

联合防空指挥组织结构合理度灰色聚类评估

丁晓东, 李为民, 刘毅

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:针对联合防空指挥组织结构的合理性问题,基于联合防空作战中军兵种指挥协调关系,首先,构建了3种典型的联合防空指挥组织结构,从指挥信息流通的角度着手,依据评估指标的选择原则,结合影响联合防空指挥组织结构合理性的因素,提出了评估联合防空指挥组织结构合理度的指标体系,并建立了指标的量化模型;其次,应用灰色聚类理论,探讨了联合防空指挥组织结构合理度的灰色聚类评估方法,并给出了具体的计算步骤;最后,针对3种典型的联合防空指挥组织结构进行了算例分析,并结合算例得到的结果,提出了改善联合防空指挥组织结构合理度的对策与建议,分析结果表明本文提出的评估方法简单易行,能够有效地评估联合防空指挥组织结构的合理度。

关键词:联合防空;指挥组织结构;合理度;灰色聚类

中图分类号: O224 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2008)04-0039-05

联合防空指由两个以上军种的防空力量,在统一指挥下所进行的防空,是现代防空的一种重要组织形式,具有参战的军种多、层次多和分工细、指挥协调复杂、保障要求高等特点^[1]。联合防空指挥组织结构是联合防空指挥组织内部分工协作的基本形式和框架,其科学合理的程度,直接影响到防空任务的成败,具有举足轻重的作用。如何对联合防空指挥组织结构的合理度进行准确的评估,对于实现高质、高效和稳定地指挥部队遂行防空作战任务具有非常重要的意义。本文利用灰色聚类评估理论对联合防空指挥组织结构合理度的评估问题进行了深入研究。

1 联合防空指挥组织结构的评估指标分析

联合防空指挥组织结构合理度的评估实质上可以看作是信息流在指挥体制组织结构的拓扑网络上各个节点(对应于某一项指挥活动中的具体任务)和运动路径(对应于某一项指挥活动中的起始过程)上的评估^[2]。因此,对联合防空指挥组织结构合理度的评估可以将指挥信息在各个指挥层次、指挥跨度内的指挥机构间,抽象成信息流运动关系的合理性评估。

1.1 联合防空指挥组织结构类型

联合防空指挥组织结构既要利于实现集中统一指挥、便于组织部队协同,又要确保指挥稳定高效,实现其合理的基本途径是指挥层次和指挥跨度的设置要科学合理^[3]。增大指挥的跨度和减少指挥的层次是相辅相成的,增大跨度是为了减少指挥的层次,而减少指挥的层次,缩短了传达命令的时间,降低了指挥信息的准确性和可能受损的程度,从而提高指挥的效能^[4-5]。但是跨度的增大也不能超过一定的限度,否则可能出现指挥信息严重失误^[6]。综合考虑联合防空指挥组织内部分工协作的形式,列出3种典型的组织结构,分别如图1、图2、图3所示。

收稿日期:2007-11-06

基金项目:国家“863”计划资助项目(2007AA×××102)

作者简介:丁晓东(1984-),男,安徽无为,人,硕士生,主要从事防空体系对抗研究;

E-mail:dingxiaodongmailbox@yahoo.com.cn

李为民(1964-),男,甘肃民勤人,教授,博士生导师,主要从事防天反导作战运筹分析研究。

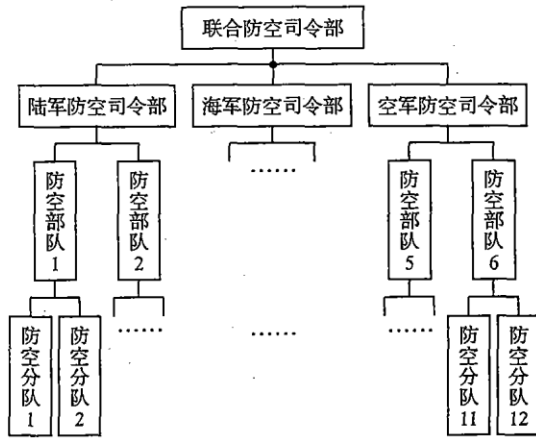


图1 联合防空指挥组织结构1

Fig. 1 The first command organizing structure

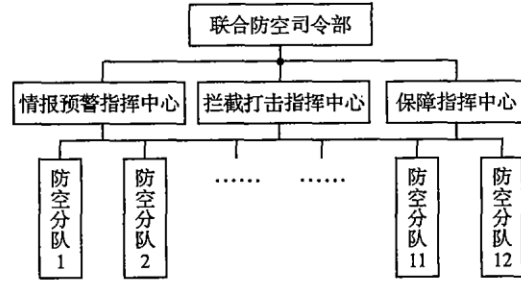


图2 联合防空指挥组织结构2

Fig. 2 The second command organizing structure

1.2 联合防空指挥组织结构合理度的评估指标分析

联合防空指挥组织结构合理度评估指标应该以全面、客观地反映联合防空指挥组织结构效能为目的,各评估指标之间不能有交叉、重复^[7-8]。为了描述指挥信息在指挥组织结构中流通的速度、内部和外部的信息交互质量、连通性和稳定性,采用时效熵、准确熵、可靠熵来作为联合防空指挥组织结构合理度的评估指标。

1) 时效熵。在联合防空指挥组织结构下,指挥信息在各个指挥节点间的传递过程中,指挥信息流通的效率,称为联合防空指挥组织结构的时效。把反映指挥信息流通时效的不确定性的度量用熵来表示,即为

时效熵,则总的时效熵为 $H^t = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N H_{ij}^t$ 。式中: N 为联合防空指挥组织结构中最大的指挥跨度; H_{ij}^t 为纵向上、下级第 i, j 指挥节点的时效熵,且 $H_{ij}^t = -p_{ij}^t \log p_{ij}^t$; p_{ij}^t 为指挥组织结构中纵向上、下级第 i, j 指挥节点联系时实现转移的概率。 p_{ij}^t 的值可以通过第 i, j 指挥节点间的最短路径 L_{ij} 来确定,将直接连接的长度定为1,每中转一次长度加1,则 $p_{ij}^t = L_{ij} / \sum_i \sum_j L_{ij}$, ($i, j = 1, 2, \dots, N$)。

2) 质量熵。在指挥信息传递过程中,联合防空指挥组织结构中任意一个指挥节点出错的不确定性的度量用熵来表示,称为质量熵,则总的质量熵为 $H^m = \sum_{i=1}^N H_i^m = - \sum_i p_i^m \log p_i^m$ 。式中: H_i^m 为联合防空指挥组织结构中第 i 指挥节点的质量熵; p_i^m 为第 i 指挥节点质量实现的概率,其值由 $p_i^m = k_i / \sum_i k_i$ 计算可得, k_i 为联合防空指挥组织结构中第 i 指挥节点的联系跨度数。

3) 可靠熵。可靠熵是指从联合防空指挥组织结构的起点到终点,通过所有指挥节点得到的传递熵的组合值,且 $E_r = \sum_i \sum_j r_{ij}$, r_{ij} 为第 i 指挥节点到第 j 指挥节点的传递熵,表示指挥信息在传递过程中的不确定性,并且 $r_{ij} = - \sum_{k=1}^j w_{ik} \log w_{ik}$, w_{ik} 为第 i, j 指挥节点之间的传递函数。 $w_{ij} = t_{ij} p_{ij}$, t_{ij} 为第 i, j 指挥节点之间的活动周期,为简化评估问题,取 t_{ij} 为离散型; p_{ij} 为在指挥节点 i 实现时,指挥节点 j 实现的概率。

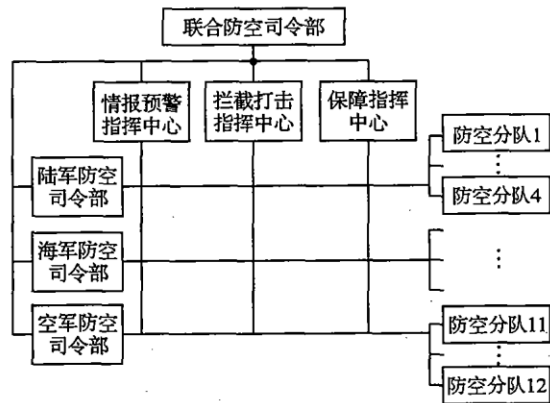


图3 联合防空指挥组织结构3

Fig. 3 The third command organizing structure

2 联合防空指挥组织结构合理度的评估方法

2.1 联合防空指挥组织结构合理度的灰色聚类评估

联合防空指挥组合结构合理度的灰色聚类评估就是结合时效熵、质量熵、可靠熵3个联合防空指挥组织结构合理度的评估指标,将现有 n 个有待评估的联合防空指挥组织结构作为 n 个聚类对象,设立比较合理、基本合理、欠合理3个不同灰类,根据第 i ($i = 1, 2, \dots, n$) 个对象对应第 j ($j = 1, 2, 3$) 个指标的值 x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, 3$) 将第 i 个对象归入第 k ($k = 1, 2, 3$) 个灰类。

由参考文献[9]可知,将 n 个对象关于指标 j 的取值相应地分成多个灰类,称为 j 指标子类,其 j 指标 k 子类白化权函数记为 $f_j^k(\cdot)$ 。结合本文实际,取 $f_j^k(\cdot)$ 为典型白化权函数 $f_j^k[x_j^k(1), x_j^k(2), x_j^k(3), x_j^k(4)]$, 其中 $x_j^k(1), x_j^k(2), x_j^k(3), x_j^k(4)$ 为 $f_j^k(\cdot)$ 的转折点。结合转折点的缺损情况,典型白化权函数又有下限测度白化权函数、适中测度白化权函数、上限测度白化权函数3种另外表示形式^[10], 分别记为 $f_j^k[-, -, x_j^k(3), x_j^k(4)]$, $f_j^k[x_j^k(1), x_j^k(2), -, x_j^k(4)]$, $f_j^k[x_j^k(1), x_j^k(2), -, -]$, $x_j^k(1), x_j^k(2), x_j^k(3), x_j^k(4)$ 具体取值根据联合防空指挥组织结构的实际情况由专家给定。

4种白化权函数对应的 j 指标 k 子类临界值 λ_j^k 分别为: $1/2(x_j^k(2) + x_j^k(3))$, $x_j^k(3)$, $x_j^k(2)$, $x_j^k(2)$ 。则对象 i 属于 k 灰类的灰色变权聚类系数为

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^3 f_j^k(x_{ij}) (\lambda_j^k / \sum_{j=1}^3 \lambda_j^k) \quad (1)$$

得聚类系数矩阵为

$$W = (\sigma_i^k)_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} \sigma_1^1 & \sigma_1^2 & \sigma_1^3 \\ \sigma_2^1 & \sigma_2^2 & \sigma_2^3 \\ \sigma_3^1 & \sigma_3^2 & \sigma_3^3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

取 $\sigma_i^{k*} = \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_i^k\}$, 则称对象 i 属于灰类 k 。

2.2 联合防空指挥组织结构合理度灰色聚类评估的步骤

根据灰色聚类评估的基本理论,结合上文中联合防空指挥组织结构合理度的评估指标,可以提出联合防空指挥组织结构合理度灰色聚类评估的步骤如下:

1) 建立联合防空指挥组织结构的评估对象集 $T = (T_1, T_2, \dots, T_m)$ 。其中 T_i ($i = 1, 2, \dots, m$) 为待评估的第 i 个联合防空作战指挥组织结构。

2) 构建每种联合防空指挥组织结构关于时效熵、质量熵、可靠熵的值矩阵。第 i 个联合防空作战指挥组织结构关于第 j 个指标的值 x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, 3$) 为

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} \end{bmatrix} \quad (3)$$

3) 建立关于时效熵、质量熵、可靠熵的典型白化权函数。典型白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ ($k, j = 1, 2, 3$) 的类型和转折点 $x_j^k(1), x_j^k(2), x_j^k(3), x_j^k(4)$ 的值请专家根据具体联合防空作战背景给出。

4) 根据专家给出的典型白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ ($k, j = 1, 2, 3$), 计算时效熵、质量熵、可靠熵评估指标对应比较合理、基本合理、欠合理灰类的临界值 λ_j^k ($k, j = 1, 2, 3$)。

5) 由式(1)计算第 i 个联合防空作战指挥组织结构属于比较合理、基本合理、欠合理灰类的灰色变权聚类系数 σ_i^k 。

6) 建立联合防空指挥组织结构的聚类系数矩阵 W 。

7) 由式(2)得出第 i 个联合防空作战指挥组织结构的所属灰类。

3 算例

以某战区联合防空作战为例,选用3种联合防空指挥组织结构设立的方案,分别如图1、图2、图3所示,结合本文选定的时效熵、质量熵、可靠熵评估指标,经量化处理,结果分别如表1、表2、表3所示。

取战区联合防空指挥组织结构关于时效熵、质量熵、可靠熵3个评估指标对应于比较合理、基本合理、欠合理3个灰类的典型白化权函数分别为: $f_1^1[-, -, 0.1, 0.3]$, $f_1^2[-, -, 0.1, 0.4, -, 0.7]$, $f_1^3[0.3, 0.8, -, -]$, $f_2^1[-, -, 0.3, 0.5]$, $f_2^2[0.3, 0.6, -, 0.9]$, $f_2^3[-0.4, 0.9, -, -]$, $f_3^1[-, -, 1, 2]$, $f_3^2[0.4, 2, -, 4]$,

$f_3^2[1, 5, -, -]$, 由白化权函数得 $\lambda_1^1 = 0.1, \lambda_1^2 = 0.4, \lambda_1^3 = 0.8, \lambda_2^1 = 0.3, \lambda_2^2 = 0.6, \lambda_2^3 = 0.9, \lambda_3^1 = 1, \lambda_3^2 = 2, \lambda_3^3 = 5$ 。于是得 $\eta_1^1 = 0.072, \eta_1^2 = 0.133, \eta_1^3 = 0.1194, \eta_2^1 = 0.214, \eta_2^2 = 0.2, \eta_2^3 = 0.1343, \eta_3^1 = 0.714, \eta_3^2 = 0.667, \eta_3^3 = 0.7463$ 。

表1 联合防空指挥组织结构时效熵量化表

Tab. 1 The efficient entropy index quantization of three command organizing structure in unified air defense

	方案1			方案2			方案3					
	联系长度	合计数	p_{ij}^t	H^t	联系长度	合计数	p_{ij}^t	H^t	联系长度	合计数	p_{ij}^t	h^t
时效熵	1	21	0.4118	0.466	1	39	0.619	0.289	1	54	0.6923	0.318
	2	18	0.3529		2	12	0.381		2	12	0.3077	
	3	12	0.2354									

表2 联合防空指挥组织结构质量熵量化表

Tab. 2 The quality entropy index quantization of three command organizing structure in unified air defense

	方案1			方案2			方案3					
	联系跨度	合计数	p_i^m	H^m	联系跨度	合计数	p_i^m	H^m	联系跨度	合计数	p_i^m	H^m
质量熵	1	13	0.325	0.2738	1	3	0.0385	0.8029	1	6	0.0556	0.5253
	9	3	0.675		3	12	0.4615		4	12	0.4444	
					13	3	0.5		5	3	0.1389	
									13	3	0.3611	

表3 联合防空指挥组织结构可靠熵量化表

Tab. 3 The reliability entropy index quantization of three command organizing structure in unified air defense

	方案1			方案2			方案3					
	w_{ij}	合计数	r_{ij}	E_r	w_{ij}	合计数	r_{ij}	E_r	w_{ij}	合计数	r_{ij}	E_r
可靠熵	0.159	3	0.477	2.3352	0.159	3	0.477	1.195	0.159	6	0.904	0.9877
	0.1297	6	0.7782		0.5983	12	0.718		0.0069	12	0.0837	
	0.09	12	1.08									

再由 $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^3 f_j^k(x_{ij}) \eta_j^k$, 当 $i=1$ 时, 有: $\sigma_1^1 = 0.2142, \sigma_1^2 = 0.6589, \sigma_1^3 = 0.2287$

所以 $\sigma_1 = (\sigma_1^1, \sigma_1^2, \sigma_1^3) = (0.2142, 0.6589, 0.2287)$, 同理可得:

$\sigma_2 = (\sigma_2^1, \sigma_2^2, \sigma_2^3) = (0.5784, 0.3686, 0.1448), \sigma_3 = (\sigma_3^1, \sigma_3^2, \sigma_3^3) = (0.7143, 0.3514, 0.379)$

由 $\max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_1^k\} = 0.6589, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_2^k\} = 0.5784, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_3^k\} = 0.7143$ 得到3种战区联合防空指挥组织结构合理度的评估结果, 即方案1属于基本合理灰类, 方案2和方案3属于比较合理灰类。进一步从聚类系数 $\sigma_2^1 = 0.6589$ 和 $\sigma_3^1 = 0.7143$ 可知, 同属于比较合理灰类的方案2和方案3相比, 方案3比方案2更加合理。

4 结束语

本文分析了联合防空作战中指挥组织结构合理度评估应该考虑的主要因素, 建立了一套合理的评估指标体系, 提出了一种基于灰色聚类评估理论的评估方法。算例计算分析表明, 该方法提高了评估的科学性, 具有一定的参考价值。但是联合防空指挥组织结构合理度的评估是涉及众多复杂因素的系统工程, 本文的研究只是对联合防空指挥组织结构合理度评估分析的初步尝试, 考虑多个因素的合理度评估问题还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 卢利华. 军队指挥学基础[M]. 北京: 国防大学出版社, 2002.
LU Lihua. The Basis of Military Command[M]. Beijing: National Defense University Press, 2002. (in Chinese)
- [2] 程启月. 作战指挥决策运筹分析[M]. 北京: 军事科学出版社, 2004.
CHENG Qiyue. The Operational Research Analysis of Command Decision-making[M]. Beijing: Military Science Press, 2004. (in Chinese)

- [3] David S Alberts. Information Age Transformation[M]. Washington:CCRP Publication Series Press,2003.
- [4] David S Alberts, Richard E Hayes, Understanding Command and Control[M]. Washington:CCRP Publication Series Press, 2006.
- [5] James Moffat. Complexity Theory and Network Centric Warfare[M]. Washington:CCRP Publication Series Press,2003.
- [6] 杨建宏,韩林. 模糊变权法在通信指挥效能评估上的应用[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2003,4(2):41 - 45.
YANG Jianhong, HAN Lin. Application of Fuzzy Variable Weighting Method in the Effectiveness Evaluation of Communication Command[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2003, 4(2): 41 - 45. (in Chinese)
- [7] Satty T L. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process[M]. London:RWS Publication Press, 1994.
- [8] 缪小鹏. 防空信息战作战效能评估技术[D]. 武汉:华中科技大学,2005.
MIU Xiaopeng. Evaluation Technology Operational Effective for Information War Air Force [D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology, 2005. (in Chinese)
- [9] Liu Sifeng, Lin Yi. An Introduction to Grey Systems: Foundations, Methodologys and Applications, Slippery Rock [M]. New York: IIGSS Academic Publisher, 1998.
- [10] Deng Julong, Introduction to Grey System Theory[J]. The Journal of Grey System, 1989, 1(1): 1 - 24.

(编辑:田新华)

Application of Grey Clustering Evaluation to Command Organization Structure Rationality in Unified Air Defense

DING Xiao - dong, LI Wei - min, LIU - Yi

(Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the command relationship in unified air defense, firstly, three typical command organization structures are built. From the point of view in command information transmission, according to the selecting principle of evaluation index, and in combination with the factors influencing the command organization structure rationality in unified air defense, an index system of the command organization structure rationality is put forward, and a measure model of index is also established. Secondly, with the application of grey clustering theory, the evaluation method of unified air defense rationality is discussed, and the calculating steps are presented. Finally, an analysis of the examples of the three typical command organization structures is given, and the result shows that this method is simple and feasible.

Key word: unified air defense; command organization structure; rationality; grey clustering