

基于支持性评价的教育知识图谱模型及其应用

王 静^{1*}, 李应岐², 方晓峰³, 郑丽娜⁴

(火箭军工程大学 基础部, 西安 710025)

摘要: 问题解决的过程是能力展示和思维发展的过程。学生的能力展示和解答疑惑的需求得到满足时, 就会表现出更大的动力和热情。本文提出立足于以“支持性评价”引导学习, 通过类似游戏“闯关”的设计, 依据客观问题自主测试的作答结果推送新的问题, 为学习者精准“把脉问诊”, 获得即时评价的同时明确自己的学习成效和缺陷的方法。并且, 本文针对学生的学习缺陷自动为学习者推荐学习资源, 以支持其自主学习。本文着重介绍了“支持性评价”的设计理念, 阐述了基于“支持性评价”的教育知识图谱模型的构建, 以及图谱在能力提升和发展性评估等方面的应用机制。

关键词: 教育知识图谱, 学习支持, 评价, 能力

近年来, 以智慧教室为主的智慧教学环境建设发展迅速, 国内几乎所有的高校都建设了智慧教室和网络教学平台, 鼓励教师利用网络上的优秀资源开展以翻转课堂、SPOC 等形式为代表的混合学习。但目前的智慧学习环境为学习者提供的学习支持(特别是指导性支持)有限, 对具有“月考”习惯的学习者容易出现学习动机下降、情感“缺氧”, 缺乏成就感, 不了解自己的学习漏洞, 遇到困难不知如何求助的“危机”。高质量的学习资源、良好的学习支持服务体系以及及时有效的反馈评价是促进学习有效发生的三大主要外部因素。我们对大一新生《高等数学》课程的学习进行了调研, 结果显示: 只有 5% 的学生在自学时几乎没有困难; 82% 的学生希望自学后能立刻检验学习效果; 94% 的学生表示及时的评价能提高其学习自信心和积极性; 对做过的题目, 25% 的学生急切想知道答案, 74% 的学生则特别想知道哪里错了; 学习有疑问时, 所有学生都希望能及时得到老师或他人的指导。所

基金项目: 陕西省高等教育教学改革重点项目: 基于智慧教学环境的学习支持性评价研究(21BZ091); 火箭军工程大学教育教学研究课题: 基于知识图谱, 面向自主学习支持的大学数学客观测试题建设研究(HJJKTC2022006)

*通讯作者: 王静, 火箭军工程大学。通讯地址: 陕西省西安市灞桥区洪庆街道同心路 2 号东苑 710025
邮箱: wjjd3179@163.com

2789-5521/© Shuangqing Academic Publishing House Limited All rights reserved.

Article history: Received March 19, 2023 Accepted April 4, 2023 Available online April 6, 2023

To cite this paper: 王静, 李应岐, 方晓峰, 郑丽娜(2023). 基于支持性评价的教育知识图谱模型及其应用. 教育研究前沿进展. 第2卷, 第3期, 12-20.

Doi: <https://doi.org/10.55375/jerp.2023.2.17>

以,帮助和指导学习者持续进行自主学习、提高他们的学习动机和课程学习的完成度,向学习者提供即时的“支持性评价”和基于评价的“个性化支持”就显得尤为重要。

目前,面向自主学习“支持”的学习评价设计与实践成果较少,研究者主要集中于基于学习测评数据、知识图谱的个性化评价模型和自适应学习系统设计研究^[1-7]。尽管相关成果较少,但是也取得了一定的成果。比如,知识图谱作为知识可视化发展的最新技术,不仅能在知识点之间建立语义联系,还能解决在线学习中推荐、监控、评价、反馈等个性化学习支持问题,为个性化学习支持研究提供了新的视角^[8],受到了很多学者关注。人们可以在已构建的知识图谱基础上进行研究,促进知识的学习和应用。比如,赵蔚团队研究了基于教育知识图谱的个性化学习模型与支持机制,以帮助学习能力差的被动学习者转变为具有自我调节学习能力的主动学习者,并希望从知识习得走向能力培养和思维发展^[8];马费成等人研究了概念地图在知识评价中的应用^[9]。但现有研究仍存在如下问题:课程都信息量大、学习资源数量多且离散、对学习者的特征的分析不准、关注学习者认知水平测量多而能力素养评价欠缺^[10],提供的学习支持有限,反馈不及时,学习者始终不了解自己的学习漏洞和方法缺陷,遇到困难不知如何求助的“危机”等问题,容易丧失信心和毅力。而且频繁的过程性考核,会伤害学习者自主学习的积极性和创造力的发展空间,导致为考而教,为考而学。

基于此,本文提出如下思路:1)致力于以评价引导学习。根据学生自主测试的作答结果推送新的问题或学习资源,使学习者在自主测试中获得即时评价,随时明确自己会了什么,错误的原因是什么,有哪些方面的缺陷等。2)构建以问题为中心的教育知识图谱模型。针对学生的学习缺陷自动为他们推荐学习资源,以支持其自主学习,根据问题属性评估学习者的学科子能力水平,包括已掌握的知识结点、显性的学习成效、隐性的核心素养能力、与教学目标和班级平均水平的差异等,以指导学习者在后续学习中找准方向,为优化学习投入和规避失败风险提供依据。

一、设计理念

1. 课程内容主观问题化,主观问题客观化,客观问题层次化

要支持学习者的自主学习,促进其智慧生成和思维发展,必须要找准学习者个体的知识疑点、堵点、盲点-这就需要不断地进行自主测试,以诊断学习者的所思所想。采用客观题命题,具有灵活性大,知识覆盖面广,考察内容的偶然性小,答案的客观性强,批阅的速度快等优点,所以备受出题者青睐^[11],但客观题一般而言面向知识水平认证,仅反馈答案的正确与否,缺少对学生的学习支持,也较少关注思维形成过程和创新能力水平,缺少综合应用、方法策略、能力水平、核心素养等方面的考察、分析与评价,另外,测试内容多是零散独立的,很少以层次递进的问题牵引学生逐步探究思考,在自主建构知识方面和探究能力的培养方面指导不足。主观题主要考察答题者的知识积累和对生活的认知程度,对于考察学生的语言表达能力、思维创新能力等方面有独到的优势,但存在着无法自动批判和即时反馈,交互性差,学生的疑问得不到即时解答,测试粒度大,很难精准检测出学习者在知识、能力、思维、方法等方面的薄弱点等,也就难以“查缺补漏”给予针对性的评价和指导。

基于以上原因,我们建议将知识点要综合考察的基本概念、主要方法、关键步骤、思维能力等各类属性,依照教学目标等形成主观问题。然后,在支持学生个性化自主学习的理念以及建构主义

学习理论和学生心理发展规律的指导下,将主观题的解题思路、步骤和策略进行分解细化,形成相互关联且层次递进的问题任务序列,并作为选择题的题干以多道客观题(主要是选择题)的形式表达出来。选择题的干扰项则要充分依据学生在思维、理解、方法、计算等方面易犯的具体错误进行精心设计。建构主义认为,错误是有意义的学习所必要的^[12],否定是一种有意义的学习。

2. 自主测试为主,评价引导学习

为了对学习者的精准地“把脉问诊”,客观题之间应该是多节点、多联结、多层次的关联关系,关联依据即为错误(干扰)选项的原因,所有问题赋予其难度系数(0.1-1.0)和重要程度(0.1-1.0)。以客观题牵引学生逐步探究思考,精准检测学习者的知识漏洞,在问题解决的过程中促进知识向思维发展。设计思路类似游戏“闯关”(如图1所示):学生根据自身认知水平选择知识结点进行测试,如果选择正确,闯关成功,会给出难度和复杂度有所提升的新问题,逐层向上;如果选择错误,系统会根据该错误选项的错误原因推送相应的新的测试题,逐层向下细化,直到找到知识缺陷的根源或导致错误发生的基本知识点(方法),此时学习者可自主选择该知识点(方法)的学习资源进行学习,达到“药到病除”的效果。然后再回到上题进行测试,以此往上,再逐层回溯到最初的结点,从易到难,在“练习—评价”的循环中促进理解,直至完全掌握该知识结点,再选择新的知识结点进行学习。这就意味着,不同认知水平的学生的学习路径不尽相同,面对的是不同的问题和任务,在不断的评价和学习中使思维得以发生,能力得以发展。

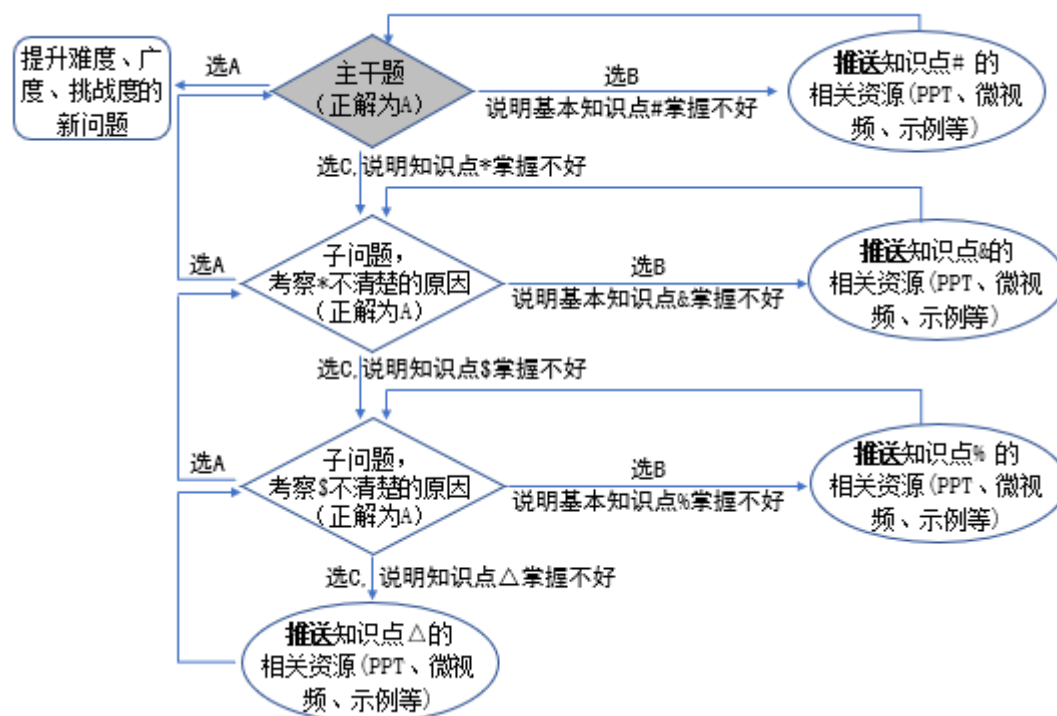


图1 测试题和资源的推送流程

3. 知识图谱为基础,问题体系为中心,关联素养能力

“教育知识图谱”的概念由李振等学者提出^[13],有的学者也称为“学科知识图谱”,其定义为知识、问题、能力集合以及知识之间、问题之间、能力之间的关联关系。它以知识簇为节点,以问题为线索,以能力培养为目标,将问题解决或任务完成可能的方法有序组织,将所涉及的知识与方法相

关联，通过问题解决和任务完成评测学科能力。钟卓等人针对现有教育领域模型知识内容分散、能力刻画不足的问题，提出了能够建立知识、问题、能力三者间映射关系的教育知识图 KQA 模型^[14]，范佳荣等人从心理学和哲学视角找寻理论依据，完成对思维内涵及其形成过程的把握；从知识抽取技术、语义链接技术和可视化技术三方面论证学科知识图谱构建的技术可行性，并针对如何以知识为基础或载体发展成学科思维，提出了以问题为线索的学科知识图谱的构建^[15]。在如上研究基础上，我们提出，以上述的客观问题体系为中间层，向下倒挂与问题相映射的知识体系，向上关联问题解决对应的学科素养和能力体系，构成以问题体系为中心的多层次教育知识图谱。利用图谱通过关系推理从资源推荐、试题推荐、系统引导等方面对学生提供个性化支持，以问题体系的关联映射促进思维发展；另一方面则发挥其图示优势，通过颜色、符号等方式记录与追踪学习者的基本信息、认知水平、能力水平、情感态度等个性特征，标记学习过程和迭代路径，为学习者动态展示个人图谱建构情况，从而监控、评价和反馈问题，指导学习者优化决策、提升体验。

二、基于支持评价的教育知识图谱模型

基于上述设计理念，本研究构建了基于教育知识图谱的学习支持评价模型，如图 2 所示，模型体现了知识图谱作为基于评价的学习支持工具与学习者的个性化学习过程的深度融合。

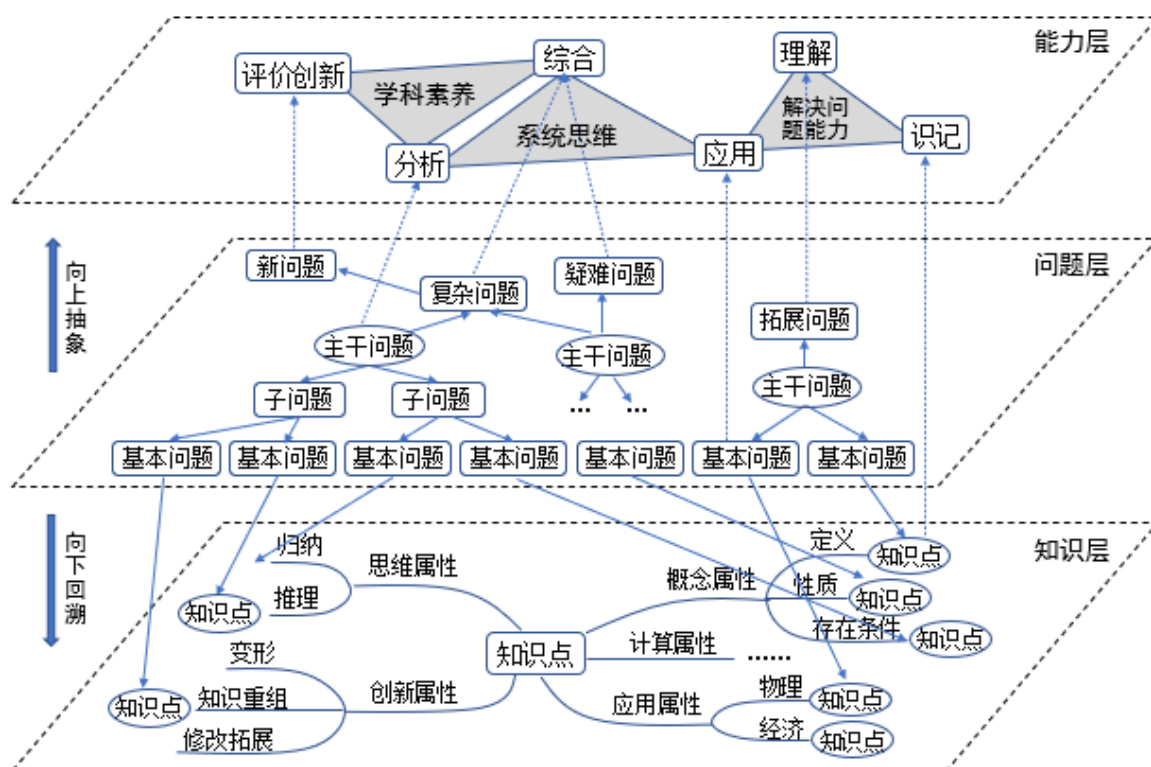


图 2 教育知识图谱的结构模型

1. 模型结构——三层

(1)问题层

教育知识图谱的功能在于唤醒、发展学生的智慧，即引导学习者将更多心理资源投入到有价值的学习任务中，发展学习者的问题解决能力、系统思维和创造性思维能力^[15]，所以问题层是教育知

识图谱的核心。问题层设置的基本依据有：①学生的身心发展规律，遵循简单到复杂、量变到质变、循序渐进的原则，个体间的差异性原则；②建构主义理论，皮亚杰认为应该把研究的重点放在学习者在解决问题时，认知是如何发生变化的^[12]。

检测学习者是否达到学科的学习目标，不能仅仅考量学习者知识技能的掌握程度，更重要的是学生是否形成相应的学科知识体系、问题解决能力体系及学科思维体系^[15]，所以问题设计的步骤为：①梳理学科要帮助学生理解的概念、计算、应用(迁移)、思维、建构、创新等属性，设置主干问题。依据教学大纲的要求，主干问题设计的难度设置为中；②对主干问题向下铺设利于学生思考与探究的序列化子问题，常用的方法是按照难度分层法和按关键步骤分解法，分层(分解)直至最底层为基本问题，对标学科的基本知识(概念、公式、原理等)，而向下关联的依据为干扰项涉及的子知识点，即导致错误选项的可能原因，这是精准支持的关键所在，既能帮助学生找到自己的知识、方法、思维缺陷，又能有效解决学习动机下降、情感“缺氧”的现象，并形成完整的学习路径；③对主干问题向上拓展深化，增加挑战度，结合“空白艺术”的理念，设计可以培养学生的发散思维和创造性思维的综合性问题，尽可能激发他们向更高层发展的潜力。整个设计由下到上从易到难，充分激发学生的学习潜力，体验“在做中学”的乐趣和主体地位，让不同层次的学生达到所在层次中的最佳状态。

(2)知识层

学科的基本知识(概念、公式、原理等)是理解和解决问题的基础，因此与问题层的最底层——基本问题相关的知识点及关联网络，就构成了教育知识图谱的“知识层”，倒挂在问题层下方。基本问题保证了知识点的细粒度，足以满足学习者的个性化学习需求。知识层的结构与问题层主干问题的结构对应，也按照概念、计算、应用(迁移)、思维、建构等属性分类。每个知识点对应的学习资源，比如视频、音频、课件、示例、文本、动画等，通过标签和知识抽取的方式“挂”在图谱的节点上，供学生根据需求和喜好选择学习。

(3)能力素养层

有研究表明，借知识结构的间接考察和对思维过程的直接观察是思维评价的两条可能路径^[16]。学生解决问题的过程，就是知识习得—应用的过程，也是能力表现和思维发展的过程。将知识体系按不同能力和素养属性进行划分，转化为问题，并分解为子问题、直至最底层的基本问题，就对应了最基本的识记、理解、应用能力，问题进行组合、拓展又形成了分析、综合、创新等能力。所以，学生对不同难度和广度问题的解答情况，很大程度上就反映了学生的能力素养，体现了学习者一定的心智模型和认知过程，体现了在不同情境下能力的具体表现过程。教育知识图谱的最顶层是通过不同级别问题解决的过程向上抽象能力和思维体系，是学生经历知识应用—巩固—拓展之后应形成的思维与能力。

2. 模型要素——三大基本要素

(1)问题属性

问题是教育知识图谱的核心，能力发展需要亲历复杂的问题解决过程，也需要通过问题和任务的完成度来评估。所有问题基于关联的知识点，按照概念、性质、方法、计算、应用、创新思维等属

性(以数学课程为例)分类,赋予其难度系数和重要程度,并对每个问题序列中的所有问题用序号或符号进行标记,这是学生自主选择和对学生进行个性评价的基础。

(2)知识关联

知识关联是重建知识内在固有逻辑结构的关键,是教育知识图谱语义化组织的关键要素,也是学科领域知识和个体认知结构可视化展现的基础^[13]。在该模型中,知识点主要服务于问题解决的需求,而问题设计主要采用难易程度分层法和关键步骤分解法。知识点之间主要是前驱、后继关系,这也是实现精准推送知识和规划学习路径的基础。除此之外,知识点之间的关联关系还有父子关系、平行关系等。

(3)认知标识

以测试评价引导学习,并对相应的学习轨迹通过符号、颜色等进行标记,对学习数据(比如作答次数、时长、过关率、资源学习时长和次数等)进行记录。进一步地,依据个性化学习轨迹和数据,可以对学习者知识节点的认知状态进行量化分析,从而形成个体的认知图式,这也是对个体进行整体的发展性评价的关键所在。

三、教育知识图谱的应用机制

1. 从问题解决到素养提升

最早研究素养的世界权威机构经济合作与发展组织(OECD)认为素养是运用知识、技能和态度满足特定情境中复杂需要的能力,属于个体内在的思维品质和能力,只有当个体处理具体情境中的具体事物或问题时,才能将个体内在的核心素养转化为外在的行为表现,被他人所察觉和感知^[17],所以促进素养发展的知识学习需要与多样化的问题情境相联系,让学生置身问题情境,亲历复杂的问题解决过程。学生的学习动机大部分源自于学生运用所学知识解决问题的快感和成就^[18],能力是使学习者生成优秀绩效的内在驱动力,以问题为驱动引导学习,也更适合具有“月考”习惯的学习者。图谱将知识按不同能力属性以问题或任务为核心进行重组与设计,营造一系列由表及里、由易到难、由近到远、逐渐深入的动态问题或活动内容,驱动学生定位头脑中的知识(群),对认知策略进行重新组合、调整。从而有助学生深入理解核心观念背后所蕴含的知识与思想方法,形成新的认知策略以应用于认知加工过程,达到对核心观念的理解与运用,实现提升关键能力,通过真正的个性化学习路径完成从任务到能力的转换。

2. 从自主测试到自我补救、自我调控

学生是具有自我意识的主体,有着不同的知识水平、认知特点、学习能力和需求等。学者在对学习支持策略的研究中发现,制订、实施、调整学习支持策略都有赖于学习者与支持者之间的双向交互,交互是学习支持的核心方法,唯有通过交互才能了解学习支持需求,才能有效实施学习支持,才能及时了解学习支持效果,以进一步调整支持策略提高支持效果^[19]。我们的模型以问题为中心,并形成多条动态的“追根溯源问题链”,如图3所示,让学习者自主选择测试内容和难度,通过评价发现问题、拓展学习空间,依据测试结果推送下一个测试内容,精准到图谱末端的知识点,让学习者及时了解自己的成效优势和学习漏洞,并推送需要的知识点的相关资源以支持自学,进行自我补救,解决学习危机,之后再返回之前的问题,重新测试,逐层向上。所以每个人的测试内容和路

径不尽相同，在测试过程中，系统会引导学习者主动思考探究，通过不同级别问题解决的过程向上抽象能力和思维体系，同时提高学习者的主人翁意识，增强自信心和抗挫折能力，从而让学习者积极主动地参与其中，乐于评价。另外，还可根据学生学习路径和任务完成程度的大数据分析，以雷达图、评估报告等方式为学生直观展示自己的水平、与平均水平的差异和优劣势，促进学生客观看待自身能力水平，积极反思学习过程中的方法、策略并自我改进，制定更加合理的个人目标，从而提高自主学习能力并练就其更加坚韧的毅力和品质。

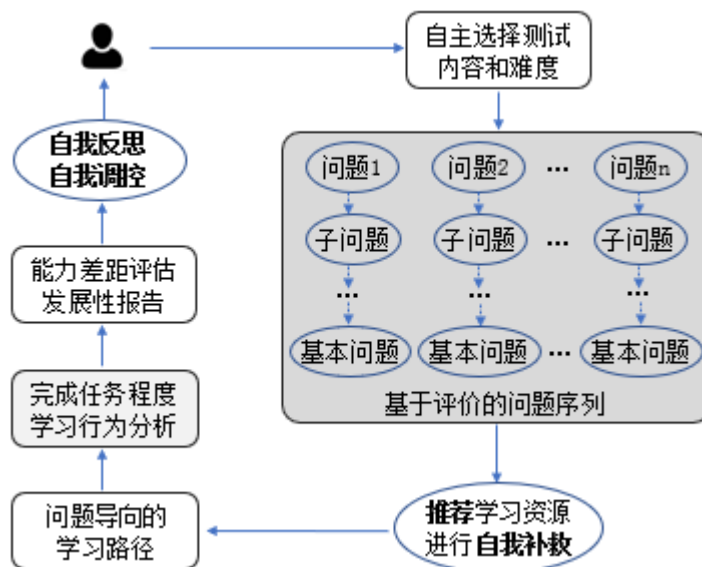


图3 基于支持性评价的自主学习路径

3. 基于学习数据的评估和预警

除了客观题的即时反馈以外，学习过程中生成的行为、成绩等数据也能反映学生的学习特点、需求与存在的问题。比如任务序列的完成程度，包括问题属性、重要程度和难度系数，可评估教学目标的达成度；选择问题属性的顺序、各问题序列中选择的初始问题的难度系数、各问题序列的总作答次数和总作答时长、学习资源的类型和时长等学习行为，可评估情感、意志、性格、兴趣等非智力因素，从而从多个角度支持学生的学习。我们的模型可以为学习者提供的支持性评价有：1. 进行基于知识地图的评估和预警，告诉学生显性的学习成效以及哪些知识点没有学好；2. 评估能力素养的水平，以学习者完成的各任务序列的难度系数作为该项任务的完成度，按“任务序列和能力的映射关系”，对每项任务的完成度按照子能力分类，计算其平均值，就可对各项子能力进行直观量化；计算班级的子能力平均水平，可检测个体学科素养和班级平均水平的差异；3. 学习者的情感态度、动机期望、毅力、专注度、熟练度等非智力因素，它们对评测结果也有一定的影响；意志水平可由学生在系统中的登录频次、学习时长、任务完成数量以及错题重做次数等情况评估；动机兴趣可以从选择问题属性的顺序、各问题序列中选择的初始问题的难度系数以及错题答对的比例等情况评估。上述支持性评价的结果形式可以是认知图(学习认知状态)、雷达图(对比分析)、发展报告(评价结果和建议，建议包括预警，学习内容推介，学习方法支持。)

4. 结束语

本文讨论了在智慧学习环境下,支持性评价的设计理念,以及在此理念指导下以问题为中心的教育知识图谱模型的构建,并讨论了图谱的应用机制。一方面,以客观题牵引学生逐步探究思考,精准检测学习者的知识漏洞,让按需学习、个性化学习成为可能,在问题解决的过程中促进知识向思维发展。另一方面,分析学习数据,给出包括能力水平、意志品质、学习风格等多角度的发展性评估,从情感上支持学习。关于主观问题客观化,以实现个性化的精准助“学”,是整个设计能够成功的关键,也为精准的个性化支持资源建设引领了方向,为如何建设、建设什么内容打下了基础,所以,客观化时的原则、方法等是需要进一步探讨和实践的问题。

参考文献:

- [1] 陈敏,杨现民(2016). 泛在学习环境下基于过程性信息的个性化学习评价系统的设计与实现[J]. 中国电化教育,总第353期:21-27
- [2] 陈明选,王诗佳(2018). 测评大数据支持下的学习反馈设计研究[J]. 电化教育研究,第3期:35-42
- [3] 牟智佳,李雨婷,彭晓玲(2019). 基于学习测评数据的个性化评价建模与工具设计研究[J]. 电化教育研究,第8期:96-104,113
- [4] 王慧,林海华,莫淑坤(2021). 智慧学习环境下远程高等教育学习支持服务评价研究[J]. 内蒙古师范大学学报,34(4):75-81
- [5] 李士平,赵蔚,刘红霞(2018). 数据驱动下的学习支持设计与实践[J]. 电化教育研究,39(3):103-114
- [6] 白倩,张舒予,沈书生(2018). 面向混合学习的学习支持服务体系设计与实践[J]. 中国电化教育,总第379期:107-115
- [7] 姜强,赵蔚,刘红霞等(2015). 能力导向的个性化学习路径生成及评测[J]. 现代远程教育研究,第6期:104-111
- [8] 刘凤娟,赵蔚,姜强等(2022). 基于知识图谱的个性化学习模型与支持机制研究[J]. 中国电化教育,总第424期:76-81
- [9] 马费成,郝金星(2006). 概念地图在知识表示和知识评价中的应用——概念地图作为知识评价的工具及其研究框架[J]. 中国图书馆学报,32(4)22-27
- [10] 何克抗(2016). “学习分析技术”在我国的新发展[J]. 电化教育研究,总第279期:5-13
- [11] 白蓉(2021). 基于知识图谱的客观题生成研究与实现——以高中生物《组成细胞的分子》知识单元为例[D]. 北京:中央民族大学
- [12] 阳雨君(2013). 构建主义学习观与自主学习能力的培养[J]. 教育教学论坛,第17期:106-108
- [13] 李振,周东岱(2019). 教育知识图谱的概念模型与构建方法研究[J]. 电化教育研究,40(8):78-86,113

- [14] 钟卓, 唐烨伟, 钟绍春等(2020). 人工智能支持下教育知识图谱模型构建研究[J]. 电化教育研究, 41(4): 62-70
- [15] 范佳荣, 钟绍春(2022). 学科知识图谱研究: 由知识学习走向思维发展[J]. 电化教育研究, 43(1): 32-38
- [16] 张沿沿, 冯友梅, 顾建军等(2020). 从知识结构与思维结构看思维评价——基于皮亚杰发生认识论知识观的演绎[J]. 电化教育研究, 第6期(总第326期): 33-38
- [17] 常磊, 鲍建生(2017). 情境视角下的数学核心素养[J]. 数学教育学报, 26(2): 24-28
- [18] 高德胜(2020). 对杜威道德教育“根本问题”的再认识[J]. 教育研究, 41(1): 16-29
- [19] 薛伟(2009). 现代远程教育5S学习支持模式研究[D]. 上海: 华东师范大学博士论文

A Supportive Evaluation-based Educational Knowledge Graph Model And Its Application

WANG Jing, LI Ying-qi, FANG Xiao-Feng, ZHENG Li-Na

(Department of Foundation, Rocket Army Engineering University, xi'an 710025, China)

Abstract: The problem-solving process demonstrates abilities and the development of thinking. When students' needs for showcasing their abilities and resolving their doubts are met, they will exhibit greater motivation and enthusiasm. This article proposes a learning approach based on "supportive evaluation" that guides students through a design similar to a game of "passing levels". Based on the objective results of independent testing, new questions are pushed to learners, enabling them to accurately "diagnose" their learning progress and shortcomings while receiving immediate feedback. Additionally, the article automatically recommends learning resources for students learning deficiencies to support their independent learning. This article emphasizes the design concept of "supportive evaluation" and explains the construction of an educational knowledge graph model based on it, as well as the application mechanism of the graph in improving abilities and developmental evaluations.

Keywords: Educational knowledge graph, Learning support, Evaluation, Ability