

基于贝叶斯网络的虚拟学习模块

张祥裕, 刘东峰, 李欣容

(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510006)

摘要:目前的三维虚拟仿真研究都集中于引入AR、VR技术使仿真更加沉浸、体验更好上,但对于在进行仿真实验过程中学生能够自主学习并在实验后考察学生的学习情况的研究还相对欠缺。基于这个原因,该研究利用贝叶斯网络设计了智能学习模块。根据学生自主学习的情况,动态更新对应学生的贝叶斯网络模块。学生在学习实验原理后,系统根据实验文档和已有的贝叶斯网络模块给出有针对性的习题来考察学生的学习情况,利用贝叶斯网络构建的知识网引导学生巩固对仿真实验的原理学习。基于贝叶斯网理论,把领域知识按知识项进行划分,然后在这些知识项之间建立依赖关系以确定贝叶斯网络的因果推理关系。这种方式在学习系统中起着重要的作用,为学生提供个性化的学习帮助,使学习材料适应学生的能力方面发挥了一定的作用。

关键词:虚拟仿真;自主学习;知识网;贝叶斯网络;智能

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)08-0174-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.08.030

Virtual Learning Module Based on Bayesian Network

ZHANG Xiang-yu, LIU Dong-feng, LI Xin-rong

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

Abstract: At present, the research of three-dimensional virtual simulation focuses on introducing AR or VR technology to make simulation more immersed and experience better. However, the research on students' autonomous learning in the process of simulation experiment and inspecting students' learning situation after learning is still insufficient. Therefore, we design an intelligent learning module based on Bayesian network. According to the situation of students' autonomous learning, the corresponding Bayesian network module is updated dynamically. After learning the principle of experiment for students, the system inspects the students' learning situation according to the experimental documents and the existing Bayesian network module. The knowledge network constructed by Bayesian network is used to guide the students to consolidate the learning of the principle of simulation experiment. Based on Bayesian network theory, domain knowledge is divided into knowledge items, and then the dependency relationship between these knowledge items is established to determine the causal reasoning relationship of Bayesian network. This way plays an important role in the learning system, providing individualized learning help for students, and making learning materials adapt to students' abilities.

Key words: virtual simulation; autonomous learning; knowledge network; Bayesian network; intelligence

0 引言

三维虚拟仿真实验环境给学生提供了一个沉浸和高效的学习环境,在虚拟教学中起着重要的作用,学生可以根据自己的实际情况合理安排时间进行仿真实验,打破了时间上和空间上的限制^[1-3]。目前的大部分研究集中在引入昂贵的VR设备来提高仿真实验的沉浸性和用户之间的交互^[4-6],如微Kinect、在化学实验中发出刺激性气味的嗅觉装置、Oculus和Leap Motion VR devices,但却忽略了如何引导学生进行自主学习。每个学生都有不同的学习需求和知识背景,

从而导致学生在学习过程中对系统的要求也不同,每个学生都希望能够获取到满足自己需求的知识,因此研究智能自主学习辅导系统的一个重要问题是对学生知识的评估^[7]。

例如大规模在线课程的工作中也应用了贝叶斯网络实现学习者模型的设计^[8-9],表明贝叶斯网络可以提高推荐的个性化程度^[10-11]。通过贝叶斯网络构建知识库,通过采样数据来创建认知网络模型,在学习过程中负责决策,并强调了负责决策的知识库的重要性。Eva. M等人提出了基于自适应贝叶斯网络的学生建

模的综合理论方法^[12-14],并在之后的工作中,结合自适应测试算法,可以测定不同粒度级别的学生能力^[15],在文献[16]中讨论了叠加模型、差分模型、扰动模型、基于约束的模型四种广泛使用的模型类型,并实现了一个真正的应用程序,用于学生的计算机化考试,表明了系统测试估计的结果与专家给出的分数存在高度一致性。

在该研究中,将贝叶斯网络应用到系统中,考虑用节点来指代概念,提出了一个较合理准确反映虚拟仿真实验内部各个知识节点之间关系的知识概念网络,作为领域知识表示和实现评估及问题推送。这种方式运用了贝叶斯网络的条件概率量化了知识节点之间的依赖关系,较好地反映了特定领域中的知识结构,以支持三维虚拟仿真学习平台的智能知识表达和推送。

1 智能学习平台

1.1 三维虚拟仿真学习平台

文中的学习平台用于仿真实验课程,编程语言为C#,课程包含了“物理”、“化学”等内容。学生可以在平台上进入对应的实验课程,自主选择实验仪器并进行实验,记录数据,回答题目。

1.2 知识库模块

知识库模块主要有知识网络库、实验文档库、实验

问题推送三个部分。该平台中,在知识网络和实验原理的关联基础上,系统通过该实验有关的关键字,在网络中匹配出相关的知识节点,在实验开始之前为学生推送有关知识点的测试问题集 T_q ,表示为 $T_q = \{tq_1, tq_2, \dots, tq_n\}$ 。通过这样的过程,学生回答与该实验高度相关的题目来巩固与该实验有关的原理,根据关键字的不同,推荐给学生的的问题种类和数目也不同。文中的知识库模块是在原有的实验学习平台上加入的。新模块的工作框架如图1所示。

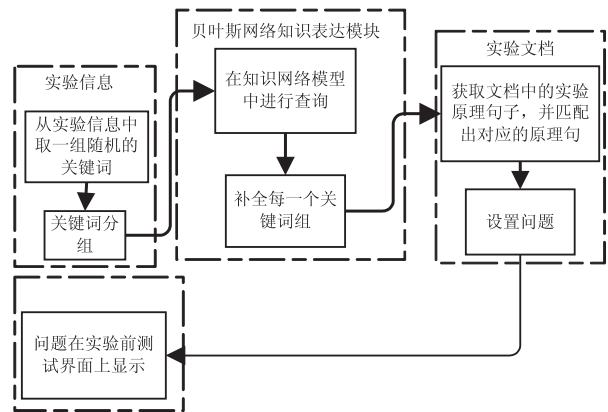


图1 工作框架

学生在进入实验课程后,系统推送问题,学生要逐一回答,具体的实施过程如图2所示。

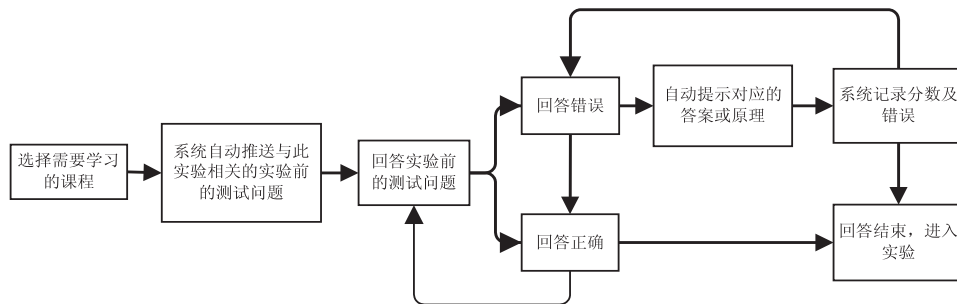


图2 实施过程

1.3 知识节点

知识节点主要分为三种类型节点:第一种是C类型节点,即不能被进一步分解的基础知识节点;第二种是B类型节点,即可以被进一步分解的知识节点, T_i 是一个 (C_i, β) , 其中 $C_i = \{C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}\}$ 是汇总各基础知识节点的概念, $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ 是权值向量;最后一种是A类型节点,即是代表主题知识的节点。 A_i 是一个 (T, α) , 其中 $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, 权值向量 $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$ 。为降低复杂度,节点的状态变量 Q_i 定为二值状态。用 θ 表示对某知识项 I 的掌握水平:

$$\theta = \begin{cases} 1 & \text{高} \\ 0 & \text{低} \end{cases}$$

父节点所表达的知识项是子节点所表达的知识项

的基础知识之一,所以一个子知识节点会由多个父知识节点组成。由于涉及的知识量大而导致的父节点太多和条件概率表太大的问题,基于逻辑组合将一些父节点组合到中间节点中,然后将较少的中间节点再进一步组合,使其简化模型并改善结构,具有更小且更容易处理的CPT维度。所有知识节点变量可以采用如下四元组 $\langle N, A, X, P \rangle$ 来表示:

$N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$ 表示由网络拓扑结构中各节点组成的集合,代表某领域内概念。

$A = \{[a_{ij}], 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$ 表示由网络结构中所有的连接两个节点的有向弧所组成的集合,描述各节点变量间的因果关系。

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 表示网络结构中所有节点相对应的变量的取值集合。

$P = \{ P(X_i) \mid \pi(X), X_i \in X \}$ 表示贝叶斯网络结构中各个变量的条件概率。

1.4 二级标题知识网络模型的建立

领域知识之间的内在逻辑关系把实验课程中的知识连接成一个完整的语义网络,所以需模型化学习者的增量式学习过程。建模之前按照复杂到基础的顺序对概念集群中的各种知识逐级分解,最终成为最基本的知识节点,再通过各个知识项之间的依赖关系,这样就建立了具有统一的知识传播方式和相对规范化的课程知识的表示方法。

实验内容中除了实验原理本身的知识,还有认识和使用实验仪器也是一个重要的部分,因此对于建立的网络形式,为了能更好地覆盖实验知识,在原有的实验知识网络上,将实验相关的另一个方面如实验仪器的知识作为另一层网络,这一层网络的实验仪器节点与原知识网络中的节点有对应关系,比如实验仪器节点“托盘天平”与知识节点“质量”有直接的关联关系,如图 3 所示。

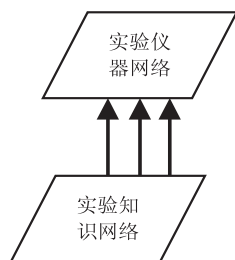


图 3 两层知识网络

1.5 推送问题

对于每个实验,都有一组随机的关键词 $K_q = \{ k_{q_1}, k_{q_2}, \dots, k_{q_n} \}$ 和一个实验文档,对于这组随机的关键词,根据其属性会将其细分为不同的关键词组:

$$cq_0 \in \begin{cases} \text{quantity if Type = quantity} \\ \text{formula if Type = formula} \\ \text{units if Type = units} \end{cases}$$

对于每一个关键词组,在知识网络中利用正则表达式进行关键词匹配查找,找出其对应节点的关联节点,该关联节点表示为一组匹配关键词 $C_q = \{ cq_1, cq_2, \dots, cq_n \}$,则该组关键词组最终为主关键词与匹配关键词的集合:

$$C_q = \{ cq_0, cq_1, \dots, cq_n \}$$

若随机关键词与实验仪器层知识网络有关联,则对实验仪器层知识网络进行匹配查找,在这一层中查找出的关键词组为 $Eq = \{ eq_1, eq_2, \dots, eq_n \}$,则主关键词与匹配关键词的集合为:

$$C_q = \{ cq_0, eq_1, eq_2, \dots, eq_n \}$$

对于每个实验的实验文档,其中的实验原理内容中包含了一组实验原理句 $S = \{ s_1, s_2, \dots, s_n \}$,上述处

理好的关键词组中的每一个词,将会与这一组实验原理句组中的每一个句子用匹配回溯算法分别进行匹配,依次遍历句子和关键词字符串。若一个关键词组与某一句原理匹配成功,将会基于该句子设置该组主关键词的问题并推送到实验前测试界面中。根据词的分类,问题的类型主要分为四方面:原理公式方面、实验仪器方面、原理定义方面、符号单位方面。关键词组不同,所推送的问题类型也不同。

2 实施结果

下面以一个学习例子,“用天平测量物体的质量”物理实验来进行展示。该实验中的实验文档的原理部分,包含了实验仪器和物理公式两方面的相关原理,如图 4 所示。

实验原理:

使用托盘天平进行物质质量的测量,物体的质量等于砝码的总质量加上游码在标尺上所对的刻度值。

质量是度量物体惯性大小的物理量,质量的基本单位为kg。重力的计算公式为:某物体的重力G等于质量m乘以重力加速度

图 4 实验文档原理部分

部分知识网络文档对应的简略图如图 5 所示。

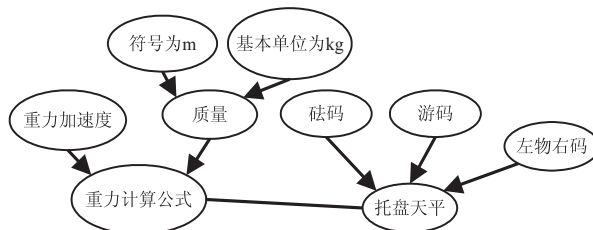


图 5 “用天平测量物体的质量”实验的知识网络简图

“用天平测量物体的质量”实验中,系统自动推送的问题如图 6 所示。

在开始实验之前,先完成对实验原理的学习吧

请你选择: 以下对于实验仪器: 托盘天平的使用注意中, 正确的说法是

☐ A. 左物右码

☐ B. 左物左码

在开始实验之前,先完成对实验原理的学习吧

以下对实验仪器进行读数时的正确说法是:

☐ A. 使用托盘天平进行物质质量的测量, 物体的质量等于砝码的总质量加上游码在标尺上所对的刻度值

☐ B. 使用托盘天平进行物体质量的测量, 物体的质量等于砝码的总质量减去游码在标尺上所对的刻度值

图 6 “用天平测量物体的质量”的实验前测试问题

在另一个实验“探究斜面的机械效率”中,若回答错误,界面会提示该题的正确答案,如图7所示。

在开始实验之前,先完成对实验原理的学习吧

请你回答:以下的表述中,正确的是? 下一题

☒ A. 斜面的机械效率的计算公式为:有用功乘以总功

☐ B. 斜面的机械效率的计算公式为:有用功除以总功

正确答案是: B 斜面的机械效率的计算公式为:有用功除以总功

图7 回答错误

由以上的效果可知,推送出的问题中仪器的使用问题,以及在实验文档中的原理性问题,紧密围绕着“用天平测量物体的质量”实验,具有一定的实用性,两层网络更加清晰地地区分知识点,只在有需求时对查询某一方面的知识点,减少知识网络查询的时间,降低单个网络的复杂度。

3 结束语

通过建立实验知识网络模型,表达了实验课程内容中不确定知识间的因果关系,结合实验本身的原理知识,通过为学生推送合适的实验前测试问题,提高了学生对于原理知识的掌握程度,是一次有益的尝试。

对该知识库模块的开发尚处于起步阶段,在将来的工作中,还将对本平台的智能模块进行进一步的完善,比如扩大知识网络,并采取更多样化的方法实现智能辅导,以进一步加强平台与学生之间的互动。

参考文献:

- [1] VALDEZ M T, FERREIRA C M, MARTINS M J M. 3D virtual reality experiments to promote electrical engineering education [C]//2015 international conference on information technology based higher education and training (ITHET). Lisbon, Portugal; IEEE, 2015: 1-4.
- [2] ZIKKY M, FATHONI K, FIRDAUS M. Interactive distance media learning collaborative based on virtual reality with solar system subject [C]//2018 19th IEEE/ACIS international conference on software engineering, artificial intelligence, networking and parallel/distributed computing (SNPD). [s. l.]; IEEE, 2018: 4-9.
- [3] DAINIKO Y A, IPALAKOVA M T, YUNNIKOVA M V. Using of ICT in E-learning: development of the virtual learning environment for physics study [C]//2017 computing conference. [s. l.]; IEEE, 2017: 1195-1198.
- [4] 郭文兰. 基于 Kinect 多人在线虚拟仿真实验的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [5] 孙博文, 张佳梁, 蔡亚飞, 等. 基于 Kinect 体感交互的多人在线虚拟实验系统 [J]. 计算机科学, 2016, 43(9): 284-288.
- [6] 孔德凤, 韩秀玲, 陈光, 等. 实时同步协同虚拟实验平台 [J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(2): 117-121.
- [7] CONEJO R, MILLÁN E, DE LA CRUZ J L P, et al. Modelado del alumno: un enfoque bayesiano [J]. Inteligencia Artificial, 2001, 5(12): 50-58.
- [8] 张传思. 大规模在线开放课程交互设计研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [9] 黄丹霞, 刘欣欣. 基于大规模在线开放课程的学习者模型的设计与实现 [J]. 计算机应用, 2018, 38(S2): 327-330.
- [10] 付永平, 胡勇. 基于贝叶斯网络的个性化关联推荐模型研究 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2016, 33(5): 96-100.
- [11] DU N, BAI Y, LUO L, et al. Building the knowledge base through bayesian network for cognitive wireless networks [C]//2011 IEEE 17th international conference on parallel and distributed systems. Tainan; IEEE, 2011: 412-419.
- [12] MILLÁN E, PÉREZ-DE-LA-CRUZ J L, SUÁREZ E. Adaptive Bayesian networks for multilevel student modelling [C]//International conference on intelligent tutoring systems. Berlin; Springer, 2000: 534-543.
- [13] 徐建民, 柴变芳, 姚冬磊, 等. 基于贝叶斯网络的 XML 文档查询模型 [J]. 计算机工程, 2006, 32(15): 67-69.
- [14] 苏钦, 李晓丽. 智慧学习环境中基于贝叶斯网络构建学生模型的研究 [J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2014, 28(4): 30-35.
- [15] MILLÁN E, PÉREZ-DE-LA-CRUZ J L. A Bayesian diagnostic algorithm for student modeling and its evaluation [J]. User Modeling and User-Adapted Interaction, 2002, 12(2-3): 281-330.
- [16] MILLÁN E, LOBODA T, PÉREZ-DE-LA-CRUZ J L. Bayesian networks for student model engineering [J]. Computers & Education, 2010, 55(4): 1663-1683.