

仿真教学平台的轻量级知识图谱设计与实现

刘天阳 孙东磊 秦 炎

(海军大连舰艇学院军事海洋与测绘系, 辽宁 大连 116000)

摘要: 针对仿真实验教学中众多知识点与实验教学内容之间的关联问题, 结合海道测量课程中的仿真实验教学平台应用, 设计一种轻量级知识图谱的实现方法。这种方法通过轻量级数据库把知识图谱嵌入仿真教学内容, 便于指导学生利用仿真平台进行自主学习。实验教学结果表明, 这种方法能够满足学生个性化学习需求, 有效促进创新思维的形成。

关键词: 知识图谱; 仿真实验教学; 海道测量

一、前言

海道测量是通过安装在测量船上的各种测量设备对海洋水深、地貌等内容进行测量, 从而获得能够保障航海安全的水下地形数据^[1]。由于相关测量设备只能在水中使用, 而海上实践教学又存在教学成本高、测量风险大等难题, 因此海道测量相关课程非常适合通过仿真设备开展实践教学。通过多年的海道测量仿真教学过程分析发现, 学生在学习仿真设备的操作、设备参数的设置、测量方法的设定等内容时, 需要及时获取相关的知识。特别是在模拟开展综合测量时, 需要通过仿真设备的操作来验证前期所学过的多种基础知识。由于这一过程涉及的知识点非常多, 而且不同学生实践操作的进度不同, 仅通过教师指导的方式开展实践教学难以满足学生个性化学习的需求。

知识图谱是结构化的语义知识库, 用于以符号形式描述物理世界中的观念及其相互关系, 能够实现知识的快速响应^[2,3]。本质上, 知识谱是真实世界中存在的各种实体、概念及其关系构成的语义网络图, 用于形式化地描述真实世界中各类事物及其关联关系^[4]。在学生自主开展仿真实验的过程中, 应用知识图谱的方式, 能够较好地为学生实时提供个性化学习所需要的知识。现有的多种知识图谱工具虽然功能强大, 但一般需要专用的服务器实现知识的表示与存储, 限制了它的应用范围。

本文针对海道测量仿真实验教学中的知识表达问题, 介绍一种轻量级知识图谱嵌入方法。这种方法既能够为仿真实验教学提供所需要的多种知识点, 也能方便的更新知识图谱, 从而应用于更多的仿真教学内容。

二、海道测量知识图谱的构建

(一) 海道测量知识图谱内容

知识图谱是一种用于组织和表示知识的图形结构, 它以实体和实体之间的关系为基础, 形成一个大规模、结构化的知识库。海道测量知识图谱是以海道测量仿真教学知识点为主要实体, 能够满足海道测量仿真教学需要的知识库。

知识图谱包括实体、属性和关系三个元素, 以及描述不同实体间关系的结构^[5]。

实体是表示显示世界的具体对象或抽象概念, 每个实体都有一个唯一的标识符和相关属性。在海道测量知识图谱中, 仿真设备及设备内的核心部件、相关知识点、相关数据都属于实体。

属性用来描述实体的特征、性质或其他相关信息。在海道测量知识图谱中, 对于仿真装备实体, 属性包括装备的各种性能参数; 对于知识点实体, 属性包括海道测量各种知识点的具体说明和对应理论; 对于数据实体, 属性包括描述海道测量数据的元数据。

关系用来描述实体之间的相互作用和连接方式。在海道测量知识图谱中, 仿真设备之间是数据协同关系; 仿真设备与相关知识点是知识运用关系; 知识点与相关数据之间是理论验证和实验的关系。

在知识图谱中, 实体与属性之间是一对一的关系, 实体之间是多对多的关系。不同的实体通过关系构造出网状的结构图, 实体和关系以节点和边的形式在网状结构图中表示。

(二) 海道测量知识图谱的构建

知识图谱有自顶向下和自底向上两种构建方式。自顶向下构建是根据已有的结构化数据源, 从中提取实体和关系形成知识库; 自底向上构建是通过技术手段从不断更新的数据中提取资源, 经

人工审核后形成实体和关系，最终构建知识库。

海道测量知识图谱的实体包括海道测量设备、相关知识、相关数据。在多年的实践教学过程中，各课程都积累了大量的实验教学装设备资料，包括设备参数、使用说明书等，这些都可以直接形成测量设备实体。在制定人才培养方案时，相关教员已经为海道测量教学制定了完整的知识点体系图，内容包括每门课程所包含的知识点以及各知识点之间的关系，这些内容可以直接用来形成海道测量知识点实体。图1是水深测量与海底底质测量的知识点关系图。

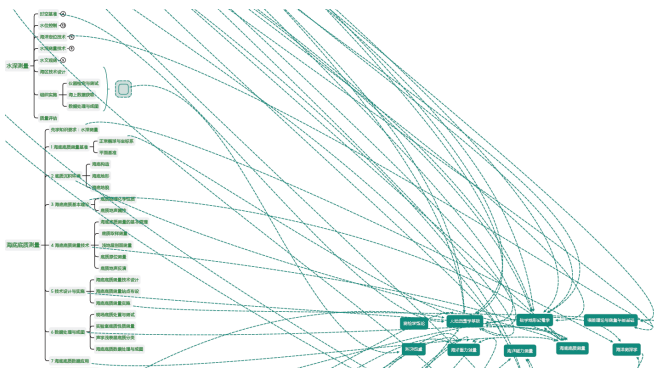


图1 海道测量部分知识点关系图

海道测量知识图谱中的数据知识点包括典型潮汐数据、典型水下声速垂直梯度数据等。教员在长期的教学过程中，积累了大量的典型教学数据，这些数据适合作为海道测量知识图谱的数据实体。

在构造知识图谱过程中，从教学资料中抽取相关知识点实体，根据课程知识点之间的依赖关系，就可以构造出海道测量知识图谱。在教学资料更新时，也能方便地实现知识图谱的动态更新^[6]。

（三）轻量级海道测量知识图谱的实现

知识图谱中的实体之间是网状的结构关系。对于大型的知识图谱可以通过 RDF（资源描述框架）这样的规范存储格式存储，也可以通过 Neo4j 这样的图数据库存储。但是这两种方式都需要专用的硬件和软件来支撑。对于海道测量仿真实验教学，相关的知识图谱实体数量有限，可以通过轻量级数据库来构建，便于在教学中使用。图2是海道测量知识图谱数据库中的实体和关系的结构表。图3、图4、图5分别是与水深测量相关的设备实体表、数据实体表、知识点实体表内容。

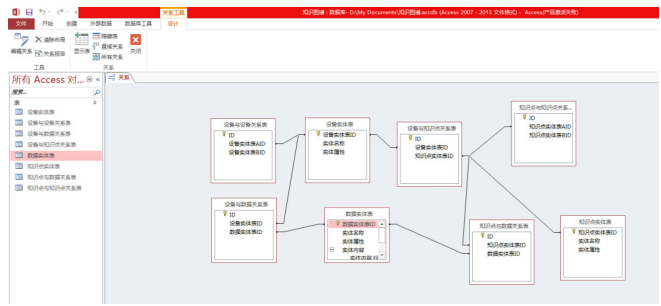


图2 海道测量知识图谱数据库架构图

设备名称	设备属性
1 信标差分GNSS接收机	信标差分定位接收机，定位精度<1m
2 浅水单波束测深仪	浅水单波束测深仪，探测范围<200m，测量精度<1cm
3 深水单波束测深仪	深水单波束测深仪，测量范围<12000m，测量精度<0.5%水深
4 浅水多波束测深仪	浅水多波束测深仪，测量距离<200m，波束数量256，最大开角160度
5 深水多波束测深仪	深水多波束测深仪，测量精度<0.1m/s
6 声速剖面仪	测量精度<0.1m/s
7 姿态传感器	角度测量精度<0.1度

图3 设备实体表内容

数据名称	数据属性
8 潮汐日高数据	潮汐在一日内发生一次高潮及一次低潮
9 不连续日高数据	在半个月中，一个水期日内出现一次高潮一次低潮的天数不超过7天，而且在剩余日子中，一个水期日内仍出现两次高潮和两次低潮
10 连续日高数据	潮汐在一日内发生二次高潮及两次低潮
11 不连续日高数据	在一个水期日内出现三次高潮和三次低潮，但高潮不等，低潮和深潮时也不等
12 连续日高数据	正常水下声速剖面数据，水下声速不发生变化
13 不连续日高数据	正常水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
14 连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
15 不连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
16 连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
17 连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
18 连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
19 连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
20 连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面
21 连续日高数据	水下声速剖面数据，在多数测深仪上应称为波束指向海面

图4 数据实体表内容

知识点名称	知识点属性
0 时间基准	包括UTC时间、GPS时、北斗时、格洛纳斯时
1 时间基准	协调世界时的秒长严格等于原子时的秒长，采用两种（或多种）的办法使协调时与世界时的时差接近，当协调时与世界时的时差在0.9秒以内时，采用闰秒（或跳秒）的办法使协调时与世界时的时差接近，当协调时与世界时的时差在0.9秒以外时，采用闰秒（或跳秒）的办法使协调时与世界时的时差接近
2 时间基准	GPS与协调时（UTC）一样，以原子时作为时间的尺度，但不进行跳秒。GPS与协调时（UTC）规定于1980年1月6日00时00分00秒起，开始历元为2000年1月1日00时00分00秒的UTC，通过GPS与世界时的时差，使GPS与世界时的时差在0.1秒以内
3 时间基准	GLONASS卫星系统定位系统的时间基准为GLONASS时（GLONASS time），采用于莫斯科（第三时区）时间的UTC，通过GPS与世界时的时差，使GPS与世界时的时差在0.1秒以内
4 时间基准	包括WGS84坐标系，CGCS2000坐标系，1954年北京坐标系，1980年国家大地坐标系
5 时间基准	三维地心坐标系，原点是整个地球的质量中心，Z轴指向国际地球参考系1983年原点位置，即国际地球参考系1983年原点位置，即国际地球参考系1983年原点位置
6 时间基准	二轴地心坐标系，原点是整个地球的质量中心，Z轴指向国际地球参考系1983年原点位置，即国际地球参考系1983年原点位置
7 时间基准	二轴地心坐标系，原点是整个地球的质量中心，Z轴指向国际地球参考系1983年原点位置，即国际地球参考系1983年原点位置
8 时间基准	二轴地心坐标系，原点是整个地球的质量中心，Z轴指向国际地球参考系1983年原点位置，即国际地球参考系1983年原点位置
9 时间基准	二轴地心坐标系，原点是整个地球的质量中心，Z轴指向国际地球参考系1983年原点位置，即国际地球参考系1983年原点位置

图5 知识点实体表内容

从图2中可以看出，根据海道测量设备、海道测量数据、海道测量知识点的实体内容，使用关系数据库可以建立一个包含多种实体和关系的知识图谱数据库。根据这个数据库，可以进一步形成轻量级的海道测量知识图谱。根据这种实体关系，能够绘制出相应的图谱，根据数据库中的实体关系，可以实现基于对象关联关系的信息检索和推荐，达到个性化辅助教学的目的。

三、结合知识图谱的海道测量仿真教学方法设计

前文所设计的知识图谱，已经应用于某型海道测量仿真教学平台中。图6是仿真教学平台的整体界面以及知识图谱界面。

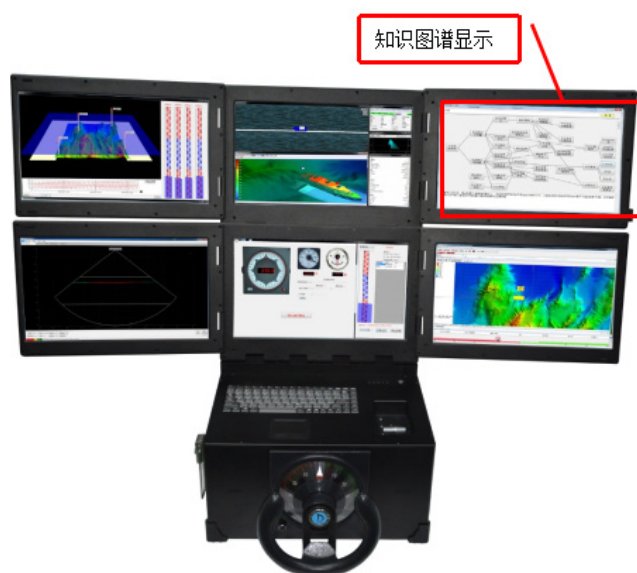


图6 内嵌知识图谱的海道测量仿真教学平台外观

在图6中,海道测量仿真教学平台中通过5个显示屏显示不同海道测量设备的软件操作界面,这些软件是测量装备的随装控制软件,相互之间通过网络接口完成数据通信。在仿真实验教学过程中,所有软件的操作过程能够被后台以监控网络端口通信数据的方式所捕获,通过对这些数据进行分析,能够感知学生当前的操作内容。仿真平台上的知识图谱界面如图6中红框内所示,图7知识图谱界面的详细内容。

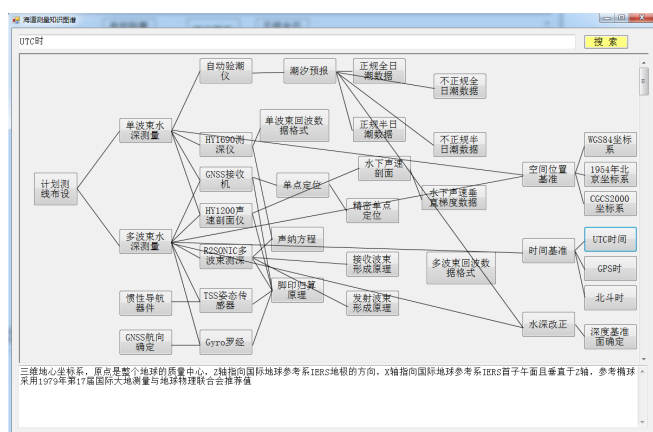


图7 海道测量知识图谱

知识图谱的嵌入过程包括两个步骤,第一步是知识推理,第二步是结果显示。在知识推理过程中,当用户在仿真平台上操作某个软件时,系统在后台捕获对应的软件通信数据,通信数据的变化就成为一个知识图谱的触发器,如用户在调整测深仪的波束开角时,开角的变化就是一个触发器,根据这个触发器的参数名称,知识图谱在后台通过数据库以正则匹配的方法检索相关的知识点实体,以及所选择实体有关系的相关实体,完成知识推理。

在结果显示阶段,知识图谱根据检索到的各种实体和它们之间的关系,形成一个知识点结构图,最终以结构图的形式把检索出的实体和对应的属性推送给学生。学生也可以在知识图谱中搜索自定义的关键词,这些关键词的搜索结果会进一步成为知识图谱的指代消解参数,从而根据学生的使用形成知识图谱的迭代更新。

内嵌知识图谱的海道测量仿真实验教学平台目前已应用于海道测量仿真实验教学。从教学效果来看,这种知识图谱的嵌入方法易于实现,能够为学生实时推送所需要的知识点或数据,极大增强了仿真实验教学的效果。

四、小结

海道测量仿真教学内容涵盖多种测量理论与知识,需要在教学过程中向学生实时推送相关的知识点及数据。知识图谱以图的形式组织知识,适合应用于个性化知识推荐,非常适合在仿真教学中使用。传统的知识图谱包含大量的数据,需要通过专用的软硬件构建,难以直接应用于专业课程仿真教学。本文所介绍的知识图谱构建与应用方法适用于知识面相对狭窄、知识点数量较少的专业领域,能够通过轻量级数据库构建出知识图谱。实践结果表明,这种方法能够有效改善学生的学习效果,提升学生创新能力,而且具有较好的通用性,易于在其他类似专业使用。

受现有教学条件的限制,这种方法在网络应用方面还存在不足,下一步将针对局域网条件下松耦合式仿真教学的场景进一步研究知识图谱的更新迭代方法。

参考文献:

- [1] GB12327-2022, 海道测量规范 [S]. 北京: 国家市场监督管理总局/ 国家标准化管理委员会, 2023.
- [2] 王萌, 王昊奋, 李博涵, 等. 新一代知识图谱关键技术综述 [J]. 计算机研究与发展, 2022, 59(09): 1947-1965.
- [3] 田玲, 张瑾川, 张晋豪, 等. 知识图谱综述—表示、构建、推理与知识超图理论 [J]. 计算机应用, 2021, 41(08): 2162-2186.
- [4] 李子豪, 冯林, 徐林泉, 等. 基于少样本学习的知识图谱补全综述 [J]. 小型微型计算机系统, 2024, 45(12): 2838-2857.
- [5] 姜强, 药文静, 赵蔚, 等. 面向深度学习的动态知识图谱建构模型及评价 [J]. 电化教育研究, 2020, (03): 85-92.
- [6] 赵纪为, 朱慧荣, 李然, 等. 基于多路正则匹配方法的水利工程知识图谱构建 [J]. 水电与新能源, 2024, 38(12): 48-51.