

基于熵权法的清化大桥轰炸效能评估

田 军, 朱万红, 白景波

陆军工程大学野战工程学院, 江苏 南京

收稿日期: 2023年3月1日; 录用日期: 2023年5月10日; 发布日期: 2023年5月17日

摘 要

本文主要通过对美军在越南战争中前后使用非制导炸弹和制导炸弹轰炸清化大桥不同轰炸效能的研究, 提出了基于熵权法的轰炸效能评估方法, 并对其中6次轰炸行动数据进行了实际评估, 得到了较为理想的评估结果。此评估方法具有较高的使用价值, 评估结果具有较强的参考价值。

关键词

熵权法, 轰炸效能评估, 清化大桥

Evaluation of Bombing Effectiveness of Thanh Hoa Bridge Based on Entropy Weight Method

Jun Tian, Wanhong Zhu, Jingbo Bai

Field Engineering College, Army Engineering University of PLA, Nanjing Jiangsu

Received: Mar. 1st, 2023; accepted: May 10th, 2023; published: May 17th, 2023

Abstract

This paper mainly through the study of the different bombing effectiveness of the United States Army in the Vietnam War before and after the use of unguided bombs and guided bombs bombing Thanh Hoa Bridge, proposed a bombing effectiveness evaluation method based on entropy weight method, and the actual evaluation of the data of six bombing operations, obtained more ideal evaluation results. This evaluation method has a high use value and the evaluation results have a strong reference value.

Keywords

Entropy Weight Method, Bombing Effectiveness Evaluation, Thanh Hoa Bridge



1. 引言

新军事变革是指机械化向信息化的变革，信息化武器逐渐主宰战场，建立信息时代军事体系的变革，也就是信息化军事变革，其重要标志是各类精确制导武器(PGM, Precision Guided Munition)逐步成为战场的主角。新军事变革一般分为孕育奠基阶段、全面展开阶段和质变发展阶段，在孕育奠基阶段，越南战争中精确制导武器的使用拉开了新军事变革的序幕，其中最经典的战例就是美军对越南清化大桥的轰炸[1]。在美军对越南清化大桥的轰炸的过程中，前期主要使用非制导武器，到了后期开始使用精确制导武器，对这两个阶段轰炸效能评估进行深入研究，可以对新军事变革孕育阶段有一个清晰的认识，对未来新军事变革的发展方向有更加精确的把握，甚至对下一场军事变革有一个前瞻性的预测[2]。

现阶段对清化大桥轰炸效能的研究主要是定性的分析，数据的罗列，不同人不同专家不同工作组给出了不同答案，没有一个客观的定量的模型来进行精确的评估。李永强、杨运忠仅仅通过对美军使用精确制导武器轰炸清化大桥前后各项数据的罗列、汇总、对比，得出了精确制导武器将是信息化战场的主旋律，精确制导武器为军事变革的孕育和形成提供了最基本的物质技术前提等结论[3][4]，没有通过对轰炸效能进行系统的评估，得出一个精确制导武器轰炸效能的量化结论。

2. 研究方法

在评估体系中，影响指标评估结果科学性最重要的是各指标的权重，相对于现在常用的具有一定的为主观性的主观赋权法、专家赋权法来说，熵权法是准确性比较高的客观赋权方法之一。对于某项指标，熵权法用熵值来判断其的离散程度，其信息熵值越小，指标的离散程度越大，该指标对综合评价的影响(即权重)就越大，如果某项指标的值全部相等，则该指标在综合评价中不起作用[5]。因此，可利用信息熵这个工具，计算出各个指标的权重，为多指标综合评价提供依据。熵权法能够根据样本的实际数据得到最适合的权重，避免了主观赋权法带来的人为偏差，更够得到客观的指标权重。

2.1. 建立评估指标体系

为了全面系统的对非制导武器和精确制导武器轰炸效能进行客观的评估，根据军事专家杜文龙教授对轰炸清化大桥效能评估的想法，咨询陆军工程大学相关专家教授，基于完整性、科学性和前瞻性原则和轰炸行动的实际，建立目标层为轰炸效能；准则层为轰炸成本、毁伤效果、战斗损失；方案层为飞机数量、炸弹当量、修复时间、通行情况，飞机损失，人员伤亡的轰炸效能评估指标体系。如表 1 所示。

Table 1. Evaluation index system of bombing effectiveness
表 1. 轰炸效能评估指标体系

目标层		轰炸效能					
准则层		轰炸成本		毁伤效果		战斗损失	
方案层	飞机数量	炸弹当量	修复时间	通行情况	飞机损失	人员伤亡	

Continued

内容说明	当次轰炸出动所有型号飞机数量(架)	当次轰炸使用所有炸弹当量(磅)	桥梁修复至完全通行状态所需时间(天)	根据损毁影响通行的严重程度分别为 5~1 分	被击落一架计 10 分, 飞机受损一架记 1 分	失踪与死亡 1 人记 10 分, 被捕 1 人记 5 分
指标性质	负向指标	负向指标	正向指标	正向指标	负向指标	负向指标

正向指标就是数值越大越好, 数值越小越差; 负向指标就是数值越大越差、数值越小越好。

2.2. 符号说明

A 评估矩阵;
 x_{ij} 第 i 次轰炸第 j 项指标;
 y_{ij} 标准化后数值;
 p_{ij} 第 j 项指标下第 i 次数据的比重;
 e_j 第 j 项指标分量的熵值;
 g_j 第 j 项指标的差异系数;
 ω_j 第 j 项属性分量的权重系数;
 m 评估指标总个数;
 n 进行评估的轰炸次数和。

2.3. 评估矩阵构建

在美军的 869 次轰炸中我们选取数据比较齐全、代表性较强的 6 次轰炸进行评估。6 次轰炸行动数据[6]-[11]如表 2 所示。

Table 2. Data of bombing operation
表 2. 轰炸行动数据

目标层		轰炸效能				
准则层	轰炸成本		毁伤效果		战斗损失	
方案层	飞机数量	炸弹当量	修复时间	通行情况	飞机损失	人员伤亡
1965.04.03	69	190,500	15	2	13	10
1965.04.04	68	320,000	30	3	31	55
1965.05.07	64	168,000	20	3	12	10
1965.05.31	4	31,000	45	3	10	5
1967.03.12	3	3000	3	1	0	0
1972.05.13	14	71,000	300	5	0	0

构建 6 个评估对象、6 个属性评估指标的评估矩阵 A :

$$A = \begin{bmatrix} 69 & 190500 & 15 & 2 & 13 & 10 \\ 68 & 320000 & 30 & 3 & 31 & 55 \\ 64 & 168000 & 20 & 3 & 12 & 10 \\ 4 & 31000 & 45 & 3 & 10 & 5 \\ 3 & 3000 & 3 & 1 & 0 & 0 \\ 14 & 71000 & 300 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.4. 各指标数值标准化

基于建立的轰炸效能评估体系中各个指标的单位数值不尽相同, 对各正负指标数据进行标准化处理。公式如下:

$$\text{正向指标: } y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)}$$

$$\text{负向指标: } y_{ij} = \frac{\max(x_i) - x_{ij}}{\max(x_i) - \min(x_i)}$$

标准化后矩阵 A 变为 A_1 : (数据标准化过程中会出现 0 值, 为了方便计算又不影响最终结果所有数据加 0.0001 个单位。)

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0.0001 & 0.408617 & 0.040504 & 0.2501 & 0.580745 & 0.818282 \\ 0.015252 & 0.0001 & 0.091009 & 0.5001 & 0.0001 & 0.0001 \\ 0.075858 & 0.479595 & 0.057339 & 0.5001 & 0.613003 & 0.818282 \\ 0.984948 & 0.911772 & 0.091009 & 0.5001 & 0.677519 & 0.909191 \\ 1.0001 & 1.0001 & 0.0001 & 0.0001 & 1.0001 & 1.0001 \\ 0.833433 & 0.785589 & 1.0001 & 1.0001 & 1.0001 & 1.0001 \end{bmatrix}$$

2.5. 计算第 j 项指标下第 i 次轰炸行动数据的比重

$$\text{使用公式: } p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}}$$

计算结果:

$$P = \begin{bmatrix} 4.76565\text{E-}05 & 0.194732846 & 0.01930282 & 0.119188979 & 0.276762986 & 0.389964712 \\ 0.025140111 & 0.000164837 & 0.150016484 & 0.824348895 & 0.000164837 & 0.000164837 \\ 0.029816156 & 0.188507041 & 0.02253737 & 0.196566517 & 0.240943629 & 0.321629288 \\ 0.241732451 & 0.223772985 & 0.022336042 & 0.122737789 & 0.166281198 & 0.223139535 \\ 0.249987502 & 0.249987502 & 2.49963\text{E-}05 & 2.49963\text{E-}05 & 0.249987502 & 0.249987502 \\ 0.148312992 & 0.139798883 & 0.177972031 & 0.177972031 & 0.177972031 & 0.177972031 \end{bmatrix}$$

2.6. 计算第 j 项指标的熵值

$$\text{使用公式: } e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n [p_{ij} \ln(p_{ij})]$$

计算结果:

$$E = [0.653358939 \quad 0.888084652 \quad 0.468050433 \quad 0.724121709 \quad 0.921978354 \quad 0.961053459]$$

2.7. 第 j 项指标的差异系数

使用公式: $g_j = 1 - e_j$

计算结果:

$$G = [0.346641061 \quad 0.111915348 \quad 0.531949567 \quad 0.275878291 \quad 0.078021646 \quad 0.038946541]$$

2.8. 第 j 项指标的权重系数

使用公式: $\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j}$

计算结果:

$$\omega = [25.06\% \quad 8.09\% \quad 38.45\% \quad 19.94\% \quad 5.64\% \quad 2.82\%]$$

3. 数据评估

根据前文所述熵值法确定各指标的权重如表 3 所示。

Table 3. Weight of each indicator

表 3. 各指标权重

目标层	轰炸效能					
准则层	轰炸成本		毁伤效果		战斗损失	
方案层	飞机数量	炸弹当量	修复时间	通行情况	飞机损失	人员伤亡
各指标权重	25.06%	8.09%	38.45%	19.94%	5.64%	2.82%

通过表 3 可以看出对轰炸效能影响最大的前三个指标是修复时间、飞机数量和通行情况。也就是说出动最少的飞机轰炸后使桥梁修复时间最长, 通行情况最差是最好的轰炸效能。要想达到这样的轰炸效能, 只有使用精确制导武器才能实现。

按照综合评价法对 6 次轰炸效能进行评估, 评估结果如下表 4:

Table 4. Results of bombing effectiveness evaluation

表 4. 轰炸效能评估结果

轰炸时间	1965.04.03	1965.04.04	1965.05.07	1965.05.31	1967.03.12	1972.05.13
评估结果	0.154355522	0.138551515	0.237224902	0.51915465	0.4162	0.94097939

根据评估结果可以看出, 后三次轰炸行动得分最高, 原因主要是后三次分别主要使用了 AGM-12B 型“小斗犬”导弹, 制导方式为手动视觉引导; AGM-62“白星眼”滑翔炸弹, 制导方式为电视制导, 但炸弹当量较小; GBU-12“宝石路”炸弹, 制导方式为激光制导。这三次制导炸弹的使用使其可以用最小的飞机数量, 对大桥造成最大的毁伤。特别是最后一次轰炸, GBU-12“宝石路”炸弹命中同一个桥墩, 使桥墩倒塌, 一节桥面掉入水中, 越南花费了近一年的时间才将其修复通车。

4. 结论

本文建立了以轰炸效能为目标层, 以轰炸成本、毁伤效果、战斗损失为准则层; 以飞机数量、炸弹

当量、修复时间、通行情况, 飞机损失, 人员伤亡为方案层的轰炸效能评估体系, 通过熵权法对各指标数据进行计算, 客观地确定各评估指标权重, 得出对轰炸效能的评估最重要的是毁伤效果, 轰炸成本本次之, 战斗损失最小。根据使用非制导武器和精确制导武器对清化大桥的 6 次轰炸数据, 基于熵权法对清化大桥轰炸效能的评估结果可以看出精确制导武器能够以最小的轰炸成本造成最大的毁伤效果, 从而达到最好的轰炸效能, 从数据上看, 最后一次使用 GBU-12 “宝石路” 激光制导炸弹的轰炸效能是第二次使用非精确制导炸弹轰炸效能的 6.8 倍。

通过评估结论和数据, 我们可以清楚地看到, 作为拉开新军事变革序幕的精确制导武器, 相对于非制导武器有着不可比拟的优势, 必将成为新军事变革中的主角, 带动并指引着新军事变革不断发展。基于熵权法对清化大桥轰炸效能评估进行量化评估对于我们研究新军事变革的孕育阶段精确制导武器的效能提供了新的方法, 有利于更好地理解研究新军事变革这一阶段, 也为我们研究新军事变革的其他阶段提供了思路。

参考文献

- [1] 熊光楷. 论世界新军事变革趋势和中国新军事变革[J]. 外交学院学报, 2004(2): 8-16.
- [2] 贾道金, 周红梅. 下一场军事变革[J]. 国防科技, 2016, 37(1): 73-77.
- [3] 李永强. 漫谈精确制导武器(上)[J]. 航空知识, 2003(7): 42-43, 23.
- [4] 杨运忠. 世界新军事变革的基本特征及影响[J]. 思想理论教育导刊, 2005(1): 26-29, 37.
- [5] 葛澜, 何东洋. 基于熵权 TOPSIS 法供应商评价模型研究[J]. 建模与仿真, 2022, 11(5): 1223-1230.
<https://doi.org/10.12677/mos.2022.115113>
- [6] Van Geffen, T. (2018) The Air War against North Vietnam: The Thanh Hoa Railroad and Highway Bridge (Part 1). *Air Power History*, **2**, 7-16.
- [7] Van Geffen, T. (2018) The Air War against North Vietnam: The Thanh Hoa Railroad and Highway Bridge (Part 2). *Air Power History*, **4**, 15-26.
- [8] Van Geffen, T. (2019) The Air War against North Vietnam: The Thanh Hoa Railroad and Highway Bridge (Part 3). *Air Power History*, **2**, 5-14.
- [9] Van Geffen, T. (2019) The Air War against North Vietnam: The Thanh Hoa Railroad and Highway Bridge (Part 4). *Air Power History*, **4**, 7-26.
- [10] Van Geffen, T. (2020) The Air War against North Vietnam: The Thanh Hoa Railroad and Highway Bridge (Part 5). *Air Power History*, **2**, 5-26.
- [11] Van Geffen, T. (2020) The Air War against North Vietnam: The Thanh Hoa Railroad and Highway Bridge (Part 6, Conclusion). *Air Power History*, **4**, 5-24.