

复杂系统寿命计算的 Monte Carlo 实现

吴和成

(连云港化工高等专科学校, 连云港, 222001)

摘 要 本文对某复杂系统的平均寿命, 用 Monte Carlo 法进行了模拟计算, 给出了数字例。

关键词 Monte Carlo 法 平均寿命 模拟

1 问题的提出

设某装置仅在 n 个部件全部正常工作时才能工作。开始时有 n 个部件在工作, 设有 s 个备件、一个修理站, 修理站同时只能修理一个部件。当工作部件失效时, 由备用部件补充上, 而损坏的部件送往修理站, 修好的部件再作为备用部件(备件)。当部件坏了又无备件可用时, 系统失效。如何来估计失效的时间呢? 这就是本文要讨论的问题。本文讨论的系统如图所示。

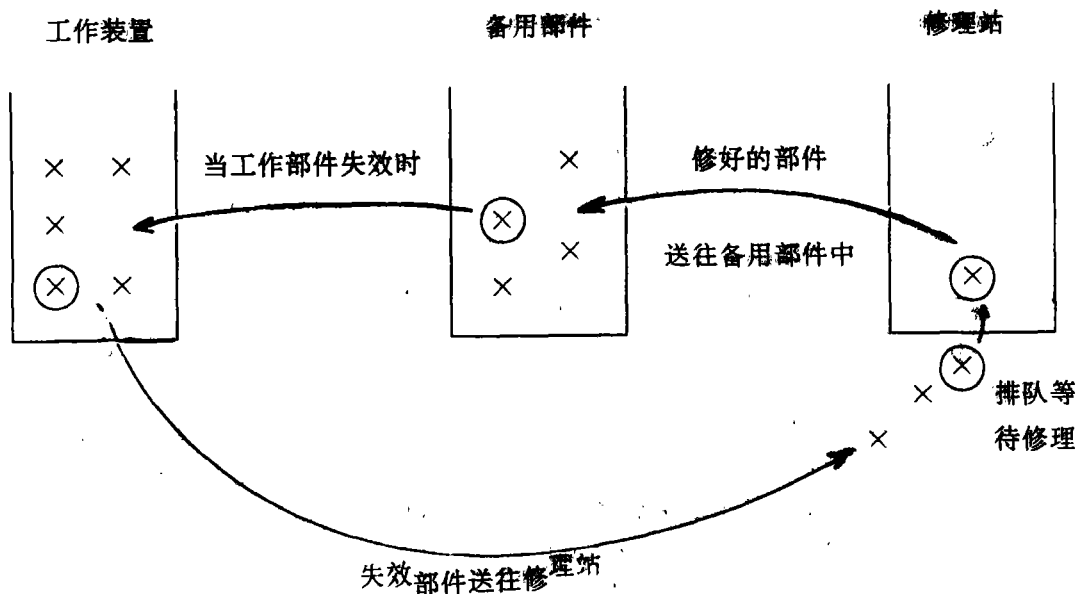


图 本文讨论的系统

2 模型

设各部件的寿命(修好的部件看作新部件)为 $X_i (i=1 \sim n)$, 且是随机变量, 设相互独立同分布于 $F(x)$, 又设各部件的修理时间独立同分布于 $G(x)$, T 为系统寿命, 我们要估计 $E(T)$ 。

3 模拟的步骤

记 t 为时间变量; r 为 t 时刻系统中损坏的部件数; t_{rep} 为正在修理的元件将修好的时间。

1° 产生 n 个部件的寿命, 且由小到大排列。设为 $X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_n$, $X_i \sim F(x)$, 且 X_i 相互独立 ($i=1 \sim n$)。令 $t=0, r=0, (t_{\text{rep}}=0, \text{当 } r=0)$

2° 若 $X_1 < t_{\text{rep}}$ 或 $r=0$, 令 $t=X_1, r=r+1$ 。

又若 $r=s+1$, 输出 T , 停止 (已无备件可用), 否则若 $r \leq s+1$, 取一只备件, 即产生 $X \sim F(x)$ (X 为此备件的寿命), 这只备件在 $t+X$ 损坏, 将 $t+X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 由小到大排列, 不仿设为 $X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_n$ 。

若此时 $r=1, Y \sim G(x), t_{\text{rep}}=t+Y$ 。

重复 2° 或 3° (根据 2°、3° 的判定条件)

3° 若 $t_{\text{rep}} < X_1$, 令 $t=t_{\text{rep}}, r=r-1$ 。

又若 $r=0, t_{\text{rep}}$ 则为 0,

又若 $r>0$, 产生 $Y \sim G(x)$, 令 $t_{\text{rep}}=t+Y$,

重复 2° 或 3° (要根据 2°, 3° 的判定条件)

输出 T 复一轮, 重复 1°—3° M 次, 以 $\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M T_i$ 作为 $E(T)$ 的估计。

4 例

设某复杂系统如文中所说, 如图 所示。设 $n=8, S=3, F(x)=1-e^{-x}, G(x)=1-e^{-2x}$ 。取 $M=500$, 那么, 由文中给出的算法, 可以得到

$$\frac{1}{500} \sum_{i=1}^{500} T_i = 1.624957$$

这样就可以 1.624957 近似地作为系统平均寿命 $E(T)$ 的估计。

5 结束语

本文就某一复杂系统的平均寿命的估计, 给出了一算法, 并举例进行了模拟计算, 至于要考察此估计的效果, 一般说来, M 越大, 误差就越小, 然实际中, M 不可能十分大, 因此对于给定的精度, 我们可以确定 M , 但需要较多的论证, 在此从略。本文用 Monte Carlo 方法来解决复杂系统的平均寿命的计算问题, 此法在实际中可以作为解决随机问题的一种可行的方法。

参考文献

徐钟济. 蒙特卡罗方法. 上海科学技术出版社. 1985