

# 基于模糊粗糙集与模糊推理的 作战指挥方式决策分析

张 肃<sup>1</sup>, 程启月<sup>2</sup>

(1. 防空兵指挥学院, 河南 郑州 450052; 2. 国防大学, 北京 100091)

**摘 要:**依据指挥权限集中程度,指挥方式可分为集中指挥和分散指挥两种形式。本文探讨了基于模糊粗糙集与模糊推理的指挥方式决策分析新方法。首先,分析了作战指挥方式决策的影响因素,即指挥控制手段和情报保障程度;在此基础上,给出了基于模糊粗糙集的作战指挥方式的一种知识发现方法;然后,通过获取的模糊推理规则,运用多输入多重 Mamdani 模糊推理算法获得量化的指挥方式决策结论;最后,通过在 MATLAB7.0 模糊逻辑工具箱中构建的模糊推理仿真系统进行验证推演,给出了三种类型的指挥方式决策结论,与军事专家的经验决策相符合,该系统可纳入到作战指挥决策支持系统中。

**关键词:**指挥方式;模糊粗糙集;模糊推理;决策分析

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3516.2010.01.019

**中图分类号:** O22;E914 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2010)01-0082-05

依据指挥权限集中程度,指挥方式可分为集中指挥(命令式指挥)和分散指挥(委托式指挥)<sup>[1]</sup>。现代作战行动具有节奏快、作战范围广、对抗激烈等特点,指挥员只有根据不同情况灵活选用这两种方法,才能提高指挥效能,赢得胜利。例如,海湾战争伊拉克防空的失败尽管主要是由于其防空体系整体水平过于落后,但也与其指挥过于集中、采用命令式指挥方式密切相关;相反,科索沃战争中,南联盟防空部队的指挥方式就灵活多样,保障了防空体系作战效能的发挥。本文探讨了基于模糊粗糙集与模糊推理的指挥方式决策分析新方法,得到量化的决策结论,该模型可纳入到作战指挥决策支持系统中。

## 1 作战指挥方式决策的影响因素

指挥方式的本质是对指挥职权控制和运用的程度和方法,即集中指挥与分散指挥的程度。因此,综合运用把握多种指挥方式的核心就是指挥权限的集、散程度,具体的指挥形式由具体条件而定。影响决策的主要因素包括指挥控制手段和情报保障程度。

### 1.1 指挥控制手段

集中指挥对指挥自动化系统的可靠性、互联互通性、稳定性要求很高。指挥控制手段落后的一方在电子对抗中往往处于劣势。当控制手段不能保障实现计划控制或出现随机控制时,上级指挥员只能考虑采用较为宽松的目标控制,即要求采用分散指挥方式,给下级指挥员赋予更多的行动自由权,由其临机决断。这样,手工、半手工指挥的作战行动,就可以避免因采用集中指挥导致信息传递延时,从而失去稍纵即逝的战机。

### 1.2 情报保障程度

如果指挥员对战场情况掌握的比较全面,就能定下正确的决心,制定出切实可行的行动计划,这时就可

\* 收稿日期:2009-07-02

基金项目:国防预研基金资助项目(9140A0604306JB0503)

作者简介:张 肃(1980-),男,河南巩义人,讲师,博士,主要从事决策分析、效能评估与智能信息处理研究;

E-mail:1980zhangsu@163.com

程启月(1958-),女,河南郑州人,教授,博士生导师,主要从事作战指挥决策分析研究。

以采用集中指挥方式;反之,若情报保障不全面、不连续,指挥员对某方面的情况了解得不够充分,则要求采用分散指挥,充分发挥下级指挥员的能动性,发挥各方向、各部队对空侦察力量的作用。

## 2 基于模糊粗糙集的作战指挥方式知识发现方法

基于模糊粗糙集的作战指挥方式知识发现过程,就是从获得的相关原始观察数据中,提取人们感兴趣的知识,即正确的、非平凡的、未知的、有潜在应用价值的知识,通过专家支持系统的咨询(访问),基于模糊粗糙集理论与方法,构建符合作战指挥方式的模糊型决策模型,以获取所需要的模糊推理规则。具体知识发现过程见图 1<sup>[2-4]</sup>:

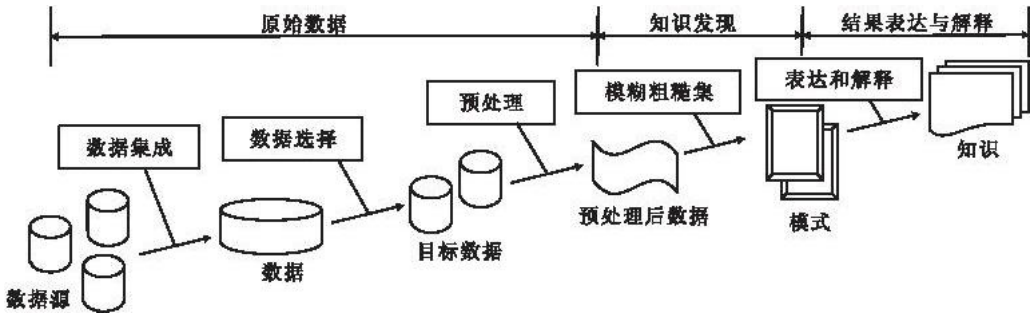


图 1 基于模糊粗糙集的作战指挥方式知识发现过程

Fig. 1 Knowledge discovery process of command style based on the method of fuzzy rough sets

该过程主要包括以下步骤:

### 步骤 1 构建作战指挥方式的连续值型决策表

在广泛征求军事专家意见和参照作战经验数据的基础上,建立专家知识库,并以此构建作战指挥方式连续值型决策表  $(U, A, F, d)$ , 见表 1<sup>[5-8]</sup>。其中:  $U = \{x_1, x_2, \dots, x_{10}\}$  表示不同的战场情况。  $A = \{a_1, a_2\}$  表示取值为连续值的条件属性(含义见第 1 节)。条件属性取值函数为  $F = \{f_l: U \rightarrow [\alpha, \beta]\}$ 。决策属性  $d$  取值函数为  $d: U \rightarrow V_d, V_d = [\alpha', \beta']$ , 定义为指挥方式的集散程度。用  $[0, 4]$  之间的连续值来表达各种数据的取值。

### 步骤 2 将连续值型决策表转化为模糊型决策表

首先,给出分级的模糊变量,将条件属性和决策属性划分成模糊集中对应的分级属性。对于条件属性,将  $[\alpha, \beta]$  划分为 3 个分级的三角形模糊变量,对于决策属性将  $[\alpha', \beta']$  划分为 2 个分级三角形模糊变量,如图 2 所示。

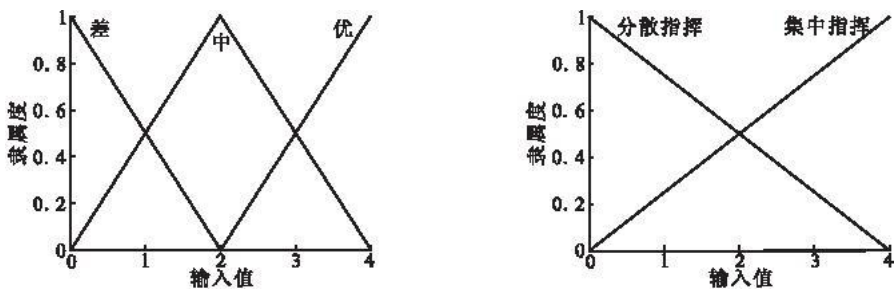


图 2 条件属性和决策属性的分级模糊隶属函数

Fig. 2 Classified fuzzy subjection function of condition attributes and decision attributes

于是,将连续值型决策表  $(U, A, F, d)$  转化为模糊决策表  $(U, A, \tilde{F}, \tilde{D})$ , 见表 2, 其中:

$$\tilde{F} = \{\tilde{A}_{lk_l}: U \rightarrow [0, 1] (l = 1, 2; k_l = 1, 2, 3)\}, \quad \tilde{D} = \{\tilde{D}_j: U \rightarrow [0, 1] (j = 1, 2)\}$$

表 1 连续值型决策表

Tab. 1 Decision table of continuous values

$U$	$a_1$	$a_2$	$d$
$x_1$	3.8	2.1	2.4
$x_2$	3.5	0.2	1.6
$x_3$	2.4	1.2	1.3
$x_4$	0.4	3.6	1.8
$x_5$	1.6	2.8	1.4
$x_6$	4.0	4.0	4.0
$x_7$	1.0	1.8	1.2
$x_8$	3.2	2.6	2.8
$x_9$	1.5	1.8	1.2
$x_{10}$	0.2	0.3	0.4

表2 模糊型决策表

Tab.2 Decision table of fuzzy values

$U$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{23}$	$\tilde{D}_1$	$\tilde{D}_2$
$x_1$	0	0.1	0.9	0	0.95	0.05	0.4	0.6
$x_2$	0	0.25	0.75	0.9	0.1	0	0.6	0.4
$x_3$	0	0.8	0.2	0.4	0.6	0	0.68	0.32
$x_4$	0.8	0.2	0	0	0.2	0.8	0.55	0.45
$x_5$	0.2	0.8	0	0	0.6	0.4	0.65	0.35
$x_6$	0	0	1	0	0	1	0	1
$x_7$	0.5	0.5	0	0.1	0.9	0	0.7	0.3
$x_8$	0	0.4	0.6	0	0.7	0.3	0.3	0.7
$x_9$	0.25	0.75	0	0.1	0.9	0	0.7	0.3
$x_{10}$	0.9	0.1	0	0.85	0.15	0	0.9	0.1

## 步骤3 计算模糊型决策表的包含度

选择包含度计算公式<sup>[9]</sup>,计算各种模糊属性组合在各种模糊决策中的包含度:

$$D\left(\frac{\tilde{D}_j}{\bigcap_{l=1}^2 \tilde{A}_{lk_l}}\right) = \bigvee_{x \in U} \left( \left( \bigcap_{l=1}^2 \tilde{A}_{lk_l} \right) (x) \wedge \tilde{D}_j(x) \right), k_l = 1, 2, 3; j = 1, 2 \quad (1)$$

定义组合属性在决策目标中最大的包含度为:

$$D\left(\frac{\tilde{D}_{j_0}}{\bigcap_{l=1}^2 \tilde{A}_{lk_l}}\right) = \max_{j=1,2} D\left(\frac{\tilde{D}_j}{\bigcap_{l=1}^2 \tilde{A}_{lk_l}}\right) \quad (2)$$

因此可得到表3。

## 步骤4 获取模糊推理规则

如果  $\bigwedge_{l=1,2} (a_l, \tilde{A}_{lk_l})$ , 则决策为  $d = \tilde{D}_{j_0}$ , 可信度为  $D\left(\frac{\tilde{D}_{j_0}}{\bigcap_{l=1}^2 \tilde{A}_{lk_l}}\right)$ , 可以

获得模糊推理规则为:  $R_l(b_1, b_2, y) = (\bigwedge_{l=1,2} \tilde{A}_{lk_l}(b_l)) \wedge \tilde{D}_{j_0}(y)$  式中:  $(b_1, b_2)$  为条件属性  $\{a_1, a_2\}$  的输入变量;  $y$  为输出变量。

于是根据表3,选取决策精度为0.6,可以得到以下决策规则:

Rule1: 若  $a_1 = \tilde{A}_{11}, a_2 = \tilde{A}_{21}$ , 则  $d = \tilde{D}_1$ 。即指挥控制手段为差,情报保障程度为差,应采用分散指挥方式。

Rule2: 若  $a_1 = \tilde{A}_{12}, a_2 = \tilde{A}_{22}$ , 则  $d = \tilde{D}_1$ 。即指挥控制手段为中等,情报保障程度为中等,应采用分散指挥方式。

Rule3: 若  $a_1 = \tilde{A}_{13}, a_2 = \tilde{A}_{21}$ , 则  $d = \tilde{D}_1$ 。即指挥控制手段为优,情报保障程度为差,应采用分散指挥方式。

Rule4: 若  $a_1 = \tilde{A}_{13}, a_2 = \tilde{A}_{22}$ , 则  $d = \tilde{D}_2$ 。即指挥控制手段为优,情报保障程度为中,应采用集中指挥方式。

Rule5: 若  $a_1 = \tilde{A}_{13}, a_2 = \tilde{A}_{23}$ , 则  $d = \tilde{D}_2$ 。即指挥控制手段为优,情报保障程度为优,应采用集中指挥方式。

## 3 基于模糊推理的作战指挥方式决策模型

作战指挥方式的决策过程难以用准确的数学模型来描述,因此可以采用模糊推理方法。模糊推理是根据已知的模糊命题,推出新的模糊命题作为结论,最关键的是模糊推理规则与推理合成规则的确定。这里选用多输入多重 Mamdani 模糊推理算法<sup>[10]</sup>,根据上节得到模糊推理规则,构造推理模型为:

$$D'(y) = \bigvee_{l=1,2} \bigvee_{b_l \in [0,4]} \left[ \left( \bigwedge_{l=1,2} \tilde{A}'_{lk_l}(b_l) \right) \wedge \left( \bigwedge_{l=1,2} \tilde{A}_{lk_l}(b_l) \right) \wedge \tilde{D}_{j_0}(y) \right] \quad (3)$$

由此可以给出基于模糊粗糙集与模糊推理的作战指挥方式决策流程,见图3。

表3 条件属性在各决策属性中的包含度

Tab.3 Inclusion degree of condition attributes in the decision attributes

$U$	$\tilde{D}_1$	$\tilde{D}_2$	$\tilde{D}_{j_0}$
$\tilde{A}_{11} \cap \tilde{A}_{21}$	0.85	0.1	$\tilde{D}_1(0.85)$
$\tilde{A}_{11} \cap \tilde{A}_{22}$	0.5	0.3	$\tilde{D}_1(0.5)$
$\tilde{A}_{11} \cap \tilde{A}_{23}$	0.55	0.45	$\tilde{D}_1(0.55)$
$\tilde{A}_{12} \cap \tilde{A}_{21}$	0.4	0.32	$\tilde{D}_1(0.4)$
$\tilde{A}_{12} \cap \tilde{A}_{22}$	0.7	0.4	$\tilde{D}_1(0.7)$
$\tilde{A}_{12} \cap \tilde{A}_{23}$	0.4	0.35	$\tilde{D}_1(0.4)$
$\tilde{A}_{13} \cap \tilde{A}_{21}$	0.6	0.4	$\tilde{D}_1(0.6)$
$\tilde{A}_{13} \cap \tilde{A}_{22}$	0.4	0.6	$\tilde{D}_2(0.6)$
$\tilde{A}_{13} \cap \tilde{A}_{23}$	0.3	1	$\tilde{D}_2(1)$

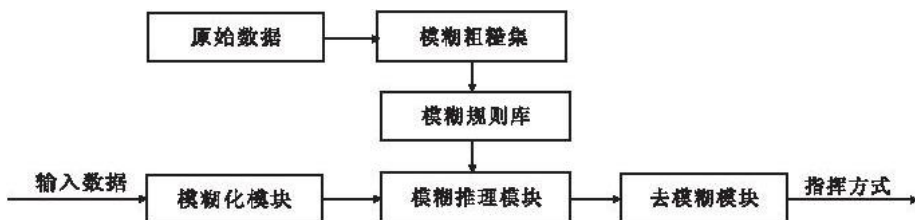


图 3 基于模糊粗糙集与模糊推理的作战指挥方式决策流程

ig. 3 Command style decision making flow based on the fuzzy rough sets and fuzzy reasoning

### 4 仿真实例

通过 MATLAB7.0 的 Fuzzy Logic 工具箱构建模糊推理系统<sup>[11]</sup>,采用重心法进行去模糊化运算,并输入 20 个样本进行仿真推演。结果见图 4,规定当指挥方式的得值大于 2 时,采用集中指挥,反之采用分散指挥。

1) 指挥控制手段不确定,情报保障程度不确定

此时,指挥方式决策分析仿真结论见图 4(a),由于指挥控制手段和情报保障程度的优劣不确定,指挥方式决策的结论也随之相应变化,当指挥控制手段和情报保障程度较好时,应采用集中指挥方式;否则应采用分散指挥的方式。

2) 指挥控制手段较好,情报保障程度不确定

此时,指挥方式决策分析仿真结论见图 4(b)。当情报保障程度为较好时,应采用集中指挥方式;否则应采用分散指挥的方式。

3) 指挥控制手段不确定和情报保障程度较好

此时,指挥方式决策分析仿真结论见图 4(c)。当指挥控制手段较好时,应采用集中指挥方式;否则应采用分散指挥的方式。

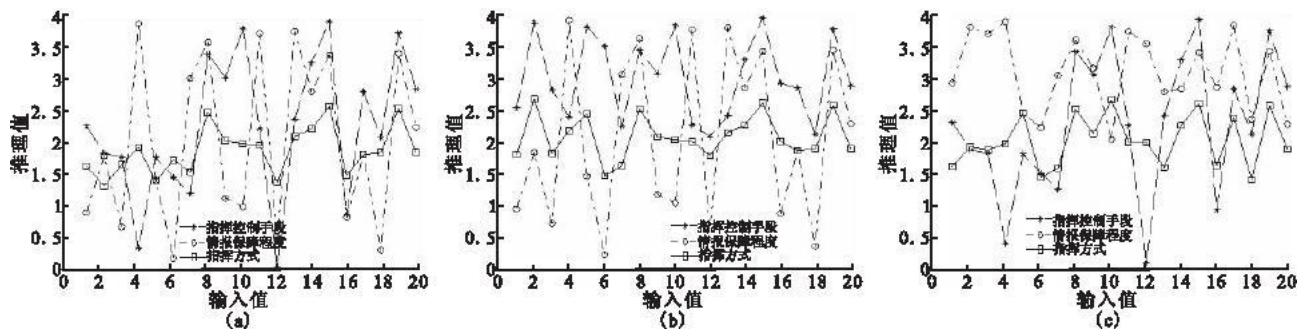


图 4 指挥方式决策曲线图

Fig. 4 Command style decision making graph

### 5 结束语

作战指挥方式的决策分析是一个较为复杂的问题,在以往的研究中多是从定性的角度进行讨论,但是作战指挥辅助支持决策系统需要有量化形式的指挥方式决策模型,为指挥员提供较为精确化的决策支持。本文基于模糊粗糙集与模糊推理的方法对此问题进行了初步的研究,所得结论与军事专家的经验决策结论相符合。隶属函数的形状、模糊推理规则的确定和去模糊化的方法等对推理结论有较大的影响,下一步将对这些问题进行深入研究。

#### 参考文献:

[1] 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. Military Command Decision Making Operational Research [M]. Beijing: Military Science Press, 2004. (in Chinese)

- [2] 许兆新,周双娥,郝燕玲. 决策支持系统相关技术综述[J]. 计算机应用研究,2001, 18(2): 35-39.  
XU Zhaoxin, ZHOU Shuang'e, HAO Yanling. Survey on Related Technology of Decision Support System [J]. Computer Application Study, 2001, 18(2): 35-39. (in Chinese)
- [3] Qiu G F, Li H Z. An Information Aggregation Method of Fuzzy Preference Relation Models [J]. Chinese Journal of Engineering Mathematics, 2003, 20(4): 72-76.
- [4] Pawlak Z. Rough Sets - theoretical Aspects of Reasoning about Data[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [5] Liang Jiye. A New Method for Measuring Uncertainty and Fuzziness in Rough Set Theory [J]. International Journal of General Systems, 2002, 31(4): 331-342.
- [6] Sarkar M. Rough - fuzzy in Classification[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2002, 132(3): 353-369.
- [7] Greco S, Matarazzo B, Slowinski R. Extension of the Rough Set Approach to Multicriteria Decision Support[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 38(3): 161-195.
- [8] Greco S, Matarazzo B, Slowinski R. Rough Set Theory for Multicriteria Decision Analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 129(1): 1-47.
- [9] 张文修,仇国芳. 基于粗糙集的不确定决策[M]. 北京:清华大学出版社,2005.  
ZHANG Wenxiu, QIU Guofang. Uncertain Decision Making Based on Rough Sets [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. (in Chinese)
- [10] 李凡. 人工智能中的不确定性[M]. 北京:气象出版社,1992.  
LI Fan. Uncertain in Artificial Intelligence [M]. Beijing: Weather Press, 1992. (in Chinese)
- [11] 楼顺天,胡昌华,张伟. 基于 MATLAB 的系统分析与设计 - 模糊系统[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.  
LOU Shuntian, HU Changhua, ZHANG Wei. System Analysis and Design Based on Matlab - fuzzy System [M]. Xi'an: Xidian University Press,2001. (in Chinese)

(编辑:徐敏)

## Command Style Decision Making Analysis Method Based on the Fuzzy Rough Sets and Fuzzy Reasoning

ZHANG Su<sup>1</sup>, CHENG Qi - yue<sup>2</sup>

(1. Air Defence Forces Command Academy, Zhengzhou 450052, China; 2. National Defense University, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Command style can be divided into concentrating command and dispersing command based on the concentrating degree of command power. This paper explores a new method of command style decision making analysis based on the fuzzy rough sets and fuzzy reasoning. Firstly, the factors, including command and control measures and information guarantee level, that have an effect on the command style are analyzed. The knowledge discovery method of the command style is studied and given based on the theory of fuzzy rough sets. Then, by means of the obtained fuzzy reasoning rules, the quantity decision making conclusion of command style can be obtained by the Mamdani fuzzy reasoning algorithm with multiple inputs and rules. Finally, a reasoning system based on the fuzzy logic tool box of matlab7.0 is established. Through deducing by this system, three kinds of simulation conclusions that are accordant with the subjective judgments of military experts are obtained. This simulation system can be brought into the operation decision making support system.

**Key words:** command style; fuzzy rough sets; fuzzy reasoning; decision making analysis