

基于对抗解释结构模型的军事训练方法可推广性评价模型

倪标 黄伟

(火箭军指挥学院, 湖北 武汉 430012)

摘要: 训练方法可推广性评价是军事领域的重要问题, 对于提高军事训练实战化水平具有重要意义。结合部队训练实践, 基于对抗解释结构模型(AISM)进行建模, 通过一组对抗性的有向拓扑层级图进行客观评价, 得出帕累托最优集。该模型解决了传统训练方法评价中主要依赖经验决策、缺少理论与方法支撑的问题, 能够为部队推广运用好的训练方法提供定量化辅助决策。实例分析表明, 该模型充分体现和反映人的思维过程, 具有结构清晰、计算简便、结论直观、易于理解、可信度高等特点, 可以在类似的战法训法成果评价和推广中广泛运用。

关键词: 训练方法评价; 对抗解释结构模型; 有向拓扑层级图; 帕累托最优

The Evaluation Model of Military Training Method Based on Adversarial Interpretive Structure Modeling Method

NI Biao HUANG Wei

Abstract: The evaluation of training method is an important issue in the military field, which is of great significance to improve the level of military training. Combined with the military training practice, the model is built based on AISM, and the Pareto optimal set is obtained by objective evaluation of a set of antagonistic directed topological hierarchy. This model solves the problem that the evaluation of traditional training method mainly depends on experience decision-making and lacks the support of theory and method. It can provide quantitative assistant decision-making for the promotion and application of good training method. The case analysis shows that the model fully reflects the thinking process of human beings, has the characteristics of clear structure, simple calculation, intuitive conclusion, easy understanding, high credibility, and can be widely used in the evaluation and promotion of similar training results.

Keywords: evaluation of training method; adversarial interpretive structure modeling method; Hasse Diagram Technology; Pareto optimality

1 引言

从军事训练实践中总结归纳并转化运用好的训练方法, 是促进军事训练水平整体提高的重要方式。传统上, 部队发现某种训练方法的优点后, 通常是先组织试点, 评价其是否具备推广价值, 再根据评价结果视情推广。目前对于训练方法试点后取得什么样的效果才值得在更大范围推广, 相关研究还比较少, 韩曜权^[1]提出了一种利用主成分分析与层次聚类算法的军事训练数据分析方

作者简介: 倪标(1980—), 男, 博士研究生, 主要研究方向为作战评估; 黄伟(1964—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为作战指挥。

法,牛彦杰^[2]构建了军地联动应急指挥训练过程中的协同度量评估模型,王睿^[3]运用专家可信度主客观评价技术提出一种基于专家可信度与区间值集结的军事训练效果定性指标量化方法,这些只涉及训练的某个方面。在部队实践中,训练方法可推广性评价主要取决于组织者基于经验的主观判断,缺少理论与方法支撑,易导致不合理的决策。为此,本文基于对抗解释结构模型(Adversarial Interpretive Structure Modeling Method,简称AISM)建立军事训练方法可推广性评价模型。

解释结构模型(ISM),亦称解析结构模型,是系统工程中常用的结构建模方法,在社会经济系统中应用广泛。^[4]黄炜^[5]提出了多种改进的ISM方法,其在博弈解释结构模型(Game Interpretive Structure Modeling Method,简称GISM)中引入了博弈论中的博弈对抗思想。谢希霖^[6]指出拓扑层级图(亦称哈斯图技术)是ISM的一个子集。拓扑层级图在综合评价中有着诸多运用。布吕格曼(Bruggemann)^[7,8]在其两本著作中系统介绍了拓扑层级图的原理,并给出了大量的运用实例。岳立柱^[9]等采用了拓扑层级图与TOPSIS相结合的方法,并给出了具体的计算过程与运用实例^[10,11]。彭琪^[12]在样本中加入了虚拟的基于客观标准的样本,然后运用拓扑层级图解决和实现了样本等级划分的精细化。从拓扑层级图及其在相关领域评价应用情况看,其同样适合解决军事训练方法可推广性评价问题。

2 基于AISM的军事训练方法可推广性评价过程建模

部队实践中,军事训练方法可推广性评价的基本流程是“组织试点→获取数据→分析数据→得出结论”。基于AISM的军事训练方法可推广性评价过程模型与ISM模型类似,主要是融入基于博弈对抗(Adversarial)思想,其核心是在ISM结果优先的层级抽取规则的基础上,加入与之对立的原因优先的层级抽取规则,从而建立一组对抗的层级拓扑图^[5]。相较于文字、表格、数学符号等方式,AISM在结果呈现上非常直观且清晰,它把评价对象(训练方法试点结果或效果)看成一个结点,将存在优劣关系的结点用有向线段标识,AISM最终以有向拓扑层级图的方式呈现结点间的优劣关系,进而很容易得出评价对象的优劣。习惯上把越优的结点放置于上面的层级,越劣的结点放置在越下的层级,最终按照层级的高低给出各个结点的排序,最上层的结点为帕累托最优集,最下层的为最劣集。层级从下至上形成由劣到优的帕累托系列。经典的ISM方法求解层级过程是采用从优到劣的方式求解,即先从帕累托最优到帕累托最劣的方式求解,从层级图上看,就是从上至下放置层级要素;而本文引入了与之对立的方法,即从下层开始放置要素的方式。这两种层级抽取的方式,得到的帕累托全系列可能并不一致。因此,本文把这两种对立的求解过程称为对抗解释结构模型方法(AISM),据此构建的基本过程模型如下所示:

$$O \xrightarrow{\text{加入客观标准样本}} D \xrightarrow{\text{偏序规则}} A \xrightarrow{\text{缩边}} S \xrightarrow{\text{对立的层级抽取规则}} \{UP|DOWN\} \xrightarrow{\text{最上层要素交集}} \text{帕累托最优集}$$

O为由训练方法试点结果或效果数据构成的原始矩阵;D为加入客观标准样本后的决策矩阵;A为布尔型的关系矩阵;S为骨架矩阵;UP型拓扑层级图与DOWN型拓扑层级图为一组对抗型层级图。

3 基于AISM的军事训练方法可推广性评价模型求解

考虑到军事训练方法可推广性评价具有以下特点:一是只需考虑样本均值、标准误差两个数据,就可判断试点训练效果,所以对应的原始数据矩阵只有两个维度;二是原始数据均为负向指标,数值越大越差、越小越好;三是量纲一致,可以直接比较,不需对原始数据求归一化矩阵;四是具有客观的评价标准,不需从数据矩阵中求出正负理想点。因此,运用AISM进行评价时,只需将基于样本数据求得的客观标准加入,构成决策矩阵D,然后直接计算并画出基于偏序的有向拓扑层级图。其主要求解步骤包括:

3.1 根据偏序规则计算关系矩阵

对于决策矩阵 D 中的任意两行 (x, y) 有 $d_{x1} \geq d_{y1}$ 且 $d_{x2} \geq d_{y2}, \dots$ 且 $d_{xn} \geq d_{yn}$, 记作: $PS_{(x \rightarrow y)}$ 。

由于此处的维度都属于负向指标, 即数值越低, 表示越优, 因此 $PS_{(x \rightarrow y)}$ 的意义为 y 评价对象优于 x 评价对象。

关系矩阵 A , 记作 $[a]_{m \times m}$, 其中:

$$a_{xy} = \begin{cases} 1, & \text{当 } PS_{(x \rightarrow y)} \\ 0, & \text{当 } x \text{ 与 } y \text{ 无完全优劣关系与 } x \text{ 优于 } y \end{cases} \quad (1)$$

3.2 关系矩阵到骨架矩阵的运算

关系矩阵 A , 即为可达矩阵。

对于任意的布尔方阵即关系矩阵 A , 其可达矩阵的计算方法如下:

$$B = A + I \quad (2)$$

其中 B 为相乘矩阵, I 为单位矩阵, 即只有对角线为 1 的布尔方阵。对 B 进行连乘:

$$B^{k-1} \neq B^k = B^{k+1} = R \quad (3)$$

其中 R 称之为可达矩阵, 容易证得 $A=R$ 。

由于该关系不存在回路, 其骨架矩阵的求法如下:

$$S = HS = R - (R - I)^2 - I \quad (4)$$

其中 A 为原始矩阵, I 为单位矩阵, R 为可达矩阵, S 为骨架矩阵, HS 为哈斯矩阵。

3.3 有向拓扑层级图的计算与绘制

对于布尔方阵, 有可达集合 R , 先行集合 Q , 共同集合 T , 其中 $T = R \cap Q$ 。以关系矩阵 A 为例, 对于其要素 e_i :

e_i 的可达集合记作 $R(e_i)$, 即要素对应行值为 1 的所有要素。

e_i 的先行集合记作 $Q(e_i)$, 即要素对应列值为 1 的所有要素。

e_i 的共同集合记作 $T(e_i)$, 即 $R(e_i) \cap Q(e_i)$ 。

(1) UP 型

UP 型层级图, 即结果优先的层级划分, 其抽取规则为: $T(e_i) = R(e_i)$ 。

对于无回路的有向图(DAG), 可以用矩阵 $S + I$ 进行操作, 即骨架矩阵中主对角线全部填充 1。只要可达集与共同集相同, 就抽取出来相关要素。每次抽取出来的要素放置在上方, 依次按照由上往下的顺序放置抽取出的要素。

(2) DOWN 型

DOWN 型层级图, 即原因优先的层级划分, 其抽取规则为: $T(e_i) = Q(e_i)$ 。

每次抽取出来的要素放置在下方, 依次按照由下往上的顺序放置抽取出的要素。

UP 型和 DOWN 型属于一组对立型的画法, 关系矩阵中的要素即为评价对象, 评价对象之间的优劣(好坏, 高低)通过有向线段表示, 越优的评价对象置于最上层, 因此最上层的评价对象即为帕累托最优。

4 实例分析

4.1 想定描述

某旅在上级组织的某型装备实装操作群众性练兵比武中，操作号手以平均用时 4000 毫秒（经统计和计算，该旅号手平均用时的标准误差为 50 毫秒）的成绩一举夺得团体第一。上级调研后发现，该旅在实装操作训练中采取了新的训练方法（以下简称“新训法”），大幅缩短了操作用时，提高了作战反应速度。为在更大范围内发挥新训法的效益，上级决定先在 5 个旅组织试点，再视情决定是否全面推广。统筹考虑后，上级机关在 5 个旅各随机确定 9 名操作号手参加新训法试训。完成一个周期试训后组织实装操作考核，获得的实装操作用时如表 1 所示。上级需要根据这些试训数据决策在哪些旅推广运用新训法。

表 1 试训操作号手实装操作用时记录表（单位：毫秒）

旅	号手 1	号手 2	号手 3	号手 4	号手 5	号手 6	号手 7	号手 8	号手 9
A1	3985	4015	3970	4025	3980	3965	4020	4010	4010
A2	4005	3950	3990	3965	3955	4000	3985	4030	4050
A3	3935	3915	3995	3980	3930	3970	4080	3910	4020
A4	4110	3920	4185	4090	4085	4190	3930	3900	4090
A5	4050	3980	3950	3980	4015	4020	3995	3960	3990

经计算，5 个旅各 9 名操作号手实装操作平均用时（样本均值）、标准误差 SE 如表 2 所示。

表 2 实装操作平均用时计算表（单位：毫秒）

旅	样本均值	标准误差
A1	3998	21
A2	3992	32
A3	3971	52
A4	4056	105
A5	3993	29

4.2 求解过程

显然，某旅操作号手在实装操作群众性练兵比武中取得的成绩 4000 毫秒（标准误差 50 毫秒）就是上级期望达到的试点效果，也就是新训法可推广性评价的标准为 $X=4000$ 毫秒，标准误差 $SE=50$ 毫秒，即 $S = \{4000, 50\}$ 。同时，为便于区分，评价人员决定另外构造 2 个辅助评价标准 $S+ = \{4000, 55\}$ 、 $S- = \{4000, 45\}$ ，结合表 2 可得原始矩阵如表 3 所示。

表 3 原始矩阵 $M_{8 \times 2}$ 数据

$M_{8 \times 2}$	样本均值	标准误差
A1	3998	21
A2	3992	32
A3	3971	52
A4	4056	105
A5	3993	29
S-	4000	45
S	4000	50
S+	4000	55

4.2.1 计算关系矩阵

由于评价标准取值越小越好，对于原始矩阵 $M_{8 \times 2}$ ，按照公式（3）算出关系矩阵：

		A1	A2	A3	A4	A5	S-	S	S+
M=	A1	-	0	0	0	0	0	0	0
	A2	0	-	0	0	0	0	0	0
	A3	0	0	-	0	0	0	0	0
	A4	1	1	1	-	1	1	1	1
	A5	0	0	0	0	-	0	0	0
	S-	1	1	0	0	1	-	0	0
	S	1	1	0	0	1	1	-	0
	S+	1	1	1	0	1	1	1	-

4.2.2 计算骨架矩阵

按照公式 (2)、(3)、(4)，由关系矩阵算出骨架矩阵：

		A1	A2	A3	A4	A5	S-	S	S+
S=	A1	0	0	0	0	0	0	0	0
	A2	0	0	0	0	0	0	0	0
	A3	0	0	0	0	0	0	0	0
	A4	0	0	0	0	0	0	0	1
	A5	0	0	0	0	0	0	0	0
	S-	1	1	0	0	1	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	1	0	0
	S+	0	0	1	0	0	0	1	0

4.2.3 计算与绘制对抗型有向拓扑层级图

根据 S+I 进行层级抽取，其过程如下：

结果优先抽取，即帕累托最优开始				原因优先抽取，即帕累托最劣开始			
	R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)		R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)
A1	A1	A1,S-	A1	A1	A1	A1,S-	A1
A2	A2	A2,S-	A2	A2	A2	A2,S-	A2
A3	A3	A3,S+	A3	A3	A3	A3,S+	A3
A4	A4,S+	A4	A4	A4	A4,S+	A4	A4
A5	A5	A5,S-	A5	A5	A5	A5,S-	A5
S-	A1,A2,A5,S-	S-,S	S-	S-	A1,A2,A5,S-	S-,S	S-
S	S-,S	S+,S	S	S	S-,S	S+,S	S
S+	A3,S,S+	A4,S+	S+	S+	A3,S,S+	A4,S+	S+
抽取 A1、A2、A3、A5 置于最顶层为帕累托最优				抽取 A4 置于最底层为帕累托最劣			

	R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)		R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)
A4	A4,S+	A4	A4	A1	A1	A1,S-	A1
S-	S-	S-,S	S-	A2	A2	A2,S-	A2
S	S-,S	S+,S	S	A3	A3	A3,S+	A3
S+	S,S+	A4,S+	S+	A5	A5	A5,S-	A5
				S-	A1,A2,A5,S-	S-,S	S-
				S	S-,S	S+,S	S
				S+	A3,S,S+	S+	S+
抽取出 S-				抽取出 S+			
	R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)		R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)
A4	A4,S+	A4	A4	A1	A1	A1,S-	A1
S	S	S+,S	S	A2	A2	A2,S-	A2
S+	S,S+	A4,S+	S+	A3	A3	A3	A3
				A5	A5	A5,S-	A5
				S-	A1,A2,A5,S-	S-,S	S-
				S	S-,S	S	S
抽取 S				抽取 A3,S			
	R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)		R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)
A4	A4,S+	A4	A4	A1	A1	A1,S-	A1
S+	S+	A4,S+	S+	A2	A2	A2,S-	A2
				A5	A5	A5,S-	A5
				S-	A1,A2,A5,S-	S-	S-
抽取 S+				抽取 S-			
	R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)		R(e _i)	Q(e _i)	T(e _i)
A4	A4	A4	A4	A1	A1	A1	A1
				A2	A2	A2	A2
				A5	A5	A5	A5
抽取 A4				抽取 A1、A2、A5			

根据以上求解出的层级，并代入骨架矩阵，绘制出图 1、图 2 所示两组有向拓扑层级图。

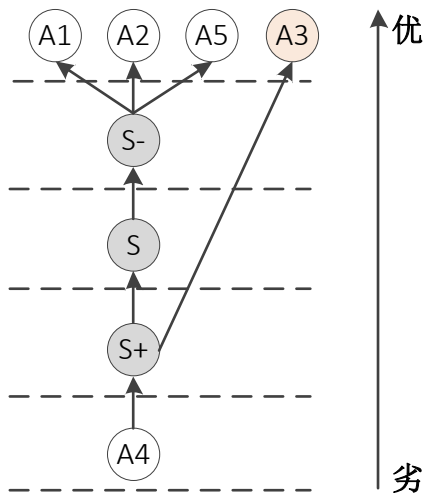


图 1 UP 型有向拓扑层级图

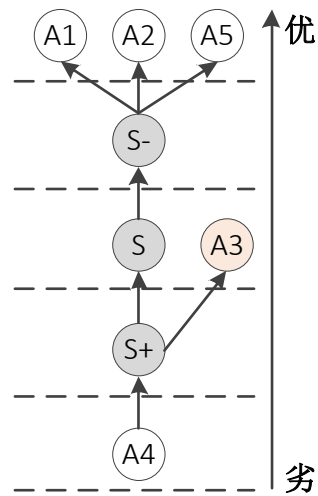


图 2 DOWN 型有向拓扑层级图

由图 1、图 2 可以明显看出，其最上层的集合分别为 $\{A1, A2, A3, A5\}$ 、 $\{A1, A2, A5\}$ 。故帕累托最优集为： $\{A1, A2, A3, A5\} \cap \{A1, A2, A5\} = \{A1, A2, A5\}$ 。

如果上述计算过程中不加入客观评价标准 S-、S、S+，则根据 $\{A1, A2, A3, A4, A5\}$ 关系矩阵逐步计算（计算过程略），可画出图 3、图 4 所示两组有向拓扑层级图。

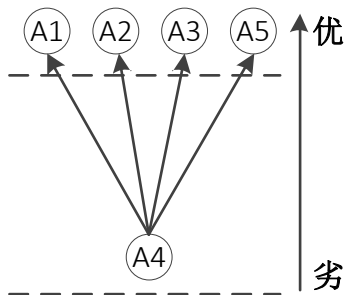


图 3 UP 型有向拓扑层级图

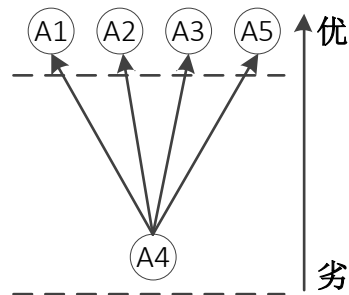


图 4 DOWN 型有向拓扑层级图

显然，如果没有加入客观评价标准 S-、S、S+，图 3、图 4 虽然表示的关系一致，但由于只有两层，所能得出的信息有限，很难区分出 A1, A2, A3, A5 相互之间的优劣，特别是容易将 A3 与 A1, A2, A5 混在一起，误认为 A3 试训效果较好。

4.3 评价结果分析

综合来看，A1, A2, A5 旅稳居最顶层，试训成绩最优，操作号手平均用时少于评价标准值、标准误差小，是典型的帕累托最优解，且比新训法最初取得的成绩还好，因此应总结归纳这 3 个旅试训中好的经验做法，对原来准备推广的新训法进行调整优化，形成更新的训练方法，然后再全面推广到这 3 个旅所有操作号手训练中，确保从整体上提升训练水平；A3 旅横跨两个层级，属于活动要素，说明新训法在该旅的训练效果具有不确定性，A4 旅处于最底层，说明新训法在该旅训练效果最差，从而不能直接在 A3、A4 两个旅推广运用新训法，应当查找分析原因，并采用改进完善后的新训法继续组织试点、评价，待试点切实取得成效后再在这两个旅推广。

5 结论及展望

基于 AISM 建立的军事训练方法可推广性评价模型,能够在确保试训效果和评价结果可靠性的同时,最大限度降低试训成本,以最小的投入获得最大收益。从实例分析过程和结果看,这种评价模型结构清晰,以有向拓扑层级图的形式展现结果,表现力高,能够为部队训练方法推广提供有效的辅助决策支持,并且可以运用于类似的战法训法成果可推广性评价。该模型如果扩展到三维或更高维数据,则存在无法有效区分的问题。对此,可以运用夹逼原理的对抗解释结构模型(SAISM)进一步优化构建新的评价模型,解决多维数据相关的评价问题,虽然计算过程相对复杂,但由于已经开发出成熟的辅助计算软件,故评价模型计算并不存在难度。

参考文献:

- [1]韩曜权,毕增军,李广强,等. 利用 PCA 与层次聚类算法的军事训练数据分析方法[J]. 空军预警学院学报, 2018, 32(02):132-136.
- [2]牛彦杰,王勇,刘斌,等. 军地联动应急指挥训练和评估方法设计[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(06):39-42.
- [3]王睿,姜宁. 一种改进的军事训练效果定性评估指标量化方法[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(04):57-61.
- [4]谭跃进,陈英武,罗鹏程等. 系统工程原理[M]. 科学出版社, 2017:69.
- [5]黄炜. 黑客与反黑客思维研究的方法论启示——解释结构模型新探[D]. 华南师范大学, 2003.
- [6]谢希霖. 基于对抗解释结构模型方法的沿海智慧港口竞争力研究[D]. 天津大学管理与经济学部, 2019.
- [7]Brüggemann 等 R. Partial order in environmental sciences and chemistry[M]. Springer, 2006.
- [8]Brüggemann 等 R. Multi-indicator systems and modelling in partial order[M]. Springer, 2014.
- [9]岳立柱. 应用偏序集表示权重难以获知的 TOPSIS 模型[J]. 模糊系统与数学, 2017, 8(31): 167-174.
- [10]岳立柱. 蕴含权重的偏序集多准则决策法[J]. 运筹与管理, 2018, 27(2): 26-31.
- [11]岳立柱. 基于在线信息的群评价模型及其偏序集求解方法[J]. 运筹与管理, 2019, 28(3): 111-117.
- [12]彭琪,张强,张宇,等. 基于客观标准的有向哈斯图技术在地下水水质评价中应用[J]. 节水灌溉, 2019(09):81-84.