

# 基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法 ——以算法设计与分析课程为例

张春霞 牛振东 施重阳 商建云

(北京理工大学计算机学院 北京 100081)

**摘要** 教育目标包括认知领域目标、动作技能领域目标和情感领域目标。情感领域目标教育已受到越来越多教育者和众多领域学者的关注和研究。学习者的情感在传统教育和网络教育中都起着十分重要的作用,影响着学习者的学习主动性、积极性、创造性以及学习效果。基于多年承担本科生和硕士生的算法相关课程的教学实践,构建了细粒度学习情感本体,提出了基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法。细粒度学习情感本体的特点是引入了课程知识点之间的多种语义关系,构建了基于知识点的教师情感反馈行为分类。学习效果评估方法的特点是构建了基于细粒度学习情感本体中知识点关系路径的学习情感演化模型,并应用该模型来评估学习效果。

**关键词** 细粒度学习情感本体,学习效果评估,学习情感演化模型,算法课程

中图分类号 TP182 文献标识码 A

## Learning Effect Evaluation Method Based on Fine-granularity Learning Emotion Ontology

——Taking Algorithm Design and Analysis Course as Example

ZHANG Chun-xia NIU Zhen-dong SHI Chong-yang SHANG Jian-yun

(School of Computer Science, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract** Education goals include cognitive domain goal, motor skill domain goal and emotional domain goal. Education of emotional domain goal has received attentions and research of more and more pedagogues and scholars of many domains. Emotions of learners play an important role in traditional education and network education, and they affect learning initiative, enthusiasm, creativity and learning effects of learners. According to authors' teaching practices of algorithm related courses of undergraduates and master graduates for many years, this paper built a fine-granularity learning emotion ontology, and proposed a learning effect evaluation method based on fine-granularity learning emotion ontology. The characteristics of the fine-granularity learning emotion ontology are that it introduces multiple semantic relations among knowledge points of courses, and constructs a classification of emotion feedback actions of teachers. The traits of the learning effect evaluation method are that it builds the evolutionary model of learning emotion based on relational paths of knowledge points in the fine-granularity learning emotion ontology, and this model can be used to evaluate learning effects of learners.

**Keywords** Fine-granularity learning emotion ontology, Learning effect evaluation, Evolutional model of learning emotion, Algorithm course

近年来,情感教育已受到越来越多教育者和众多领域学者的关注和研究。Bloom指出,教育目标包括情感领域目标、认知领域目标和动作技能领域目标<sup>[1-2]</sup>。学习者的情感在传统教育和网络教育中都起着非常重要的作用,它影响着学习者的学习主动性、积极性、学习效果,以及发现问题和解决问题的能力<sup>[3]</sup>。文献[4]探讨了在网络教育中如何通过积极情感和正面情绪来提高学习者的学习效果和学习效率。文献[5]分析了教师如何通过正面情感来疏导和化解学生的负面情感,从而提高学生学习的积极性。文献[6]构建了社交学习网络情感交互模型,该模型能够识别网络教育中学习者的情

感状态,情感状态包括快乐、痛苦、紧张、平静、惊奇和厌恶6种类别。文献[1]论述了在高校数学相关课程的教学教师如何根据学生的情感需要通过情感教学手段来提高教学效果。文献[7]设计了一种基于情感学习本体的教学反馈策略构建方法。该情感学习本体包括情感分类、情感反馈策略、教学过程、认知状态等。教学反馈策略构建的基本思想是,首先获取学习者的认知状态和情感状态,然后通过本体推理规则来生成情感反馈策略和认知反馈策略。

本文基于作者多年承担本科生和硕士生的算法相关课程的教学实践,以课程知识点作为学习者的学习情感分析对象,

本文受北京理工大学学位与研究生教育发展研究课题(YJYJG2015-B16),北京理工大学研究生学术型精品课程课题(XSKC2016020),北京理工大学研究生教学团队建设课题(YJXTD-2015-A03)资助。

张春霞(1974—),女,博士,副教授,主要研究方向为大数据搜索与挖掘、知识工程等,E-mail:cxzhang@bit.edu.cn(通信作者);牛振东(1968—),男,博士,教授,主要研究方向为智能信息处理等,E-mail:zniui@bit.edu.cn;施重阳(1980—),男,博士,讲师,主要研究方向为数据挖掘和信息检索等,E-mail:cy\_shi@bit.edu.cn;商建云(1965—),女,博士,高级工程师,主要研究方向为大数据搜索与挖掘等,E-mail:shangjia@bit.edu.cn。

构建了细粒度的学习情感本体,提出了基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法。

细粒度学习情感本体的特点是:1)构建了课程知识点之间的多种语义关系,包括先修关系、上下位关系、整体部分关系、因果关系;2)细粒度学习情感本体引入了知识点类型、认知目标和难易程度;3)构建了基于知识点的教师情感反馈行为分类。基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法的特点是:一方面,构建了基于课程知识点关系路径的学习者的学习情感演化模型,刻画了学习者对关联知识点的学习情感极性和幅度变化的个性特点。另一方面,利用学习情感演化模型来评估学习效果,根据评估结果发现学习者的薄弱知识点等,进而提高学习者的学习效果。

## 1 细粒度学习情感本体

### 1.1 细粒度学习情感课程本体

基于情感学习和情感教育的相关工作<sup>[2,7-9]</sup>,本文定义了细粒度学习情感通用本体。

**定义 1** 细粒度学习情感通用本体是一个九元组 $(S, T, P, Ty, D, R, G, E, F)$ ,其中 $S$ 为学习者集合, $T$ 为教师集合, $P$ 为课程的知识点集合, $Ty$ 为知识点的类型集合, $D$ 为知识点的难易程度集合, $R$ 为知识点的关系集合, $G$ 为学习者对知识点的认知目标集合, $E$ 为学习者对知识点的学习情感分类集合, $F$ 为教师对学习者的情感反馈行为分类集合。

在细粒度学习情感通用本体的基础上,本文定义了细粒度学习情感课程本体。

**定义 2** 细粒度学习情感课程本体是指面向课程的细粒度学习情感本体,其中:

- 1)知识点的类型集合 $Ty = \{事实性知识,概念性知识,程序性知识,元认知知识\}$ ;
- 2)知识点的难易程度集合 $D = \{难,较难,一般,较易,易\}$ ;
- 3)知识点的关系集合 $R = \{上下位关系,整体部分关系,因果关系,先修关系\}$ ;
- 4)学生对知识点的认知目标集合 $G = \{记忆,理解,应用,分析,评价,创造\}$ ;
- 5)学生对知识点的学习情感分类集合 $E = \{积极情感集,中性情感集,消极情感集\}$ ,其中积极情感集 $= \{快乐\}$ ,中性情感集 $= \{惊讶\}$ ,消极情感集 $= \{悲伤,恐惧,愤怒,厌恶\}$ ;
- 6)教师对学生的情感反馈行为分类集合 $F = \{增强正面,增强负面,减弱正面,减弱负面\}$ 。

本文根据 Bloom 的认知目标分类以及对其修订的二维框架可知,知识点类型包括事实性知识、概念性知识、程序性知识和元认知知识<sup>[2,7-8,10]</sup>。例如,在算法设计与分析课程中,知识点“标准复杂性函数的渐近关系”是事实性知识;知识点“算法的特征和评价标准”的类型为概念性知识;知识点“动态规划算法的求解步骤”的类型为程序性知识;知识点“判别最大子段和问题的性质”的类型为元认知知识,知识点的难易程度分为 5 个等级:难、较难、一般、较易和易。

课程知识点之间的关系包括上下位关系、整体部分关系、先修关系和因果关系。例如,在算法设计与分析课程中,知识

点“判别应用问题性质”与知识点“判别最大子段和问题的性质”的关系为上下位关系;知识点“算法的特征”与知识点“算法的有限性”为整体部分关系;知识点“动态规划算法的基本思想”与知识点“动态规划算法的求解步骤”为先修关系,即需要首先学习动态规划算法的基本思想,然后学习该算法的求解步骤;知识点“回溯法的搜索方式”与知识点“回溯法的扩展节点的扩展方式”为因果关系,知识点“分支限界法的搜索方式”与知识点“分支限界法的扩展节点的扩展方式”也为因果关系。

根据 Bloom 的认知目标分类以及对其修订的二维框架可知,学生对知识点的认知目标包括记忆、理解、应用、分析、评价和创造 6 种<sup>[2,7-8,10]</sup>。例如,知识点“渐近时间复杂度的记号”的认知目标是记忆;知识点“动态规划算法的最优子结构性质的认知目标是理解;知识点“运用动态规划算法求解最大子段和问题的测试用例”的认知目标是应用;知识点“回溯法和分支限界法的异同点”的认知目标是分析;知识点“评价快速排序算法的有效性”的认知目标是评价;知识点“求解钓鱼问题”的认知目标是创造。

根据 Ekman 的情感模型可知,学生对知识点的学习情感分类集合包括积极情感集、中性情感集和消极情感集。其中,积极情感集包括快乐,中性情感集包括惊讶,消极情感集包括悲伤、恐惧、愤怒、厌恶<sup>[2,7,11-13]</sup>。

教师对学生的情感反馈行为分类集合包括 4 种类别:增强正面、增强负面、减弱正面、减弱负面。文献<sup>[7,12]</sup>构建了正向、负向和控制负向情感反馈。本文的“增强正面”是指教师向学生反馈增强学生积极情感状态的行为,例如,教师反馈鼓励行为。“减弱反面”是指教师向学生反馈减弱学生消极情感状态的行为,例如,教师反馈批评行为。

### 1.2 细粒度学习情感算法课程本体

下面以算法设计和分析课程为例来阐述细粒度学习情感算法课程本体。表 1 给出了最大子段和应用案例的相关知识。该应用案例的知识点的关系图如图 1 所示。表 2 给出了学生对该应用案例中知识点“构建动态规划状态转移方程”的学习情感分类和教师的情感反馈行为分类。

表 1 最大子段和应用案例的知识点

编号	知识点	知识点类型	难易程度	认知目标
1	判别应用问题性质	元认知知识	较难	评价
2	判别最大子段和问题性质	元认知知识	较难	评价
3	判别最优子结构性质的	概念性知识	较难	理解
4	判别子问题重叠性质	概念性知识	一般	理解
5	动态规划算法的适用条件	事实性知识	一般	记忆
6	基本思想	概念性知识	较难	分析
7	构建动态规划状态转移方程	程序性知识	难	创造
8	算法的求解步骤	程序性知识	一般	应用
9	测试用例的求解步骤	程序性知识	一般	应用
10	动态规划算法的思维方法	元认知知识	一般	评价
11	与分治法的异同点	元认知知识	一般	分析
12	存在问题	概念性知识	较易	分析

图 1 中知识点的关系包括上下位关系、整体部分关系和先修关系。例如,知识点“算法的求解步骤”与“测试用例的求解步骤”为上下位关系;知识点“判别最大子段和问题性质”与“判别最优子结构性质的”为整体部分关系;知识点“基本思想”和“构建动态规划状态转移方程”为先修关系。

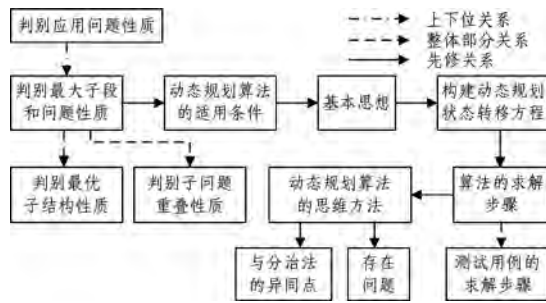


图1 最大子段和应用案例的知识点关系图

表2 细粒度学习情感算法课程本体中知识点及学生情感和教师情感反馈行为示例

知识点	学生情感	学生学习情感分类	教师情感反馈行为分类
构建动态规划状态转移方程	快乐	积极	增强正面
	惊讶	中性	增强正面
	悲伤	消极	减弱负面
	恐惧	消极	减弱负面
	愤怒	消极	增强正面
	厌恶	消极	增强正面

## 2 基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法

在基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法中,首先选择样本知识点;其次设计样本知识点的调查问卷;然后请学生填写调查问卷;最后对调查问卷进行统计分析,得出学习效果的结果。下面以算法设计与分析课程为例来阐述具体的评估方法。

### 2.1 选择样本知识点

选择课程中具有代表性的知识点作为样本知识点。样本知识点的选择遵循如下准则:

1) 样本知识点的知识类型包括事实性知识、概念性知识、程序性知识、元认知知识。根据课程的教学目标来设定不同类型的样本知识点的比例。例如,算法设计与分析课程的教学目标主要是培养学生针对实际应用问题的算法设计和分析能力,因此该课程的样本知识点以程序性类型和元认知类型的知识点为主,其次是概念性和事实性类型的知识点。

2) 样本知识点的难易程度包括难、较难、一般、较易和易5个等级。样本知识点的不同难易程度等级的比例可以参考课程考核中知识点的难易程度的比例。例如,算法设计与分析课程的样本知识点的难易程度以较难和一般为主,其次是难、较易和易的知识点。

3) 样本知识点之间的关系包括上下位关系、整体部分关系、因果关系和先修关系。例如,算法设计与分析课程中,样本知识点之间的关系主要以先修关系、上下位关系为主,其次是整体部分关系、因果关系。

4) 样本知识点的认知目标覆盖6种认知目标:记忆、理解、应用、分析、评价和创造<sup>[2,7-8,10]</sup>。根据课程的教学目标来设定不同认知目标的样本知识点的比例。例如,算法设计与分析课程的样本知识点以认知目标为分析、应用和创造的知识点为主,其次是认知目标为记忆、理解和评价的知识点。

5) 样本知识点包括课程的主要核心内容。例如,算法设计与分析课程主要学习5种算法:分治法、动态规划算法、贪

心算法、回溯法和分支限界法。样本知识点可以选择每种算法的一个或多个典型应用案例进行评估。例如,这5种算法的典型应用案例分别可以选择线性时间选择问题、0-1背包问题、活动安排问题、装载问题、旅行商问题。

### 2.2 设计和填写调查问卷

根据课程的样本知识点,设计调查问卷的题目。针对每个样本知识点,构建5个选择题。例如,对于算法设计与分析课程中知识点“最优子结构性质”,构建如下调查问卷题目。

1) 单选题,题干是“该知识点的知识类型是什么”,选项是“A. 事实性知识;B. 概念性知识;C. 程序性知识;D. 元认知知识”。

2) 单选题,题干是“该知识点的难易程度是什么”,选项是“A. 难;B. 较难;C. 一般;D. 较易;E. 易”。

3) 多选题,题干是“该知识点的认知目标是什么”,选项是“A. 记忆;B. 理解;C. 应用;D. 分析;E. 评价;F. 创造”。

4) 多选题,题干是“你对学习该知识点的情感状态是什么”,选项是“A. 快乐;B. 惊讶;C. 悲伤;D. 恐惧;E. 愤怒;F. 厌恶”。

5) 多选题,题干是“你希望老师对你学习情感的情感反馈行为是什么”,选项是“A. 增强正面;B. 增强负面;C. 减弱正面;D. 减弱负面”。

根据课程的学习进度,可以不定期选择样本知识点,设计调查问卷,请学生填写调查问卷。针对不同样本知识点,也可以抽查不同学生填写调查问卷。

### 2.3 分析调查问卷

为能够全面准确地反映学生的学习效果,本文设计了学习情感演化模型来对调查问卷进行统计分析。首先,对学生的6种学习情感赋予不同的极性和情感值:积极情感“快乐”的极性为正面,情感值大于零;中性情感“惊讶”的极性为中性,情感值为零;消极情感“悲伤,恐惧,愤怒,厌恶”的极性为负面,情感值小于零。

设学习者集合  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ , 其中  $s_1, s_2, \dots, s_m$  为学生。知识点关系路径集合  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ , 其中  $p_1, p_2, \dots, p_n$  为知识点关系路径。进一步,  $p_i = \{p_{i1}, r_{i1}, p_{i2}, r_{i2}, \dots, p_{ij}, r_{ij}\}$ , 其中  $p_{i1}, \dots, p_{i2}, \dots, p_{ij}$  为知识点,  $r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ij-1}$  为关系,  $Et(x, y)$  表示学生  $x$  对知识点  $y$  的情感值。

定义3 学习情感演化模型是二元组  $(X, Y)$ , 其中  $X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10})$  为统计对象集合,  $Y = (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6)$  为统计度量指标集合, 对  $X$  中的每个统计对象采用  $Y$  中的统计度量指标进行统计分析。

1)  $X_1 = \{Et(s_1, p), Et(s_2, p), \dots, Et(s_m, p)\}$ , 即任一知识点  $p$  的所有学生的学习情感值;

2)  $X_2 = \{Et(s_1, p_{ik}) - Et(s_1, p_{ik-1}), \dots, Et(s_m, p_{ik}) - Et(s_m, p_{ik-1})\} (2 \leq k \leq j_i)$ , 即任意两个相邻知识点的所有学生的学习情感值的变化值;

3)  $X_3 = \{Et(s_k, p_{i1}), Et(s_k, p_{i2}), \dots, Et(s_k, p_{ij})\} (1 \leq k \leq m)$ , 即每名学生的任意一条知识点关系路径上知识点的学习情感值;

4)  $X_4 = \{Et(s_k, p_{i2}) - Et(s_k, p_{i1}), \dots, Et(s_k, p_{ij}) - Et(s_k, p_{ij-1})\} (1 \leq k \leq m)$ , 即每名学生的任意一条知识点关系路径上知识点的学习情感值的变化值;

5)  $X_5$  为每名学生的每条知识点关系路径上知识点的学习情感值的平均值序列,  $1 \leq k \leq m$ ;

$$X_5 = \left\{ \frac{\sum_{y=1}^{j_1} Et(s_k, p_{1y})}{j_1}, \frac{\sum_{y=1}^{j_2} Et(s_k, p_{2y})}{j_2}, \dots, \frac{\sum_{y=1}^{j_n} Et(s_k, p_{ny})}{j_n} \right\}$$

6)  $X_6$  为每名学生的每条知识点关系路径上相邻两个知识点的学习情感值的变化值的平均值序列,  $1 \leq k \leq m$ ;

$$X_6 = \left\{ \frac{\sum_{y=2}^{j_1} Et(s_k, p_{1y}) - Et(s_k, p_{1y-1})}{j_1}, \dots, \frac{\sum_{y=2}^{j_n} Et(s_k, p_{ny}) - Et(s_k, p_{ny-1})}{j_n} \right\}$$

7)  $X_7$  为所有学生的每条知识点关系路径上知识点的学习情感值的平均值,  $AveEmo(s_k, p_1)$  为学生  $s_k$  在知识点关系路径  $p_1$  上所有知识点的学习情感值的平均值;

$$X_7 = \left\{ \frac{\sum_{k=1}^m AveEmo(s_k, p_1)}{m}, \dots, \frac{\sum_{k=1}^m AveEmo(s_k, p_n)}{m} \right\}$$

8)  $X_8$  为所有学生的每条知识点关系路径上知识点的学习情感值的变化值的平均值,  $AveEmoDif(s_k, p_1)$  为学生  $s_k$  在知识点关系路径  $p_1$  上任意两个相邻知识点的学习情感值的变化值的平均值;

$$X_8 = \left\{ \frac{\sum_{k=1}^m AveEmoDif(s_k, p_1)}{m}, \dots, \frac{\sum_{k=1}^m AveEmoDif(s_k, p_n)}{m} \right\}$$

9)  $X_9$  为每名学生的所有知识点关系路径上知识点的学习情感值的平均值;

$$X_9 = \left\{ \frac{\sum_{k=1}^n AveEmo(s_1, p_k)}{n}, \dots, \frac{\sum_{k=1}^n AveEmo(s_m, p_k)}{n} \right\}$$

10)  $X_{10}$  为每名学生的所有知识点关系路径上知识点的学习情感值的变化值的平均值;

$$X_{10} = \left\{ \frac{\sum_{k=1}^n AveEmoDif(s_1, p_k)}{n}, \dots, \frac{\sum_{k=1}^n AveEmoDif(s_m, p_k)}{n} \right\}$$

11)  $Y_1$  为比例相对指标;  $Y_2$  为平均指标;  $Y_3$  为变异指标极差;  $Y_4$  为变异指标极差系数;  $Y_5$  为变异指标平均差;  $Y_6$  为变异指标平均差系数。

下面阐述学习情感演化模型的具体统计度量方法。

1) 单个样本知识点

根据学生的调查问卷, 针对每个样本知识点的所有学生的学习情感值  $X_1$ , 采用表 3 所列的统计度量指标和方法。  
 ①比例相对指标, 计算 6 种学习情感分别所占的比例; ②平均指标, 计算学习情感值的平均值; ③变异指标极差, 计算学习情感值的极差, 即学习情感值的最大值与最小值的差; ④变异指标平均差, 计算学习情感值的平均差, 即学习情感值与其平均值之差的绝对值之和的平均值; ⑤变异指标极差系数, 计算学习情感值的极差系数, 即学习情感值的极差与其平均值的比值; ⑥变异指标平均差系数, 计算学习情感值的平均差系数, 即学习情感值的平均差与其平均值的比值。

表 3 一个知识点的学习情感的统计度量指标和方法

序号	统计度量指标	统计度量方法
1	比例相对指标	不同学习情感分别所占的比例
2	平均指标	学习情感值的平均值
3	变异指标极差	学习情感值的极差
4	变异指标平均差	学习情感值的平均差
5	变异指标极差系数	学习情感值的极差系数
6	变异指标平均差系数	学习情感值的平均差系数

2) 两个样本知识点

对于具有上下位关系、整体部分关系、因果关系或先修关系的两个相邻知识点的所有学生学习情感值的变化值  $X_2$ , 采用表 4 所列的统计度量指标和方法。  
 ⑦比例相对指标, 计算学习情感极性从正面转变为负面所占的比例; ⑧比例相对指标, 计算学习情感极性从负面转变为正面所占的比例; ⑨比例相对指标, 计算学习情感值的变化值为非负数所占的比例; ⑩比例相对指标, 计算学习情感值的变化值为负数所占的比例; ⑪平均指标, 计算学习情感值的变化值的平均值; ⑫变异指标极差, 计算学习情感值的变化值的极差; ⑬变异指标平均差, 计算学习情感值的变化值的平均差; ⑭变异指标极差系数, 计算学习情感值的变化值的极差系数; ⑮变异指标平均差系数, 计算学习情感值的变化值的平均差系数。

表 4 两个知识点的学习情感的统计度量指标和方法

序号	统计度量指标	统计度量方法
7	比例相对指标	学习情感极性从正面转变为负面所占的比例
8	比例相对指标	学习情感极性从负面转变为正面所占的比例
9	比例相对指标	学习情感值变化值为非负数所占的比例
10	比例相对指标	学习情感值变化值为负数所占的比例
11	平均指标	学习情感值变化值的平均值
12	变异指标极差	学习情感值变化值的极差
13	变异指标平均差	学习情感值变化值的平均差
14	变异指标极差系数	学习情感值变化值的极差系数
15	变异指标平均差系数	学习情感值变化值的平均差系数

3) 知识点关系路径

对于具有上下位关系、整体部分关系、因果关系或先修关系的两个知识点, 构建连接这两个知识点的边。若知识点关系路径上任意两个相邻知识点的关系为先修关系, 则称为先修关系知识点路径。若知识点关系路径上任意相邻两个知识点的关系为上下位关系、整体部分关系或因果关系, 则分别称为上下位关系知识点路径、整体部分关系知识点路径或因果关系知识点路径。

对于每一种关系路径, 构建两类统计度量指标和方法, 针对任一学生的知识点关系路径; 针对所有学生的知识点关系路径。

1) 针对任一学生的知识点关系路径

对于每名学生的知识点关系路径: 第一, 对每名学生的单条知识点关系路径上知识点的学习情感值  $X_3$ , 采用类似于表 3 的统计度量指标和方法; 第二, 对每名学生的单条知识点关系路径上知识点的学习情感值的变化值  $X_4$ , 采用类似于表 4 的统计度量指标和方法; 第三, 对于每名学生的每条知识点关系路径, 根据每条路径上所有知识点的学习情感值的平均值  $X_5$ , 计算它们的平均值、极差、极差系数、平均差、平均差系数; 第四, 对于每名学生的每条知识点关系路径, 根据每条路径的学习情感值变化值的平均值  $X_6$ , 计算它们的平均值、极差、平均差、极差系数和平均差系数。

2) 针对所有学生的知识点关系路径

对于所有学生的知识点关系路径: 一方面, 根据每名学生的单条路径、所有路径的学习情感值的平均值  $X_7$  和  $X_9$ , 分别计算所有学生的这些度量值的平均值、极差、平均差、极差系数和平均差系数; 另一方面, 根据每名学生的单条路径、所有路径的学习情感值的变化值的平均值  $X_8$  和  $X_{10}$ , 分别计算所

有学生的这些度量值的平均值、极差、平均差、极差系数和平均差系数。

#### 2.4 学习效果的评价

基于学习情感演化模型,单个样本知识点的学习效果评估方法为:1)学习情感为积极情感和中性情感所占比例尽可能大,学习情感值的平均值尽可能大;2)学习情感值的极差、平均差、极差系数和平均差系数尽可能小。

对于两个知识点,学习效果的评价方法为:1)学习情感极性从负面转变为正面所占的比例尽可能大,学习情感极性从正面转变为负面所占的比例尽可能小;2)学习情感值的变化值为非负数所占的比例尽可能大,学习情感值变化值为负数所占的比例尽可能小;3)学习情感值变化值的平均值、极差、平均差、极差系数和平均差系数尽可能小。

对于每名学生或所有学生的知识点关系路径,即统计对象为  $X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}$  中的元素,学习效果的评价方法为:1)关于知识点关系路径上学习情感值的度量指标中,平均值尽可能大,极差、平均差、极差系数和平均差系数尽可能小;2)在关于知识点关系路径上学习情感值的变化值的度量指标中,平均值、极差、平均差、极差系数和平均差系数应尽可能小。

**结束语** 教师不仅承担以认知教育为目标的教學任务,而且承担情感教育的重任。本文旨在通过学习者对知识点、知识点关系路径的学习情感值及其变化值来评估学习效果。为此,首先构建了细粒度学习情感本体、细粒度学习情感课程本体,它们以知识点为学习情感的认知单元,刻画了知识点的相关特性,包括类型和认知目标等,形成了面向知识点的学习情感分类和教师情感反馈行为分类框架;然后提出了一种基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法,该方法通过学习情感演化模型来描述面向知识点及其关系路径的学习情感变化的特点和规律,进而评估学生的学习效果。本文所提基于细粒度学习情感本体的学习效果评估方法不但能够作为教师评价学习效果的手段,而且能够发现学生的薄弱知识点,加强学习的针对性和目的性,从而提高教学效果。

(上接第45页)

- [11] STUCKEY P J, FEYDY T, SCHUTT A, et al. The MiniZinc Challenge 2008-2013 [J]. AI Magazine, 2014, 35(2): 55-60.
- [12] SABIN D, FREUDER E C. Contradicting Conventional Wisdom in Constraint Satisfaction[C]// Proceedings of CP-1994. 1999: 10-20.
- [13] GRANDONI F, ITALIANO G F. Improved Algorithms for Max-restricted Path Consistency [C]// Principles & Practice of Constraint Programming-cp. Kinsale: Cp, 2003: 858-862.
- [14] VION J, DEBRUYNE R. Light Algorithms for Maintaining Max-RPC During Search [C]// Proceedings of SARA'09. 2010: 167-174.
- [15] HARALICK R M, ELLIOTT G L. Increasing Tree Search Effi-

#### 参考文献

- [1] 耿显亚. 影响高校数学学习的情感因素分析[J]. 教育教学论坛, 2014, 6(18): 102-103.
- [2] BLOOM B S, ENGELHART M D, FURST E J, et al. Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain [M]. New York: Longman, 1956.
- [3] 刘万友. 网络教育和传统教育之比较[J]. 科技信息, 2007, 25(14): 164.
- [4] 邓妍祯, 莫建萍. 积极情感因素在网络自主学习中的作用及培养途径分析[J]. 中国电力教育, 2014, 30(32): 52-53.
- [5] 邓铁辉. 教师教学正面情感的提高与差生学习负面情感的消除[J]. 湖南科技学院学报, 2015, 36(7): 146-147.
- [6] 沈映珊, 汤庸. 社交学习网络中基于学习认知的情感交互研究[J]. 现代教育技术, 2015, 25(9): 90-96.
- [7] 陶小梅, 牛秦洲. 基于情感学习本体的教学反馈策略生成算法的研究[J]. 计算机工程与科学, 2015, 37(2): 320-328.
- [8] 盛群力, 褚献华. 布卢姆认知目标分类修订的二维框架[J]. 课程教材教法, 2004, 24(9): 90-96.
- [9] 唐晓波, 朱娟, 杨丰华. 基于情感本体和 KNN 算法的在线评论情感分类研究[J]. 信息系统, 2016, 39(6): 110-114.
- [10] ANDERSON L W, KRATHWOHL D R, AIRASIAN P W, et al. A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives [M]. New York: Longman, 2001.
- [11] EKMAN P. Chapter 3: Basic Emotions. DALGLEISH T and POWER MJ. Handbook of Cognition and Emotion[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.
- [12] ECONOMIDES A. Emotional Feedback in CAT[J]. International Journal of Instructional Technology & Distance Learning, 2006, 3(2): 11-20.
- [13] EKMAN P. An Argument for Basic Emotions[J]. Cognition and Emotion, 1992, 6(3/4): 169-200.
- [14] EKMAN P. An Argument for Basic Emotions [J]. Artificial Intelligence, 1980, 14(3): 263-313.
- [15] DECHTER R, MEIRI I. Experimental Evaluation of Preprocessing Techniques in Constraint Satisfaction Problems[C]// International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-1989). 1989: 271-277.
- [16] BALAFOUTIS T, PAPARRIZOU A, STERGIU K, et al. New Algorithms for Max Restricted Path Consistency [J]. Constraints, 2011, 16(4): 372-406.
- [17] Christophe Lecoutre [EB/OL]. <http://www.cril.univ-artois.fr/~lecoutre/benchmarks.html>.
- [18] 崔佳旭. Mistral 求解器扩展与应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.