

学生认知能力的评估 Evaluation of Cognition of Students

唐素勤
Tang Suqin

钟 智
Zhong Zhi

(广西师范大学数学与计算机学院 桂林 541004) (广西师范学院 南宁 530001)
(College of Mathematicse and Computer Sciences, (Guangxi Teachers College,
Guangxi Normal University, Guilin, 541004) Nanning, 530001)

摘要 在分析学生各种能力的基础上,建立一个基于知识结构的学生认知状态的评估方法。该方法包括领域概念模型、学生的认知能力和部分能力的具体描述以及认知能力的评估方法(包括测试试题和评估)。该方法的特点是从知识结构的角定性描述学生的认知能力。

关键词 学生模型 认知能力 领域概念模型 评估

中图法分类号 G449.5 A

Abstract A knowledge-based approach to evaluate the cognition state of students is developed based on the analysis of cognitive ability of students. The approach includes domain-conceptual model, cognition of students with the detailed description for some items, and evaluation method involving test questions and evaluation. The point of the approach is qualitative to describe the cognitive ability of students in knowledge structure.

Key words student model, cognitive ability, domain-conceptual model, evaluation

学生模型是教学系统对教学对象(即学生)的知识水平、认知状态等特征的一个抽象刻画,是智能教学系统中的重要模块之一,直接决定了教学系统能否真正地进行个别化教学^[1]。一个好的教学系统应该了解教学对象(即学生)的共性和每一个学生的个性(如特长和弱点),在给学生传授知识或培养学生的技能时,系统能根据学生的特点,结合教学内容特点施行有针对性的和有序的教学。学生模型收集学生信息,以便识别和表示学生的知识状态,但 Djordjevic^[2]并没有明确指出了解学生的认知状态。Tsybenko^[3]认为,学生模型必须包含学生知道什么,学生的学习能力,学生的长处以及短处,等等。Hartley 等^[4]人认为,学生模型反映了学生的特点和态度,它们有助于在计算机和学生之间建立有效的、个别式的教与学^[4]。可见,上述观点已提到了学生的认知能力,但是还没有明确学生的能力是如何测量和评估。CIRCSIM-Tutor、SQL-Tutor 等^[1]比较著名的智能教学系统给出了学生的知识状态评估方法,并且也只是对学生的回答进行评估,进而判断学生的状态。事实上,这些评估已退化到只评估学生的知识状态,从评

估中不能得知学生存在哪方面的缺陷或问题。

本文在分析了学生的各种能力后,建立一个基于知识结构的学生认知状态的评估方法。该方法包括两方面:一是智力(能力)测量,给出各种能力的测量办法,包括能力的含义、出题方式、题目类型;二是测量的评估,对学生的回答给出一个评估方法和对测量结果给出一个评价。

1 认知能力

对认知的定义没有一个统一的说法,根据信息加工主义心理学和建构主义心理学的认为,认知即个人以已有的知识结构同化或顺应新知识从而在头脑中重构和应用知识。认知能力是个人在重构和应用知识时所具备的能力。在 NKI-Tutor 中我们将通过描述学生的能力水平来刻画学生的认知状态,因为在 NKI-Tutor 教给学生知识和学生在学习一段时间后,教学系统必须知道学生的各种能力是否有所改变,然后调整教学内容和教学策略。认知能力刻画了学生的基本能力和技能。学生的能力包括:归纳能力、记忆能力、发现能力、分类能力、鉴别能力、提问能力、演绎能力、反驳能力、文字表达能力、口语表达能力、综合能力、分析能力、抽象能力、计算(运算)能力、联想能力、猜测能力、识别能力、空间想象能力、观察能力、正向逻辑推理能力、反向逻辑推理能力等等。

同时,学生模型随学生的学习不断地发生变化,因而教学过程中应该能动态测试学生的知识水平和各种能力等。

1.1 一些能力的描述

本文首先给出了归纳能力、记忆能力、发现能力、鉴别能力和类推能力的描述、测试和评价。

归纳能力是指从给出的大量个别数据或实例中寻找总结出共同规律,得到一般性的结论。这种能力是学生学习和问题求解的基础。

记忆能力是指过去的经历、事实和数据在头脑中的长时认识或在需要时能回想再现的一种能力。

发现能力是指能从已学的知识中发现新的未知的事物或概念,是人类已知的知识但自己并不知道,区别于发明创造能力。

鉴别能力是指区别概念间的异同。

类推能力是指比较两个具有一些相同的(或相似的)属性的对象(或概念),从而推出它们的某些其它属性也可能相同(或相似)的一种推理形式。

1.2 领域概念模型

在不断地认识和征服客观世界的过程中,人们发现为了研究种种纷繁复杂的自然和社会现象,必须从中寻找出它们的共性,研究它们之间的内在联系,进而在实践中加以利用。在传统的知识表示模型中,常见的有语义网络、产生式规则等。但是这些知识表示模型本身存在各自的缺点,比如知识表示形式比较单一,有的知识表示方法不便于推理和知识处理,规则表示不能明显地给出知识库中规则间的关系等等。为了更能反映学生的认知结构,因此,在领域知识层,我们引入具有面向对象特点的知识表示模型:概念-关系模型(即 Concept Relation Model,简称 CR 模型),这种知识模型利用概念、概念的属性、概念的关系以及属性和关系的约束规则来描述领域概念。

用 $\Sigma = (\mathbb{C}, \mathbb{R})$ 表示领域概念模型,其中 \mathbb{C} 表示领域概念集, \mathbb{R} 表示概念存在的关系集。

在分析领域知识过程中,我们用CR模型来表示客观世界中丰富的知识。学生在学习知识的同时,通过同化和顺应,在头脑中形成语义知识结构,进而培养认知能力。因此,建立学生的语义知识结构的同时,通过不断的教学后判断学生的认知能力。

2 能力测试

2.1 试题类型

测试可在教学过程中进行,也可以在教学前或教学后进行。测试方式可以是提问试题或选择题,每一个题目的形式 $\text{Test}(i) = (G(i), T(i), \eta, \lambda, \varphi, Q)$, 其中 $G(i)$ 表示测试目标,测试目标是指题目测试学生的某方面能力或掌握的内容,如归纳能力或能陈述(概念X)等; $T(i)$ 表示题型,题型是指测量对应的知识结构类型,如测量归纳能力,类型是给出 N 个实例,归纳出实例所对应的概念的共同属性等; η 表示题型难度,题型难度是指同一种测试目标的题型不同难度题目的权重,由教师给出,其类型是数值型,值域在 $[0 \sim 1]$ 之间; λ 表示题目难度,题目难度是指该题目在整个试卷中的难度权重,由教师给出,其类型是数值型,值域在 $[0 \sim 1]$ 之间; φ 表示正确答案,正确答案是指测试题目的正确答案或参考答案,由专家模型或教师给出,根据问题类型的不同,回答的答案表示不同,如是非题,答案表示可是真或假。如果是选择题,答案则是 A, B, C, D, 其类型是字符型,值域为是、非、A、B、C 或 D。 Q 是问题,即题目具体内容,如“差异(被子植物,裸子植物;生活习性)”。一份试题的形式 $\text{TEST} = \langle \text{Test}(i) \rangle$, 其中 i 是自然数。一份试题的题量 N 由 i 确定,例如,一系列题目构成了一份试题, $\text{TEST} = \langle t_1 = (G_1, T_1, \tau_1, \alpha_1, \Phi_1; Q_1), \dots, t_n = (G_n, T_n, \tau_n, \alpha_n, \Phi_n; Q_n) \rangle$ 。例如,为了测试学生的归纳能力、记忆能力、鉴别能力等,测试试题的题型为:

$\text{TEST}(1) = (G(1), T_1, \tau_1, \alpha_1, \Phi_1; \text{if classified-into } (C; C_1, \dots, C_n))$

$\text{TEST}(2) = (G(1), T_2, \tau_2, \alpha_2, \Phi_2; \text{what the complete taxonomy of } C.)$

$\text{TEST}(3) = (G(1), T_3, \tau_3, \alpha_3, \Phi_3; \text{if classified-into } (C; C_1, \dots, C_n))$

$\text{TEST}(4) = (G(1), T_4, \tau_4, \alpha_4, \Phi_4; \text{if classified-into } (C; X))$

$\text{TEST}(5) = (G(1), T_5, \tau_5, \alpha_5, \Phi_5; \text{if classified-into } (C; Y))$

$\text{TEST}(6) = (G(2), T_6, \tau_6, \alpha_6, \Phi_6; \text{if directly-caused-by } (C; C_1, \dots, C_n))$

$\text{TEST}(7) = (G(2), T_7, \tau_7, \alpha_7, \Phi_7; \text{what are the direct causes of } C)$

$\text{TEST}(8) = (G(2), T_8, \tau_8, \alpha_8, \Phi_8; \text{if directly-caused-by } (C; X))$

$\text{TEST}(9) = (G(2), T_9, \tau_9, \alpha_9, \Phi_9; \text{if directly-caused-by } (C; Y))$

$\text{TEST}(10) = (G(3), T_{10}, \tau_{10}, \alpha_{10}, \Phi_{10}; \text{if own-attributes } (C; A_1, \dots, A_n))$

$\text{TEST}(11) = (G(3), T_{11}, \tau_{11}, \alpha_{11}, \Phi_{11}; \text{if own-attributes } (C; X))$

$\text{TEST}(12) = ((G(3), T_{12}, \tau_{12}, \alpha_{12}, \Phi_{12}; \text{if own-attributes } (C; Y))$

$\text{TEST}(13) = (G(3), T_{13}, \tau_{13}, \alpha_{13}, \Phi_{13}; \text{if own-essential-attributes } (C; X))$

$\text{TEST}(14) = (G(3), T_{14}, \tau_{14}, \alpha_{14}, \Phi_{14}; \text{if own-essential-attributes } (C; Y))$

$\text{TEST}(15) = (G(3), T_{15}, \tau_{15}, \alpha_{15}, \Phi_{15}; \text{what is the value of } A_i)$

$\text{TEST}(16) = (G(3), T_{16}, \tau_{16}, \alpha_{16}, \Phi_{16}; \text{Ask if } V_j \text{ is the value of } A_i)$

2.2 能力评估

经过测试后获得学生的回答,我们用一个二元函数表示,即 $\text{answer}(t_i, \Phi'_i) = \langle \text{answer}(t_1, \Phi'_1), \dots, \text{answer}(t_n, \Phi'_n) \rangle$, 对于每个题目 t_i , 学生 S 都给出一个回答 Φ'_i , 因此,我

们定义学生 S 的能力水平为: Ability-level $(A, S) = \sum_i ((|\Phi' \cap \Phi_i|/|\Phi_i|) \times \tau_i \times \alpha_i) / \sum_i (\tau_i \times \alpha_i)$, 其中 $|\Phi' \cap \Phi_i|/|\Phi_i|$ 是学生回答问题的正确率。

对于学生的回答, $\sum_i ((|\Phi' \cap \Phi_i|/|\Phi_i|) \times \tau_i \times \alpha_i) / \sum_i (\tau_i \times \alpha_i)$. 给出的计算方法对学生的一个回答做出了评估, 对有多个答案的问题的回答也可以评估, 但对答案的轻重无法给出评估。如, 问题的答案个数同是 5 个, 学生都给出了 3 个正确答案, 但 3 个答案是不同的, 其中一个学生的答案中给出了问题的本质答案, 但另一个学生给出的答案全是一般性(即不是本质属性答案)。那么, 这两个学生的能力是否是相同的呢? 我们应该从个数相同的正确答案中把学生能力的不同区分出来。我们可以通过最小归纳的方法来判断, 即如果学生 A 的回答比学生 B 的回答更能包容问题的答案(或问题求解), 那么说明学生 A 的回答好于学生 B。

如果 Φ 的元素是非离散的, 即答案是有权重的(有些答案中的某个回答是问题求解的核心或关键步骤), 那么问题的每一个答案都有一个权重, 权重可表示为 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, 且 $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n$, 其中 n 是表示该问题有 n 个答案。如, 假设问题 1 的专家答案是 $\Phi = \{a_1 a_1, a_2 a_2, \dots, a_n a_n\}$, 学生的回答是 $\Phi' = \{a'_1 a'_1, a'_2 a'_2, \dots, a'_m a'_m\}$, $m = n$ 或 $m \neq n$, 我们定义学生回答问题的正确率为 $R = |\Phi' \cap \Phi|/|\Phi| * (|\alpha'_1 + \alpha'_2 + \dots + \alpha'_m|/|\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n|)$ 。

这个公式能够区分出学生回答问题的“好坏”, 即对有多个答案的问题的回答时区分学生对本质答案或非本质答案的回答, 由这个公式我们可以获得两个学生的能力是不同的。

3 小结

评估学生的认知能力是学生模型中一个重要任务。我们在领域概念模型基础上, 建立基于知识的学生认知能力的评估方法, 这种方法与具体知识即学科知识无关, 从而可以更好地判断学生的与领域无关的认知能力。该方法包括 3 个部分, 一是领域概念模型, 领域概念模型构建认知的语义网络, 分析了知识结构中的概念、概念的属性、关系; 二是学生的认知能力, 并且给出了部分能力的具体描述; 三是认知能力的评估方法, 该方法包括测试试题和评估。这种方法的优点在于从知识结构的角度来定性地描述学生的认知能力, 并且“知道”学生具备了哪些认知能力而缺乏哪些能力, 可以更好地促使教学过程不断地改变教学策略以达到教学目标。

本文给出了学生的认知能力的评估方法, 对于更多的能力以及学生的学习风格、学习动机、信念、错误等仍是今后继续研究的内容。

参考文献

- 1 King R L. Classification of Student Modeling Approaches for Intelligent Tutoring. Technical Report MSSU-COE-ERC-98-4. Mississippi State University, 1998.
- 2 Djordjevic-Kajan S, Mitrovic A, Stoimenov L. Instruct: Modeling Students by Asking Questions. In: User Modeling and User-Adapted Interaction. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996. 273~302.
- 3 Tsybenko Y. "Device Models" in Student Modeling. In: The Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence in Education. Greer J. Washington: AACE, 1995. 525~532.
- 4 Hartley R, Paiva A, Self J. Externalising Learner Models. In: The Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence in Education. Greer J. Washington: AACE, 1995. 509~516.

(责任编辑: 蒋汉明)