

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.02.008

空间信息支援下装甲部队侦察系统作战效能评估

刘亮亮, 狄东记, 李华
(西安卫星测控中心, 陕西 渭南 714000)

摘要: 为提高装甲部队侦察系统的作战效能, 介绍了侦察系统的构成、信息流程, 分析了其指标体系的建立和末级指标的标准化, 运用群体单准则 AHP 构权法对指标体系中所有指标进行权重计算, 并采用分类综合评估常用的融合方法, 通过评估指标的逐层汇总而获得总的评价价值。结果表明, 在空间信息支援下, 装甲部队的作战效能得到了有效提高, 符合评估前的预期。

关键词: 空间信息支援; 装甲部队; 作战效能评估
中图分类号: N945.16 **文献标识码:** A

Operational Efficiency Evaluation of Armored Force Reconnaissance System Under Space Information Supporting

LIU Liang-liang, DI Dong-ji, LI Hua
(Xi'an Satellite Control Center, Weinan 714000, China)

Abstract: In order to improve operational efficiency of armored force reconnaissance system, introduces the constitution and information flow of reconnaissance system, and then analyze the foundation of index system and the standardization of final stage of the reconnaissance system, used the method of group single criterion AHP to calculate the weight of all indexes, and adopts the amalgamation way which is in common use in class integrated calculates, at last, collects the value of all indexes calculated to get the value of total evaluation. The result indicates that the operational efficiency of armored force can be improved efficiently under the support of space information, which is accord with the expectation of the evaluation.

Keywords: Space information supporting; Armored force; Operational efficiency evaluation

0 引言

装甲部队侦察系统是装甲部队指挥信息系统的重要组成部分, 其主要功能是获取信息并将其传输至上级指挥机关, 为其决策提供情报信息保障。空间力量对装甲部队侦察系统的支援可有效提升其作战效能, 故对空间信息支援下的装甲部队作战指挥信息系统作战效能进行研究。

1 空间信息支援下装甲部队侦察系统

1.1 侦察系统的构成

空间信息支援下的侦察系统主要由侦察的组织部门及终端分队构成。装甲部队的作战单位设有专门的侦察部门作为侦察活动的组织指挥者, 下属各作战团体设有侦察组作为侦察活动的终端分队。

在装甲部队侦察系统的装备构成中, 单一的装备很难遂行作战任务, 一般要编组才能有效地执行侦察任务。一个侦察组需要由多台装备编组构成, 设想某个作战单位中设立一至两个侦察组, 运用在主要作战方向或加强到主要的作战团体。每个侦察

组中设想由一台装甲情报处理车作为该组的指挥车, 也可称之为侦察指挥所, 它具备一定的冗余备份能力, 其上级为作战单位指挥员所在指挥车; 一个侦察组, 设想其指挥 2 台通用装甲侦察车和 2 台雷达装甲侦察车; 侦察直升机虽然不隶属于该侦察组, 但其采集到的情报信息首先传输到情报处理车, 尔后生成情报, 上报上级。

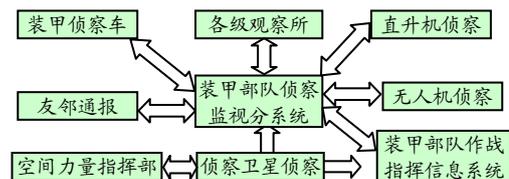


图 1 空间信息支援下装甲部队侦察系统组成

空间信息支援有逐步向战术方向应用的趋势, 但目前还主要应用于战略上, 或者说空间力量主要由战略指挥机关掌握。可以设想, 空间力量平时隶属于战略指挥机关, 战时可以支援主要作战方向。装甲部队侦察系统可得到电子侦察卫星及光学成像卫星的支援, 侦察卫星获取的信息可实现战略指挥机关和主要作战部队的共享。因此, 战时空间力

收稿日期: 2009-09-13; 修回日期: 2009-10-22

作者简介: 刘亮亮 (1984-), 男, 陕西人, 装备指挥技术学院硕士毕业, 从事空间作战模拟与评估研究。

量可为装甲部队提供所需的信息支援，保障装甲部队的作战。空间信息支援下装甲部队侦察监视分系统的组成框图如图 1。

1.2 侦察系统的信息流程

侦察系统的功能是收集敌人信息，上报上级，其关键因素是信息，研究其信息流程有助于理解其系统结构及工作过程，为提出指标体系做准备。

侦察系统在遂行作战任务时，装甲侦察车会先将收集到的信息传输到情报处理车，经过处理并生成情报后再传输给上级指挥车；由侦察机、直升机和卫星获取的信息一般会在自身平台上先对信息预处理，然后传输到指挥车。指挥车在依据情报信息做出决策后，会给侦察终端下达下一步的侦察指示。信息流程如图 2。

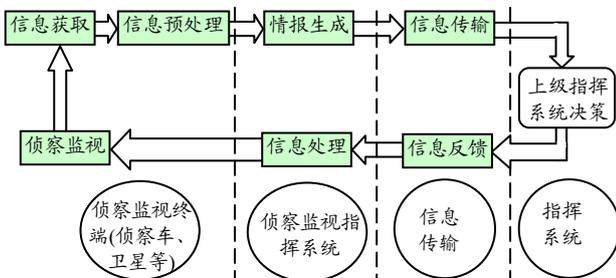


图 2 空间信息支援下装甲部队侦察系统信息流程

2 作战效能指标体系的建立

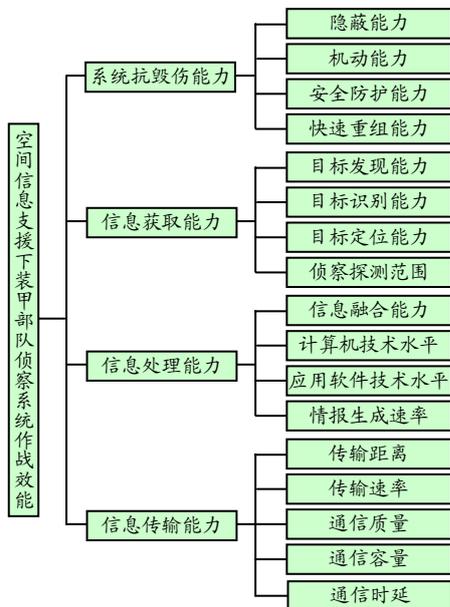


图 3 作战效能指标体系

一般来说，在建立评价指标体系时，应遵循以下原则：第一，指标宜少不宜多，宜简不宜繁。第二，指标应具有独立性。第三，指标应具有代表性。指标间也应具有明显的差异性。评价指标和评价标

准的制定要客观实际，便于比较。第四，指标应具有可测性，符合客观实际水平，有稳定的数据来源，易于操作。根据以上原则，建立空间信息支援下装甲部队侦察系统的作战效能指标体系，如图 3。

3 作战效能末级指标的标准化

由于评价指标体系中既有定性指标又有定量指标，为使各指标在整个系统中具有可比性，必须对各指标进行无量纲化处理。目前人们已提出的无量纲化方法名称很多，如综合指数法、均值化、标准化 (Z-Score) 法等。选取用标准化的方法对各指标进行无量纲化处理。

3.1 定量指标无量纲化

对于定量指标，因其衡量单位不同，级别有大有小，趋向也不一定一致，必须对其进行规范化和同趋化处理，处理方法如下：

当目标越大评价越好时：

$$F = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

当目标越小评价越好时：

$$F = -(x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

其中， F 是目标值 x 的标准化值， x_{\min} 是预先确定指标的最小值， x_{\max} 是预先确定的指标的最大值。比如，侦察系统某设备的最小值可取现役同类不同型号设备性能的最劣值，最大值取现役同类不同型号设备性能最优值。设备的最大值取可满足作战需要的最小值。比如某侦察卫星的侦察范围是 500 km^2 ，但是在作战中仅需 200 km^2 即可，此时，侦察卫星的最大值就可认为是 200 km^2 ，即超过 200 km^2 的侦察装备的最大值都可以认为是 200 ， F 值为 1。定量指标的标准化，也可采用构造评价函数的方法，但是利用精确的评价函数对性能指标打分比较困难。评价函数的确定可以采用系统分析法、计算机模拟仿真法，亦可根据专家的经验判断得到。

表 1 侦察探测范围相关属性评定等级表

名称	装甲侦察车		光学侦察卫星	电子侦察卫星	直升机侦察	各级观察所
	通用侦察车 0.5	雷达侦察车 0.5				
探测范围	0.6	0.7	0.9	0.9	0.8	0.5
权重	0.2		0.25	0.25	0.2	0.1
融合值	0.79					

例如：在装甲部队侦察系统中装备了某型履带式通用侦察车及某型履带式雷达侦察车，同时可得到空间侦察卫星的支援。各种侦察装备的权重可以由层次分析法或专家打分得到，其相关属性的值可

以由该指标的评价函数得到, 也可以由专家的经验判断得到, 具体内容如表 1。

结合各相关属性的权重对侦察探测距离计算:

$$(0.6 * 0.5 + 0.7 * 0.5) * 0.2 + 0.9 * 0.25 + 0.9 * 0.25 + 0.8 * 0.2 + 0.5 * 0.1 = 0.79$$

3.2 定性指标无量纲化

对于定性指标, 应将其量化处理。较常用的量化处理方法是专家打分法, 选取的标度法是一种变相的专家打分法。为了能与定量指标之间有可比性, 还必须将其进行无量纲化处理, 处理方法与定量指标同度量化的方法类似。最小值取标度值的下限 0, 最大值取标度值的上限 1。中间部分采取 5 层量化, 即定性指标按照最差、差、相当、好、最好的标准分别赋值 0.1、0.3、0.5、0.7、0.9。

4 作战效能指标权重的确定

指标赋权就是确定指标体系中每层指标中的每组指标的权重。目前确定指标权重的方法较多, 其中属于主观赋权重的方法: Delphi 法、专家判断及层次分析法 (AHP); 属于客观赋权重的方法: 变异系数法、熵值法、主成份分析法及最小方差法等。其中层次分析法 (AHP) 是一种定性定量相结合的方法, 已经应于众多领域。

4.1 群体单准则 AHP 构权法 (GAHP)

单准则 AHP 构权法, 又称互反式两两比较构权法。因装甲部队侦察监视系统中涉及的指标众多, 仅靠某位专家的知识经验和难以得到客观的权重结果, 领域中多位专家的参与能提高指标赋权的合理性和科学性, 故采用群体层次分析法进行指标的赋权。群体层次分析法是层次分析法的扩展, 即先求每位专家对各指标的排序向量 (权重), 再将各排序向量进行几何或算术平均得出综合排序向量。

首先, 描述每位专家单独进行指标赋权的过程, 然后再描述在此基础上进行综合计算的步骤。群体层次分析法的赋权过程如下:

1) 构造两两比较的判断矩阵

建立递阶层次的指标体系后, 即可确定上下层元素间的隶属关系, 通过两两比较各层次元素, 构造出比较判断矩阵。在构造两两比较的判断矩阵时, 决策者要反复地回答问题, 针对准则 C, 2 个元素 u_i 和 u_j 哪个更重要, 重要程度如何, 并按 1~9 的比例标度对重要性程度赋值。表 2 列出了 1~9 标度的含义。借助准则 C, n 个被比较元素通过两

两比较可构成判断矩阵:

$$A = (a_{ij})_{n \times n}$$

其中, a_{ij} 就是元素 u_i 与 u_j 相对于准则 C 的重要性比例标度。

表 2 1~9 比例标度的含义

标度	含义
1	表示 2 个元素相比, 具有相同重要性。
9/7	表示 2 个元素相比, 前者比后者稍微重要。
9/5	表示 2 个元素相比, 前者比后者明显重要。
9/3	表示 2 个元素相比, 前者比后者强烈重要。
9	表示 2 个元素相比, 前者比后者极端重要。
9/2, 9/4, 9/6, 9/8	表示上述相邻判断的中间值。
倒数	若元素 i 与元素 j 的重要性之比为 a_{ij} , 那么元素 j 与元素 i 的重要性之比为 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ 。

2) 计算判断矩阵的特征向量和特征值

利用层次分析法计算的根本问题是如何计算判断矩阵的特征向量和特征值, 常用的计算方法有: 和积法、方根法 (几何平均法) 及对数最小二乘法 (LLSM) 等。采用简单的和积法确定单一准则下元素相对排序权重。

3) 判断矩阵的一致性检验

在构造判断矩阵时, 由于客观实物的复杂性, 主体认识的局限性和多样性, 或决策者的偏好, 判断常有误差, 判断矩阵不可能完全一致性。为将判断误差缩小至可接受的范围, 即使多个专家的意见有一定的趋同性, 需要对判断矩阵的一致性检验。

(1) 计算一致性指标 CI

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

(2) 查找相应的平均随机一致性指标 RI。表 3 列出了 1~12 阶正互反矩阵计算 1 000 个样本容量得到的平均随机一致性指标。

表 3 平均随机一致性指标 RI

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26
矩阵阶数	7	8	9	10	11	12
RI	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54

(3) 计算一致性比例 CR

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

当 $CR < 0.10$ 时, 认为判断矩阵的一致性是可以接受的, 否则应对判断矩阵作适当修正。

4.2 指标权重的计算

利用上面介绍的群体单准则 AHP 构权法, 对指标体系中所有指标进行权重计算, 某位专家对信息传输能力的下属指标两两比较的判断结果如表 4。

表 4 信息传输能力两两比较判断

	传输距离	传输速率	通信质量	通信容量	通信时延
传输距离	1	9/7	7/9	8/9	9/6
传输速率	7/9	1	6/9	7/9	9/7
通信质量	9/7	9/6	1	9/8	9/4
通信容量	9/8	9/7	8/9	1	9/5
通信时延	6/9	7/9	4/9	5/9	1

构造出的比较判断矩阵为:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 9/7 & 7/9 & 8/9 & 9/6 \\ 7/9 & 1 & 6/9 & 7/9 & 9/7 \\ 9/7 & 9/6 & 1 & 9/8 & 9/4 \\ 9/8 & 9/7 & 8/9 & 1 & 9/5 \\ 6/9 & 7/9 & 4/9 & 5/9 & 1 \end{pmatrix}$$

显然, A 为一致性正互反矩阵, 选择和积法对单一准则下相对权重进行计算, 特征向量为:

$$W = [0.2055 \quad 0.1701 \quad 0.2664 \quad 0.2293 \quad 0.1287]^T$$

特征值:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nw_i} = 5.0042$$

计算一致性指标:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.00105$$

当 n=5 时, 查表 RI=1.12, 计算一致性比例为:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.00105}{1.12} = 0.0009375 < 0.10$$

该判断矩阵的一致性可以接受。指标值和权重都确定之后, 可以用表格形式表示, 便于计算。

5 作战效能的计算

表 5 作战效能计算结果

空间信息 支援下装 甲部队侦 察系统作 战效能 0.7561 [0.6023]	系统抗毁伤能力 (0.2560) 0.7794 [0.6603]	隐藏能力 (0.2252) 0.5[0.5180] 机动能力 (0.3348) 0.9[0.68] 安全防护能力 (0.1527) 0.7[0.592] 快速重组能力 (0.2873) 0.9[0.61]
	信息处理能力 (0.2335) 0.7045 [0.6510]	信息融合能力 (0.2202) 0.7[0.5891] 计算机技术水平 (0.2335) 0.5[0.5] 应用软件技术水平 (0.2560) 0.9[0.9] 情报生成速率 (0.2903) 0.7[0.6]
	信息传输能力 (0.2202) 0.7256 [0.6387]	传输距离 (0.2055) 0.78[0.6758] 传输速率 (0.1701) 0.695[0.6481] 通信质量 (0.2664) 0.74[0.6084] 通信容量 (0.2293) 0.765[0.6563] 通信时延 (0.1287) 0.58[0.4757]
	信息获取能力 (0.2903) 0.7997 [0.4847]	目标发现能力 (0.2864) 0.81[0.531] 目标识别能力 (0.1912) 0.76[0.6080] 目标定位能力 (0.1629) 0.74[0.5988] 侦察探测范围 (0.3594) 0.84[0.6021]

注: 表中圆括号内为指标权重, 方括号号为没有空间信息支援指标值

计算效能值时, 应考虑指标值的融合, 采用分类综合评估常用的融合方法, 通过评估指标的逐层汇总而获得总的评估值。末级指标无量纲化并向上

融合后的结果如表 5。

由计算可得: 空间信息支援下装甲部队作战指挥系统效能值为 0.7561, 没有空间信息支援的装甲部队作战指挥系统效能值为 0.6023。由以上计算可以看出, 在空间信息支援下, 装甲部队的作战效能得到有效提高, 符合评估前的预期。

6 结束语

结果表明, 在空间信息支援下, 装甲部队的作战效能得到了提高, 符合评估前的预期, 对装甲部队侦察系统作战效能研究具有积极意义。但目前还存在体制、编组等诸多问题, 制约了其效能的发挥。

参考文献:

- [1] 常显奇. 军事航天学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 1.
- [2] 王利勇. 军队指挥信息系统研究[M]. 北京: 国防大学出版社, 2003.
- [3] 程启月. 作战指挥决策运筹分析[M]. 北京: 军事科学出版社, 2000.
- [4] 谭跃进, 陈英武, 易进先. 系统工程原理[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1999.
- [5] 徐学文, 王寿云. 现代作战模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

(上接第 22 页)

由 3.22>3.06>2.84>2.68 知, x₅ 应排在 x₄ 后面而在其它之前, 即基本炮阵地最好选择在 9 号阵地, 选择在 11 号阵地也可以。2 种方法得到的结果一致。

3 结束语

在确定最佳基本炮阵地的举例中, 评分法及布林法均属于线性排序的方法, 其中, 评分法先求出备选方案集中每个元素的 Borda 数, 再确定基本炮阵地的位置; 而布林法则先构造模糊优先度矩阵, 再确定基本炮阵地的位置。实例证明, 2 种方法得到的结果一致。根据模糊决策思想, 采用线性排序方法确定出基本炮阵地的位置, 更加方便了决策。

参考文献:

- [1] 赵天翔. 炮兵战术[M]. 北京: 解放军出版社, 2001.
- [2] 吴翎, 等. 数学建模的理论与实践[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1999.
- [3] 陈之宁. 模糊数学及其军事应用[M]. 北京: 海潮出版社, 2003.
- [4] 张东亮. 弹炮结合武器系统对来袭目标拦截的模糊二元对比排序[J]. 四川兵工学报, 2008(6): 98-100.