentes níveis de estresse. Para o tratamento matemático dos resultados, tais distribuições devem ser as mesmas nos distintos níveis de estresse usados no teste, ficando a distinção entre os diferentes níveis de estresse expressas pelos parâmetros das distribuições de vida que modelam cada conjunto de amostra.

Neste caso, para análise dos dados Freitas e Colosimo (1997) sugerem que a extrapolação dos dados do teste acelerado para as condições usuais aconteça por meio de modelos de regressão apropriados. O modelo de regressão apropriado é formado de duas partes: uma parte determinística e outra probabilística. Estes modelos de regressão são construídos para o logaritmo dos tempos de falha. Nestes modelos supõe-se que os tempos de falhas têm distribuição com parâmetro de locação dependente da variável de estresse, dado pelos modelos de relacionamento, neste estudo pela relações Arrhenius e Potencia Inversa. E o parâmetro de escala independente da variável de estresse, aqui representado pelos modelos exponencial, Weibull e log normal.

4. Resultados

Os métodos apresentados neste estudo são apresentados dentro do contexto de modelos de regressão com erros nas variáveis. Serão apresentados três métodos, dentre os quais, o método SIMEX foi selecionado para implementação e investigação do efeito das incertezas nas variáveis de estresse discutidas neste trabalho.

Regressão Spline

A regressão *spline* é um método não paramétricos utilizados para tratar problemas com incertezas nas variáveis independentes. Este método é amplamente utilizado para a estimação da curva de regressão, já incluindo as incertezas. A regressão *spline* é um tipo de função polinomial cujos segmentos são unidos por nós e cujas derivadas de maior ordem são não nulas e possibilitam, a partir dos dados, a obtenção da curva de regressão. Métodos baseados na regressão *spline* podem ser verificados em Carroll et al. (1995), Berry et al. (2002) e Ganguli et. al (2005). Ainda que a regressão *spline* seja amplamente utilizada para a estimação das curvas de regressão, o que impediu sua utilização foi a necessidade de se utilizar o modelo de regressão que contem o modelo de relacionamento, isso porque tais modelos representam as condições de realização do teste e os mecanismos de falhas.

Calibração de Regressão

Um dos métodos considerados é o método de calibração de regressão. A idéia básica deste método consiste em substituir a variável independente, que não pode ser observada diretamente, devido a existência de incertezas, por uma nova variável. Esta nova variável assume o valor da variável independente adicionada das incertezas. Este método produz estimativas consistentes para os parâmetros do modelo de

regressão, em especial, para casos em que o modelo de regressão utilizado é um modelo logístico. Em um modelo logístico, a variável resposta, ou seja, a variável independente é uma variável binária (0 ou 1) (Carroll et al., 1995).

Um dos métodos considerados é o método de calibração de regressão. A idéia básica deste método consiste em substituir a variável independente, que não pode ser observada diretamente, devido a existência de incertezas, por uma nova variável. Esta nova variável assume o valor da variável independente adicionada das incertezas. Este método produz estimativas consistentes para os parâmetros do modelo de regressão, em especial, para casos em que o modelo de regressão utilizado é um modelo logístico. Em um modelo logístico, a variável resposta, ou seja, a variável independente é uma variável binária (0 ou 1) (Carroll et al., 1995). A utilização de técnicas baseadas no método de calibração de regressão é utilizada por diversos autores. Dentre eles é possível verificar Wang et al. (1996), Xie et al. (2001) e Freedman et al. (2004). Em grande parte dos trabalhos, os autores verificam que tanto a calibração de regressão por si só como associada a outro método apresenta valores de parâmetros viesados para casos em que o modelo de regressão utilizado é diferente do modelo logístico. Além disso, os autores relatam que para casos de regressão linear em especial, este método é altamente viesado, o que contribuiu para a não utilização deste método dado que o modelo aqui utilizado deverá ser linearizado. O método SIMEX

O método SIMEX é um método baseado na estimação e atenuação do viés devido a existência de incertezas de medida na variável independente. Embora, originalmente o método SIMEX fosse destinado para casos de modelo de erros de medida aditivo, ele pode ser estendido para casos em que há erros de medida em várias covariáveis, bem como para o caso de modelos de erros de medida multiplicativo (Carroll et al., 1995). Segundo Cook e Stefanski (1994), o SIMEX é um procedimento de estimação que pode ser entendido em dois passos, passo de simulação e passo de extrapolação. De forma geral, a idéia básica do método é a utilização de um novo conjunto de dados que substitui as variáveis independentes originais. Este novo conjunto de dados é composto por tais variáveis originais adicionadas de erros de medida aditivos, os quais são obtidos de forma aleatória por meio de simulações computacionais.

O procedimento de adição de erros de medida adicional aos dados permite verificar que tipo de tendência afeta o valor dos parâmetros do modelo, a qual pode ser verificada pelo aumento crescente da variância do erro de medida, este procedimento caracteriza o passo de simulação. No passo de extrapolação, os parâmetros do modelo a serem estimados são modelados como uma função do valor da variância dos erros de medida e extrapolado para o caso em que não existe erro de medida. Uma visão heurística do método SIMEX pode ser verificada no apêndice A e B.

5. Considerações Finais

Neste artigo três métodos foram colocados em discussão visando obter um panorama sobre as formas de solução de problemas de regressão com erros na variável independente, na tentativa de aplicá-los no contexto de ensaio acelerado.

Pela exposição de cada método pode-se verificar que o SIMEX apresenta maior potencial para o problema em questão, isso porque o método parece tratar desde modelos de regressão mais convencionais até modelos matematicamente mais elaborados. Além disso, sua utilização depende apenas do conhecimento da variância das incertezas de medida.

Conforme proposto e esperado, a investigação de métodos potenciais para a análise do problema em questão revela complexidades interessantes de pelo menos duas naturezas. Uma é relativa à necessidade

de selecionar métodos cujas hipóteses teóricas possam ser suficientemente garantidas nos experimentos. A outra, é a necessidade de ajustar as premissas de duas teorias distintas, de um lado os pressupostos dos modelos de relacionamento e de outro o tratamento de erros (incertezas) na variável independente. De qualquer forma, a complexidade do problema em investigação ainda está por ser revelada, sendo neste momento a motivação dos problemas aqui colocados em discussão.

Referências Bibliográficas

BERRY, S. M; CARROLL R.J; RUPPERT D. Bayesian Smoothing and Regression Splines for Measurement Error Problems, Journal of the American Statistical Association, Vol. 97(457), p. 160-169, March 2002.

CARROLL, R. J; RUPPERT, D; STEFANSKI, L. A. Measurement Error in Nonlinear Models, Monographs on Statistics and Applied Probability 63, Chapman & Hall, 1995.

COOK, J; STEFANSKI, L. A. A Simulation Extrapolation Method for Parametric Measurement Error Models, Journal of the American Statistical Association, Vol. 89, p. 1314-1328, 1995.

FREEDMAN, L. S; FAINBERG, V; KIPNIS, V; MIDTHUNE, D; CARROLL, R. J. A New Method for Dealing with Measurement Error in Exploratory Variables of Regression Models, Biometrics, Vol. 60, p. 172-181, March 2004.

FREITAS, M. A; COLOSIMO E. A. Confiabilidade: Análise de Tempo de Falha e Teste de Vida Acelerados, Volume 12, 1ª edição, Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1997.

GANGULI, B; STAUDENMAYER, J; WAND, M. P. Additive Models with Predictors Subject to Measurement Error, Australian N. Z. Journal Statistical, v. 47 (2), p. 193 - 202, 2005.

NELSON, W. Accelerated Testing: Statistical Models, Test Plans, and Data Analysis, John Wiley and Sons, New York, 1990. 601 p.

O' CONNOR, P. D. T. Practical Reliability Engineering, Forth Edition, John Wiley & Sons, LTD, 513 p., 2004.

WANG, N; CARROLL, R. J; LIANG K. Y. Quasilielihood Estimation in Measurement Error Models with Correlated Replicates, Biometrics, v. 52, p. 401 - 411, June 1996.

XIE, S. X; WANG, C. Y; PRENTICE, R. L. A risk set calibration method for failure time regression by using a covariate reliability sample, Journal Royal Statistical Society, v. 63 (B), p. 855 - 870, 2001.

Anexos

