

doi: 10.7690/bgzd.2020.10.012

基于层次分析法和熵权的后方指挥所选址决策评价

杨宇晨^{1,2}

(1. 陆军勤务学院勤务指挥系, 重庆 401331; 2. 中国人民解放军 77126 部队, 云南 开远 661600)

摘要: 为降低多目标决策过程中主观因素影响带来的决策偏差, 将层次分析法和熵权引入后方指挥所选址决策中进行评价。综合考虑影响后方指挥所选址决策各类因素, 分别构造自然环境、交通状况和战场安全评价指标, 建立后方指挥所选址决策评价模型, 运用层次分析法和熵权对多个合理选址地域进行评价, 得出各选址地域优劣, 并通过实例证明了该方法的可行性和有效性。该方法可为部队进行后方指挥所选址决策提供参考。

关键词: 层次分析法; 熵; 后方指挥所; 选址; 决策模型

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A

Evaluation of Deploy Location Decision of Rear Command Post Based on AHP and Entropy Weight

Yang Yuchen^{1,2}

(1. Department of Logistics Command, Army Logistics University, Chongqing 401331, China;

2. No. 77126 Unit of PLA, Kaiyuan 661600, China)

Abstract: In order to reduce the decision deviation caused by subjective factors in the process of multi-objective decision, the AHP and entropy weight are introduced into the evaluation of deploy location decision of rear command post. Taking all kinds of factors influencing the deploy location decision of rear command post into consideration, constructing natural environment, traffic condition and battlefield safety evaluation indexes respectively, establishing a decision evaluation model of deploy location decision of rear command post. Then using the AHP and entropy weight to evaluate several reasonable deploy location and getting the advantages and disadvantages of each deploy location. The effectiveness and feasibility of this method are verified by the example. This method can provide a reference for the army to select deploy location of rear command post.

Keywords: AHP; entropy; rear command post; select deploy location; decision model

0 引言

后方指挥所是为统一指挥后装保障、后方防卫及地方支前而建立的指挥所, 通常开设在后方的地域^[1]。后方指挥所既是我方后装保障行动的“大脑”, 又是敌实施侦察和火力打击的重要目标。合理选择后方指挥所开设地域将直接关系到后勤指挥效能和后方指挥所生存能力, 是实施高效、不间断后装指挥的前提和保证。后方指挥所作为整个战场中后装指挥的中枢, 地位和作用十分重要; 因此, 研究后方指挥所选址问题具有重要意义。

1 研究现状

选址问题最早于 1909 年由 Weber 提出, 是根据运输的距离确定仓库的最佳选址位置。Isard 结合工业选址于 1956 年对该问题进行了重新研究。Hotelling、Smithies 等也先后对选址问题进行了研究^[2]。我国在国外研究理论上对一些方法进行

了改进和创新, 取得了一定成果。从设施种类角度来看, 可分为军事设施(例如野战油库、指挥所等)选址问题与一般设施(例如工厂、仓库等)选址问题, 二者的侧重点和影响因素不同。前者侧重于军事效益, 影响因素复杂多变; 后者侧重于经济效益, 影响因素相对稳定。

随着选址理论不断发展, 对于军事设施选址问题研究越来越多, 所运用的选址方法也呈现出多样化的特点, 包括人工神经网络法、最短路径法、模糊评价法、层次分析法等。上述方法对于研究后方指挥所选址决策问题都存在不足之处: 人工神经网络法需要有大量的数据作为支撑来进行网络训练, 对于后方指挥所选址决策问题来说, 获取大量基础数据存在较大难度; 模糊评价法在确定科学的隶属度函数上, 难度相对较大; 最短路径法仅以距离作为参照因素, 评价指标过于单一; 层次分析法能够根据决策者偏好对选址决策作出评价, 但往往

收稿日期: 2020-05-20; 修回日期: 2020-06-21

作者简介: 杨宇晨(1990—), 男, 甘肃人, 硕士, 从事作战后勤保障研究。E-mail: 44513990@qq.com。

受主观因素的影响，容易产生偏差^[3]。

对于后方指挥所选址问题，必须先考虑指挥员（决策者）对各影响因素重要性的判断，开设地域选择要符合指挥员意图。层次分析法能够较好地计算出指挥员对于各影响因素的判断权值，但是单纯利用层次分析法可能会受主观因素的过度干扰；因此，笔者采用层次分析法与熵技术相结合的方法，综合考虑影响后方指挥所选址决策各类因素建立模型，有效克服了最短路径法的不足，利用层次分析法将决策者对各指标的偏好转化为优先权重，尔后运用熵技术对优先权重进行修正，有效避免主观因素的过度影响，从而使得决策更加客观、科学。

2 建立后方指挥所选址决策模型

2.1 构造后方指挥所选址决策评价指标体系

影响后方指挥所选址决策的因素较多，从理论上考虑越全面越好。在实际作战中，自然环境、交通状况以及战场安全对选址决策影响尤为明显。笔者构造了 3 类 9 个具体指标，对于主要影响因素的评价较为全面。后方指挥所选址决策评价指标体系如图 1 所示。

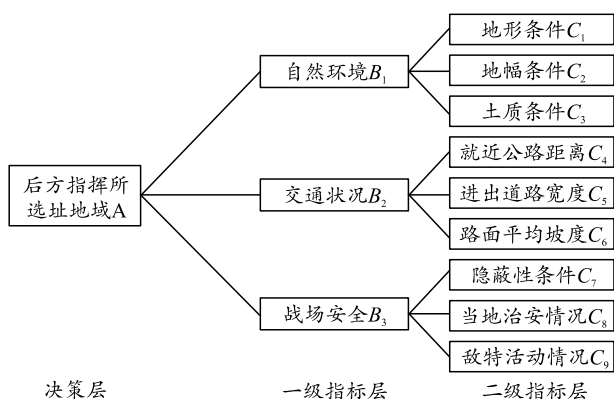


图 1 后方指挥所选址决策评价指标体系

2.1.1 自然环境

自然环境是影响后方指挥所选址决策的基本指标，包括地形、地幅、土质、气象、水文等因素。由于气象条件对旅一级后方指挥所选址决策影响不大，因此，自然环境主要细分为地形条件、地幅条件、土质条件 3 个指标。

1) 地形条件^[4]。首先要考虑所选地形对后方指挥所通信的影响，尤其要避免对无线信号干扰较强的地域；其次要尽可能避开低洼地，降低山洪、暴雨对后方指挥所的威胁。根据选址地域地形对后方指挥所影响程度不同，可将地形条件指标划分为有利、较有利、一般、较不利、不利。

2) 地幅条件。要求选址地域地幅适当，便于后方指挥所展开和组织防卫。根据选址地域地幅的适当程度不同，可将地幅条件指标划分为适当、较适当、一般、较不适当、不适当 5 个等级。

3) 土质条件。不同土质的厚度、硬度不同，将直接影响后方指挥所防御工事的构筑速度和坚固程度。根据选址地域土质对构工影响程度不同，可将土质条件指标划分为好、较好、一般、较差、差 5 个等级。

2.1.2 交通状况

交通状况是影响后方指挥所选址决策的重要指标。选址地域应当具备良好的交通运输条件，便于物资快速补给，人员、装备运输以及后方指挥所开设、转移和撤收等，对距离公路远近、进出道路宽度、平均坡度等都提出了一定要求。交通状况可细分为就近公路距离、进出道路宽度、路面平均坡度 3 个指标。

1) 就近公路距离^[5]。后方指挥所选址应当尽量靠近公路，便于指挥所快速开设、转移以及人员和装备运输等。

2) 进出道路宽度。开设地域进出道路的宽度也是影响后方指挥所实施及时、快速转移和运输的重要因素，道路越宽，运输和转移效率越高。

3) 路面平均坡度。路面平缓便于车辆快速通行，因此，路面平均坡度也是评价交通条件的重要指标。

2.1.3 战场安全

战场安全是后方指挥所选址的重要原则，关系到后勤指挥工作能否顺利实施。后方指挥所开设地域应选择植被茂密、便于隐蔽的地点，还应充分考虑敌方活动和当地治安等情况，提高后方指挥所的战场生存能力。战场安全主要通过隐蔽性条件、敌方活动情况、当地治安情况 3 个指标来体现。

1) 隐蔽性条件。现代战争中，侦察手段多样性使得隐蔽性不好、较为暴露的目标极易被发现和摧毁。后方指挥所应尽可能开设在植被较为茂密、隐蔽性较好、不易被敌空中侦察力量直接发现的地域，同时还要避开明显地物和居民地，根据选址地域植被、地物等因素对后方指挥所隐蔽性影响程度不同，可将隐蔽性条件指标划分为好、较好、一般、较差、差 5 个等级。

2) 当地治安情况。选址地域附近治安情况对后方指挥所安全会产生一定影响，治安较差的地域，

装备、物资丢失、被毁可能性增大，人员安全也面临一定威胁。根据选址地域治安具体情况不同，可将当地治安情况指标划分为好、较好、一般、较差、差 5 个等级。

3) 敌方活动情况。敌方活动较为频繁的地域被敌渗透的可能性较大，后方指挥所暴露和被袭的风险也较大。在开设后方指挥所前，应先调查预选地域的敌方活动情况，为选址决策提供依据。根据选址地域敌方活动频繁程度不同，可将敌方活动情况指标划分为频繁、较频繁、一般、较不频繁、不频繁 5 个等级。

2.2 运用层次分析法确定各指标权重

层次分析法是进行多目标决策较为常用的方法，主要思路是将问题各影响因素按照相互关系进行分层聚类，形成一个多层次递阶模型，再将人们对每一层各因素的相对重要性判别量化，最后计算出最低层相对于决策目标的权重值。

2.2.1 构造判断矩阵

通常采用 1~9 标度法(具体含义见表 1)比较 2 个因素的相对重要性，从而形成若干个判断矩阵。

表 1 判断矩阵中值的含义

数值	决策指标
1	2 个因素重要性相同
3	前者因素比后者因素较为重要
5	前者因素比后者因素重要
7	前者因素比后者因素强烈重要
9	前者因素比后者因素极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中值
倒数	若因素 i 与因素 j 的重要性之比为 a_{ij} , 那么因素 j 与因素 i 重要性之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

笔者根据构设的指标体系，构造 4 个判断矩阵，即 A 、 B_1 、 B_2 、 B_3 。

2.2.2 层次单排序

层次单排序是根据判断矩阵计算每个层次中各指标相对于上一层因素的相对重要性权值。

层次单排序主要是计算判断矩阵特征向量和最大特征根，对判断矩阵 A ，计算满足 $AW^A=\lambda_A W^A$ 的特征向量和最大特征根，式中 λ_A 判断矩阵 A 最大特征根， W^A 为对应于 λ_A 的特征向量， W^A 的分量是相应指标的权值。同理可得 B_1 、 B_2 、 B_3 的特征根和特征向量。

定义：一致性指标 $CI=(\lambda-n)/(n-1)$ ，平均随机一致性指标为 RI ，判断矩阵的随机一致性比例 $CR=CI/RI$ 。只有当满足 $CR<0.10$ 时，判断矩阵才

具有满意的一致性，否则就要对判断矩阵进行调整。1~9 阶矩阵 RI 如表 2 所列。

表 2 平均随机一致性指标 $RI^{[6]}$

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.51	0.87	1.10	1.16	1.30	1.41	1.43

2.2.3 计算二级指标相对于选址地域的权重

二级指标 C_j 相对于选址地域的权重 $W_j=W_i^A W_l^*$ ($1 \leq i \leq 3, 1 \leq j \leq 9, 1 \leq l \leq 3$)， W_i^A 为指标 B_i 相对于选址地域的权重， W_l^* 为指标 C_j 相对于各自上一级因素 B_i 的权重。

2.3 利用熵技术修正各指标的优先权重

后方指挥所选址决策问题属于多目标决策的问题，通常由 3 个要素构成，即 m 个决策目标 $S_i(1 \leq i \leq m)$ 、 n 个评价指标 $C_j(1 \leq i \leq n)$ 以及一个决策矩阵 $D=(d_{ij})_{m \times n} (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n)$ ，其中 x_{ij} 表示第 i 个目标 A_i 第 j 个指标 C_j 的指标值^[7]。多目标决策研究的侧重点是构造出决策矩阵，根据决策矩阵进行判断从而获得最佳目标。

2.3.1 模糊指标的量化

在多目标决策过程中，许多评价指标是模糊指标，只能定性地描述(笔者建立的决策指标体系中，“地形条件”“地幅条件”“土质条件”“隐蔽性条件”“当地治安情况”“敌方活动情况”6 个指标均属于模糊指标)。对于这些模糊指标，必须对其赋值，使之量化，才能更好地进行分析比较。一般来说，对于模糊指标的最优评价赋值 9，最劣评价赋值 1，具体如图 2 所示。

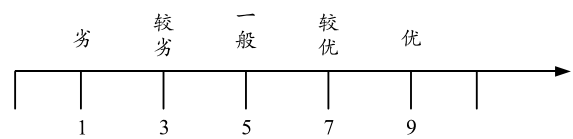


图 2 模糊指标的量化

2.3.2 区分效益、成本指标

评价指标可以区分为效益、成本指标 2 大类，主要目的是根据指标属性的不同，构造更加合理的标准化决策矩阵。对于效益指标，指标值都是越大越好；而对于成本指标，指标值都是越小越好。上文已将模糊指标的较优评价赋为高值，指标值越大越好；因此，所有模糊指标均可看作效益指标。文中仅“就近公路距离”“路面平均坡度”属于成本指标范畴。

2.3.3 决策指标的标准化处理

由于各个评价指标的单位、量纲、数量级不同，会直接影响决策的结果，甚至会造成决策的失误。为了避免此类影响，在进行评价前应当对所有评价指标进行标准化处理，统一标准，将决策矩阵 $D=(d_{ij})_{m \times n}$ 中的所有指标数值转化成无量纲、无量级差别的标准数值，得到标准化决策矩阵 $R=(r_{ij})_{m \times n} (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n)$ ，然后再进行决策。对指标数值去量纲、去数量级包括向量归一化、线性比例变换、极差变换等多种方法^[8]。

2.3.4 修正各指标的优先权重

1) 利用标准化决策矩阵 $R=(r_{ij})_{m \times n}$ 求 X_{ij} ，有

$$X_{ij} = r_{ij} / \sum_{i=1}^m r_{ij}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n. \quad (1)$$

2) 求指标 C_j 输出的熵 H_j ， $m > 1$ ，有

$$H_j = -K \sum_{i=1}^m X_{ij} \ln X_{ij}, \quad j=1,2,\dots,n. \quad (2)$$

式中 $K=(\ln m)^{-1}$ 。

由于 $0 \leq X_{ij} \leq 1$ ，所以 $0 \leq -\sum_{i=1}^m X_{ij} \ln X_{ij} \leq \ln m$ 。由此可知，

$$0 \leq H_j \leq 1, \quad j=1,2,\dots,n.$$

3) 求二级指标 C_j 的权系数 ω_j ，有

$$\omega_j = (1 - H_j) / \sum_{j=1}^n (1 - H_j). \quad (3)$$

熵权是在给定被评价目标集且各指标值确定的情况下，各指标在竞争意义上的相对激烈程度系数。

4) 利用优先权重 W_j 和权系数 ω_j ，计算二级指标 C_j 的修正权重

$$W'_j = \omega_j W_j / \sum_{j=1}^n \omega_j W_j. \quad (4)$$

2.4 评价各选址地域优劣

利用修正权重 W'_j 和标准化决策矩阵 R ，可得各选址地域的评价期望 E_i ，有

$$E_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} W'_j. \quad (5)$$

根据计算出的 E_i 值对各选址地域进行排序，高值为优。

3 实例分析

某部队计划开设后方指挥所，经过勘查后，现有 4 个开设地域(A₁、A₂、A₃、A₄)可供选择，各选址地域相关指标如表 3 所示，现要求从中选择 1 个最佳开设地域。

表 3 后方指挥所选址分析评价

选址地域	B ₁			C ₄	B ₂		B ₃		
	C ₁	C ₂	C ₃		C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
A ₁	有利	较适当	较差	6	6	8	较好	一般	较不频繁
A ₂	较有利	较适当	好	8	3	10	一般	较差	不频繁
A ₃	一般	适当	一般	9	6	6	较好	较好	一般
A ₄	较有利	一般	较好	4	4	6	一般	好	一般

1) 根据决策者对各指标的偏好，可以得出 4 个判断矩阵如表 4—7 所示。

表 4 判断矩阵 A

A	B ₁	B ₂	B ₃
B ₁	1	2	1
B ₂	1/2	1	1/2
B ₃	1	2	1

表 5 判断矩阵 B₁

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃
C ₁	1	3	3
C ₂	1/3	1	1
C ₃	1/3	1	1

表 8 判断矩阵最大特征根和特征向量

判断矩阵	最大特征根	特征向量
A	3.000 0	(0.40, 0.20, 0.40)
B ₁	3.000 0	(0.60, 0.20, 0.20)
B ₂	3.009 4	(0.16, 0.54, 0.30)
B ₃	3.009 4	(0.30, 0.16, 0.54)

表 6 判断矩阵 B₂

B ₂	C ₄	C ₅	C ₆
C ₄	1	1/3	1/2
C ₅	3	1	2
C ₆	2	1/2	1

表 7 判断矩阵 B₃

B ₃	C ₇	C ₈	C ₉
C ₇	1	2	1/2
C ₈	1/2	1	1/3
C ₉	2	3	1

2) 运用层次分析法确定各二级指标权重。

表 9 各二级指标相对于选址地域的权重

指标	地形条件	地幅条件	土质条件	就近公路距离	进出道路宽度	路面平均坡度	隐蔽性条件	当地治安情况	敌特活动情况
权重 W_j	0.240 0	0.080 0	0.080 0	0.032 0	0.108 0	0.060 0	0.120 0	0.064 0	0.216 0

3) 构造标准化决策矩阵。

对模糊指标进行量化，根据表 1 得到决策矩阵 D。