

基于大学物理认知图谱的学生评价策略思考

史湘衣 马 艳

(同济大学物理科学与工程学院, 上海 200082)

摘 要 面临高考改革分批进行, 大学新生知识水平、结构差异增大, 现有评价方案较少关注到对学生认知具有重要影响的知识结构, 进而较难精准辨别出存在学习困难的学生。对此, 本文基于学生知识掌握情况将学生在大中衔接中的类型分为衔接优良均衡型、衔接优良不均衡型、衔接一般均衡型、衔接一般不均衡型; 分别使用单向、双向的 Apriori 算法对本科新生物理学习数据进行挖掘、生成关联规则; 之后, 使用基于教材的学科知识图谱对关联规则进行筛选, 形成不同类型学生的个性化认知图谱。研究表明, 学生在大中衔接过程中知识结构与学生成绩基本呈正相关, 四种类型学生的知识结构有明显差异。此外, 本文还基于研究结果对新高考改革背景下学生精准评价策略提供建议。

关键词 认知图谱; 关联规则; 知识图谱; 机器学习; 个性化学习

THINKING ON STUDENT EVALUATION STRATEGIES BASED ON COLLEGE PHYSICS COGNITIVE GRAPH

SHI Xiangyi MA Yan

(School of Physics Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200082)

Abstract The reform of the college entrance examination is carried out in batches. The differences in the knowledge level and structure of college freshmen are increasing. Existing evaluation schemes pay less attention to the knowledge structure that has an important impact on students' cognition, making it difficult to accurately identify students with learning difficulties. In this regard, the paper categorizes students' types in the transition from middle school to college education based on their knowledge mastery into four types: well-balanced excellent transition, unbalanced excellent transition, average balanced transition, and average unbalanced transition. The one-way and two-way Apriori algorithm are used to mine the physics learning data of undergraduate freshmen and generate association rules. Then, an academic knowledge graph based on textbooks is used to filter the association rules, forming personalized cognitive maps for students of different types. The results show that the knowledge structure of students in the process of transition between college and middle school is basically positively correlated with students' performance, and there are obvious differences in the

收稿日期: 2024-03-11

基金项目: 2023 教育部产学合作协同育人项目: 改革物理实验教学, 培养综合创新人才——数字全息试验仪的改装及应用(项目编号: 230807116144636); 国家自然科学基金项目: 高端医药光谱成像与智能检测分析仪器研制(项目编号: 62027810)。

通信作者: 马艳, 同济大学物理科学与工程学院副教授, mayan@tongji.edu.cn。

引文格式: 史湘衣, 马艳. 基于大学物理认知图谱的学生评价策略思考[J]. 物理与工程, 2024, 34(5): 60-68.

Cite this article: SHI X Y, MA Y. Thinking on student evaluation strategies based on college physics cognitive graph[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(5): 60-68. (in Chinese)

knowledge structure of the four types of students. Finally, based on the research results, some suggestions are provided for the accurate evaluation strategies of students in the context of the new college entrance examination reform.

Key words cognitive graph; association rules; knowledge graph; machine learning; personalized learning

2014 年国务院发布《关于深化考试招生制度改革的实施意见》(简称《意见》),新高考改革逐渐在全国推行,目前,全国已有 29 个省份公布了新高考改革方案,将分五批完成新高考改革。《意见》中强调,须通过多元的考试招生模式、公平合理的体制机制实现各级教育的衔接与沟通,学生不同阶段取得的学习成果均可被认可,建设终身学习的社会环境^[1]。

然而,当下大学与中学教育的衔接并不如人意,尤其对于难度较大的物理学科,第一、二批高考改革的省份实施“3+3”选考模式,选考物理人数急剧下降。吸取试点省份的经验,后续高考改革的省份实施“3+2+1”模式,物理和历史成为必选科目。由于不同省份的改革实施模式不同,造成生源结构多样化、生源质量差异大等问题出现,大学入学的理工类专业学生知识水平参差不齐^[2]。而大学物理作为大多理工类专业本科新生入学第一学期的课程,与高中物理在教学方式、教学理念中存在较大差异,如:大学物理课程量较大,教师以讲授为主,较少进行讨论与习题讲解,对学生学习习惯和自学能力都提出了更高的要求,在这种情况下,学生更容易产生学习困难^[3]。

因此,精准的评价方式才能更有效地辨别存在学习困难的学生,而目前大学物理课程较多将考试成绩作为评价学生知识掌握程度的标准,较少关注到对学生认知具有重要影响的知识结构^[4]。本研究旨在通过机器学习的方法,采用 K-means 算法基于知识掌握程度、综合应用能力对学生进行聚类,发现四种不同大中衔接类型的学生,使用两种 Apriori 算法对不同类型学生作业、考试数据进行挖掘,生成不同类型学生的个性化认知图谱,通过分析不同衔接类型学生的知识结构,为提高新高考改革背景下学生的学习适应性,帮助学生更顺利地完

1 相关理论研究

1.1 新手学习者和专家具有不同的知识结构

建构主义的学习观认为学生学习是在原有经验的基础上主动进行意义建构的过程,在此过程中,学生通过同化、顺应完成学习过程,形成自己的知识结构,而区分专家和新手学习者的一大关键要素就是知识结构的连通性^[5]。Chi 等^[6]发现,专家和新手学习者具有不同的知识结构,并且该结构在解决问题时发挥作用,对于专家而言,其知识结构中包含潜在的问题解决方案。具体到物理学习中也是如此,物理学专家认为物理是由一些最基本的定律构成,大量的概念和原理都以这些基本定律为核心,在学习物理时必须理解概念、原理和基本定律之间的本质联系,当学生在学习物理时先思考这些本质联系的时候,学生就向专家型思维转变了。^[7] Hammer 等^[8]认为研究人员应该向教师提供关于学生知识之间连通重要性的本质理解,学生对物理知识之间的推理能力直接影响学生的学习结果,正如部分学生在高中阶段形成的思维定式使得一些学生认为物理概念之间是孤立的,学习物理只需要机械地记忆模型和公式,而成熟的学习者通常会反思学习内容并且主动将新知识与已有知识经验相结合,以一种“建构主义”的方式去理解学习资源而不是将其视为一种“传播材料”。Chen 等^[5]发现中国大部分大学生知识结构正处于新手学习者和专家学习者过渡的早期阶段,因此把握好大学阶段帮助新手学习者形成主动在学习建立知识结构的思维模式非常重要,如果这一阶段没有得到重视很可能会使新手学习者在面临更困难、更深入的学习资料时产生学习困难,从而降低学习积极性,甚至形成学业不适。

1.2 认知图谱相关研究

认知图谱在 2019 年被应用到了计算机科学领域推理中,相较于知识图谱对知识进行编码、检

索,认知图谱强调对问题进行推理^[9]。具体到教育领域,余胜泉等^[4]认为教育领域认知图谱的内涵应与计算机科学领域有所区别,提出了学习认知图谱的概念:学习认知图谱是在教育知识图谱的基础上叠加学习者认知状态要素,可以看作是学习者知识结构及其知识状态的认知表征与推理。其中,知识结构指知识之间的关系,知识状态指学习者有关知识的认知层次及掌握程度。

近年来,教育领域出现较多关于使用认知图谱将知识与学习者认知状态结合起来表征的研究。周东岱等^[12]构建了刻画学生核心素养的认知图谱,每位学生在单元测试后系统会形成特定的时间戳,根据该时间学生各学科素养的形成程度构建认知图谱,包含结合知识元落实的核心素养之间的关系和学科核心素养之间的关系;余胜泉等^[13]将学习者认知状态要素叠加在学科知识点上,形成个性化学习认知地图,认知地图上既呈现知识点之间的关系,也呈现某学习者对知识点的掌握情况,分为薄弱知识点、优势知识点和未学知识点,对于未学知识点将采用知识追踪模型诊断预测学习状态,并以不同灰度在个性化学习认知地图中可视化;Lv等^[14]基于专家标注建立的学科知识图谱表征知识点之间的前驱后继关系,并根据学生的答题记录标记学生每个知识点的掌握程度,将个体学生的知识点掌握程度与专家标注的学科图谱融合形成加权知识图谱,这个知识图谱是学生学习个性化结果的表征,也可以看成个体学习者的认知图谱;Hao等^[12]认为教育知识图谱应该与个性化学习者特征相结合,表征个体学生学习过程中涉及的知识点,每个学习者的个性化认知图谱以其学习过程中的第一个知识点为起点、最后一个知识点为终点形成一个有向无环图,其关系为知识点之间的前驱、后继、广义前驱、广义后继等关系。

综上所述,教育领域构建认知图谱的研究主要可以分为两类:将知识与学习者认知状态结合起来表征的研究,较多为专家标注学科图谱叠加学习者认知状态,即在人工标注的知识图谱上显示学习者学习状态^[4];另一类研究关注个性化学习者特征的研究,即个体学习者的学习状态和知识点掌握情况,形成个体学生认知图谱^[10]。这些研究大多应用于学习者模型构建,为学生提供更完整的学习者画像,从而促进学生使用学习平台

个性化学习。本研究将认知图谱应用于教育评价中,并结合聚类算法,探索不同大中衔接类型学生知识结构,结合学生认知图谱对学生进行精准化评价。

1.3 关联规则算法在教育领域应用的相关研究

数据挖掘(data mining)是从大量真实数据中提取隐含信息、知识的过程。教育领域应用数据挖掘可以从教师教学、学生学习过程中分析出有用的信息。关联规则挖掘算法是数据挖掘的重要方法之一,其中 Apriori 算法是关联规则算法中最经典的一种,也是教育领域应用较多的算法^[13]。算法通过每一层的迭代找出数据中项集之间的关系进而形成关联规则,主要包含两步:(1)逐层迭代检索出数据集中所有频繁项集,即支持度大于用户设定最小支持度(min support)的项集;(2)利用频繁项集构建满足大于用户设置的最小置信度(min confidence)的关联规则。传统 Apriori 算法中候选项集是逐层产生的,因此每产生一层频繁项集就需要扫描整个数据库,该过程不仅消耗大量时间还会产生较多频繁项集^[14]。因此,需要对关联规则的价值进行衡量,选择对用户有用的、有价值的规则,其中较常用的衡量方法有:数据约束、规则约束。数据约束是用户指定对部分数据进行挖掘,即对生成频繁项集的效率进行优化或筛选生成项集的数量。规则约束是指引入模板(template),使用模板来对生成的关联规则进行筛选,从而选择我们需要的规则。在教育领域中,较多研究者采用数据约束的方法,通过一定的筛选机制生成更精准的频繁项集和更符合教学逻辑的关联规则^[15]。Yang等^[16]提出了一种改进的关联规则算法,在生成候选项集时只需要扫描一次原始数据库,节省了生成频繁项集的时间,提高了算法效率,并将其应用于课程排序中,帮助决策者制订更合理的教学计划;Jha等^[17]提出了一种基于自底而上方法和支持矩阵的 Apriori 算法,该算法有效减少了频繁项集生成的时间,同时还用基于标准差的函数模型代替了传统 Apriori 算法的用户自定义最小阈值,不熟悉数据挖掘的普通教育工作者也可以使用该模型。也有部分研究者通过规则约束的方法改善生成的规则,Zhan等^[18]提出了通过引入稳定性、难度来对生成的关联规则进行筛选,从而减少了不符合教学逻辑的关联规则,提高了规则的准确率。郭鹏等^[13]使用引入兴趣

度的关联规则算法分析不同课程学生取得成绩之间的关系,结果发现相较于传统关联规则算法,引入兴趣度算法的结果能够得到更少误导性或无意义的规则。

综上所述,使用规则约束和数据约束都可以减少无用关联规则的生成,生成更多有用的、有价值的关联规则。本研究使用规则约束的方法,将教材标注学科图谱作为模板,对关联规则算法的结果进行过滤,最终输出对有意义的规则,将这些知识点之间的关联规则用于构建学生认知图谱。

2 研究设计

本研究探究学生中学毕业到大学入学初期这一阶段的适应情况,即大中衔接情况,创造性地从学生知识结构这一视角出发,分析学生在这段时间中知识结构的变化,研究新高考改革下不同适应情况学生的知识结构,为学生更顺利地完成大中衔接提供建议。

2.1 数据来源及处理

本研究数据来自 T 大学 2022—2023 年第一学期本科一年级 15 个班学生普通物理作业以及期末考试数据,共包含 5 个知识章节,36 个细粒度知识点,覆盖学生从大学入学到第一学期结束的数据,恰好反映出学生在大中衔接这段时间的知识变化情况。作业每道题考查 1 个知识点,侧重于评价学生基础知识的掌握情况;考试每道题考查 1 至 2 个知识点,侧重于评价学生的综合应用能力,每条记录包括学生学号、姓名、各题目得分。

本研究对异常数据进行了清理,依据 80% 法则删除完整度低于 80% 的数据^[19],删除后保留 1808 条数据,对完整度高于 80% 但存在部分缺失的数据使用 KNN 算法进行插补,即通过查找 K 个最与目标对象相近的历史记录的组合来辨别目标对象^[20],如:某同学缺少质点运动学章节加速度知识点作答数据,则使用 KNN 算法找出与该同学在其他知识点(一般选择缺失知识点对应章节的其他知识点以及与缺失知识点存在学习先后顺序的知识点作答数据)作答最相近的 10 位同学加速度知识点作答均值作为这位同学该知识点的得分。

2.2 试题质量分析

试题质量分析主要包括难度系数、信度和区分度分析,难度系数表示试题的难易程度,用试题得分与试题满分的比值表示,一般认为该值高于 0.8 为难题^[21]。本研究作业的平均难度系数为 0.84,试卷的平均难度系数为 0.71,作业侧重于考查基础知识掌握情况,难度较低,试卷侧重于考查知识的综合应用能力,难度较高,各类题型难度系数分布见表 1。作业的 Cronbach α 系数为 0.79,试卷的 Cronbach α 系数为 0.72,一般学校测验数据信度高于 0.7 则可靠性较好^[22],本研究数据可靠性较好,可以反映出学生的真实作答水平。

表 1 数据难度系数分布

难度	选择	填空	计算	合计/%
难	5	2		13.7
较难	5			9.8
中等	3	3	1	13.7
较易	9	2	1	23.5
易	16	4		39.3
合计	38	11	2	100.0

区分度反映试题能否准确鉴别学生的能力,对于非选拔性考试,试题可以较好体现要检测的内容即可,并不偏重于区分度,因此整体区分度达到一般水平(0.2)即可^[22]。使用公式 $D = \frac{\bar{x}_{iH} - \bar{x}_{iL}}{F_i}$ 计算题目区分度,其中 $\bar{x}_{iH}$ 、 $\bar{x}_{iL}$ 分别表示高分组和低分组第 i 题的平均分,选择总分最高、最低的 27% 分别为高分组、低分组, F_i 表示题目的满分^[21]。D 值越大区分度越高。作业数据的整体区分度为 0.30,区分度合格;试卷数据的整体区分度为 0.65,区分度较好。

2.3 基于 K-means 算法的学生群体聚类

K-means 算法是数据挖掘中应用较为广泛的一种基于划分的聚类方法,主要思想是随机设置 K 个初始聚类中心,根据每个对象与聚类中心之间的相似程度不断更新聚类结果直到收敛^[23]。本研究选择作业总成绩、期末考试总成绩分别表示学生的基础知识掌握、综合知识应用情况,作为 K-means 算法聚类标签对学生进行分类。由于算法需要人为设定分类数量,所以首先对数据进行簇内离差平方和、轮廓系数计算,确定最优 K 值为 4(图 1)。因此,可以将学生分为 4 类。

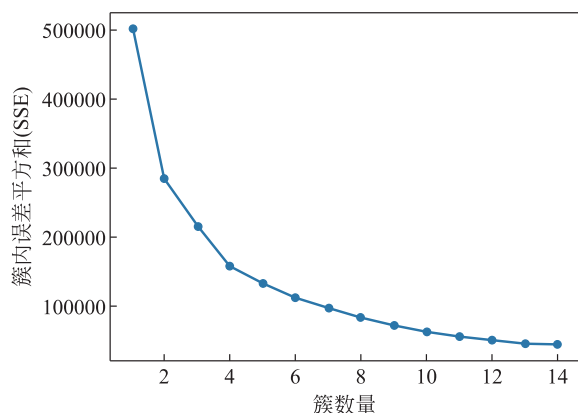


图1 基于手肘法的聚类图

2.4 基于两种 Apriori 算法的认知图谱构建

关联规则挖掘是数据挖掘的重要算法之一, Apriori 算法是一种非常经典的关联规则挖掘算法,在教育中有大量的应用。该算法的基本原理是:设 $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$ 是 m 个不同项目的集合,每个 i_k 称为一个项目,项目的集合 I 称为项集。数据集 D 表示数据库中所有事务的集合,非空项集 T 是由若干个项目组成的项集,表示 D 中的一个事务。设知识点项集 X 和知识点项集 Y 是事务 T 中包含的两个项集,即 $X \subseteq T, Y \subseteq T$ 。如果存在 $X \neq \emptyset, Y \neq \emptyset$, 则 $X \Rightarrow Y$ 构成事务集 D 中一条关联规则^[13]。

针对教育领域的大数据挖掘,王凤肆等^[24]提出的改进的 Apriori 算法,该算法依据知识点逻辑关系模型,分别挖掘同时答对任意两道题和同时答错任意两道题的频繁项集,设定同时答对两道

题的最小置信度 $C_{\min} = 0.9$, 最小支持度 $S_{\min} = 0.15$, 同时答错两道题的最小置信度 $C_{\min} = 0.9$, 最小支持度 $S_{\min} = 0.1$, 保留两个项集的并集, 可以得出“两道试题对应的知识点之间可能存在关联”的结论。本研究分别使用经典的 Apriori 算法和改进的 Apriori 算法对四个聚类的数据进行挖掘, 并比较两种算法的挖掘效果。由于算法需要对数据进行一定的转换, 本研究将小于题目均分的数据转换为 0, 大于题目均分的数据转换为 1。

2.5 结合学科图谱的认知图谱审核

由于通过纯粹数据挖掘得到的结果可能存在一定的干扰性, 本研究根据大学物理教材标注学科知识图谱(图 2)。将经典 Apriori 算法生成的单向关联规则结果和改进 Apriori 算法生成的双向关联规则结果分别通过学科图谱进行筛选, 保留符合知识点之间关联关系的规则, 删除不符合的规则。最后, 综合两种算法的生成结果, 找到更适合表征学生知识结构的算法。

3 研究结果分析

3.1 新高考背景下大中衔接阶段学生的主要类型

最终聚类结果以散点图的形式呈现, 见图 3, 每个聚类中心的成绩如表 2 所示。学生的基础知识掌握维度表示学生基础知识点的掌握情况, 即学生入学以来基础知识对应的作业题目作答情况, 综合知识掌握维度表示学生通过作答综合性较强的期末试卷体现出的综合知识应用能力, 从

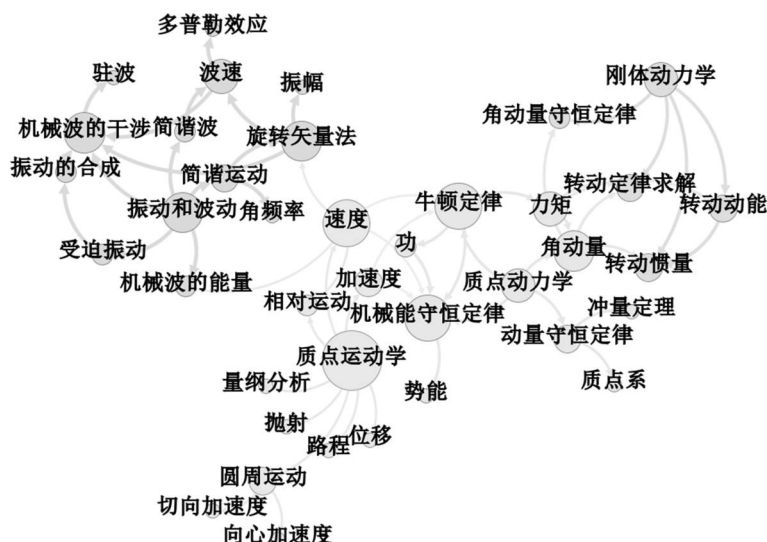


图2 基于物理教材的力学学科知识图谱

基础知识掌握到综合知识掌握体现出学生从本科入学到期末考试这一大中衔接关键时期的知识掌握变化。学生均分为学生基础知识总分和综合知识总分的平均值。

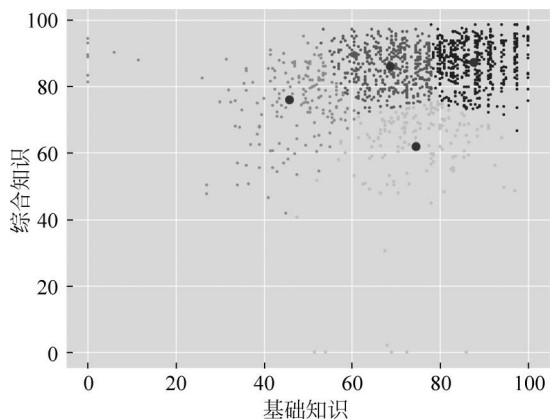


图3 不同聚类散点图

表2 4个聚类中心分数

类型	聚类中心		
	基础知识	综合知识	均分
聚类1	45.6556	75.9680	60.8118
聚类2	74.5152	61.9474	68.2313
聚类3	68.6473	86.0745	77.3609
聚类4	87.6972	87.3562	87.5267

虽然4个聚类的平均成绩由低到高,但从每个聚类的基础知识、综合知识掌握得分可以看出不能单纯依据成绩对学生进行分类。综合聚类情况,参考南晓鹏^[25]对新高考生源下学生群体特征的分类,可以根据学生的大中衔接情况将学生分为四种类型:衔接优良均衡型、衔接优良不均衡型、衔接一般均衡型、衔接一般不均衡型(图4)。衔接优良均衡型(聚类3)的学生从基础知识到期末考试有一定程度上的提升,通过一学期的大学学习在知识层面上完成了较好的衔接;衔接优良不均衡型(聚类1)学生虽然均分较低,但在期末考试上取得了较大的提升;与衔接优良不均衡型相对的是衔接一般不均衡型(聚类2),这部分学生基础知识掌握均分在四种类型中排名第二,但综合知识掌握有所下降,为四种类型中最差,可见这部分学生在大中衔接中出现了问题;衔接一般均衡型(聚类4)为四种类型中均分最高的类型,但其综合知识掌握程度得分轻微下降。

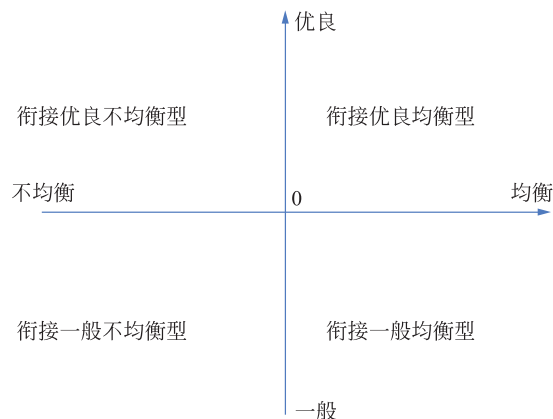


图4 不同聚类散点图

3.2 基于两种 Apriori 算法的学生群体认知图谱

经典的单向 Apriori 算法挖掘三组数据后经过学科图谱的筛选,四个聚类分别保留 30 条、35 条、38 条、41 条关联规则。通过改进的双向 Apriori 算法挖掘三组数据相较于单向算法没有增加任何符合学科知识图谱的关联关系。因此在本研究中选择传统的单向 Apriori 算法可以更高效、准确地表征学生的知识结构。

3.3 四种类型学生的群体知识结构特征

由学生认知图谱分析可知,学生的知识结构完整度与学生群体均分呈正相关,均分较高的学生类型(聚类4)知识结构相对其他三个聚类更完整,聚类1、2均分较低,知识结构缺失也相对聚类3、4更多。但从知识点之间的置信度分析可以得出:聚类2知识点之间关联关系置信度高于95%的关系仅占77.1%,而聚类1则占86.7%。因此,聚类2的知识结构中知识点更多,但知识点之间关系的可靠性相较于聚类1要更低。

聚类3、4均分较高,知识结构也相对较完整,知识点之间关系置信度高于95%的分别占94.7%、97.6%,可见这两个聚类中的关联规则可靠性非常高。这两个类型的学生均可以定义为知识掌握水平较高,对于聚类3,其知识结构中置信度不足95%的规则有:旋转矢量法→振幅(93.3%),力矩→转动动能(92.6%);对于聚类4,其知识结构中置信度不足95%的规则有:速度→相对运动(91.2%)。而综合四个聚类学生的知识结构,可以发现全体学生的知识结构在“振动和波动”章节知识点关联度都不完整,其中聚类2、4该章节知识点的关联度相较于另外两个聚类较完整,均存在8条关系

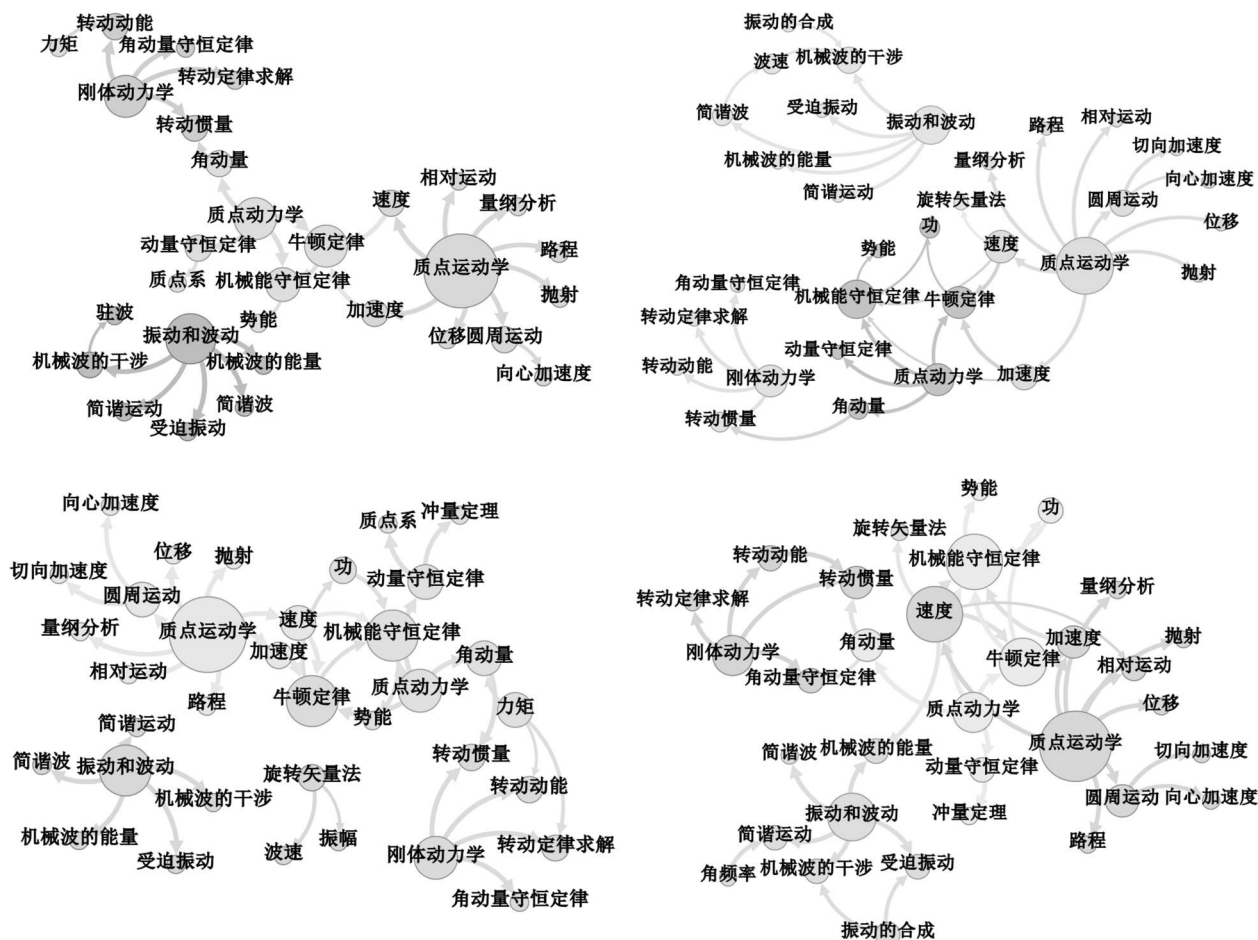


图 5 单向 Apriori 算法生成的认知图谱

属于该知识点章节。而在前面的分析中,聚类 2、4 恰好为基础知识掌握最好的两个类型,可见基础知识点掌握情况对学生学习后续较难知识点具有较大的影响。

综合四种类型的学生群体情况,衔接一般不均衡型(聚类2)学生从基础知识的学习到综合知识的应用体现出了严重的退步,虽然该类型的学生分数并非四个类型中最低的,但存在产生学习困难的隐患,需要教师对其进行特别关注。

4 研究结论

本研究使用机器学习方法对学生大学物理力学作业、期末考试数据进行了挖掘,总结出四种不同大中衔接类型的学生,并对这四种类型学生的知识结构进行分析、生成认知图谱。

从技术视角出发,本研究结果表明使用 K-

means 聚类算法结合学生知识掌握情况对学生聚类可以较好地地区分出大中衔接阶段不同特征的学生,学生知识结构的完整度和学生平均成绩呈正相关;使用 Apriori 关联规则算法对学生作答数据进行挖掘时,选择单向算法更能准确、高效地表征学生知识结构。

从教育视角出发,本研究结果表明根据学生在大中衔接过程中的适应情况,可以将四种类型的学生归纳为:衔接优良均衡型、衔接优良不均衡型、衔接一般均衡型和衔接一般不均衡型。这四种类型的学生在成绩、知识结构上均存在较大的区别,其知识结构中缺失的知识点、关联关系都大不相同。基础知识掌握较好的聚类 2、4 知识结构中缺失少量难度高的知识点,基础知识掌握较差的聚类 1 知识结构中缺失大量难度高的知识点,基础知识掌握一般的聚类 3 则在部分高难度知识点之间关系的连通性上表现较差。

5 建议

本研究的结论可对新高考改革背景下构建学生精准评价体系提供以下参考意见。首先,新高考改革加大学生知识结构差异,各类高校应通过摸底考试、问卷调查等形式完善学生入学诊断性评价,精准把握学生的知识水平,对不同水平的学生进行因材施教。对入学知识水平一般或较差的学生采取补偿措施,确保不同知识水平的学生在同一个班级中都可以取得良性发展。其次,优化过程性评价。当前存在部分基础知识学习扎实但综合应用能力较差的学生,针对这部分学生,在过程性评价中应融入知识综合应用类型的题目,以提高学生的学习深度和综合应用能力;同时,过程性评价应结合间接评价(如问卷)和直接评价(如测验),通过间接评价及时了解学生在学习过程中出现的困难,帮助教师调整教学方案。最后,在设计知识评价题目时应加强跨知识单元的题目设计,培养学生的学习迁移能力,更好地帮助学生从新手学习者转变为专家学习者。

本研究还存在一定的不足,研究使用学生知识点对应题目的得分衡量学生知识点掌握程度,而只有在题目难度接近的情况下这种关联关系才可靠。本研究将在下一步继续改进研究方法,设计可靠性更高的方法评价学生知识掌握程度。同时,本研究还将在下一步探索除知识点之外其他因素对学生大中衔接的影响,构建新高考改革背景下的大中衔接学生模型,对学生更顺利地完大学、中学教育衔接提供指导。

参考文献

- [1] 国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见(国发〔2014〕35号)[OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/201409/t20140904_174543.html.
- [2] 钟秉林,王新风.新高考的现实困境、理性遵循与策略选择[J].教育学报,2019,15(5):62-69.
ZHONG B L, WANG X F. The real dilemmas, rational adherence, and strategic choices of the new college entrance examination[J]. Journal of Education, 2019, 15(5): 62-69. (in Chinese)
- [3] 梁德婧.高中物理与大学物理的衔接问题研究[D].苏州:苏州大学,2020:16-19.
- [4] 万海鹏,王琦,余胜泉.基于学习认知图谱的适应性学习框架构建与应用[J].现代远程教育,2022,No.202(04):73-82.
- WAN H P, WANG Q, YU S Q. Construction and application of an adaptive learning framework based on learning cognitive map[J]. Modern Distance Education, 2022, No. 202(04): 73-82. (in Chinese)
- [5] CHEN Q, ZHU G, LIU Q, et al. Development of a multiple-choice problem-solving categorization test for assessment of student knowledge structure[J]. Physical Review Physics Education Research, 2020, 16(2):020120.
- [6] CHI M, FELTOVICH P J, GLASER R. Categorization and Representation of physics problems by experts and novices[J]. Cognitive Science, 1981, 5(2):121-152.
- [7] 张萍,涂清云,张齐齐,等.改革教学模式促进学生物理学习态度正向发展[J].中国大学教学,2014(2):5.
ZHANG P, TU Q Y, ZHANG Q Q, et al. Reforming teaching methods to promote positive development of students' attitudes towards physics learning[J]. Chinese University Teaching, 2014(2): 5. (in Chinese)
- [8] HAMMER D. Tapping epistemological resources for learning physics[J]. Journal of the Learning Science, 2003:53-59.
- [9] 赵国庆,李欣媛,路通,等.从认知地图到认知图谱:相似概念的跨学科审视[J].现代远程教育研究,2021,33(5):14-25.
ZHAO G Q, LI X Y, LU T, et al. From cognitive maps to cognitive graphs: An interdisciplinary examination of similar concepts[J]. Modern Distance Education Research, 2021, 33(5): 14-25. (in Chinese)
- [10] 董晓晓,周东岱,顾恒年.面向学科核心素养发展的学生学科认知图谱构建研究[J].电化教育研究,2023,44(6):90-96,103.
DONG X X, ZHOU D D, GU H N. Research on the construction of students' subject cognitive maps for the development of subject core literacy[J]. E-education Research, 2023, 44(06): 90-96, 103. (in Chinese)
- [11] LV P, WANG X, XU J, et al. Utilizing knowledge graph and student testing behavior data for personalized exercise recommendation[C]. ACM TURC '18: Proceedings of ACM Turing Celebration Conference, 2018:53-59.
- [12] HAO G, ZHANG T, WANG X. Description of personalized learning characteristics in education oriented knowledge graph[M]. 2021 4th International Conference on Information Systems and Computer Aided Education, 2021: 2495-2498.
- [13] 郭鹏,蔡骋.基于聚类和关联算法的学生成绩挖掘与分析[J].计算机工程与应用,2019,55(17):169-179.
GUO P, CAI C. Mining and analyzing student performance based on clustering and association algorithms[J]. Computer Engineering and Applications, 2019, 55(17): 169-179. (in Chinese)
- [14] 赵洪英,蔡乐才,李先杰.关联规则挖掘的Apriori算法综述[J].四川理工学院学报(自然科学版),2011,24(1):66-70.
ZHAO H Y, CAI L C, LI X J. A review of the apriori algorithm for association rule mining[J]. Journal of Sichuan

- University of Science & Engineering (Natural Science Edition), 2011, 24(1): 66-70. (in Chinese)
- [15] 崔妍,包志强. 关联规则挖掘综述[J]. 计算机应用研究, 2016, 33(2): 330-334.
- CUI Y, BAO Z Q. A review of association rule mining[J]. Computer Applications Research, 2016, 33(2): 330-334. (in Chinese)
- [16] QIANG Y, HU Y. Application of improved apriori algorithm on educational information[C]. Fifth International Conference on Genetic & Evolutionary Computing. IEEE, 2011: 330-332.
- [17] JHA J, RAGHA L. Educational data mining using improved Apriori Algorithm[J]. International Journal of Information and Computation Technology, 2013: 411-418.
- [18] ZHAN J, FAN X, ZHAO Y. Automatic rules generation for teaching strategies improvement[C]. CSAE '20: Proceedings of the 4th International Conference on Computer Science and Application Engineering. 2020: 1-5.
- [19] ANDREW G, JENNIFER H. Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models, 2006: 529-543.
- [20] 张宁,贾自艳,史忠植. 使用 KNN 算法的文本分类[J]. 计算机工程, 2005(8): 171-172, 185.
- ZHANG N, JIA Z Y, SHI Z Z. Text classification using KNN algorithm [J]. Computer Engineering, 2005 (8): 171-172, 185. (in Chinese)
- [21] 梁英,张海悦,张玉海,等. 医学统计学试卷质量分析评价与教学策略思考[J]. 中国卫生统计, 2023, 40(4): 616-618.
- LIANG Y, ZHANG H Y, ZHANG Y H, et al. Analysis and evaluation of the quality of medical statistics examination papers and teaching strategy reflections [J]. China Health Statistics, 2023, 40(4): 616-618. (in Chinese)
- [22] 张永爱,曹弘毅,褚静,等. 护理专业考试命题与试卷分析中的问题及要点解析[J]. 中华护理教育, 2021, 18(8): 723-726.
- ZHANG Y A, CAO H Y, CHU J, et al. Problems and Key Points Analysis in the examination and Paper analysis of nursing majors[J]. Chinese Nursing Education, 2021, 18(8): 723-726. (in Chinese)
- [23] 王惠惠,董永权,和文斌,等. 基于聚类集成的学生群体画像构建[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2022, 40(3): 46-50.
- WANG H H, DONG Y Q, HE W B, et al. Construction of student group portraits based on cluster ensemble[J]. Journal of Jiangsu Normal University (Natural Science Edition), 2022, 40(3): 46-50. (in Chinese)
- [24] 王凤肆. 教育大数据: 考核评价数据分析、挖掘与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 61-66.
- [25] 南晓鹏. 新高考生源学生学习适应性类型及其对应群体特征: 以某试点省份本科高校为例[J]. 现代教育管理, 2021, (8): 18-25.
- NAN X P. Types of learning adaptability and corresponding group characteristics of new college entrance examination students: A case study of a pilot province's undergraduate colleges[J]. Modern Education Management, 2021, (8): 18-25. (in Chinese)

(上接第 39 页)

意进行自主探究,充分的“试错”时间和空间让学生更有自信、更乐于探索未知。弱化纯知识记忆型考查内容,降低知识和方法的总评占比,突出高阶性的能力素质评价,使得学生的适应、分析、实现、验证、交流和自主探究能力得到显著提升。在教学过程中注重学习过程,能力量表的跟踪使得学生能够感受到自身的成长。

经过几轮的教学实践,也暴露出一些问题需要反思。首先,六项能力体系的具体指标还需要更加细化,以实现更精准的评价。其次,由于师资有限,仅由一名教师对某一具体实验进行评价,容易导致测评客观性降低。最后,测评过程得到的数据,需要更好地分析挖掘以支撑学生个性化成长,利用 AI 技术进行追踪评价可能是可探索的解

决途径。

参 考 文 献

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
- Zhong D H. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 1-6. (in Chinese)
- [2] 王峥,安炜,王文文,等. 面向工程师人才培养的基础实验类课程建设探索与实践: 以“物理实验(光学)”课程为例[J]. 物理与工程, 2023, 33(4): 129-132.
- WANG Z, AN W, WANG W W, et al. Exploration and practice of basic experimental courses construction for the training of engineers: Case study on course of physics experiment (optics)[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(4): 129-132. (in Chinese)