

# 基于模糊综合评判的地下指挥所毁伤效果评估\*

甄自清,王跃利

(军事科学院军事运筹分析研究所,北京 100091)

**摘要:**针对现代战争中火力打击的特点,运用模糊综合评判法计算地下指挥所的综合毁伤效果.通过对地下指挥所的结构分析,选取了三级模糊评判因素集,给出了模糊综合评判的数学模型和计算方法.通过对某地下指挥所毁伤实例的计算,评估结果与实际毁伤结果一致.该方法为地下指挥所的综合毁伤评估提供了科学依据.

**关键词:**模糊综合评判法;地下指挥所;毁伤效果

**中图分类号:** E8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-0707(2009)04-0074-03

地下指挥所作为指挥体系的重要组成部分,防护能力强,生存概率高,已经成为现代战争中火力打击的重点目标.地下指挥所包括多种类型的子目标,结构复杂,大部分子目标在毁伤后通常用“轻度毁伤”、“中度毁伤”、“重度毁伤”等语言描述,而对地下指挥所的整体毁伤效果进行评估时,具有很强的模糊性.本文结合实际,采用三级模糊综合评判对地下指挥所进行毁伤评估.

$u_{ijm}$ 为二级综合评判因素集,  $u_{ij}$  ( $1 \leq j \leq m$ )为二级综合评判因素;  $U_{ij} = \{u_{ij1}, u_{ij2}, \dots, u_{ijm}\}$ 为三级综合评判因素集,  $u_{ijk}$  ( $1 \leq k \leq n$ )为三级综合评判因素.

假设地下指挥所及其子目标的毁伤效果评语集  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ , 其中,  $v_1$  代表无毁伤,  $v_2$  代表轻度毁伤,  $v_3$  代表中度毁伤,  $v_4$  代表重度毁伤,  $v_5$  代表完全摧毁.

## 1 地下指挥所的结构分析<sup>[1-4]</sup>

地下指挥所是一个由多层次多类型子目标构成的复杂目标系统.按照其区域和功能划分,我们将地下指挥所划分为伪装防护系统、生存保障系统和指挥通信系统三个部分.

伪装防护系统分为伪装系统和防护系统.伪装系统主要用于隐蔽地下指挥所的地上外露部分,主要包括入口伪装设施、通风口伪装设施、外部天线伪装设施等子目标;防护系统主要用于抗击弹药的冲击和破坏作用,主要包括抗弹墙、防护门、顶部防护层、化验报警装置等子目标.

生存保障系统是保障地下指挥所内人员生存和工作需求的设施,主要包括供水系统、供电系统、供油系统和通风系统等.

指挥通信系统是地下指挥所完成任务的核心,包括主指挥室、备份指挥室、地下通信设备、地面天线等子目标.

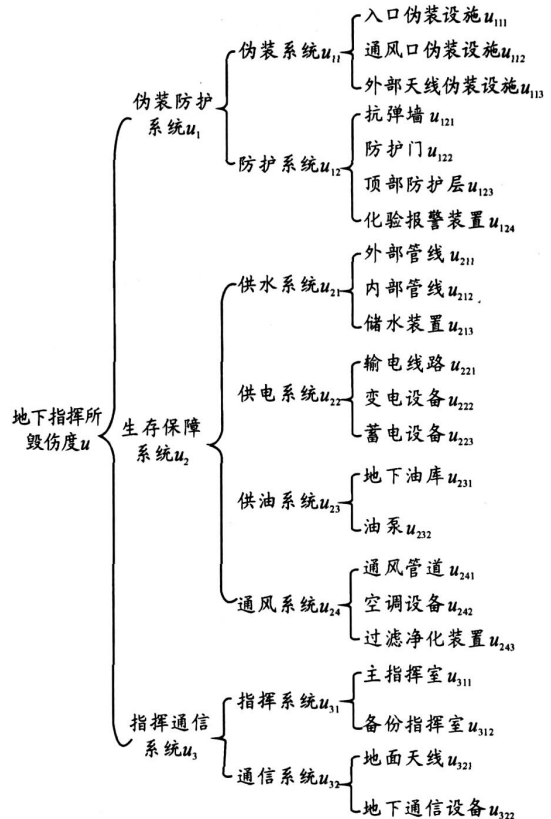


图1 地下指挥所综合评判因素集

## 2 毁伤效果评估模型<sup>[5-9]</sup>

### 2.1 综合评判因素集和评语集

评判因素是衡量评判对象的标准.按照地下指挥所的结构和功能,建立地下指挥所毁伤效果评估指标体系,构成三级模糊综合评判因素集(如图1).其中,  $u$  表示地下指挥所的总毁伤度;  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_l\}$ 为一级综合评判因素集,  $u_i$  ( $1 \leq i \leq l$ )为一级综合评判因素;  $U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots,$

\* 收稿日期:2009-01-10

作者简介:甄自清(1981—),男,河北人,硕士研究生,主要从事军事运筹学和系统工程研究.

## 2.2 确定各级评判因素权重向量

各级评判因素的权重系数表示该因素在评判过程中的重要程度,主要确定方法有层次分析法、专家调查法等。

其中,一级综合评判因素的权重向量为  $A = (a_1, a_2, \dots, a_l)$ ,  $\sum_{i=1}^l a_i = 1$  ( $l = 1$ ),  $a_i$  表示第一级中第  $i$  个指标的权重值;二级综合评判因素的权重向量为  $A_j = (a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jm})$ ,  $\sum_{i=1}^m a_{ij} = 1$  ( $1 \leq j \leq m$ ),  $a_{ij}$  表示第二级中第  $i$  个指标的权重值;三级综合评判因素的权重向量为  $A_{ij} = (a_{ij1}, a_{ij2}, \dots, a_{ijn})$ ,  $\sum_{k=1}^n a_{ijk} = 1$  ( $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq l$ ),  $a_{ijk}$  表示第三级中第  $i$  个指标的权重值。

## 2.3 一级模糊综合评判

对  $U_{ij}$  中的每个因素建立模糊映射,从而得到第三层模糊关系矩阵:

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} r_{ij11} & r_{ij12} & r_{ij13} & r_{ij14} & r_{ij15} \\ r_{ij21} & r_{ij22} & r_{ij23} & r_{ij24} & r_{ij25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{ijn1} & r_{ijn2} & r_{ijn3} & r_{ijn4} & r_{ijn5} \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中  $(r_{ijk1}, r_{ijk2}, r_{ijk3}, r_{ijk4}, r_{ijk5})$  为 5 维行向量,表示评语集  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$  对三级综合评判因素集  $U_{ij}$  中第  $k$  个子目标做出的评判向量,在进行专家打分后,进行归一化处理,使  $\sum_{k=1}^5 r_{ijkw} = 1$  ( $1 \leq w \leq 5$ )。所以,一级模糊评判结果  $B_{ij}$  为:

$$B_{ij} = A_j \cdot R_{ij} = (b_{ij1} \quad b_{ij2} \quad b_{ij3} \quad b_{ij4} \quad b_{ij5}) \quad (2)$$

## 2.4 二级模糊综合评判

由上述计算可以得到  $U_i$  中的每个因素的毁伤等级模糊映射,从而得到第二层模糊关系矩阵:

$$R_i = \begin{pmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} & r_{i25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{im1} & r_{im2} & r_{im3} & r_{im4} & r_{im5} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{i11} & b_{i12} & b_{i13} & b_{i14} & b_{i15} \\ b_{i21} & b_{i22} & b_{i23} & b_{i24} & b_{i25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{im1} & b_{im2} & b_{im3} & b_{im4} & b_{im5} \end{pmatrix} \quad (3)$$

其中各行向量表示评语集  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$  对二级综合评判因素集  $U_i$  中第  $j$  个子目标做出的评判向量。所以,二级模糊评判结果  $B_i$  为:

$$B_i = A_i \cdot R_i = (b_{i1} \quad b_{i2} \quad b_{i3} \quad b_{i4} \quad b_{i5}) \quad (4)$$

## 2.5 三级模糊综合评判

由上述计算可以得到  $U_i$  中的每个因素的毁伤等级模糊映射,从而得到第一层模糊关系矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中各行向量表示评语集  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$  对一级综合评判因素集  $U$  中各子目标做出的评判向量。所以,三级模糊评判结果  $B$  为:

$$B = A \cdot R = (b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad b_4 \quad b_5) \quad (6)$$

根据最大隶属度原则,取  $B$  向量中最大的评判指标所对应的评语集元素作为评判结果,即是对地下指挥所毁伤评估的最终结果。

## 3 算例

运用上述模型,我们对某地下指挥所在遭受打击后的毁伤效果进行评估。

### 3.1 一级模糊综合评判

首先计算伪装系统的一级模糊评判向量。

1) 确定伪装系统各子目标毁伤影响的权重值。依据各子目标的作用特点和重要性,确定伪装系统权重分配的向量为:

$$A_{11} = (0.3 \quad 0.2 \quad 0.5)$$

2) 确定伪装系统各子目标的模糊关系矩阵。依据各个子目标的毁伤程度,采用专家打分确定每个子目标对评语等级的隶属度,确定其模糊关系矩阵为:

$$R_{11} = \begin{pmatrix} 0.0 & 0.1 & 0.8 & 0.1 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.2 & 0.8 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.9 & 0.1 \end{pmatrix}$$

3) 计算伪装系统的模糊评判向量。

$$B_{11} = A_{11} \cdot R_{11} = (0.00 \quad 0.03 \quad 0.28 \quad 0.64 \quad 0.05)$$

同理,我们可以求得其余二级指标的模糊评判向量,由于篇幅所限,略去其它计算过程和具体数据,给出一级模糊综合评判的计算结果。

$$B_{12} = A_{12} \cdot R_{12} = (0.04 \quad 0.63 \quad 0.22 \quad 0.11 \quad 0.00)$$

$$B_{21} = A_{21} \cdot R_{21} = (0.00 \quad 0.15 \quad 0.63 \quad 0.20 \quad 0.02)$$

$$B_{22} = A_{22} \cdot R_{22} = (0.02 \quad 0.16 \quad 0.55 \quad 0.27 \quad 0.00)$$

$$B_{23} = A_{23} \cdot R_{23} = (0.02 \quad 0.26 \quad 0.52 \quad 0.17 \quad 0.03)$$

$$B_{24} = A_{24} \cdot R_{24} = (0.26 \quad 0.49 \quad 0.17 \quad 0.08 \quad 0.00)$$

$$B_{31} = A_{31} \cdot R_{31} = (0.15 \quad 0.65 \quad 0.15 \quad 0.05 \quad 0.00)$$

$$B_{32} = A_{11} \cdot R_{11} = (0.23 \quad 0.51 \quad 0.19 \quad 0.07 \quad 0.00)$$

### 3.2 二级模糊综合评判

首先根据其子系统的功能和重要程度,确定二级评判因素的权重向量分别为:  $A_1 = (0.3 \quad 0.7)$ ,  $A_2 = (0.2 \quad 0.4 \quad 0.3 \quad 0.1)$ ,  $A_3 = (0.6 \quad 0.4)$ 。

由上述计算可以得到  $U_i$  中的每个因素的毁伤等级模糊映射,从而得到第二层模糊关系矩阵:

$$R_1 = \begin{pmatrix} B_{11} \\ B_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.00 & 0.03 & 0.28 & 0.64 & 0.05 \\ 0.04 & 0.63 & 0.22 & 0.11 & 0.00 \end{pmatrix}$$

$$R_2 = \begin{pmatrix} B_{21} \\ B_{22} \\ B_{23} \\ B_{24} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.00 & 0.15 & 0.63 & 0.20 & 0.02 \\ 0.02 & 0.16 & 0.55 & 0.27 & 0.00 \\ 0.02 & 0.26 & 0.52 & 0.17 & 0.03 \\ 0.26 & 0.49 & 0.17 & 0.08 & 0.00 \end{pmatrix}$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} B_{31} \\ B_{32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.15 & 0.65 & 0.15 & 0.05 & 0.00 \\ 0.23 & 0.51 & 0.19 & 0.07 & 0.00 \end{pmatrix}$$

可以求得二级模糊综合评判的结果,即:

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = \begin{pmatrix} 0.028 & 0.450 & 0.238 & 0.269 & 0.015 \end{pmatrix}$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = \begin{pmatrix} 0.040 & 0.221 & 0.519 & 0.207 & 0.013 \end{pmatrix}$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = \begin{pmatrix} 0.182 & 0.594 & 0.166 & 0.058 & 0.000 \end{pmatrix}$$

### 3.3 三级模糊综合评判

根据伪装防护系统、生存保障系统和指挥通信系统的作用和重要程度,确定一级评判因素的权重向量为  $A = (0.3 \quad 0.3 \quad 0.4)$ , 第一层模糊关系矩阵为:

$$R = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.028 & 0.450 & 0.238 & 0.269 & 0.015 \\ 0.040 & 0.221 & 0.519 & 0.207 & 0.013 \\ 0.182 & 0.594 & 0.166 & 0.058 & 0.000 \end{pmatrix}$$

$$B = A \cdot R = \begin{pmatrix} 0.0932 & 0.4389 & 0.2935 & 0.1660 & 0.0084 \end{pmatrix}$$

由于

$\max\{0.0932, 0.4389, 0.2935, 0.1660, 0.0084\} = 0.4389$ , 根据最大隶属度原则, 该地下指挥所的三级模糊综合评判结果为: 轻度毁伤。

## 4 结论

通过算例可以验证该方法的计算结果与实际毁伤效

果相符, 能够比较准确的评估地下指挥所的毁伤效果. 在应用模糊综合评判法进行毁伤效果评估时, 应注意以下几个问题:

1) 综合评判因素集的选取. 模糊综合评判过程本身, 不能解决评价指标间相关造成的评判重复问题, 这就要求在综合评判因素集选取时进行预处理, 把相关程度较大的因素删除, 保证评判结果的准确性.

2) 权重向量的确定. 在模糊综合评判过程中, 权重向量的确定应反映客观实际, 需综合各方面的因素.

3) 定量信息的使用. 在模糊综合评判中评语等级和隶属度是通过专家打分确定的, 当被评判对象的某些指标可以使用定量方法描述时, 尽量使用这些定量信息, 避免影响评判结果的准确性.

## 参考文献:

- [1] 张最良. 军事运筹学[M]. 北京: 军事科学出版社, 1993.
- [2] 王云峰. 地下硬目标毁伤分析[J]. 弹箭与制导学报, 2006(4): 132 - 134.
- [3] 王克定. 地下指挥中心综合防护系统分析[J]. 防护工程, 2000(3): 1 - 5.
- [4] 李维萍. 攻击深埋地下目标的战斗部技术分析[J]. 科技研究, 2008(3): 44 - 16.
- [5] 冯大为. 美军作战目标毁伤效果评估研究[J]. 海军军事学术, 2008(3): 49 - 51.
- [6] 高晓滨. 电子战系统的效能的模糊评估方法[J]. 火力与指挥控制, 2005(1): 69 - 72.
- [7] 李新其. 系统目标毁伤效果评估问题研究[J]. 兵工学报, 2008(1): 57 - 62.
- [8] Jorg Schneider. Some Thought on the Reliability Assessment of Existing Structures [J]. Structural Engineering International, 1992(1): 60 - 63.
- [9] 要瑞璞. 多层次系统的综合评价方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2005(4): 656 - 658.