

基于语义网络的知识建模和自动问题生成

张 凯,刘东峰,林顺清

(广东工业大学 信息工程学院,广东 广州 510006)

摘 要:目前大多数三维虚拟实验系统的研究都只是集中在实验操作的真实性与交互性上,缺少了对实验概念知识的学习过程,从而不能使学生很好地掌握与实验相关的知识。针对这个问题,开发了用于三维虚拟实验智能辅导系统的知识表示模块。引入的语义网络节点和语义关系不仅表示概念和概念之间的关系,还表示实验仪器图片信息和问题信息。通过对实验语义网络的解析,可快速推理出与实验相关的概念知识。另一方面,通过对实验知识的语义网络建模目的在于自动生成一系列与实验相关的学习问题,这些问题可以识别学生的答案并提供反馈。根据提出的方法,可为具体的实验建立一个语义网络知识库,知识库将作为概念知识和问题的来源,这样不仅减轻了系统的开发难度,也能够为学生提供个性化的学习环境。

关键词:智能辅导系统;语义网络;知识表示;问题生成;知识库

中图分类号:TP181;TP391.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)0026-05

Semantic Network Based Modeling of Knowledge and Automatic Question Generation

ZHANG Kai, LIU Dong-feng, LIN Shun-qing

(School of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: At present, most of the researches on 3D virtual experimental systems only focus on the authenticity and interactivity of experimental operations, and lack the learning process of experimental knowledge. In response to this problem, a knowledge representation module for a 3D virtual experiment intelligent tutoring system was developed. The introduced semantic network nodes and semantic relations not only represent the relationship between concepts and concepts, but also represent experimental instrument picture information and problem information. Through the analysis of the experimental semantic network, conceptual knowledge related to the experiment can be quickly inferred. On the other hand, the purpose of modeling the semantic network of experimental knowledge is to automatically generate a series of experimental-related learning questions, which can identify students' answers and provide feedback. According to the proposed method, a semantic network knowledge base can be established for specific experiments. The knowledge base will serve as the source of conceptual knowledge and problems. This not only reduces the difficulty of system development, but also provides students with a personalized learning environment.

Key words: intelligent tutoring system; semantic network; knowledge representation; problem generation; knowledge base

0 引言

随着计算技术与人工智能技术的飞速发展,为了提高学生的学习效率,不同的软件系统被用在了教学上,智能辅导系统(intelligent tutoring system, ITS)就是一个使用人工智能技术来满足学生的个性化需求的软件学习系统^[1-2]。一种典型的智能辅导系统由三个模块组成,分别是领域知识模块、学生模块、教师模块^[3]。其中领域知识模块是 ITS 中的一个核心模块,它用来对知识进行表示,是 ITS 中知识的来源,ITS 能够基于领域知识模块中的知识对学生的行为做出相应的响

应,生成相应的问题^[4-6]。

语义网络(semantic network, SN)为知识建模和知识表示提供了基础,是该领域的经典模型之一^[7]。语义网络是一种图的结构,通过定义节点和节点的连接关系来进行知识的表示和推理^[8-9],被广泛应用于自动问答^[10]、知识检索^[11]和知识发现^[12]。在 Zhuge H 等^[13-14]的研究工作中,提出了语义链接网络(semantic link network, SLN),通过研究语义之间的关系,提出推理规则约束的算法,能够通过语义上的推理规则得出潜在的语义链接,并且能够支持有效的学习,这些工作

收稿日期:2020-10-17

基金项目:广东省研究生教育创新计划(2017SFKC-01)

作者简介:张 凯(1995-),男,硕士,研究方向为计算机三维仿真;刘东峰,博士,教授,研究方向为计算几何、三维信息处理、三维应用等。

为文中构建知识语义网络提供了基础。关于自动生成问题的 ITS 的研究^[15]指出了问题生成的两种方法:一是用纯文本生成,二是利用知识的表示生成。第一种方法的代表性系统 AUTOQUEST^[16]通过固定的模板对句子进行解析生成问题,这样生成的问题形式过于模式化,不利于提高学生的学习效率。SCHOLAR 系统^[17]是第一个利用语义网络来进行知识表示,并启用发式的方法从中生成问题的学习系统。Olney 等人^[18]运用这两种混合方法来生成生物学中问题,他们使用问题模板从概念图中的特定连接关系中生成问题,这种方法虽然提高了问题生成的效率但使系统的开发工作变得复杂。

通过研究发现,在 ITS 中自动生成的问题都是通过文字描述的形式展现出来的,而文中关于实验知识的学习与其他知识的区别在于,实验知识往往需要通过图形和文字相结合的形式展现给学生来提高学生学

习的效率。文中使用语义网络对知识进行建模构建 ITS 的领域知识库,通过定义多种连接关系来自动生成问题和反馈,同时开发了图形库,可以在生成文字内容的同时自动生成与文字描述相关的图形。

1 方 法

文中提出的 ITS 学习模块将应用在三维虚拟实验平台中,此平台基于 unity3d 软件,以 c# 为编程语言开发了初中物理、化学等课程中的实验,学生可以通过此平台选择相应的课程实验进行操作。为了让学生有效地学习实验的相关知识,在学生实验前和实验结束后以自动出题的方式来检测学生对知识的掌握情况,系统流程如图 1 所示。文中将以“伏安法测电阻”实验为例,建立 ITS 的语义网络知识库,并基于实验语义网络自动生成问题和图片作为三维实验中的学习模块。

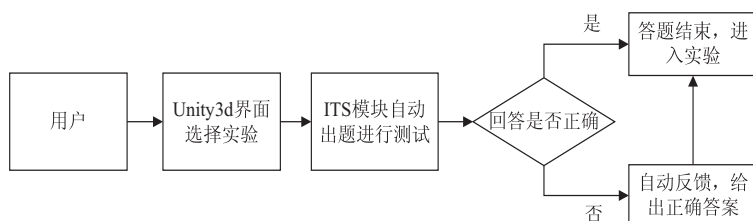


图 1 系统流程

1.1 语义网络的建模

在对“伏安法测电阻”实验进行语义网络建模时,为了表示实验的相关知识,以实验报告的一般性结构进行语义建模,内容包括实验名称、实验目的、实验器材、实验原理、实验方法和实验结论,这些内容就代表了实验语义网络的主要节点。其中“实验”节点为中心节点,表示所建立的语义网络为实验知识类型语义

网络。“目的”、“器材”、“原理”、“方法”、“结论”作为“实验”节点的属性节点,在描述属性节点的相关内容时需要对内容进行语义建模。语义网络建模流程如图 2 所示。其中语义预处理模块是进行实验知识的准备过程,在语义处理模块中使用定义好的语义连接关系连接概念实体,最后形成语义网络。

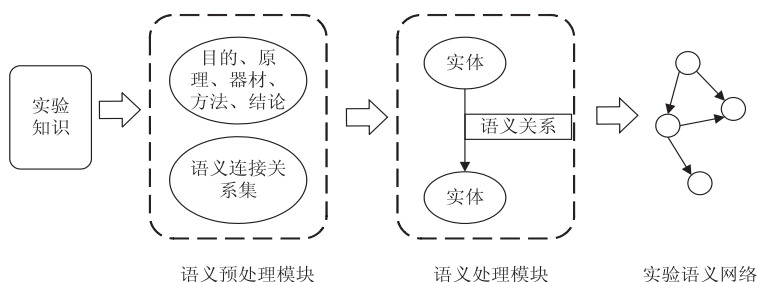


图 2 实验语义网络建模流程

在语义网络建模中,节点间的语义连接关系在知识推理和问题的生成过程中发挥着重要的作用,文中在知识表示上定义了多种语义连接关系。如 IS 连接表示的是一种父类和子类的关系,ASSOC 连接表示两个节点相关联,ATT 连接表示某节点对象所具有的属性,GRANU 连接表示的是大颗粒的文本节点直线语义小颗粒的节点,COND 连接表示事件或行为发生的条件,VAL 连接表示属性或变量节点所赋的值等等。

通过定义语义网络的节点和节点的连接关系,建立如图 3 所示的“伏安法测电阻”实验语义网络。

1.2 问题的自动生成

在建立实验语义网络的过程中,文中将问题信息和图片信息与语义网络中的节点相关联,通过对语义网络的解析,一个问题描述文本信息被提取出来。若问题描述中含有与图片相关的节点信息,则在语义解析的过程中会调用本系统开发的图形库自动生成与问

图 5 表示的是一个自定义问题的建模。

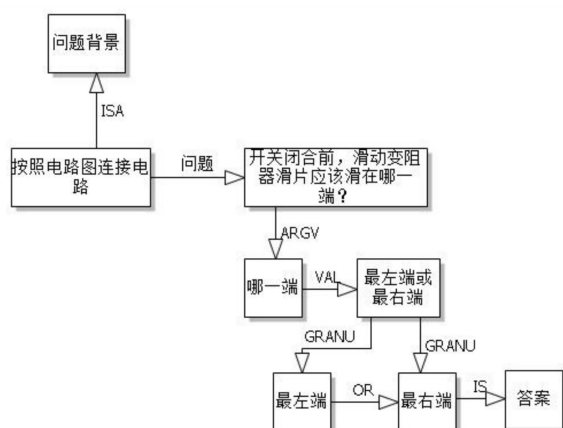


图 5 自定义问题建模

2 实验结果

一个与实验相关的问题通常分为两个部分,第一部分是问题背景描述,另一部分则是问题描述。在文中简化了问题的背景描述,更专注于问题的本身。在问题的解决上,ITS 通常设置一个明确的框架来引导学生按照指定的步骤答题,这种机制有助于学生对复

杂问题的理解。为了使学生更好地理解和掌握与实验相关的知识,文中对每个问题设计了一个三步学习框架,每一步对应一个从实验语义网络中自动生成的问题。

以上述的“伏安法测电阻”实验为例,从图 3 中自动生成的一般性问题的表示如下:

“在开始实验前,请回答以下问题:

- (1) 伏安法测电阻实验需要哪些器材?
- (2) 在实验中滑动变阻器的作用是什么?
- (3) 伏安法测电阻的实验原理是什么?”

对于实验中的特定性问题,可生成如下所示的问题:

“在伏安法测电阻的实验中,按照电路图连接电路时:

- (1) 电路图中缺少什么器材?
- (2) 在闭合开关前,滑动变阻器的滑片应该滑在哪一端?
- (3) 根据测量的电压值和电流值,电阻值是多少?”

对于特定性问题的学习过程和反馈如图 6 所示。

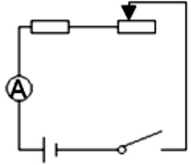
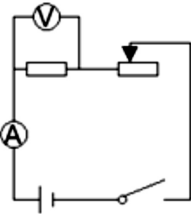
习题	
问题	<p>在伏安法测电阻的实验中,按照电路图连接电路时</p> <p>(1) 电路图中缺少什么仪器?</p> <p>(2) 在闭合开关前,滑动变阻器的滑片应该滑在哪一端?</p> <p>(3) 根据测量的电压值和电流值,电阻值是多少?</p> 
答案	<p>(1)</p> <p>电压表</p> <p>回答正确!</p> <p>(2)</p> <p>最左端</p> <p>回答错误! 正确答案是:</p> <p>最右端</p> <p>(3)</p> <p>8 Ω</p> <p>回答正确!</p> 
输入答案	
开始	
提交	

图 6 学习和反馈截图

图 6 中展示的答题步骤与大多数基于选择题的 ITS 不同的是,在本系统中,学生需要输入答案。当提

交答案后,系统会根据语义网络解析答案的正确性,若不正确,系统会自动反馈一个正确的答案,这样的机制

有助于提高学生的学习效率。

3 结束语

利用语义网络模型来对实验知识进行表示并作为 ITS 中的知识库模块,结果表明文中运用的方法能够有效地推理出与实验相关的概念知识。同时,通过对实验语义网络的解析,能够自动生成一系列与实验相关的问题,问题不仅包含了文本信息还包含了图片信息。通过问题可对学生进行考核并提供反馈,为学生提供了个性化的学习环境。

在将来的工作中,考虑将实验语义网络与其他语义网络相结合,如概念语义网络和原理语义网络,这样就能高效、快速地开发用于三维虚拟实验系统的 ITS 模块。

参考文献:

- [1] HUERTAS C, JUÁREZ-RAMIREZ R. Developing an intelligent tutoring system for vehicle dynamics[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2013, 106: 838-847. \
- [2] 许高攀, 曾文华, 黄翠兰. 智能教学系统研究综述[J]. *计算机应用研究*, 2009, 26(11): 4019-4022.
- [3] SHUTE V J, PSOTKA J. Intelligent tutoring systems: past, present, and future[R]. Scotland: Armstrong Lab Brooks Afb Tx Human Resources Directorate, 1994.
- [4] GLADUN A, ROGUSHINA J, GARCI F, et al. An application of intelligent techniques and semantic web technologies in e-learning environments[J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(2): 1922-1931.
- [5] BITTENCOURT I I, COSTA E, SILVA M, et al. A computational model for developing semantic web-based educational systems[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2009, 22(4): 302-315.
- [6] LAU A, TSUI E. Knowledge management perspective on e-learning effectiveness[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2009, 22(4): 324-325.
- [7] HELBIG H. Knowledge representation and the semantics of natural language[M]. Berlin: Springer, 2006.
- [8] SZUMLANSKI S, GOMEZ F. Automatically acquiring a semantic network of related concepts[C]//*Proceedings of the 19th ACM conference on information and knowledge management*. Toronto, Ontario, Canada: ACM, 2010.
- [9] 曹 伟. 自适应网络教学系统中知识表示模型的设计[J]. *计算机仿真*, 2010(3): 302-305.
- [10] XU B, ZHUGE H. The influence of semantic link network on the ability of question-answering system[J]. *Future Generation Computer Systems*, 2020, 108: 1-14.
- [11] DVORŠČÁK S, MACHOVÁ K. Intelligent searching using delay semantic network[C]//*2014 IEEE 12th international symposium on applied machine intelligence and informatics (SAMI)*. Slovakia: IEEE, 2014: 291-294.
- [12] CHEN H, NG T. An algorithmic approach to concept exploration in a large knowledge network (automatic thesaurus consultation): symbolic branch - and - bound search vs. connectionist Hopfield net activation[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1995, 46(5): 348-369.
- [13] ZHUGE H. Communities and emerging semantics in semantic link network; discovery and learning[J]. *IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering*, 2009, 21(6): 785-799.
- [14] ZHUGE H, SUN Y. The schema theory for semantic link network[J]. *Future Generation Computer Systems*, 2010, 26(3): 408-420.
- [15] LE N T, KOJIRI T, PINKWART N. Automatic question generation for educational applications - the state of art[M]//*Advanced computational methods for knowledge engineering*. Berlin: Springer, 2014: 325-338.
- [16] WOLFE J H. Automatic question generation from text - an aid to independent study[J]. *SIGCSE Bull*, 1976, 8(1): 104-112.
- [17] CARBONELL J R. AI in CAI: an artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction[J]. *IEEE Transactions on Man Machine Systems*, 1971, 11(4): 190-202.
- [18] OLNEY A M, GRAESSER A C, PERSON N K. Question generation from concept maps[J]. *Dialogue & Discourse*, 2012, 3(2): 75-99.