

文章编号 1000-5013(2002)02-213-04

寿命服从极小值分布的 MIS 的软件可靠性分析

彭 霁

(华侨大学经济管理学院, 泉州 362011)

摘要 在管理信息系统(MIS)开发过程中,对 MIS 软件进行截尾寿命测试,收集其故障数据.应用可靠性统计方法,对寿命服从极小值分布的 MIS 软件,建立最大似然方程的参数迭代法.给出了各种可靠性指标公式,并用实例计算验证.

关键词 管理信息系统, 极小值分布, 软件可靠性

中图分类号 TP 315 O 213.2

文献标识码 A

随着信息技术的高速发展,管理信息系统(Management Information System, MIS)的建设,这已是企业管理现代化、信息化的一项重要措施.管理信息系统是一个以人为主导,利用计算机硬件、软件、网络通信设备以及其他办公设备,进行信息的收集、传输、加工、储存、更新和维护;以企业战略竞优、提高效益和效率为目的,支持企业高层决策、中层控制、基层运作的集成化的人机系统^[1].显然, MIS 不是一个单纯的技术系统,而是一个十分复杂的技术社会系统.在应用层面上, MIS 已不是一般概念上的数据处理系统,其环境、目标、功能、内涵等都发生了很大的变化.人们对 MIS 的质量和可靠性问题,已有越来越高的要求.然而,要给出 MIS 的可靠性描述是很困难的.假如我们将 MIS 抽象地看作是硬件和软件所组成的串联系统,这样就可应用诸多的可靠性理论与技术进行研究^[2,3].本文主要从软件可靠性分析的角度,通过 MIS 开发过程中,对 MIS 软件进行截尾寿命测试,收集其故障数据.尔后,应用可靠性统计的方法,给出 MIS 软件寿命服从极小值分布时的可靠性指标公式,提出一种便于计算应用的指标确定方法.

1 可靠性分析

设 MIS 软件的寿命 T 服从极小值分布,从而可得其可靠度函数,平均寿命和故障率分别如式(1)、式(2)和式(3).

$$R_M(t) = \exp\{-\exp(\frac{t-\mu}{\sigma})\}, \quad (1)$$

$$E_M(T) = \mu - 0.577\,2\sigma, \quad (2)$$

$$\lambda_M(t) = \sigma^{-1} \cdot \exp\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right). \quad (3)$$

对该软件在时刻 $t_i (i = \overline{1, r})$ 做 m_i 次重复截尾寿命测试, 所收集故障数据, 如表 1 所示.

表 1 故障数据

故障时间 t_i	t_1, t_2, \dots, t_r	t_r 为测试截止时间
故障次数 m_i	m_1, m_2, \dots, m_r	$m = \sum_{i=1}^r m_i$

$$L(t_1, t_2, \dots, t_r, \mu, \sigma) = \prod_{i=1}^r [f_M(t_i)]^{m_i} = \prod_{i=1}^r \left\{ \frac{1}{\sigma} \exp\left[\frac{t_i - \mu}{\sigma}\right] - \exp\left(\frac{t_i - \mu}{\sigma}\right) \right\}^{m_i} =$$

$$\sigma^{-m} \prod_{i=1}^r \exp\left\{ m_i \frac{t_i - \mu}{\sigma} - m_i \exp\left(\frac{t_i - \mu}{\sigma}\right) \right\} = \sigma^{-m} \exp\left\{ \sum_{i=1}^r m_i \left[\frac{t_i - \mu}{\sigma} - \exp\left(\frac{t_i - \mu}{\sigma}\right) \right] \right\},$$

$$\ln L = -m \ln \sigma + \sum_{i=1}^r m_i \left[\frac{t_i - \mu}{\sigma} - \exp\left(\frac{t_i - \mu}{\sigma}\right) \right] =$$

$$-m \ln \sigma + \sigma^{-1} \sum_{i=1}^r m_i t_i - m \mu \sigma^{-1} - \sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}} \cdot e^{-\frac{\mu}{\sigma}}.$$

令 $\frac{\partial \ln L}{\partial \mu} = 0$, 即 $-m \sigma^{-1} + \sigma^{-1} e^{-\frac{\mu}{\sigma}} \sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}} = 0$, 得

$$\exp\left(-\frac{\mu}{\sigma}\right) = m / \sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}, \quad (4)$$

$$\mu = -\sigma \left\{ \ln m - \ln \left[\sum_{i=1}^r m_i \exp\left(\frac{t_i}{\sigma}\right) \right] \right\}. \quad (5)$$

令 $\frac{\partial \ln L}{\partial \mu} = 0$, 即

$$-\frac{m}{\sigma} - \frac{\sum_{i=1}^r m_i t_i}{\sigma^2} + \frac{m \mu}{\sigma^2} + \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i - \mu}{\sigma}} (t_i - \mu) = 0,$$

$$m = \frac{1}{\sigma} \left\{ -\sum_{i=1}^r m_i t_i + m \mu + \sum_{i=1}^r m_i t_i e^{\frac{t_i - \mu}{\sigma}} - \mu \sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i - \mu}{\sigma}} \right\} =$$

$$\frac{1}{\sigma} \left\{ m \mu - \sum_{i=1}^r m_i t_i + e^{-\frac{\mu}{\sigma}} \left(\sum_{i=1}^r m_i t_i e^{\frac{t_i}{\sigma}} - \mu \sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}} \right) \right\}. \quad (6)$$

将式(4)代入式(5), 得

$$m = \frac{1}{\sigma} \left\{ m \mu - \sum_{i=1}^r m_i t_i + \frac{m}{\sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}} \left(\sum_{i=1}^r m_i t_i e^{\frac{t_i}{\sigma}} - \mu \sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}} \right) \right\} =$$

$$\frac{1}{\sigma} \left\{ m \mu - \sum_{i=1}^r m_i t_i + m \frac{\sum_{i=1}^r m_i t_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}}{\sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}} - m \mu \right\} = \frac{1}{\sigma} \left\{ -\sum_{i=1}^r m_i t_i + m \frac{\sum_{i=1}^r m_i t_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}}{\sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}} \right\}.$$

故得

$$\sigma = -\frac{\sum_{i=1}^r m_i t_i}{m} + \frac{\sum_{i=1}^r m_i t_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}}{\sum_{i=1}^r m_i e^{\frac{t_i}{\sigma}}}. \quad (7)$$

显然, 从式(4), (7)是无法直接解出 μ 和 σ 的. 为此, 我们提出一种便于在计算机上实现的参数迭代法. 它利用收集到的故障数据, 即可求出 μ 和 σ 的近似最大似然估计值 $\hat{\mu}$ 和 $\hat{\sigma}$. 由此, 可

得到寿命服从极小值分布的 MIS 软件的可靠性指标. 可靠度函数、平均寿命和故障率分别为

$$R_M(t) = \exp\left\{-\exp\left(\frac{t-\hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)\right\},$$
$$E_M(T) = \hat{\mu} - 0.577\,2\hat{\sigma},$$
$$\lambda^M(t) = \hat{\sigma}^{-1} \cdot \exp\left(\frac{t-\hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right).$$

2 迭代方法

首先,对公式(7)进行迭代,即取初值 σ_0 代入式(7)的右边,从式(7)的左边得到第一次迭代的 σ_1 . 然后,再将 σ_1 代入式(7)的右边,并从式(7)的左边得到第二次迭代的 σ_2 . 依此进行,直到求出 σ_k 和 σ_{k+1} 使得对给定的精度 ϵ , 满足 $|\sigma_k - \sigma_{k+1}| < \epsilon$ 为止.

我们取 σ_{k+1} 为参数 σ 的近似值,即 $\hat{\sigma} = \sigma_{k+1}$. 然后,将 $\hat{\sigma}$ 代入式(5),即可求出 μ 的近似值 $\hat{\mu}$.

3 应用例子

由于 MIS 软件的特殊性,要收集到全部的、精确的寿命数据是很困难的. 一般可对该软件进行截尾寿命试验,收集其故障数据. 根据 Martini 不完全数据^[1](表 2),对给定精度 $\epsilon =$

表 2 Martini 不完全数据^①

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
t_i	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$y(i)$	0	7	8	36	45	60	74	82	98	106	115	120	134	139	142
m_i	0	7	1	28	9	15	14	8	16	8	9	5	14	5	3
i	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
t_i	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	
$y(i)$	145	155	167	174	183	196	200	214	223	246	257	277	283	286	
m_i	3	10	12	7	9	13	4	14	9	23	11	20	6	3	
i	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
t_i	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	
$y(i)$	292	297	301	302	310	317	319	323	324	338	342	345	350	352	
m_i	6	5	4	1	8	7	2	4	1	14	4	3	5	2	
i	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	
t_i	430	440	460	470	480	490	500	540	5550	560	570	580	590	600	
$y(i)$	357	376	373	378	381	383	384	387	388	393	398	400	407	413	
m_i	4	11	6	5	3	2	1	3	1	5	5	2	7	6	
i	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
t_i	610	620	630	640	650	660	670	680	690	720	730	740	770	800	
$y(i)$	414	417	419	420	429	440	443	448	454	456	457	458	459	460	
m_i	1	3	2	1	9	11	3	5	6	2	1	1	1	1	

① t_i 是测试时间, $y(i)$ 是至 t_i 时刻的累积故障数, m_i 是 t_i 的故障次数.

0.000 01, 取 $\sigma_0 = 100$. 经迭代, 计算得 $\hat{\sigma} = \sigma_{180} = 213.399\,8$, $\hat{\mu} = 382.940\,7$. 因此, 得到寿命服从极小值的 MIS 软件的可靠性指标: (1) 可靠度函数为

©1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$R_M(t) = \exp\left\{-\exp\left(\frac{t-382.9407}{213.3998}\right)\right\}.$$

(2) 平均寿命和故障率则分别为

$$E_M(T) = 259.7663, \quad \lambda_M(t) = 0.00469 \cdot \exp\left(\frac{t-382.9407}{213.3998}\right).$$

4 结束语

从上述实例的计算结果可以看出, 我们提出的最大似然方程参数迭代法是可行的, 为 MIS 软件可靠性指标的确定, 提供了一种有效的近似计算方法. 因此, 我们运用 MIS 软件的故障数据, 不仅可以给出该软件可靠性指标参数的最大似然方程, 而且可通过计算机算出它们的近似值.

参 考 文 献

- 薛华成. 管理信息系统[M]. 第3版. 北京: 清华大学出版社, 1999. 3~67
- 穆莎 J D, 艾里诺 A, 奥本 K 著. 软件可靠性——度量、预计和应用[M]. 姚一平等译. 北京: 机械工业出版社, 1992. 68~207
- 王 锋, 吴 绍敏. 极值 型分布恒加应力试验的统计分析[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2000, 21(2): 111~115
- 徐仁佐, 谢 , 郑人杰等. 软件可靠性模型及应用[M]. 北京: 清华大学出版社; 南宁: 广西科学技术出版社, 1994. 12~45

Reliability Analysis Made on MIS Software with an Operation Life Submitting to Minimum Distribution

Pen Pei

(College of Econom. Manag., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract During the development of management information system (MIS), the MIS software is passed through a truncated life test and the data of its fault are collected. By applying the method of reliability statistics, a parameter iteration of maximum likelihood equation is set up for MIS software with an operation life submitting to minimum distribution. Various formulae of reliability index are given and verified by case computation.

Keywords management information system, minimum distribution, reliability of software