

油料保障预测系统中案例推理方法^①

王 冰¹, 周庆忠¹, 刘 岩², 樊 荣¹

¹(后勤工程学院, 重庆 401311)

²(河南省军区后勤部 战勤处, 郑州 450003)

摘 要: 一般油料保障需求预测都采用历史数据回归分析的方法, 这些方法无法适用缺少油料消耗历史数据的突然性的部队行动样式。为解决此问题, 引入了人工智能领域的案例推理技术, 采用层次分析法计算油料保障需求案例各特征属性权重; 针对油料保障需求案例属性缺失的普遍问题, 提出了一种基于结构可比度和属性相似度的二次案例相似度计算方法。最后模拟某坦克团的一次军事行动油料保障需求预测对上述理论和方法进行了仿真和验证, 仿真结果表明, 案例推理技术在油料保障需求预测中能够在缺少历史数据的情况下进行比较精确的预测。

关键词: 案例推理; 需求; 预测; 油料保障

Case-Based Reasoning in Oil Support Forecasting System

WANG Bing¹, ZHOU Qing-Zhong¹, LIU Yan², FAN Rong¹

¹(Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China)

²(Suppression Operation Division, Henan military Area Command Logistics Dept, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Generally, the oil support demand is forecasted through the method of historical data regression analysis, these methods become not so effective when confront with the situations of sudden force action style which are short of the historical oil consumption data. In order to solve this problem, case-based reasoning techniques is introduced, then the oil support demand cases property weights are calculated by the analytic hierarchy process; Aiming at a universal problem that missing of some case properties, a similarity calculating method called "twice-calculating" is proposed which base on the structure comparable degree and the similarity degree. Finally the theory and the method proposed above are simulated and verified by a case of oil support demand forecasting of a tank regiment's military action. The result shows that, without the historical data support, the Case-based Reasoning can still forecast the oil demand accurately.

Key words: case-based reasoning; oil support; demand forecast

油料保障需求预测是部队行动油料保障组织计划的基础环节。广义的需求包括油品需求、配套油料装备、油料保障人员、机构等需求, 狭义的需求主要是指为确保部队行动顺利实施而对油料(品)数量的一种需要^[1]。本文对狭义上的油料需求进行研究。相关学者运用了多种技术和手段对油料保障需求预测进行研究。如“基数里程法^[1]”、“灰色预测法^[2]”、“指数平滑法^[3]”, 这些方法的共同原理是利用自身过去和现在

油料需求数据来预测自身未来油料需求。对长期连续处于某一特定行动状态的部队油料保障来说, 它们非常实用和简便。但是, 对于突发性的事件, 如抗震救灾、战争行动等, 由于缺乏连续型油料消耗历史数据的支持, 且部队行动不确定因素增大, 上述油料需求预测方法就不再适用了。其本质原因在于油料保障需求预测问题已经转变为半结构化或非结构化问题, 这时应选用非结构化的方法。案例推理是解决非结构化

① 收稿时间:2011-07-15;收到修改稿时间:2011-08-08

预测问题非常有效的方法之一。

1 案例推理基本原理

案例推理是一种利用非规范知识解决问题的方法。核心思想是在进行问题求解时，使用以前求解类似问题的经验和获取的知识来推理，针对新旧情况的差异做相应的调整，从而得到新问题的解^[4]。案例推理原理如图 1 所示

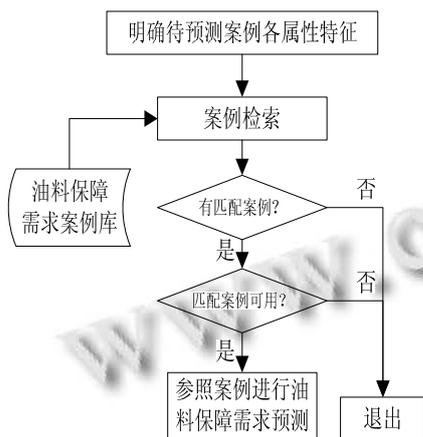


图 1 案例推理原理图

CBR 有 2 种类型^[5]，即问题求解型和解释型。问题求解型侧重于对过去策略的匹配与修改，油料保障需求预测是为了对油料消耗和损耗数量进行定量求解，因此这里属于求解型的 CBR。

2 案例推理模型设计

2.1 油料保障需求案例表示

油料保障需求案例表示是通过某种描述手段来进行油料品种与油料数量需求的知识表示，即用一些约定的符号把部队行动历史性油料保障需求事实编码成一组计算机可以接受的数据结构。一个油料保障案例可以用不同的形式表示，不同的表示形式可能产生不同的推理效果。合理的案例表示可以使问题求解变得更加容易和高效。

油料保障需求案例可以用一个有序对“(油料保障情况描述，油料消耗和损耗的描述)”来表示。案例库可表示为 $CaseBase = \{ \langle C_i, D_i \rangle \}$ 其中表示案例库中的第 i 个案例； C_i 表示案例的特征集， D_i 表示案例的第 i 个特征； D_i 表示案例的实际油料需求。表示案例对第 j 种油品的实际需求量。

2.2 油料保障需求案例特征属性选取

油料保障需求案例特征属性由影响油料保障需求量的各项因素^[4]构成，如表 1 所示。对表中特征属性分析发现，油料保障需求案例中各属性所蕴含的信息量和信息类型的不同。据此，将需求案例中的属性主要归并为三大类型的属性值，分别为数字属性值 (numeric property, NP)，如基数数量 100 吨；无序枚举属性值 (unordered enumeration, UE)，如行动样式为山地进攻作战；有序枚举属性值 (ordered enumeration, OE)，如用油装备使用强度的取值(高、中、低)。

表 1 油料保障需求案例的特征与取值

编码	特征属性	特征取值	特征值类型
a_1	兵力规模	军、师、旅、团、营、连、排、班等	OE
a_2	行动样式	进攻作战、防御作战、非战争军事行动等	UE
a_3	地理环境	高原、山地、平原等	UE
a_4	持续时间	行动持续时间 (小时)	FN
a_5	基数量	所有用油装备加满油的总吨数 (吨)	NP
a_6	用油装备使用强度	高, 中, 低	OE
a_7	油料战损率	战损率 (%)	NP
a_8	油料自然损耗率	自然损耗率 (%)	NP

2.3 油料保障需求案例特征属性权值计算

每个油料保障案例都涉及到 8 个特征属性,而每个特征属性的相对重要程度各不相同,为了提高油料保障需求案例检索结果的准确性,必须根据每个特征属性的相对重要性计算出一个权重数,权重设定的合理与否将在一定程度上影响案例检索和匹配效果。

确定权重的方法很多,例如主观赋值法、层次分析法、多目标最优法、多目标最大距离法等,本文采用层次分析法^[6,7]。在此利用属性间相对重要的标度^[8],如表 2 所示:

表 2 判断矩阵标度及其含义

标度	定义
$a_{ij} = 1$	表示属性 a_i 与 a_j 同等重要
$a_{ij} = 3$	表示属性 a_i 比 a_j 稍微重要

$a_{ij}=5$	表示属性 a_i 比 a_j 明显重要
$a_{ij}=7$	表示属性 a_i 比 a_j 相当重要
$a_{ij}=9$	表示属性 a_i 比 a_j 绝对重要
$a_{ij}=2,4,6,8$	表示重要度介于上述两相邻标度间
倒数	如果 $a_{ij}=x$ 那么 $a_{ji}=1/x$

根据表 1 构造判断矩阵 P ，如表 3 所示

表 3 油料保障需求案例特征属性表

属性编码	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
a_1	1	2	8	1	1/5	1/2	6	9
a_2	1/2	1	5	2	1/3	1	5	9
a_3	1/8	1/5	1	1/6	1/8	1/5	1	2
a_4	1	1/2	6	1	1	3	6	8
a_5	5	3	8	1	1	1/4	6	9
a_6	2	1	9	1/3	4	1	4	6
a_7	1/6	1/5	1	1/6	1/6	1/4	1	3
a_8	1/9	1/9	1/2	1/8	1/9	1/6	1/3	1

接着对判断矩阵 P 求最大特征根(λ_{\max})及其对应的最大特征向量(w),两者满足 $Pw = \lambda_{\max} w$ 。所求的最大特征向量 w 作为各因素之间的相对重要性向量,相对重要性向量经归一化处理,便可以得到各因素的最终权重。计算特征向量 $w = (w_1, w_2, \dots, w_9)$ 如下^[7]:

$$w = (0.1824, 0.1570, 0.0317, 0.1745, 0.2190, 0.1800, 0.0392, 0.0162)$$

最后利用式 $CR = CI / RI$ (CR 为判断矩阵的随机一致性比率; CI 为判断矩阵的一般一致性指标)进行一致性检查。发现判断矩阵 P 的 $CR < 0.1$ 时,因此这里认为 P 具有满意的一致性。

2.4 油料保障需求案例相似度计算

确定案例知识表示方法和属性权重计算方法之后,设计的合适的案例检索方法对油料保障需求预测案例推理成败至关重要。进行 CBR 推理时,要达到以下两个目标^[9]: (1)检索出的案例尽可能少; (2)检索出的案例尽可能与目标案例相关或相似。考虑到油料保障需求预测过程中有大量不确定性信息,现有各种案例检索匹配算法中,最近相邻匹配法较适合于 CBR 油料保障需求预测。但是最近相邻法对案例属性完整性有严格要求,这与部分油料保障需求案例属性缺失

的客观情况并存,如何解决这一矛盾?这里提出一种基于结构可比度和属性相似度的二次案例相似度计算方法。

1) 案例结构可比度计算

假定案例库中案例 a 与目标案例 b 进行匹配,则结构可比度计算算法描述如下:

①计算源案例 a 的所有的非空属性构成的集合,记为 A ;

②计算目标案例 b 的所有非空属性构成的集合,记为 B ;

③计算 A 与 B 的交记为 C ;

④计算交集 C 中所有属性的权重之和,即结构可比度,记为 w_C ;

不难计算, $0 \leq w_C \leq 1$ 。并且,当 $w_C = 0$ 时称案例 a 和案例 b 没有可比性;当 $w_C = 1$ 时称案例 a 和案例 b 完全可比;案例 a 和案例 b 随 w_C 单调递增;本文设定当 $w_C = 0.8$ 时,才对案例 a 和案例 b 进行属性相似度计算。这样就有效地避免了属性值缺失问题。

2) 案例相似度计算

① NP 型属性相似度计算

NP 型属性的相似度计算有多种方法,原理都是在已知每个 NP 类型的属性取值范围的情况下,计算两个案例在多维空间中的距离,这里采用基于海明距离公式^[10]演化而来的一种计算 NP 型属性的相似度方法,如式(1)所示。

$$\text{sim}(X_i, Y_i) = 1 - |X_i - Y_i| / |\max(i) - \min(i)| \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

其中, $\text{sim}(X_i, Y_i)$ 表示案例 X 和 Y 的第 i 个确定数属性的相似度; X_i, Y_i 分别表示案例 X 和 Y 的第 i 个属性的值; $\max(i)$ 和 $\min(i)$ 分别表示第 i 个属性的最大和最小值, n 表示预案的属性个数。

② OE 型属性相似度计算

这类属性是在有一定排序的数据集里取值,采用式(2)计算相似度。

$$\text{sim}(X_i, Y_i) = 1 - |X_i - Y_i| / m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中: $\text{sim}(X_i, Y_i)$ 表示预案 X 和 Y 在第 i 个属性上的相似度, X_i, Y_i 分别表示预案 X 和 Y 在第 i 个属性上的值; m 表示属性值的等级个数; n 表示预案的属性个数。

③UE 型属性相似度计算

这类属性是在没有相互关系的值域中取值，根据式 (3) 计算相似度。

$$sim(X_i, Y_i) = \begin{cases} 1 & X_i = Y_i \\ 0 & X_i \neq Y_i \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式中： $sim(X_i, Y_i)$ 表示预案 X 和 Y 在第 i 个属性上的相似度， X_i, Y_i 分别表示预案 X 和 Y 在第 i 个属性上的值； n 表示预案的属性个数。

式中： $sim(C_i)$ 表示预案和在第 i 个属性上的相似度， C_i 表示预案和在第 i 个属性上的值； n 表示预案的属性个数。

④所有属性的整体相似性计算

在完成案例局部分类属性相似度匹配基础上，进行案例整体相似度计算，根据传统的最近相邻算法的原理，设计案例全局相似度计算公式，如式 (4) 所示

$$sim(C_i) = \sum_{j=1}^n w_j sim(C_{ij}) \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

式中： n 为案例特征属性的个数； m 为案例库中案例数； $sim(C_i)$ 为第 i 个油料保障需求案例与待解案例的整体相似度值； w_j 为第 j 个特征属性的权重； $sim(C_{ij})$ 为第 i 个油料保障需求案例与待解案例在第 j 个特征属性上的局部相似度值。最后根据计算结果得到整体相似度的值，从而选出整体相似度最大值的案例作为检索结果。

3 仿真实例

以 XX 军区某坦克团，奉命由驻地摩托行军到相距 400 公里处的张店集结待命，三天后将参加一次进攻战斗为例（目标案例），进行仿真。假设案例库中相关方面的案例有 4 个，即 $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$ 如表 4 所示。

根据表 3 的权值计算结果和式 (1)、式 (2)、式 (3)、式 (4) 计算目标案例与案例库中的案例的相似度： $sim(C_1) = 0.6591$ ； $sim(C_2) = 0.2443$ ； $sim(C_3) = 0.8542$ ； $sim(C_4) = 0.4387$ ；该结果表明案例 C_3 与目标案例 T 有很高的相似度，因此案例 C_3 的油料保障需求数量可以作为预测案例 T 的参考数量。

表 4 案例库案与目标案例

案例	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
T	坦克团	机动	平原	6	96	低	0%	0.5%
C_1	摩步团	机动		8	10	低	0%	0.6%
C_2	炮兵团	防御战	山地	576	34	中	8%	2%
C_3	坦克团	机动	高原	14	160	低	4%	1.2%
C_4	防空团	防御战	丘陵	48	54	中	11.5%	3%

4 结语

油料保障需求预测通常都是对大量的油料消耗历史数据进行回归分析，然后根据得到的回归方程进行预测。在油料保障需求预测系统中引进案例推理技术，可以减少预测中对数据的过分依赖，对预测部队突发性军事行动样式的油料需求有不可替代的优势。

参考文献

- 1 周庆忠. 军队油料勤务. 北京: 国防工业出版社, 2008. 268-303.
- 2 周庆忠. 基于灰色神经网络的油料储备预测模型研究. 中国储运, 2009, 5: 97-99.
- 3 李必鑫. 军队油料保障需求预测理论与应用研究. 重庆: 后勤工程学院, 2007. 10-12.
- 4 王晓, 庄亚明. 基于案例推理的非常规突发事件资源需求预测. 华东经济管理, 2011, 1(25): 115-117.
- 5 郑宇鸣, 李淑斌, 等. 基于案例推理(CBR)技术在病虫害预测中的应用. 安徽农业科学, 2010, 38(35): 83-84.
- 6 朱茵, 孟志勇, 阚叔. 用层次分析法计算权重. 北方交通大学学报, 1999, 23(5): 119-122.
- 7 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2007, 29(1): 153-156.
- 8 杜栋, 庞庆华. 现代综合评价方法与案例精选. 北京: 清华大学出版社, 2005. 11-19.
- 9 桑海, 黄青松, 王薇薇. 基于一种改进的粒群算法的异构案例库语义检索策略. 微型电脑应用, 2009, 10(25): 9-14.
- 10 Dvir G, Langholz G, Schneider M. Matching attributes in a fuzzy case based reasoning. Proc. of the 18th International Conference of the North American on Fuzzy Information Processing Society, 1999: 33-36.