

证据理论和支持向量机相融合的教学质量评价^①

吴 丽, 刘益和

内江师范学院 计算机科学学院, 四川 内江 641112

摘要: 为了解决当前教学质量评价方式和结果的科学性可靠性不高的问题, 提出了一种证据理论和支持向量机相融合的教学质量评价模型(DS-SVM). 从信息融合的思想出发, 首先构建评价指标体系, 并采用支持向量机分别建立基于学生、同行、督导团的教学质量评价模型, 然后利用支持向量机输出确定各模型的信度函数值, 最后通过 DS 证据理论融合各信度函数值得到教学质量评价结果. 仿真试验结果表明该教学质量评价模型的输出值与真实值间吻合度高, 评价效果较好.

关 键 词: 教学质量; 证据理论; 支持向量机; 评价模型

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2016)02-0092-07

教学质量评价是一个多目标、多层次的评价问题^[1-3], 当前教学质量评价方法主要分为 2 类: 统计学方法和机器学习方法. 统计学方法主要有层次分析法、聚类分析法、熵值法等, 大学教学质量评价指标与评价结果之间是一种复杂的非线性映射关系, 评价精度较低, 评价结果不可信^[4]. 机器学习方法主要有神经网络、支持向量机等非线性方法^[5-6], 可以较好地刻画评价指标与评价结果间的非线性关系, 尤其是基于结构风险最小化原则的支持向量机, 泛化能力优异, 成为当前教学质量评价中主要的研究方向, 因此本文选择支持向量机建立教学质量评价模型^[7]. 基于支持向量机的教学质量主要根据督导团评价数据、学生评价数据、同行评价数据分别建模, 然后进行加权, 最终得到教师教学质量综合评价结果^[8]. 目前各子模型权值均采用人工方式进行线性加权, 评价结果主观性较强, 影响教学质量评价结果的科学性. 推理算法中证据理论有比较准确的推理过程和结果, 它在决策能力方面表现突出, 能综合利用多方专家和数据源的知识, 用于不同教学质量评价模型权值, 从而避免人为主观因素^[9].

针对如何提高教学质量评价可靠性和科学性的问题, 本文提出了一种证据理论和支持向量机相融合的教学质量评价方法(DS-SVM). 为验证教学质量评价模型的性能, 首先构建评价指标体系, 通过层次分析法计算出指标权重, 并采用支持向量机分别建立基于学生、同行、督导团的教学质量评价模型, 然后利用支持向量机输出各模型的信度函数值, 最后通过 DS 证据理论融合各信度函数值得到教学质量评价测试结果. 仿真结果表明, 相对于其他评价方法, DS-SVM 可以准确刻画课堂教学质量评价指标与评价结果间的非线性关系, 提高了教学质量评价结果的可靠性, 比较真实地反映了老师的教学水平.

1 相关理论

1.1 支持向量机

在支持向量机(SVM)理论中, 样本训练集数目用 n 表示, 那么训练集可以表示为: $\{X(i), y(i), i =$

① 收稿日期: 2014-09-04

基金项目: 四川省科技厅重点基金项目(2015JY0119); 省级卓越工程师项目(内师院发[2014]19号文件).

作者简介: 吴 丽(1976-), 女, 四川内江人, 硕士, 实验师, 主要从事软件工程、信息安全方面的研究.

通信作者: 刘益和, 教授.

$(m-1)\tau, \dots, n-1\}$, $X(i) \in R^m$, $y_i \in R$, 我们用非线性映射函数 $\varphi(X)$ 将 SVM 训练集的输入样本映射到高维特征空间 F 中, 再在高维特征空间中映射结果进行线性估计, 映射函数对应的估计函数用 $f(x)$ 表示

$$f(x) = w \cdot \varphi(x) + b \quad (1)$$

式中, w 表示权值向量, b 表示偏移量. 为优化公式(1)中的模型确定参数, 构造如下优化公式:

$$W(\alpha, \alpha^*) = -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*)(\alpha_j - \alpha_j^*)(\varphi(x_i), \varphi(x_j)) + \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*)y_i - \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) \quad (2)$$

其中:

$$w = \sum_{i,j=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*)x_j, \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) = 0, 0 \leq \alpha_i, \alpha_i^* \leq C$$

式中 W 是正规化函数, 用于控制训练集噪声或孤立点对模型的影响.

为避免维数灾难, 用核函数 $K(x_i, x)$ 代替高维空间中的向量内积 $(\varphi(x_i), \varphi(x_j))$, 此时 SVM 的估计函数 $f(x)$ 成为决策函数, 如式(3)

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*)K(x_i, x) + b \quad (3)$$

1.2 证据理论

证据理论是通过合成规则融合 2 个或多个证据体的信任函数, 决策依据来自融合函数, 其原理如下:

假设检测框架 Θ , 因此定义函数 $m: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 满足的条件如下: $m(\emptyset) = 0$, (\emptyset 为空集), $\sum m(A) = 1$ ($A \in 2^\Theta$), 假设 $m(A)$ 被称为框架 Θ 上的 BPA, BPA 为基本概率指派, 当 $A \neq \emptyset$ 时, 对命题 A 的精确信任程度可以用 $m(A)$ 来表示, 同时证据的不确定性用 $m(\Theta)$ 表示.

合成规则可以定义为: 检测框架 Θ 上不同证据的基本概率指派(BPA)为 m_1, m_2, \dots, m_n , 其正交和为 $m = m_1 \oplus m_2 \oplus \dots \oplus m_n$, 则

$$m(A) = \frac{\sum_{B \cap A_i = A} \sum_{j=1}^n m_j(A_i)}{1 - \sum_{B \cap A_i = \emptyset} \sum_{j=1}^n m_j(A_i)} \quad (4)$$

2 DS-SVM 的教学质量评价模型

2.1 教学质量评价模型工作框架

将整个数据集划分成学生、同行和督导团 3 类样本, 然后针对每一类样本建立一个支持向量机教学质量评价模型, 各支持向量机分别完成各自的评价指标到评价结果的映射, 以提高教学质量评价效率; 同时将 3 种支持向量机初步构成教学质量评价层, 将各自的评价结果看作一个证据体, 采用证据理论进行融合, 得到共同作用下的教学质量评价结果, 达到提高教学质量评价精度的效果, 这样综合利用了 DS 证据理论的推理能力和支持向量机优异的非线性逼近能力, 发挥了各自的优势, 基于 DS-SVM 的教学质量评价模型如图 1 所示. 该模型分为 2 层: ① 支持向量机的教学质量初步评价结果层; ② 证据理论对支持向量机结果的融合决策层.

2.2 建立教学质量评价指标体系

建立教学质量评价模型的同时应健全相应的评价指标体系, 教学质量的考核受制于多方因素, 不能简单量化为学生成绩, 或者学生评价、就业率等. 综合考虑并参照内江师范学院教务处提供的信息, 制定表 1. 决策者一般从以下几个方面考核教学质量及教学效果, 并以此设置分值, 教学设计(A1)占 25 分, 其中教学目标(B1)10 分, 教学内容(B2)15 分; 教学实施(A2)占 55 分, 其中施教过程(B3)30 分, 教师素养(B4)25 分; 教学效果(A3)占 20 分, 其中多维效果(B5)20 分. 该指标体系在一定程度上体现了教师的教学

过程,教师可以通过模型测评结果发现自身差距并改善教学质量,决策者亦可通过模型得出教师的不足之处,总结经验,改善策略,促进课堂教学水平的提高.

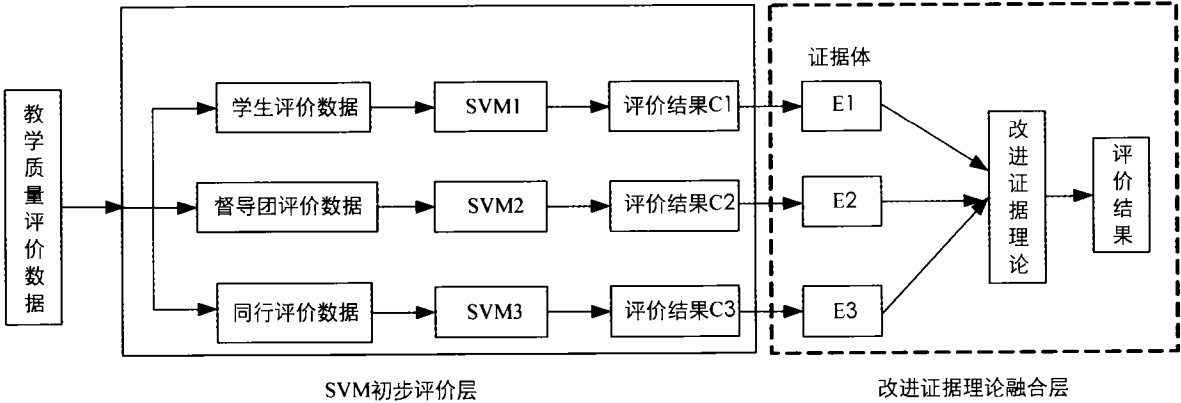


图 1 基于 DS-SVM 的教学质量评价模型关系示意图

表 1 教学质量评价指标体系

一级指标	二级指标	评价指标
教学 设计 (A1)	教学目标 (B1)	知识目标明确,体现专业性和职业指向性(C11) 情意目标合理,利于学生健康发展及培养(C12)
	教学内容 (B2)	内容正确完整,符合学生实际,难易适度(C21) 教学内容分配合理,确保学生主体地位(C22) 涉及前沿动态和成果,有教师独特见解(C23)
	施教过程 (B3)	环节自然紧凑完整,组织有序(C31) 重点突出,难点突破(C32) 具有启发性、互动性(C33) 学生活动安排合理,富有吸引力和挑战性(C34)
	教学实施 (A2)	教学方式恰当、有效,多媒体使用熟练(C35) 技能练习循序渐进、组织合理、形式新颖(C36)
	教师素养 (B4)	语言标准规范,准确精炼,板书规范(C41) 衣着得体,精神饱满,富有感染力(C42) 善于启发引导,课堂调控能力强(C43) 教学风格独特(C44) 理论造诣深,有改革创新精神(C45)
教学 效果 (A3)	多维效果 (B5)	学生性情愉悦,兴趣浓厚(C51) 学生思维活跃,学习专注(C52) 师生互动默契,氛围良好(C53) 掌握相应知识和技能,学有所获(C54)

2.3 AHP 法计算指标权重

在教学质量评价指标体系建立后,要对各项考核指标在总体评价中的地位即指标权重进行设定.本文采用层次分析法(AHP法)计算指标权重,层次分析法是由美国匹茨堡大学的 Thomas L. Saaty 教授提出的,通过建立具有相互影响关系的层次结构,使得复杂的问题简单化.

根据 AHP 法原理,再结合决策者对教学质量评价的要求,将评价体系分解为 4 个层次.教师的教学质量评价构成目标层 W;教学设计、教学实施和教学效果这 3 项一级指标构成主准则层 A;5 项二级指标构成成分准则层 B,由 20 项评价指标构成指标层 C. 确定递阶层次结构后,对准则层和指标层中元素的重要性进行两两比较,根据比较结果,构造出该层的判断矩阵,求出判断矩阵中最大的特征值 λ_{max} ,然后用解矩阵特征值的方法,计算出各指标的权重 ω . 指标元素两两判断矩阵及权重值如表 2 所示.

表 2 指标元素两两判断矩阵及权重值

	B1	B2	B3	B4	B5	ω	λ_{\max}	CR
B1	1	1/3	1/5	1/7	1/9	0.033 3	5.237 5	0.053 0<0.1
B2	3	1	1/3	1/5	1/7	0.063 4		
B3	5	3	1	1/3	1/5	0.128 9		
B4	7	5	3	1	1/3	0.261 5		
B5	9	7	5	3	1	0.512 6		

计算权重后, 还需要按以下公式进行一致性和随机性检验.

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$$
$$CR = CI/RI$$

(5)

公式(5)中, CI 为判断矩阵的一致性指标; λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值; n 为矩阵阶数; RI 为随机一致性指标, 具体数值见表 3; CR 为同阶次的平均随机一致性比率, 当 $CR<0.10$ 时, 表明判断矩阵具有令人满意的一致性, 否则需要调整矩阵数据.

表 3 平均随机一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.54	0.88	1.14	1.27	1.38	1.42	1.46

利用收集到的评价数据统计分析, 通过 MATLAB 软件对分准则层和指标层的权重逐一进行计算, 并通过一致性检验, 最终得出各指标的权重值, 如表 4 所示.

表 4 教学质量评价各项指标权重

分准则层	权重	指标层	权重	分准则层	权重	指标层	权重
教学目标(B1)	0.1	C11	0.64	施教过程(B3)	0.3	C31	0.25
		C12	0.36			C32	0.18
教学内容(B2)	0.15	C21	0.48			C33	0.21
		C22	0.23			C34	0.09
		C23	0.29			C35	0.16
						C36	0.11
教师素养(B4)	0.25	C41	0.37	多维效果(B5)	0.2	C51	0.24
		C42	0.22			C52	0.28
		C43	0.14			C53	0.25
		C44	0.19			C54	0.22
		C45	0.08				

2.4 DS-SVM 教学质量评价模型的工作步骤

- 1) 首先采用支持向量机对学生、同行、督导团的教学质量进行评价, 得到相应的教学质量评价结果.
- 2) 构造证据. 将每一支持向量机评价结果输出作为一个证据体, 则支持向量机输出形式为

$$P(y = 1 | x) \approx P_{A_s, B_s}(g) = \frac{1}{1 + \exp(A_s g + B_s)}$$

(6)

式中, A_s 和 B_s 为后验概率; g 是 SVM 的输出值. 通过最大似然法计算 A_s 和 B_s , 再利用训练集学习, 得到相应的评价精度 r_i , BPA 函数可定义为

$$m(A_i) = P_i r_i$$

(7)

- 3) 教学质量评价的结果融合成最终结果判决. 将信度值带入公式(4) 计算其余证据联合信度, 得到教学质量的评价结果. 决策规则有 4 个:

- ① 信度最大的类作为目标类;
- ② 指派值(目标类的信度与不确定性信度) 的差大于某一门限阈值(ϵ_2);
- ③ 信度差(目标类与其他类) 需大于某一门限阈值(ϵ_1);
- ④ 不确定性信度指派值需小于某一门限阈值(ϵ_3).

3 实验结果及分析

3.1 数据来源

教学质量评价模型的实验背景和参数如下：计算机硬件配置为 CPU P42.8 GMHZ, RAM 4GB, 操作系统 Windows XP 的 PC 机及 VC++ 软件平台. 实验数据来自四川省内江师范学院《计算机网络技术》课程的学生、同行、督导团的 1 000 个评价数据, 每类数据按 4 : 1 划分成训练集和测试集 2 部分. 每一组数据包括指标层的 20 个评价指标, 由于篇幅有限, 只列出了归一化后学生的部分评价数据, 如表 5 所示.

表 5 归一化后的教学质量评价数据

序号	x_1	x_2	x_3	...	x_{20}	y
1	92.65	95.52	78.91	...	92.25	92.05
2	74.66	83.26	90.79	...	74.29	87.15
3	91.02	95.18	83.16	...	90.85	91.66
4	63.96	96.67	77.18	...	64.46	73.90
5	76.34	77.34	57.35	...	76.05	67.69
6	77.72	94.58	95.01	...	78.36	99.59
7	78.51	89.42	89.84	...	78.82	95.00
8	87.59	81.48	80.66	...	87.81	88.47
9	39.16	50.72	47.72	...	38.98	76.50
...

3.2 数据预处理

由于教学质量评价指标存在权重、量纲、数量级不同等问题, 造成数据变化的范围也不一样, 加之督导团、同行和学生的评价打分也存在部分错误数据, 为了使各个指标规范化, 有可比性, 需要将数据进行预处理, 使指标值归一量化在闭区间 0~1 之间. 第 i 个指标用 x_i 表示, 第 i 个指标的最小值和最大值用 x_{imin} 和 x_{imax} 表示, 最终归一化后的结果用 x'_i 表示. 具体归一化预处理公式如下所示

$$x'_i = \frac{x_i - x_{imin}}{x_{imax} - x_{imin}}$$

(8)

3.3 SVM 初步教学质量评价

将学生评价数据、督导团评价数据、同行评价数据分别输入 SVM 进行学习, 采用 10 折交叉验证法选择 SVM 参数, 然后建立多个评价模型, 其评价主体为学生、督导团、同行, 在评价模型的基础上综合成教学质量评价模型, 以实验数据为测试集, 评价得到的结果如表 6 所示. 从表 6 得出, 采用学生评价数据、督导团评价数据、同行评价数据均难以准确、全面地描述教学质量, 评价的精度较低, 结果不可靠.

表 6 SVM 教学质量的初步评价结果

评价模型	评价精度
学生评价模型	78.89
督导团评价模型	72.05
同行评价数据	76.67

3.4 DS-SVM 的评价结果

决策规则的门槛阈值分别为 $\epsilon_1 = 0.65$, $\epsilon_2 = 0.45$, $\epsilon_3 = 0.35$, 由此计算出各种特征和信度函数的值. 根据信度值采用 DS 证据理论对学生评价模型、督导团评价模型、同行评价模型的评价结果进行综合. 模型筛选了 800 个评价数据做为训练样本, 剩余 200 个评价数据做为测试样本, 对所有样本进行归一化预处理, 然后将训练样本输入到 DS-SVM 支持向量机进行学习, 利用粒子群 PSO 算法对向量机参数进行优化, 得到参数差值 $\epsilon_i - \epsilon_j$ 及 R , 根据所得参数 $\epsilon_i - \epsilon_j$ 和 R 建立测试模型, 输入测试样本指标, 得到教学质量评价, 再与训练模型进行检测, 实际输出和模型计算值的相关系数为 0.985 5, 实际输出与模型输出结果如图 2 所示. 对比 2 种输出, 发现实际输出样本与模型输出样本均匀分布在基准线附近, 模型样本的拟合精度较高. 实验结果表明, 本文的证据理论和支持向量机相融合的教学质量评价方法是有效的、可行的.

3.5 评价模型比较

为了评价 DS-SVM 模型的优劣，与 DS-BP 神经网络 (DS-BPNN) 模型和传统加权组合模型比较，DS-BPNN、传统加权组合模型实际输出值与模型计算值拟合效果如图 3,4 所示，各模型的评价性能见表 7。对表 7 与图 3,4 的仿真效果进行比较与分析，得出如下结论：

1) DS-SVM 的评价结果要优于 DS-BPNN 的评价结果，这主要是由于支持向量机基于结构风险最小化原理，较好地克服了神经网络拟合差、收敛速度慢等不足，可以更好地刻画教学质量评价指标和评价结果之间复杂的非线性关系，因此，能够获得更加理想的教学质量评价结果。

2) DS-SVM 评价结果优于传统组合模型，主要是由于传统组合模型难以描述指标与输出结果间的非线性变化关系，因此其评价结果值与实际值偏差较大，而本文的 DS-SVM 采用 SVM 评价结果构造 DS 证据理论的信度指派，再根据证据组合规则综合了来自学生、督导团、同行等多个教学评价结果，可以明显区分每个模型对最终评价结果的贡献，提高了教学质量评价精度，而且评价结果更加科学、可信。

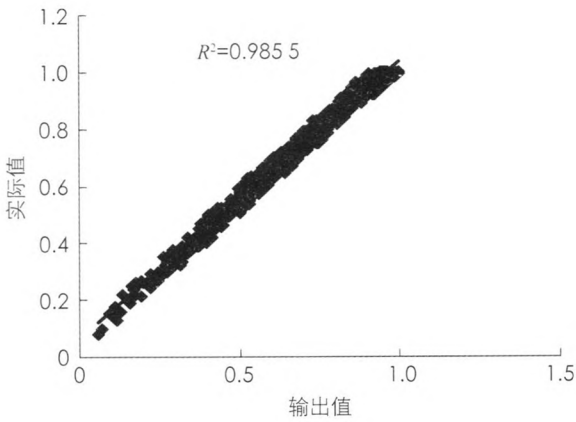


图 2 实际输出与 DS-SVM 输出相关性变化曲线

表 7 比较各模型评价的性能

评价模型	评价精度 / %	相关系数
传统加权组合模型	91.16	0.845 5
DS-BPNN	93.22	0.954 3
DS-SVM	95.35	0.985 5

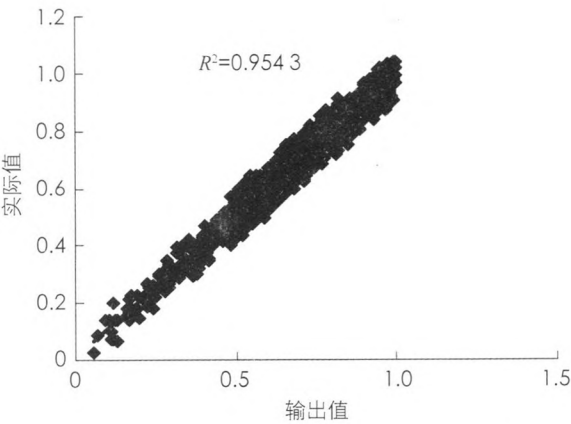


图 3 实际输出与 DS-BPNN 输出相关性变化曲线

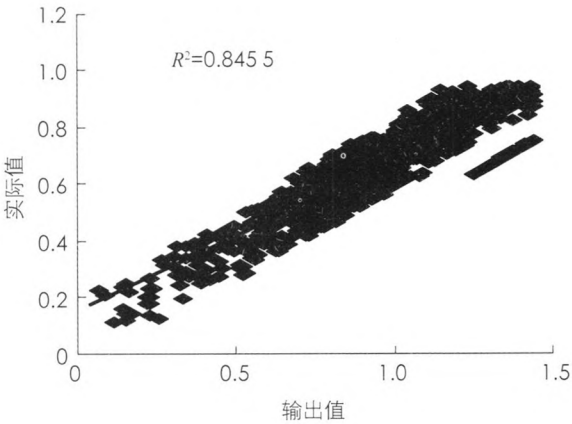


图 4 传统加权组合模型输出相关性变化曲线图

4 结束语

教学质量评价是教师综合评价系统中的一个重要分支，为了公正、客观地对教师教学工作进行评价，提高教学水平，推进教育改革，本文提出了证据理论和支持向量机相融合的教学质量评价方法。实验表明本文构建的教学质量评价模型的输出值与真实值间吻合性好，评价结果误差较小，可以满足教学质量评价的要求。教学质量评价是一个系统工程，并且是一个较有争议的研究课题，本文的理论研究和应用还处于起步阶段，还有许多待解决的问题，如没有考虑学生的就业率及薪资水平，没有对教师的教学及科研能力进行评价。

参考文献:

- [1] 陈 健, 孙济庆, 吉久明. 基于定量方法的外国教学参考书评价研究 [J]. 图书馆论坛, 2014, 34(3): 34—39.
- [2] 马 红. 运用灰色趋势关联方法评价教学质量 [J]. 武汉理工大学学报, 2010, 32(15): 181—184.
- [3] 刘 伟, 孙 林. 基于支持向量机的教学质量评价 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2010, 33(7): 968—971.
- [4] 刘嘉南, 胡今鸿, 王晓迪. 高校实验教学质量保障与评价体系探析与实践 [J]. 实验技术与管理, 2013, 30(8): 129—131.
- [5] 孙晓玲, 王 宁, 梁 艳. 应用 BP 神经网络的教学评价模型及仿真 [J]. 计算机仿真, 2010, 27(11): 314—318.
- [6] 许 敏, 王士同. PSO 优化的神经网络在教学质量评价中的应用 [J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(20): 5327—5329, 5332.
- [7] 周世官, 苏日娜. 模糊神经网络在课堂教学质量评价中的应用 [J]. 计算机仿真, 2008, 25(5): 287—289.
- [8] 范雪扬, 陈小卫, 马 琳, 等. 基于变精度粗糙集的高校课堂教学质量评价模型 [J]. 数学的实践与认识, 2013, 43(8): 98—103.
- [9] WANG Y M, YANG J B, XU D L, et al. The Evidential Reasoning Approach for Multiple Attribute Decision Analysis Using Interval Belief Degrees [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 175(1): 35—66.

On Teaching Quality Evaluation Based on Support Vector Machine and Evidence Theory

WU Li, LIU Yi-he

School of Computer Science, Neijiang Normal University, Neijiang Sichuan 641112, China

Abstract: A teaching quality evaluation method has been proposed based on support vector machine and evidence Theory (DS-SVM), in order to improve the evaluation reliability of teaching quality. In the view of information fusion, firstly, the evaluation index system has been established, and the evaluation model of teaching quality for students, peer supervision group has also been established based on support vector machine, and then the results of support vector machine have been used to determine the values of reliability function. Finally, the DS evidence theory has been used to fuse the reliability function to obtain teaching quality evaluation results. The simulation experiment results show that DS-SVM method is feasible. Inos-
culation of teaching quality evaluation model between output value and the actual value is high, the evaluation result error is small. The application of the model can be used as a reference of the similar research and try new things.

Key words: teaching quality; evidence theory; support vector machine; evaluation model

责任编辑 崔玉洁