

基于 S 型曲线的指标权重确定方法

何 逢 燕雪峰 周 勇

(南京航空航天大学计算机科学与技术学院 南京 210016)

摘 要 针对动态系统的多指标多决策者综合评价问题,目前的赋权法很少考虑决策者评价可信度及指标权重随评价对象变化而变化的情况,因此提出一种基于置信度的参数可调的 S 型曲线指标赋权模型。在专家打分法的基础上,通过引入专家权威性和差异性系数来确定专家置信度,提高专家评价的可信度,运用可调参数来校准基于置信度的指标赋权模型,使其能较好地解决评价者与动态系统中指标权重之间的非线性关系,增加了赋权模型的灵活性。结合实例确定指标权重的结果符合客观实际,验证了此方法的可行性和实用性,它为确定指标权重提供了一种新的有效途径。

关键词 专家权威性,专家置信度,参数可调,S 型曲线赋权

中图分类号 TP391.9 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.6.045

Method to Determine Index Weight Based on S Curve

HE Feng YAN Xue-feng ZHOU Yong

(School of Computer Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract Aiming at the problem of comprehensive evaluation of multiple decision makers and multi index for dynamic system, the current weighting methods seldom consider the credibility of the decision-makers and the change of target weight with the variation of the evaluation object. A parameter weighting model based on confidence adjustable type S curve index was proposed. Based on the expert scoring method, through introducing expert authority and difference coefficient of experts to determine expert confidence, it enhances the credibility of expert evaluation. An adjustable parameter is used to calibrate the weighting model based on the confidence index, which can solve the non-linear relation between the evaluation index weight and the dynamic system and increase the flexibility of the weighting model. Combining the results to determine the index weight in accord with the objective reality, it verified the feasibility and practicability of this method, provided a new method for determining the index weight.

Keywords Authority of expert, Expert confidence, Adjustable parameters, S curve of empowerment

现实生活中经常遇到各种各样的综合评价问题,评价结果的好坏取决于两点:1)选取的主要指标是否能体现该类问题的基本特点;2)能否对指标重要性进行准确评价。而评价往往需要专家给出指标重要性的定量描述,这就涉及到了专家评价意见的置信度和评价指标的权重问题。

针对专家评价置信度问题,现有文献中较少考虑专家自身的研究领域和工作经验对评价置信度的影响。对于指标权重确定问题,传统的主^[5]、客^[2]观赋权法均有明显的局限性,因此目前国内外综合评估研究人员通常采用组合赋权法^[1]来确定指标权重,如改进的熵值法、模糊层次分析法、云模型等。改进的熵值法^[3]解决了熵值法单一指标权重可能过大的问题,但不能消除评估指标之间的相关影响;模糊层次分析法^[4]很好地解决了模糊性和不确定性事物的重要性排序问题,但由于客观条件的复杂性以及专家对事物认识的主观局限性,很难对因素的重要度做出准确判定;云模型^[6]考虑了评价者认识的模糊性和随机性,但专家之间进行交流评分势必会影响评价的可信度。组合赋权法的实质是以主观赋权法得到的

结果为基础,结合数学方法对静态评价结果进行集成优化处理,或者对不确定性指标进行定性分析推理。这种方法既能获得体现评价者主观意向的权重,又能得到客观的评价结果^[7],但是未能反映评价者与指标权重间的非线性关系,而且评价的可信度将直接影响评价结果。因此,本文提出了一种基于置信度的参数可调^[8]的 S 型曲线指标权重确定方法。以潜艇作战系统效能评估为背景,研究作战系统指标重要性。通过考虑专家对事物的认识和把握程度,以及专家评定过程中所受到的内外在因素的影响,引进专家权威性和评价差异性来确定专家置信度,将专家评价意见的统一化问题转换成求解最小单项效能偏差问题,并运用可调参数来校准指标赋权模型,最后采用 S 型曲线拟合求解模型权重参数。

1 潜艇作战系统的评估指标体系

为了统一考察评估对象,所建立的评估指标体系须使用统一评估尺度。在遵循指标选取的简明性、时效性、完备性、客观性及系统性原则^[9]的基础上,从常规潜艇的战术技术性

到稿日期:2014-07-11 返修日期:2014-09-17

何 逢 (1989-),男,硕士生,主要研究方向为网络与分布计算,E-mail:18500942252@163.com;燕雪峰 (1975-),男,副教授,主要研究方向为计算机网络、分布交互仿真等;周 勇 (1975-),男,副教授,主要研究方向为人工智能、专家系统等。

能及其效能密切相关的作战环境等影响因素出发,选取目标探测能力、指控系统决策能力、武器能力、生存能力及突防能力作为潜艇作战效能评估指标,如图1所示。

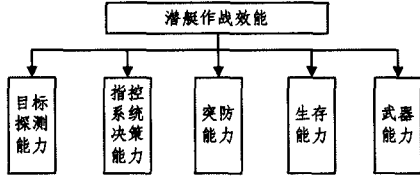


图1 潜艇作战系统指标体系

2 专家置信度确定方法与实例计算

2.1 基于评价权威性与差异性的专家置信度确定方法

同一专家在评价不同领域指标时的置信度是不同的,不同专家在评价同一指标时的置信度也是不同的。在对评价结果进行处理时,常常要求考虑专家对评审内容的权威程度^[10]。从工作岗位、理论依据、专业相关度、评价自信度等方面对专家评价可信度进行分析,以专家对作战系统各项评价指标掌握的信息为基础,对作战系统指标体系结构中各因素的相对重要性给出定性评价,并以百分制给出定量描述,如表1所列。

表1 专家可信度分析

	100	90	80	70
工作岗位	部队人员	潜艇系统设计人员	理论研究	系统操作人员
理论依据	部队实训	潜艇作战系统理论	学术著作	对同类活动了解
专业相关度	很高	中等	一般	低
评价自信度	很自信	较自信	自信	一般

1) 确定专家权威性系数。设专家组有 p 位专家,工作岗位评分为 w_i ,理论依据评分为 t_i ,专业相关度评分为 m_i ,评价自信度评分为 v_i ,专家 i 自我评价值为 F_i ,则

$$F_i = w_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot v_i, i=1,2,\dots,p \quad (1)$$

则专家的权威性系数为

$$r_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^p F_i}, i=1,2,\dots,p \quad (2)$$

2) 确定专家评价差异性系数。第 i 位专家的评价与所有专家评价差值的总和表示为

$$\sigma_i = \sum_{j=1}^q |a_{ij} - \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p a_{kj}|, i=1,2,\dots,p, j=1,2,\dots,q \quad (3)$$

其中, σ_i 为第 i 位专家的评价与所有专家评价差值的总和; a_{ij} 为第 i 位专家对第 j 个指标的评价值; a_{kj} 为第 k 位专家对第 j 个指标的评价值; q 为作战系统指标个数。由此可得第 i 位专家的评价差异性系数

$$\delta_i = \frac{\sigma_i}{\sum_{i=1}^p \sigma_i}, i=1,2,\dots,p \quad (4)$$

3) 确定专家置信度。在计算专家权威性和差异性的基础上,对专家置信度进行分析。选取专家评价差异性系数作为评定依据,第 i 位专家的专家置信度 c_i 可表示为

$$c_i = r_i (1 - \delta_i) \quad (5)$$

2.2 专家置信度算例

以潜艇执行隐蔽侦察任务为例,邀请5位从事潜艇作战效能研究方面的专家对自身评价可信度和指标重要性进行打

分,指标体系中的目标探测能力、指控系统决策能力、突防能力、生存能力及武器能力等5个指标分别用A、B、C、D、E表示,打分结果如表2、表3所列。

表2 专家自身评价

	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5
工作岗位	100	90	80	100	90
理论依据	80	80	90	90	70
专业相关度	90	70	70	80	90
评价自信度	100	90	80	80	90

表3 指标重要性评分

	A	B	C	D	E
专家1	90	76	80	81	80
专家2	93	80	75	87	78
专家3	90	81	84	80	75
专家4	89	80	80	88	80
专家5	95	75	87	86	79

结合表2、表3数据,应用式(1)一式(5)可得专家权威性系数、评分差异性系数及专家置信度,如表4所列。

表4 专家置信度

	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5
权威性系数	0.2704	0.1703	0.1514	0.2163	0.1916
差异性系数	0.1603	0.1987	0.2340	0.1667	0.2404
专家置信度	0.2819	0.1695	0.1440	0.2238	0.1808

3 基于置信度的参数可调的S型曲线赋权法

早在19世纪末,法国社会学家塔尔德(Gabriel Tarde)在《The Laws of Imitation》中提出了经济增长的S型曲线。经过一百多年的发展,S型曲线函数被广泛应用于社会的各个领域,多存在于分类评定模型(Logit model)、逻辑回归(Logistic regression)模型,属于多重变数分析范畴,是社会学^[13]、统计学^[12]、临床、动力学、市场营销^[11]等统计实证分析的常用方法。

3.1 参数可调的S型曲线指标权重确定模型

S型函数常用原型为:

$$f(x) = \frac{A}{B + C \exp(-Dx)}, A, B, C, D > 0 \quad (6)$$

对应的曲线如图2所示。

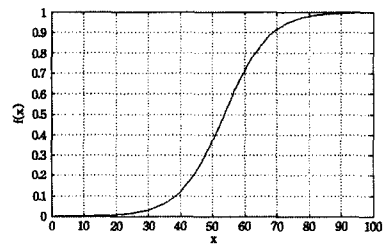


图2 S型函数曲线图

S型曲线函数有以下特性:

a) 饱和特性,该特性表明当某个指标的值不断增大时,评估的结果并不会随之无限增大;

b) $f(x)$ 是 B, C 的减函数,是 A, D 的增函数。

根据S型曲线函数的两条性质,利用通用S型函数构造基于置信度的参数可调的指标权重确定模型:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \frac{K}{\omega} \exp(-cx)}, K, \omega, c > 0 \quad (7)$$

参数可调的 S 型曲线保持了原有的两大特性,其中 $f(x)$ 是 ω, c 的增函数,是 K 的减函数。可用参数 ω 来表示指标权重评分;参数 c 表示各专家的置信度,主要作用是控制曲线的倾斜程度;参数 K 作为可调参数^[14],主要作用是校准指标权重确定模型。

3.2 基于单项效能偏差的可调参数求解方法

根据专家对指标的重要性评分,得到指标权重矩阵

$$W = \begin{pmatrix} \omega'_{11} & \omega'_{12} & \cdots & \omega'_{1j} \\ \omega'_{21} & \omega'_{22} & \cdots & \omega'_{2j} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \omega'_{i1} & \omega'_{i2} & \cdots & \omega'_{ij} \end{pmatrix}, i=1,2,\dots,p, j=1,2,\dots,q$$

其中, ω'_{ij} 为第 i 位专家给出的第 j 个指标的权重值。

对同一指标 z_j , 固定可调参数, 将 p 位专家评价的指标权重及专家置信度分别代入式(7)可得 p 条 S 型曲线, 将专家给出的指标值分别代入对应的 S 型曲线函数, 可得出基于 p 位专家对应的单项效能值 $e'_{1j}, e'_{2j}, \dots, e'_{ij}, \dots, i=1, 2, \dots, p$ 。

此时计算指标 z_j 的单项效能偏差

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p (e'_{ij} - \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p e'_{kj})^2}$$

$i, k=1, 2, \dots, p, j=1, 2, \dots, q$ (8)

调整式(7)的可变参数 K , 即可得出指标 z_j 的单项效能偏差序列。标准偏差越小, 说明单项效能值越集中。同时由 S 型函数的性质可知, 函数曲线受 K 值影响, 且专家打分以百分制形式描述, 因此, 对指标 z_j 而言, 应选择单项效能偏差序列中偏差值较小且函数曲线在 $[0, 100]$ 区间内尽可能中心对称时所对应的 K 为权重确定模型中的可变参数。

图 3 为某指标单项效能偏差随可调参数及评价者数目变化的曲线图。

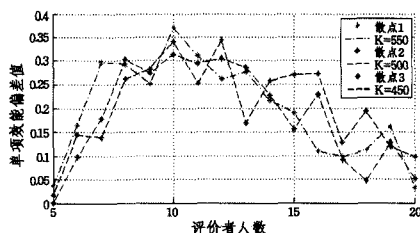


图 3 某指标随可调参数变化的评价者与指标效能偏差关系图

由图 3 可知, 固定可调参数 K , 图中任意曲线均可表示评价者与指标值间的非线性关系。随着评价者人数的增加, 专家置信度及评价差异性均发生变化, 而单项指标效能偏差值取决于专家评价的相似度和差异度, 因此曲线呈非线性变化。固定评价者人数, 当可调参数 K 为 500 时, 单项效能偏差值变化幅度较小。

3.3 基于 S 型曲线的指标赋权法

1) 对同一指标 z_j , 将各专家的指标权重 $\omega'_{1j}, \omega'_{2j}, \dots, \omega'_{ij}, \dots, i=1, 2, \dots, p$, 专家置信度及指标对应的可调参数 K 代入新的 S 型曲线函数, 即可绘制出 p 条 S 型曲线。

$$f_{ij}(x) = \frac{1}{1 + \frac{K}{\omega'_{ij}} \exp(-c_i x)}$$

$i=1, 2, \dots, p, j=1, 2, \dots, q$ (9)

这里令 x 为训练数据集。

2) 曲线拟合求解最优权重。对 S 型函数而言, 任意的 x

对应 p 个 $f(x)$ 值, 则

$$f'_{j(x)} = \sum_{i=1}^p f_{ij}(x) / p, i=1, 2, \dots, p, j=1, 2, \dots, q$$
 (10)

为 x 对应的中心散点。

训练数据集的步长 s 越小, 中心散点集越密, 曲线拟合效果越好。根据多次训练得知, 当 $s \leq 0.5$ 时拟合曲线变化微小, 从计算效率和工作量的角度出发规定 $s=0.5$ 。经过曲线拟合得最新 S 型曲线, 反解 ω_j 即为该指标的最优权重。

3) 对作战系统中其他指标分别执行 1)、2) 操作, 得出作战系统各指标最优权重, 并对数据进行归一化, 得出作战系统指标权重向量:

$$W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j, \dots, \omega_q), j=1, 2, \dots, q$$

基于置信度的参数可调的 S 型曲线赋权法实际是对函数权重参数进行拟合求解, 该赋权法既考虑到评估专家根据自身丰富的作战经验对指标的偏好, 体现出主观信息, 又减少了赋权的主观随意性, 体现出客观信息。

4 指标权重计算与结果分析

4.1 指标权重的确定

将表 3 中指标重要性评分归一化处理, 得出各专家的指标权重评分, 如表 5 所列。

表 5 指标权重评分

	A	B	C	D	E
专家 1	0.2211	0.1867	0.1966	0.1990	0.1966
专家 2	0.2252	0.1937	0.1816	0.2107	0.1889
专家 3	0.2195	0.1976	0.2049	0.1951	0.1829
专家 4	0.2134	0.1918	0.1918	0.2110	0.1918
专家 5	0.2251	0.1777	0.2062	0.2038	0.1872

应用式(7)一式(10)计算潜艇作战系统各指标对应的可调参数 K 和权重。图 4 是对探测能力指标进行 Logistic 曲线 (S 型) 拟合的效能图。

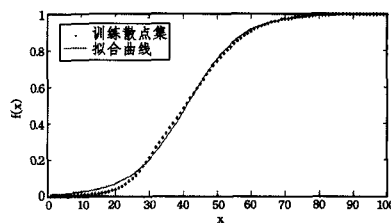


图 4 Logistic 曲线 (S 型) 拟合图

解得最优权重为 0.1100, 同理可求得指控系统决策能力、武器能力、生存能力及突防能力对应权重分别为 0.0919、0.0945、0.1007、0.0914。表 6 为归一化后的指标权重及对应的可调参数。

表 6 潜艇作战系统指标权重

	A	B	C	D	E
可调参数 K	495	520	570	515	535
指标权重	0.2252	0.1881	0.1935	0.2061	0.1871

4.2 结果分析

由表 5 可知: 不同专家对同一问题的判定会有差异, 同一专家对不同问题的认定也会有差别, 这与专家对事物的认知和熟悉程度有关。为了让专家评价客观可信, 有必要对专家评价置信度进行分析。置信处理前后的突防能力指标权重对比如图 5 所示。

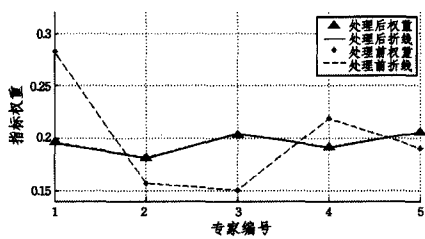


图5 置信处理前后突防能力指标权重对比

由图5可知,置信处理前专家意见的分歧较大,指标权重波动明显,经置信处理后的指标权重趋于稳定。

对于潜艇作战系统而言,指标重要程度取决于潜艇所执行的作战任务,作战任务不同指标重要性也不同。本文以隐蔽侦察任务为例,将隐蔽侦察任务按任务执行流程进行阶段划分,并分析各阶段任务:备航阶段主要在码头进行,不作为分析对象;航渡阶段需要执行巡航值更任务,潜艇需要有成功突破敌方防御体系的能力,以及在航路中成功搜索敌潜艇的能力;待机阶段主要包括艇长根据任务目标和当前敌我态势正确进行指挥决策以及根据命令潜艇的机动占位等活动;侦察阶段主要任务是潜艇在不被地方发现的情况下,搜索敌兵力、海区环境、目标活动等情报信息;返航阶段,需要突破敌方防御体系,确保潜艇能安全返航。

下面给出各阶段任务与各指标之间的关系。

表7 各阶段任务与各指标之间的关系

	目标探测能力	指控系统决策能力	突防能力	生存能力	武器能力
备航阶段	×	×	×	×	×
航渡阶段	√	×	√	√	×
待机阶段	√	√	×	√	√
侦察阶段	√	√	√	√	×
返航阶段	√	×	√	√	×

注:×表示无关,√表示有关。

综上所述,潜艇在执行隐蔽侦察任务中,各评估指标的重要性由高到低依次为:目标探测能力、生存能力、突防能力、指控系统决策能力、武器能力。

本文对专家打分进行定性描述,并通过基于置信度的参数可调的S型曲线赋权模型定量分析潜艇作战系统指标的重要性。由表6可知,指标的重要性排序为:目标探测能力>生存能力>突防能力>指控系统决策能力>武器能力。这一结果与潜艇实际执行隐蔽侦察任务过程中各指标的作用大小相符,表明该模型有效、可行。从图3可知,专家打分过程从严格意义上讲是一个动态变化的过程,当评价者人数及外在环境变化,指标重要性的评价差异也随之变化。针对动态评价过程中指标权重变化较大的问题,文中采用可调参数调整指标赋权模型,通过考虑专家评价的单项效能偏差来统一专家意见,体现出评价者与指标值间的动态非线性关系,表6中不同指标权重对应的可调参数不同,说明了赋权模型的灵活性。

结束语 本文建立了基于置信度的参数可调的S型曲线赋权模型,用专家置信度取代以往对专家的评定结果静态设置权重的方式,考虑到了专家对事物的认识和熟悉程度;用可调参数来校准指标赋权模型,使得模型更加灵活,而且能较好地解决评价者与指标值间的非线性关系问题;经可调的S型函数处理所得的指标权重既能客观反映专家意见,又能体现各指标间的重要程度,可较好地消除由于评估专家选取不同

给评估结果带来的不稳定影响,适当提高评价结果整体信度,这种方法便于计算机编程使用。

参考文献

- [1] 漆艳茹,郭亚军. 确定指标权重的方法及应用研究[D]. 沈阳:东北大学,2010
Qi Yan-ru, Guo Ya-jun. Method of determining index weight and its application[D]. Shenyang: Northeastern University, 2010
- [2] Li Rong, Yuan Ling-yun. Research of Ubiquitous Learning Evaluation Model Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation[C] // 2013 International Conference on Computer Sciences and Applications (CSA). IEEE, 2013, 374-376
- [3] 黄国庆,王明绪,王国良. 效能评估中的改进熵值法赋权研究[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(28): 245-248
Huang Guo-qing, Wang Ming-xu, Wang Guo-liang. Weight assignment research of improved entropy method in effectiveness evaluation[J]. Computer Engineering and Applications, 2012, 48(28): 245-248
- [4] 刘金林,曾凡明. 基于模糊 AHP 的舰船动力装置需求指标权重计算方法[J]. 大连海事大学学报:自然科学版, 2012, 38(4): 35-38
Liu Jin-lin, Zeng Fan-ming. Calculation method for the requirement index weight of the marine power plant based on fuzzy AHP[J]. Journal of Dalian Maritime University: Natural Science Edition, 2012, 38(4): 35-38
- [5] Peng Jian-liang. Research on the optimization of green suppliers based on AHP and GRA[J]. Journal of Information and Computational Science, 2012, 9(1): 173-182
- [6] 韩冰,刘义军,陈汶滨,等. 基于云模型的指标权重获取方法[J]. 软件导刊, 2012, 11(5): 15-17
Han Bing, Liu Yi-jun, Chen Wen-bin, et al. The method of acquire index weight based on cloud model[J]. Software Guide, 2012, 11(5): 15-17
- [7] 周霖仪,刘志成,何佳洲. 层次-熵值组合赋权法在雷达辐射源识别中的应用[J]. 指挥控制与仿真, 2009, 31(6): 27-29
Zhou Lin-yi, Liu Zhi-cheng, He Jia-zhou. Application of Hierarchy-Entropy Combination Assigning Method in Radar Emitter Recognition[J]. Command Control & Simulation, 2009, 31(6): 27-29
- [8] Srinivasulu G N, Subrahmanyam T, Rao V D. Parametric sensitivity analysis of PEM fuel cell electrochemical Model[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2011, 36(22): 14838-14844
- [9] 李卉. 光电防御系统作战效能评估方法研究[D]. 长春:中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所), 2012
Li Hui. Study on the method for evaluating the operational effectiveness of a defense system [D]. Changchun: Graduate University of Chinese Academy of Sciences (Changchun Institute of Optics and fine mechanics and physics), 2012
- [10] 孟范栋,李斌,黄文斌. 基于灰色系统理论的潜艇作战效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2006, 28(6): 76-78
Meng Fan-dong, Li Bin, Huang Wen-bin. Effect Evaluation for Submarine Combat Capability Based on Grey System Theory [J]. Command Control & Simulation, 2006, 28(6): 76-78
- [11] Bejan A, Lorente S. The constructal law origin of the logistics S curve[J]. Journal of Applied Physics, 2011, 110(2): 024901

(下转第 227 页)

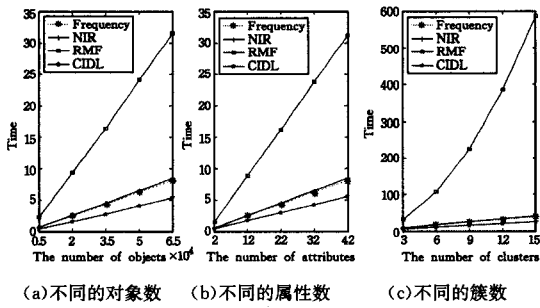


图7 $\theta=0.7$ 时 connect-4 上的时间开销

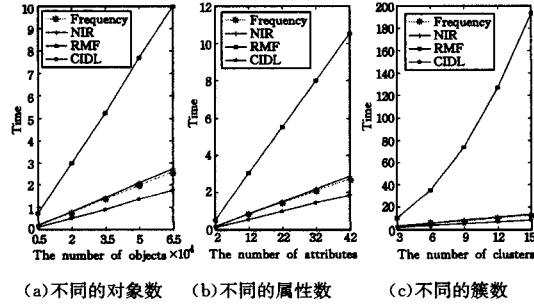


图8 $\theta=0.9$ 时 connect-4 上的时间开销

结束语 为了提高符号型增量数据的聚类效率,本文提出了一种有效的数据标签技术,利用数据簇中各属性值的分布定义簇代表元,利用信息熵的变化定义了“点-簇”不相似性度量,有效刻画了符号数据点与符号数据簇的距离的数值特性。基于此度量,设计了一个针对符号型增量数据的数据标签算法。在一些公开数据集和文本数据集上的对比实验表明,该算法能够很好地度量数据点与数据簇之间的距离,因而具有较高的标记精度。实验还表明,本文提出的算法也具有效率高、可伸缩性好的优点。算法引入了异常处理机制,通过对异常点集合的聚类可以引入新的数据簇,从而能够适应数据的动态变化。

参考文献

[1] Jain A K, Murty M N, Flynn P J. Data clustering: A review[J]. ACM Computing Surveys, 1999, 31(3): 264-323

[2] Zhang T, Ramakrishnan R, Livny M. Birch: An efficient data clustering method for very large databases[C]//Proceedings of the 1996 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Montreal: ACM Press, 1996: 103-114

[3] Guha S, Rastogi R, Shim K. Cure: An efficient clustering algorithm for large databases[C]//Proceedings of the 1998 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Seattle: ACM Press, 1998: 73-84

[4] Cao F, Liang J, Bai L, et al. A framework for clustering categori-

cal time-evolving data[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2010, 18(5): 872-882

[5] Chen H L, Chen M S, Lin S C. Catching the trend: A framework for clustering concept-drifting categorical data[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2009, 21(5): 652-665

[6] Cao F, Liang J. A data labeling method for clustering categorical data[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(3): 2381-2385

[7] 孟静, 吴锡生. 一种基于聚类和快速计算的异常数据挖掘算法[J]. 计算机工程, 2013, 39(8): 60-63, 68

Meng Jing, Wu Xi-sheng. An Outlier Data Mining Algorithm Based on Clustering and Rapid Calculation[J]. Computer Engineering, 2013, 39(8): 60-63, 68

[8] 刘波, 潘久辉. 基于群体智能的增量数据挖掘方法研究[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(11): 180-186

Liu Bo, Pan Jiu-hui. Research of incremental data mining based on swarm intelligence[J]. Computer Engineering and Design, 2006, 27(11): 180-186

[9] 胡开明, 陈建华. 一种改进的增量数据挖掘算法[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(8): 260-264

Hu Kai-ming, Chen Jian-hua. An improved algorithm for incremental data mining[J]. Computer Applications and Software, 2011, 28(8): 260-264

[10] 宋中山, 成林辉, 吴立峰. 一种基于关联规则的增量数据挖掘算法[J]. 湖北大学学报, 2006, 28(3): 240-243

Song Zhong-shan, Cheng Lin-hui, Wu Li-feng. The incremental data mining algorithm based on association rules[J]. Journal of Hubei University, 2006, 28(3): 240-243

[11] 李德玉, 翁小奎, 李艳红. 基于用户兴趣域的混合数据聚类标签算法[J]. 山西大学学报, 2013, 36(2): 180-186

Li De-yu, Weng Xiao-kui, Li Yan-hong. Mixed Data clustering label algorithm based on user's interest domain[J]. Journal of Shanxi University, 2013, 36(2): 180-186

[12] Huang Zhe-xue. Extensions to the k-means algorithm for clustering large data sets with categorical values[J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 1998, 2(3): 283-304

[13] Cover T M, Thomas J A. Elements of Information Theory(2nd Edition)[M]. Hoboken: Wiley, 2006: 13-30

[14] 赵志刚, 吴鑫, 洪丹枫, 等. 基于信息熵的 GLBP 掌纹识别算法[J]. 计算机科学, 2014, 41(8): 293-296

Zhao Zhi-gang, Wu Xin, Hong Dan-feng, et al. Palmprint Recognition Method Based on Energy Spectrum of GLBP [J]. Computer Science, 2014, 41(8): 293-296

[15] Frank A, Asuncion A. UCI Machine Learning Repository[OL]. 2010. <http://archive.ics.uci.edu/ml>

(上接第 219 页)

[12] 易培. 基于 S 型函数的倒谱域加权缺失数据处理方法[D]. 北京: 清华大学, 2010

Yi Pei. Cepstrum domain weighted methods for handling missing data based on S function [D]. Beijing: Tsinghua University, 2010

[13] Kuandykov L, Sokolov M. Impact of social neighborhood on diffusion of

innovation S-curve[J]. Decision Support Systems, 2010, 48(4): 531-535

[14] 黄国庆, 王国良, 臧青松. 参数可调的战斗机空战效能评估系统研究[J]. 电光与控制, 2013, 20(2): 33-36

Huang Guo-qing, Wang Guo-liang, Zang Qing-song. An Air Combat Effectiveness Evaluation System with Adjustable Parameters for Fighters[J]. Electronics Optics & Control, 2013, 20(2): 33-36