

DOI:10.3724/SP.J.1008.2008.00826

蒙特卡罗模拟在城市进攻战斗减员预计风险分析中的应用

邓月仙¹, 秦超^{1*}, 李瑞兴², 彭海文¹, 江雷¹

1. 第二军医大学卫生勤务学系卫生勤务学教研室, 上海 200433
2. 总后勤部卫生部综合局, 北京 100842

[摘要] 目的:应用风险分析的理论方法改进现行预测方法。方法:以城市进攻作战减员预计为例,整理分析了历史数据和影响减员的不确定因素,确定了日均减员率的统计分布,以定量判断模型为基础,设定参战人数、地形、气候、态势、突然性、战斗效能等因素,应用蒙特卡罗方法进行模拟,采用 Microsoft Excel 和 Crystal Ball 2000 建立了相应的预测模型,对减员模拟结果进行风险分析。结果:城市进攻作战日均减员率可用正态分布变量表达。结合上述因素的量化值,1 000 模拟的结果为,日均战斗减员率均数 0.42%,标准差 0.21%。结论:蒙特卡罗模拟方法是改进现行预测方法的有效手段。

[关键词] 蒙特卡罗法;减员预计;风险分析

[中图分类号] R 195.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2008)07-0826-03

Monte Carlo Simulation in risk analysis of battle casualty forecasting in urban aggressive military action

DENG Yue-xian¹, QIN Chao^{1*}, LI Rui-xing², PENG Hai-wen¹, JIANG Lei¹

1. Department of Military Health Service, Faculty of Health Services, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China
2. Division of Comprehensive Administration, Medical Department, General Logistics Department of PLA, Beijing 100842

[ABSTRACT] **Objective:** To improve the present method for casualty forecasting using the risk analysis theory. **Methods:** Empirical data were extracted from 11 urban aggressive combats during and after WW II, and the distribution of daily casualty was determined. Based on quantitative judgment model, several factors such as the number of soldiers, terrain, weather, general situation, suddenness, and combat efficacy were configured; Monte Carlo simulation was applied for simulation, and a forecasting model was setup with Microsoft Excel and Crystal Ball 2000 software for risk analysis of the simulation outcome. **Results:** The distribution of daily casualty during urban aggressive military action could be represented by normal distribution. With the values of the aforementioned factors, the result of 1000 tests showed that the mean daily casualty rate was 0.42%, with the standard deviation being 0.21%. **Conclusion:** Monte Carlo simulation is an effective means to improve the present casualty forecasting method.

[KEY WORDS] monte carlo method; casualty forecasting; risk analysis

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2008, 29(7): 826-828]

减员预计研究是一个世界性的难题,也是国内外卫勤学术研究的重点和热点。美军 Durpy 等^[1]以大量的统计数据为依据,通过简单回归拟合的方法进行结构简明的定量描述,提出了特定的定量判断模型。近年来,国内学者也对减员进行了较为深入的研究,如徐雷等^[2]建立的减员预计的神经网络模型,秦超等^[3]应用时间序列方法建立的统计学模型。但这些方法的应用还不够深入和广泛。

减员预计的准确性很难掌握,但我们要尽量避

免减员预计过高或过低的现象。因为预计过高会造成卫勤人力物力筹措困难和积压浪费,预计过低会造成卫勤人力物力准备不足。我们应用现代风险分析与控制的理论和方法来改进传统减员预计方法。在完成“岛上城市进攻战斗减员预计研究”过程中,我们应用蒙特卡罗方法模拟了历史数据和减员的若干影响因素,基于 Microsoft Excel 平台,采用 Crystal Ball 2000 建立了相应的预测模型,对减员模拟结果进行风险分析。

[收稿日期] 2007-12-19 **[接受日期]** 2008-03-17

[基金项目] 第二军医大学青年启动基金(2003SQ17). Supported by the Startup Found for Young Scientists of Second Military Medical University(2003SQ17).

[作者简介] 邓月仙, 博士生. E-mail: dengyuexian@hotmail.com

* 通讯作者 (Corresponding author). Tel: 021-25070425, E-mail: smmuqinchao@citiz.net

1 材料和方法

1.1 数据来源 无论是我军现行减员预测方法, 还是 Dupuy 的定量判断模型, 都以收集历史战例来建立减员预测模型为基础。因此笔者搜集了国内解放战争及第二次世界大战中 7 次城市作战进攻方减员情况以及美军在顺化战斗、巴拿马战斗、索马里摩加迪沙之战的减员数据^[4-6]。

表 1 11 次城市作战进攻方减员情况

Tab 1 Daily casualty rate of 11 urban aggressive military actions

| Military action | Duration t/d | Casualty rate/% | Daily casualty rate/% |
|---------------------------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| Shijiazhuang, China | 7 | 9.29 | 1.33 |
| Jinan, China | 9 | 16.96 | 1.88 |
| Tianjin, China | 2 | 6.9 | 3.45 |
| Taiyuan, china | 5 | 12.6 | 2.52 |
| Manila, Philippines | 31 | 16.0 | 0.52 |
| Berlin, Germany | 17 | 12.2 | 0.72 |
| Aachen, Germany | 11 | 15.0 | 1.36 |
| Ardennes, Germany | 7 | 23.0 | 3.29 |
| Hue, Vietnam | 25 | 49.25 | 1.97 |
| Panama, Panama | 2 | 1.29 | 0.65 |
| Mogadishu, Somalia ^a | 2 | 64.38 | 32.19 |

^aThe data of battle in Somalia was treated as escape values

1.2 城市进攻战斗日均战斗减员率的概率分布 对于历史数据, 我军传统方法仅仅计算均数, Dupuy 由历史数据分析给出了确定的数值——日伤亡率的标准值为 4%。我们将这些历史数据作为正态分布的变量看待, 计算平均数和标准差, 波动范围为 0.52%~3.45%, 平均值为 1.77%, 标准差为 1.06%, 同时考虑到减员率不可能为负值, 因此最小值取零。经过上述处理后, 可以在计算机上产生相应统计分布的随机变量, 提供给卫勤领导, 作为进一步预测的基础和依据。如图 1 所示。

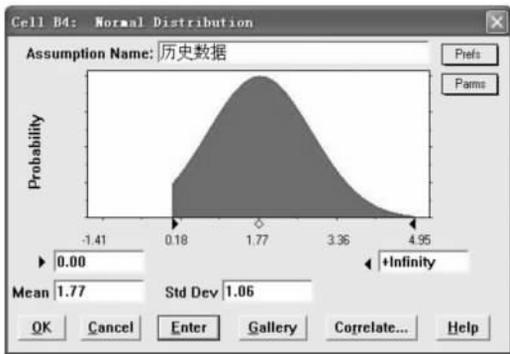


图 1 设置正态分布变量

Fig 1 Normal distribution of variables

1.3 数学模型的确定 减员预计难就难在影响因素众多, 而且难以量化。Dupuy 的定量判断模型引用了大量的历史数据作了验证, 同时还考虑了现代战争中的诸多因子, 使得计算的结果能够较好地接近实际, 得到了广泛的应用。其中用于计算伤亡率的公式为: 标准伤亡率乘以有关的因子^[7], 即 $C = 0.04(N \times rc \times hc \times uc \times tz \times op \times Su) \times so$, 其中 C: 日伤亡率; N: 人员数量; rc: 地形因素; hc: 天候因素; uc: 态势因素; tz: 兵力规模因素; op: 抵抗因素; Su: 突然性因素; so: 老练因素。

1.4 模型中影响因子值的确定 根据 Dupuy 提供的各种影响因素的量化值表, 结合岛上城市进攻作战的实际, 我们重点分析了影响减员的 7 个因素。例如, 作战样式明确为城市进攻作战, 因此任务可以确定为进攻作战, 位于主要作战地段, 敌军殊死防守, 对应的态势因子量化值为 1.0; 地形是确定的城市居民地带, 对应的量化值为 0.5; 未来作战最佳时间在 X 月~X 月, 是潮湿、晴朗、极热气候, 对应的量化值为 0.7。突然性因子仅针对防守方, 我方为进攻方, 所以确定为 1.0。老练因子考虑到我军与某军相比具有相对的优势, 量化值为 1.3, 换算成 $1/1.3 = 0.77$ 。

兵力规模因子视参战兵力而定, 因此我们在 Microsoft Excel 中专门新建了一个工作表(命名为因子列表), 在 A2:B18 单元格范围内列出了不同兵力规模下相应的量化值。然后利用 Microsoft Excel 内置的 Vlookup 函数通过查表得到相应的量化值, 即在 D5 单元格中输入公式“=VLOOKUP(指数法!B7, 因子列表!A2:B18, 2)”, 对抵抗因子采用同样的方法处理。

| | A | B | C | D |
|----|--------------|------------|------|----------------------------------|
| 1 | 城市进攻战斗减员预计研究 | | | |
| 2 | | 均数 | 标准差 | |
| 3 | 历史数据 | 1.77 | 1.06 | |
| 4 | 历史数据 | 1.77 | | |
| 5 | | | | |
| 6 | 相关参数 | | | |
| 7 | 兵力规模 | 12000 | 量化值 | =VLOOKUP(指数法!B7, 因子列表!A2:B18, 2) |
| 8 | 抵抗因子 | 2 | 量化值 | =VLOOKUP(B8, 因子列表!A30:B61, 2) |
| 9 | 地形 | 城市居民地 | 量化值 | 0.5 |
| 10 | 气候 | 潮湿, 晴朗, 极热 | 量化值 | 0.7 |
| 11 | 态势因子 | 顽强的防守 | 量化值 | 1 |
| 12 | 老练因子 | 相对老练 | 量化值 | =1/1.3 |
| 13 | 突然性因子 | 进攻一方 | 量化值 | 1 |
| 14 | 日均减员率模拟结果 | | | =B4*D7*D8*D9*D10*D11*D12*D13 |
| 15 | | | | |

图 2 城市进攻减员预计模型

有关单元格的计算公式

Fig 2 Calculating formula of relative unit in casualty forecasting model for aggressive urban military action

2 结果和讨论

2.1 建立的电子表格模型 各个因素设置完成后的电子表格模型如图 3 所示。

| | A | B | C | D |
|----|--------------|-------------|------|------|
| 1 | 城市进攻战斗减员预计研究 | | | |
| 2 | | 均数 | 标准差 | |
| 3 | 历史数据 | 1.77 | 1.06 | |
| 4 | 历史数据 | 1.77 | | |
| 5 | | | | |
| 6 | 相关参数 | | | |
| 7 | 兵力规模 | 12000 | 量化值 | 1.15 |
| 8 | 抵抗因子 | 2 | 量化值 | 0.70 |
| 9 | 地形 | 城市居民地 | 量化值 | 0.50 |
| 10 | 气候 | 潮湿, 晴朗, 炎热 | 量化值 | 0.70 |
| 11 | 态势因子 | 超强的防守 | 量化值 | 1.00 |
| 12 | 老练因子 | 相对老练 | 量化值 | 0.77 |
| 13 | 突然性因子 | 进攻一方 | 量化值 | 1.00 |
| 14 | 日均减员率模拟结果 | | | |
| 15 | | 0.383613462 | | |

图3 基于定量判断模型的城市进攻减员预计模型
Fig 3 Casualty forecasting model for aggressive urban military action based on quantitative judgment model

2.2 运行结果与风险分析 蒙特卡罗方法与一般数值计算方法有很大区别,它以概率统计理论为基础,利用随机数进行统计试验,以求得的统计特征值(如均值、概率等)作为待解问题的数值解。与传统减员预计结果为某一确定值不同的是,蒙特卡罗仿真的结果是一组反复重复计算的数据。除了常规的统计学处理以外,对这一组数据还可以进行进一步的风险分析,如可以获得各种减员率数值的相关发生频率,可以明确减员率落在某个区间的概率有多大,从而有助于各类指挥员决策指挥。图4是本例在模拟运行1 000后的结果。该图上的纵坐标高度是指模拟所得的各种减员率的发生频率。如减员率在0.50%附近时纵坐标数值最大,右边的频数值为28,意味着在1 000次中出现的概率为28/1 000=0.028。

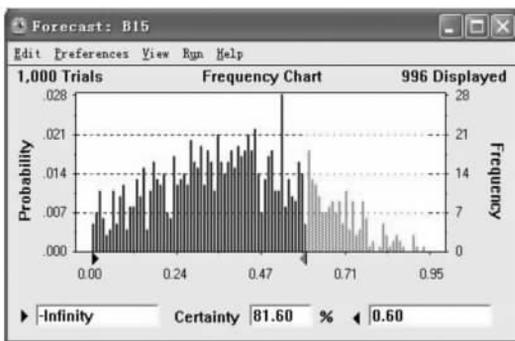


图4 城市进攻减员预计的风险分析
Fig 4 Risk analysis of casualty forecasting during aggressive urban military action

如果指挥员认为日均减员率低于0.60%是可以接受的,那么这种可能性有多大呢?这个问题可以通过图4中的确定性(certainty)来显示,可以采用两种方式:一是拖动图中右侧的小三角形到0.60处;二是直接在右边文本框中输入0.60。结果为81.6%,也就是说,减员率低于0.60%的可能性超

出了80%。显然,如果在减员预计的时候能够知道某个减员率或某个区间减员率发生的概率,那么指挥员在定下首长决心、作出战斗部署、筹措人力物力等决策环节上就更加理性和科学,这也在一定程度上规避了减员预计风险。进一步的风险分析还可以通过 Crystal Ball 提供的敏感性分析、相关系数矩阵等工具进行^[8]。

与经典的定量判断模型相比,本研究对于那些有确定量化数值的影响因素直接查找 Dupuy 提供的数据库得出,对于一时难以给出确定值的因素值,如兵力规模和抵抗因素,我们采用了 Vlookup 函数得到相应的量化值;同时用根据城市进攻战斗历史减员数据生成的正态分布的变量来模拟标准伤亡率,使得定量判断模型更加符合城市进攻战斗的实际,也更加便于使用。

风险分析是近年来兴起的一门学科,而蒙特卡罗模拟方法可以用来分析评估风险发生可能性、风险的成因、风险造成的损失等变量在未来变化的概率分布,应用电子表格模型和功能强大的个人计算机软件,可以提高风险管理的能力和范围。本文确立了城市进攻战斗日均减员率的统计分布,探讨了多种影响减员的因素及量化方法,介绍了减员风险分析的方法。本研究对现行减员预计方法进行了改进,结果不仅可以作为各级卫勤领导的参考和依据,也可以作为其他相关研究的借鉴。

[参考文献]

[1] Dupuy T N. 把握战争——军事历史与作战理论[M]. 军事科学院外国军事研究部译. 北京:军事科学出版社,1993:188-190.
 [2] 徐雷,夏结来,徐勇勇,尹宗江,吴志家. 减员预计的神经网络预测模型[J]. 解放军卫勤杂志,1999,1:88-90.
 [3] 秦超,陈国良,李瑞兴,程旭东,刘建. 集团军山地进攻作战减员预计模型[J]. 中国管理科学,2004,12:124-127.
 [4] Blood C G, Anderson M E. The battle for Hue: casualty and disease rates during urban warfare [J]. Mil Med,1994, 159: 590-595.
 [5] Mabry R L, Holcomb J B, Baker A M, Cloonan C C, Uhorchak J M, Perkins D E, et al. United States Army Rangers in Somalia: an analysis of combat casualties on an urban battlefield[J]. J Trauma,2000,49:515-529.
 [6] Yazililitas H. Analyzing the effects of urban combat on daily casualty rates[R]. ADA424898. 2004
 [7] Dupuy C T N. Attrition: forecasting battle casualties and equipment losses in modern war[M]. Falls Church: NOVA publication,1995:105.
 [8] Evan J R, Olson D L. 数据、模型与决策[M]. 杜本峰译. 2版. 北京:中国人民大学出版社,2006:276-285.