

doi: 10.7690/bgzdh.2016.03.017

## 基于云理论的登陆方向评估模型

汪德飞, 贾子英, 叶春霖  
(海军陆战学院陆战队系, 广州 510430)

**摘要:** 登陆方向的选择直接影响登陆作战的成败。在建立登陆方向评估指标体系的基础上, 提出基于云理论的登陆方向评估方法。通过构建二级指标云模型以及综合云、浮动云等虚拟云的计算, 实现对登陆方向的评估, 并进行仿真分析。结果表明: 该方法评估结果真实细腻, 能得到一种定量评估比较登陆方向的方法, 可以了解更具体的评价信息。

**关键词:** 云理论; 登陆方向; 虚拟云; 评估

**中图分类号:** TP391.9 **文献标志码:** A

## Evaluation of Landing Direction Based on Cloud Theory

Wang Defei, Jia Ziying, Ye Chunyi  
(Department of Naval Marin, Naval Marine Academy, Guangzhou 510430, China)

**Abstract:** Optimization to land direction may make influence on landing operation success. On the basis of establishing land direction evaluation index system, the evaluation method of land direction based on cloud theory is put forward. Through cloud model token of each index, virtualized cloud calculation, the evaluation was achieved and the simulation analysis was carried. The simulation example shows that the result is real and accurate, it can compared one land direction with the other one, and offer more detailed and practical information.

**Keywords:** cloud theory; landing direction; virtualized cloud; evaluation

### 0 引言

登陆方向指登陆作战中登陆兵在实施突击上陆的主要行动方向。选择登陆方向是登陆作战筹划的关键内容, 受多种因素影响。登陆方向评估属于多属性决策问题, 基本的研究思路是建立评价指标体系, 利用 AHP、模糊综合评估和灰色关联分析等方法<sup>[1-3]</sup>, 对备选的登陆方向进行评价, 并从中选出最佳的登陆方向。

信息化条件下登陆作战环境复杂、战场态势多变, 使得评价指标的决定性具有随机性, 表现为指标评价对评价结果的隶属度不稳定。同时, 很多指标值难以定量地精确描述, 用定性的语言评价更有实际意义。传统的方法可解决模糊性问题, 但难以有效地处理随机性问题。云理论能够科学地解决评价指标随机性问题, 并合理地刻画定性指标<sup>[4-5]</sup>, 是评估登陆方向的有效方法。基于此, 笔者提出基于云理论的登陆方向评估方法。

### 1 登陆方向的评价指标体系及其权重

根据登陆作战的战术原则和确定登陆方向的主要因素, 结合多属性决策指标体系构建的目的性、全面性和独立性原则, 构建登陆方向评估指标体系<sup>[6]</sup>。利用 AHP 的方法, 根据模拟训练数据和专家

经验, 得到各指标的权重如表 1 所示。

表 1 评估指标及其权重

一级指标	权重	二级指标	权重
上级企图 A	0.72	与上级主攻方向一致 A <sub>1</sub>	0.76
		靠近上级主攻轴线 A <sub>2</sub>	0.11
		满足任务纵深情况 A <sub>3</sub>	0.13
地形要素 B	0.13	展开条件 B <sub>1</sub>	0.41
		机动条件 B <sub>2</sub>	0.08
		隐蔽遮蔽条件 B <sub>3</sub>	0.06
		观察条件 B <sub>4</sub>	0.15
		射击条件 B <sub>5</sub>	0.06
		适于发挥战斗力 B <sub>6</sub>	0.09
		控制任务地域条件 B <sub>7</sub>	0.05
敌情 C	0.15	指向敌防御关键部位 C <sub>1</sub>	0.55
		指向敌防御薄弱部位 C <sub>2</sub>	0.21
		靠近敌要害目标 C <sub>3</sub>	0.24

由表 1 可知: 受战场环境等因素的影响, 登陆方向各评估指标有一定的模糊性和随机性, 一般采用自然语言定性描述。

### 2 云理论评价方法

云理论评价方法采用语言值表示某个定性概念与定量之间不确定性转换模型<sup>[5]</sup>, 把模糊性和随机性集成起来, 构成定性和定量相互间的映射, 为定性与定量相结合的评估分析提供了有效手段。

#### 2.1 云概念的再认识

设  $U$  是一个精确数值表的论域,  $C$  是  $U$  上的定

收稿日期: 2015-11-26; 修回日期: 2015-12-29

作者简介: 汪德飞(1969—), 男, 安徽人, 副教授, 从事海军陆战队战术研究。

性概念，若定量值  $x \in U$ ，且  $x$  是定性概念  $C$  的一次随机实现， $x$  对  $C$  的确定度  $\mu(x) \in [0,1]$  是一个有稳定倾向的随机数，则  $x$  在论域  $U$  上的分布称为云模型。云的数字特征反映了定性概念的定量特征，用期望  $E_x$ 、熵  $E_n$  和超熵  $H_e$  来表征，其中  $H_e$  由熵  $E_x$  的随机性和模糊性共同决定。

云的生成算法称为云发生器。云发生器有多种，如正向云发生器、 $X$  条件云发生器、 $Y$  条件云发生器和逆向云发生器等。具体算法见文献[5,7]。

虚拟云<sup>[7]</sup>指为了某种应用(如综合评估)，将给定云(基云)的数字特征进行某种运算，得到新的数字特征所构造的云，所表达的语言值称为虚拟语言值。如果从低概念层次到高概念层次迭代应用虚拟云构建方法，可得到语言变量的概念层次结构。虚拟云主要有浮动云、综合云、分解云和几何云等形式。其中：浮动云用于将多个相互独立语言值综合为一个更为广义的语言值；综合云用于将多个相互关联的语言值综合为一个更为广义的语言值。

利用云理论进行登陆方向评估，其基本步骤可以概括为：

- 1) 确定评估指标体系及各指标权重；
- 2) 根据专家经验，确定二级指标评价语言值；
- 3) 根据二级指标特点构建相应的云发生器，将各指标的评价语言值用云模型表示；
- 4) 根据二级指标的相互关系，构建相应的虚拟云，得到一级指标评价的云模型；
- 5) 根据一级指标的相互关系，构建相应的虚拟云，得到登陆方向评价的云模型；
- 6) 利用云发生器，对登陆方向评价的云模型进行模拟仿真，得到评估结果。

## 2.2 二级指标云模型

指标体系中每一个二级指标都可以通过某种方法得到其评价结果的云模型，并用云模型的数字特征( $E_x, E_n, H_e$ )进行表示。登陆方向指标体系中的各二级指标均为语言型指标。自然和社会科学中大量模糊概念隶属云的期望曲线近似服从正态或半正态分布<sup>[8]</sup>，由此，认为登陆方向评估指标的评价语言服从正态分布。

假定评价语言从表2制定的10个等级中选取<sup>[9]</sup>，其相应评价语言值对应的分值区间为 $[a, b]$ 。根据正态正向云生成算法，得到二级指标评价语言值的云

模型数字特征为

$$\left. \begin{aligned} E_x'' &= (a+b)/2 \\ E_n'' &= (b-a)/6 \\ H_e'' &= k \end{aligned} \right\} \circ \quad (1)$$

其中  $k$  为常数，表示指标不确定性和评价语言的模糊程度，即专家对“好”、“较好”等评价语认识上的差异性。一般取  $k=0.01$ <sup>[10]</sup>。

表2 评价等级的评语值区间

评语值	非常差	很差	较差	差	一般
分值区间	[0,0.15)	[0.15,0.25)	[0.25,0.35)	[0.35,0.45)	[0.45,0.55)
评语值	好	较好	很好	非常好	极好
分值区间	[0.55,0.65)	[0.65,0.75)	[0.75,0.85)	[0.85,0.95)	[0.95,1.0)

## 2.3 二级指标综合云计算

对二级指标的云计算，其实质是将二级指标聚合到一级指标，得到一级指标的云模型。考虑到一级指标下的各二级指标有一定相关性，如隐蔽遮蔽条件  $B_3$  和观察条件  $B_4$  是相关的指标，采用虚拟云中综合云的算法，得到一级指标云模型的数字特征：

$$E'_x = \frac{\sum_{i=1}^m E_{xi}'' E_{ni}'' w_i''}{\sum_{i=1}^m E_{ni}'' w_i''}; \quad (2)$$

$$E'_n = \sum_{i=1}^m E_{ni}'' w_i''; \quad (3)$$

$$H'_e = \frac{\sum_{i=1}^m H_{ei}'' E_{ni}'' w_i''}{\sum_{i=1}^m E_{ni}'' w_i''}. \quad (4)$$

式中： $m$  为二级指标的数量； $E_{xi}''$ 、 $E_{ni}''$ 、 $H_{ei}''$  分别为第  $i$  个二级指标云模型的期望、熵和超熵； $w_i''$  为第  $i$  个二级指标的权重。

## 2.4 一级指标浮动云计算

对二级指标进行虚拟云计算，得到了一级指标的云模型。对一级指标进行云计算，将多个一级指标云模型综合为更广义的云，即登陆方向评价的云模型。考虑到一级指标之间相对独立，采用虚拟云中浮动云的算法进行计算，公式如下：

$$E_x = \sum_{i=1}^n E_{xi}' w_i'; \quad (5)$$

$$E_n = \sum_{i=1}^n \frac{E_{ni}' w_i'^2}{\sum_{i=1}^n w_i'^2}; \quad (6)$$

$$H_e = \sum_{i=1}^n \frac{H'_{ei} W_i^2}{\sum_{i=1}^n W_i^2} \quad (7)$$

式中： $n$  为一级指标的数量； $E'_{xi}$ 、 $E'_{ni}$ 、 $H'_{ei}$  分别为第  $i$  个一级指标云模型的期望、熵和超熵； $w'_i$  为第  $i$  个一级指标的权重。

### 3 仿真分析

假定某登陆作战中，指挥员确定了 2 个登陆方向，分别为方案 1、方案 2。结合专家经验对各方案进行语言评价，根据式 (1) 计算得到各二级指标评价语言值云模型的数字特征，如表 3 所示。

表 3 各方案的二级指标云模型参数

指标	方案 1	方案 2
$A_1$	(0.8, 0.17, 0.01)	(0.8, 0.17, 0.01)
$A_2$	(0.7, 0.17, 0.01)	(0.7, 0.17, 0.01)
$A_3$	(0.6, 0.17, 0.01)	(0.9, 0.17, 0.01)
$B_1$	(0.8, 0.17, 0.01)	(0.7, 0.17, 0.01)
$B_2$	(0.7, 0.17, 0.01)	(0.6, 0.17, 0.01)
$B_3$	(0.9, 0.17, 0.01)	(0.5, 0.17, 0.01)
$B_4$	(0.5, 0.17, 0.01)	(0.9, 0.17, 0.01)
$B_5$	(0.7, 0.17, 0.01)	(0.975, 0.083, 0.01)
$B_6$	(0.8, 0.17, 0.01)	(0.7, 0.17, 0.01)
$B_7$	(0.975, 0.083, 0.01)	(0.8, 0.17, 0.01)
$C_1$	(0.8, 0.17, 0.01)	(0.9, 0.17, 0.01)
$C_2$	(0.7, 0.17, 0.01)	(0.8, 0.17, 0.01)
$C_3$	(0.9, 0.17, 0.01)	(0.7, 0.17, 0.01)

依据式 (2)~式 (4)，计算得到一级指标云模型，如表 4 所示。

表 4 各方案的一级指标云模型参数

指标	方案 1	方案 2
$A$	(0.763, 0.17, 0.01)	(0.802, 0.17, 0.01)
$B$	(0.670, 0.166, 0.01)	(0.651, 0.165, 0.01)
$C$	(0.803, 0.17, 0.01)	(0.831, 0.17, 0.01)

再利用浮动云算法对表 4 中的指标进行虚拟云计算，得到各方案的评价结果云模型分别为(0.701, 0.178, 0.01)和(0.697, 0.176, 0.01)。由计算结果可知：方案 1 和方案 2 的数据范围主要落在“较好”区间，且期望值分别为 0.701 和 0.697；因此，这 2 种方案的评价结果均为较好，但方案 1 略好于方案 2。

根据上文确定的评级等级和专家评判结果，利用文献[2]中的模糊综合评判方法对方案 1 和方案 2 进行评估。根据最大隶属度原则，评估结果均为“较好”，方案 1 和方案 2 的隶属度分别为 0.690 0 和 0.665 5，与文中的评估结果一致。体现了基于云理论的登陆方向评估模型的有效性。利用正向云发生器<sup>[5]</sup>，对 2 个方案的评价结果云模型各进行 500 次正态随机模拟计算，得到云滴分布如表 5 所示。

由表 5 可知：与方案 2 相比，方案 1 的云滴分

布更为分散，不仅落在“很好”“非常好”以及“极好”区间的云滴较多，落在“差”“一般”区间的云滴也较多。这说明虽然方案 1 略好于方案 2，但方案 1 的风险更大。与模糊综合评判方法相比，仿真结果更为具体，能直观地反映方案在各评级等级的分布，能够体现方案的细微差别。

表 5 云滴分布

评价等级	方案 1	方案 2	评价等级	方案 1	方案 2
非常差	0	0	好	124	88
很差	0	0	较好	252	262
较差	0	0	很好	144	96
差	6	0	非常好	56	34
一般	14	18	极好	4	2

### 4 结束语

文中建立的基于云理论的登陆方向评估模型，体现了语言评价值的模糊性和随机性以及各指标间的相关性和独立性，评估过程科学有效，评估结果真实细腻。通过仿真分析获得了登陆方向在各评价等级的云滴分布，可以了解更具体的评价信息，进而全面地区分不同方案的优劣。但在模型建立过程中，对超熵  $H_e$  等参数的研究还不够深入，如何更加科学地确定这些参数是需进一步研究的问题。

### 参考文献：

- [1] 董尤心, 张杰, 唐宏, 等. 效能评估方法研究[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 112-126.
- [2] 路建伟, 杜建新, 夏一. 基于模糊综合评判法的敌空袭主攻方向预测研究[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(1): 54-58.
- [3] 王先甲, 张熠. 基于 AHP 和 DEA 的非均一化灰色关联方法[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(7): 1222-1229.
- [4] 王放, 李彦鹏, 黎湘. 一种基于正向云的自动目标识别效果评估方法[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(7): 1673-1676.
- [5] 杜湘瑜, 尹全军, 黄柯棣, 等. 基于云模型的定性定量转换方法及其应用[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(4): 772-776.
- [6] 万鹏, 刘子佩. 基于云重心理论的装甲团主攻方向优选[J]. 指挥控制与仿真, 2011, 33(5): 46-49.
- [7] 徐克虎, 孟强, 李科. 基于云理论的坦克分队进攻队形综合评价[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(10): 37-41.
- [8] 李德毅, 孟海军, 史雪梅. 隶属云和隶属云发生器[J]. 计算机研究与发展, 1995, 32(6): 15-20.
- [9] 李鹏飞, 汪民乐, 王正元, 等. 基于云理论的导弹作战中体系生存能力评估[J]. 现代防御技术, 2012, 40(3): 36-41.
- [10] 李德毅, 杜鹄. 不确定性人工智能[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 78-79.