

大数据驱动的研究生学术能力自动评价研究*

胡静丹 李波 杨静

华中师范大学计算机学院, 武汉 430070

摘要 针对传统研究生学术能力评价方案存在的主要问题, 结合研究生学业大数据和数据挖掘技术, 提出从知识掌握能力、创新应用能力、实践操作能力、持续学习能力 4 个维度构建研究生学术能力评价指标体系并对各项指标进行量化构建学术能力画像, 在此基础上针对培养单位开展研究生个性化教育提出几点建议。

关键字 大数据, 学术能力评价, 研究生教育, 个性化培养

Research on Automatic Evaluation of Postgraduates' Academic Ability Driven by Big Data

Jingdan Hu

School of Computer Science
Central China Normal University
Wuhan 430070, China
hujingdan2019@foxmail.com

Bo Li

School of Computer Science
Central China Normal University
Wuhan 430070, China
later.alligator@foxmail.com

Jing Yang

School of Computer Science
Central China Normal University
Wuhan 430070, China
1093970957@qq.com

Abstract—In view of the main problems existing in the traditional evaluation scheme of postgraduates' academic ability, combined with the Big data and data mining technology of postgraduates' academic ability, it is proposed to construct the indicator system of postgraduates' academic ability from the four dimensions of knowledge mastery ability, innovative application ability, practical operation ability, and continuous learning ability. Then we quantify each indicator to build an academic ability portrait. On this basis, several suggestions are proposed for the development of personalized education for postgraduates.

Keywords—big data, academic ability evaluation, postgraduate education, personalized cultivation

1 引言

研究生教育的核心目标之一是培养学生的学术能力。当前, 对研究生的学术能力评价问题一直是困扰培养单位和导师的难题, 现行的学术能力评价方法存在几个比较突出的问题: 一是评价大多依赖培养单位和导师的经验, 主观性较强并且浪费人力; 二是当前的方法只能做后评估即通过学生的培养结果(如学术成果)来评价他们的学术能力, 无法在培养过程前作出预测, 不利于个性化培养。大数据驱动的研究生学术能力自动评价能够在一定程度上弥补现行方案的不足, 我们将运用自然语言处理、数据挖掘、机器学习等技术从学生的多维特征信息中挖掘出能够反映学生学术能力的隐含知识, 并据此对学生的学术能力进行评价。以此为基础, 我们将进一步探讨基于研究生学术能力画像的个性化培养对策。

2 研究生学术能力评价指标体系构建

2.1 指标体系的构建原则

为了对研究生的学术能力进行评价, 首先需要构建相应的评价指标体系, 学界对此已经做了不少研究工作。例如, 施春宏^[1]将研究生学术能力的结构系统具体化为思维、理解、判断、联想、操作和表达等六个方面的能力; 赵燕凌等^[2]从研究生学术能力的主体性、能动性、实践性等方面总结研究生学术创新能力体系; 焦海霞等^[3]以创新过程和创新成果为重点构建评价指标体系。这些研究和成果为本文的研究生学术能力评价工作提供了重要依据, 基于已有研究成果, 本文将综合考虑指标的科学性、完整性、可计算性等因素来构建大数据场景下的学术能力评价体系。

本文基于研究生学业大数据来挖掘对学术能力评价有用的知识, 在此基础上进行学术能力的定量评价。因此, 指标体系的构建既需要考虑到数据的特性, 也需要考虑到算法自动处理时的可计算性。现有工作^[4]虽然提出了多种指标体系, 但这些指标大多依赖人工

*基金资助: 华中师范大学研究生教学改革研究项目“大数据驱动的研究生学术能力自动评估研究”(2022年第25号)。

判断且为定性指标，并不适合大数据驱动的学术能力自动评价。从数据角度来看，研究生学业相关的数据类型复杂、异构性强^[4]，不同数据类型对学术能力的反映方式和反映能力不尽相同，指标体系的构建需要在汇总数据特性的基础上进行层次化设计。从算法和可计算性角度来看，传统的指标依赖人工度量而无法进行自动度量，本文的指标体系则必须能够基于大数据挖掘的知识可以定量计算。依据上述原则，本文将选取多层次指标来保障评估过程与评估结果的精准性、科学性。

2.2 指标体系的设计与划分

基于上一节探讨的指标体系构建原则以及现有工作中提出的一些指标体系，结合研究生学业大数据的特点，本文从知识掌握能力、创新应用能力、实践操作能力、持续学习能力四个一级维度指标来构建研究生的学术能力评价指标体系。四个一级维度指标的内涵如表1所示：

表 1 研究生学术能力评价指标体系

知识掌握能力	创新应用能力	实践操作能力	持续学习能力
专业知识水平	知识成果创作水平	分析实验水平	专注水平
科研工具熟练水平	科研成果转化水平	设计实验水平	归纳总结水平
论文阅读水平	智力成果外展水平	处理实验水平	协调适应水平

表 1 的评价指标体系中，知识掌握能力是研究生对自己专业领域知识的掌握程度、对科研工具的使用熟练程度以及论文阅读能力的综合体现，它是进行科研活动的基础能力；创新应用能力是衡量研究生科研成果转化水平、知识成果创作水平及智力成果外展水平的体现，它是进行创造性工作必备的能力；实践操作能力是研究生将所学的理论应用到实际分析、设计、处理实验以实现实验预期目标的能力，它是实践和检验研究思路的重要能力；持续学习能力是研究生保持文献阅读、跟进领域前沿知识，主动获取新知识并融入自身知识体系、平衡多项目适应能力的表现，它是持续从事高质量科研工作的重要保障。

3 研究生学术能力评估模型构建

3.1 数据收集及样本预处理

本文依据研究生学术能力评价的要求对学生学业相关的大数据进行采集，经过筛选、清洗等预处理步骤，实现数据的规范化，对数据集中的缺失值采用多重插补的方法进行填充，最终集成并存储为格式化形

式以便后续建模评估。其中，每一位学生的特征数据可以表示为如下向量形式：

$$X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}], 1 \leq i \leq N \quad (1)$$

其中， N 为样本（学生）集合的容量， X_{im} 为本集合中第 i 个学生 X_i 的第 m 个特征值，每位学生的部分特征数据列举在表2中：

表 2 学生多维特征信息

特征代码	特征	数据类型
StudentID	学号	字符型
GradeID	年级	字符型
Gender	性别	字符型
MajorType	培养类型	字符型
Major	主修方向	字符型
Education	生源学历	字符型
Birth	培养年限	数值型
MajorYears	导师职称	字符型
MentorClass	学校所在	字符型
SchoolMajor	专业评级	字符型
Class	学年平均	数值型
gpa	学分绩点	数值型
MajorScores	专业课程	数值型
PrimaryMajor	平均成绩	数值型
Scores	初始录取成	数值型
WonMajor	绩	数值型
Competition	竞赛获奖数	数值型
Counts	量	数值型
Papers	发表论文	数值型
PatentCounts	(专著)数量	数值型
ProjectCount	授权专利数	数值型
reports	量	数值型
Major	项目结项数	数值型
Certificates	量	数值型
Internships	作科研报告	数值型
Participated	次数	数值型
Major	获专业证书	数值型
Competition	数量	数值型
ParticipatedAc	实习次数	数值型
ademicActs	参与专业	数值型
numberofstudyh	竞赛数量	数值型
ourseveryweek	参与科研	数值型
ReadMajor	活动次数	数值型
Numbers	每周平均	数值型
	学习时长	数值型
	阅读专业	数值型
	书籍数量	数值型

表 2 中列举的学生特征信息可以从不同的角度反映和预测学生的学术能力，例如学生的初始录取成绩、已经获得的奖励等都可以反映其科研能力的某个方面。这种“特征”和“科研能力”之间的关系非常复杂，需要依靠数据挖掘算法来获取隐含其中的复杂模式以支撑精准的科研能力预测。

3.2 学术能力评价模型

本文借助数据挖掘技术进行研究生的学术能力评估，具体流程如图 1 所示。首先，需要对原始数据做进一步的数据清理、数据集成、数据规约和数据变换等预处理操作将其转化为能够供模型训练的格式化数据，这些格式化数据以多项分量的向量形式存储在数据库中，其中每个分量表征了样本某一方面的特征。然后，通过机器学习算法对这些特征建模，并将训练好的模型应用到真实的学术能力评价场景中。

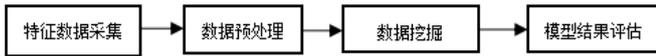


图 1 研究生学术能力评估框架

在图 1 中，核心模块是“数据挖掘”模块，它运用大数据挖掘算法对学生学业大数据进行分析，从中抽取与学术能力评价相关的知识并将其应用于学术能力的计量中。结合本文中提出的知识掌握能力、创新能力、实践操作能力、持续学习能力四个一级评价指标以及相应的二级指标，数据挖掘模型需要能将从数据中获取的知识与各项指标进行对接。具体来说，可以使用监督或半监督学习的方式来针对各项指标训练相应的数据挖掘模型，然后将该模型用于各项指标的预测任务上，可以用于该任务的数据挖掘模型有很多，从基础的线性回归模型到最近流行的深度学习模型均可作为备选，需要根据不同类别（如文科、理科）学生的数据特点和模型在该类数据集上的表现进行灵活选择。

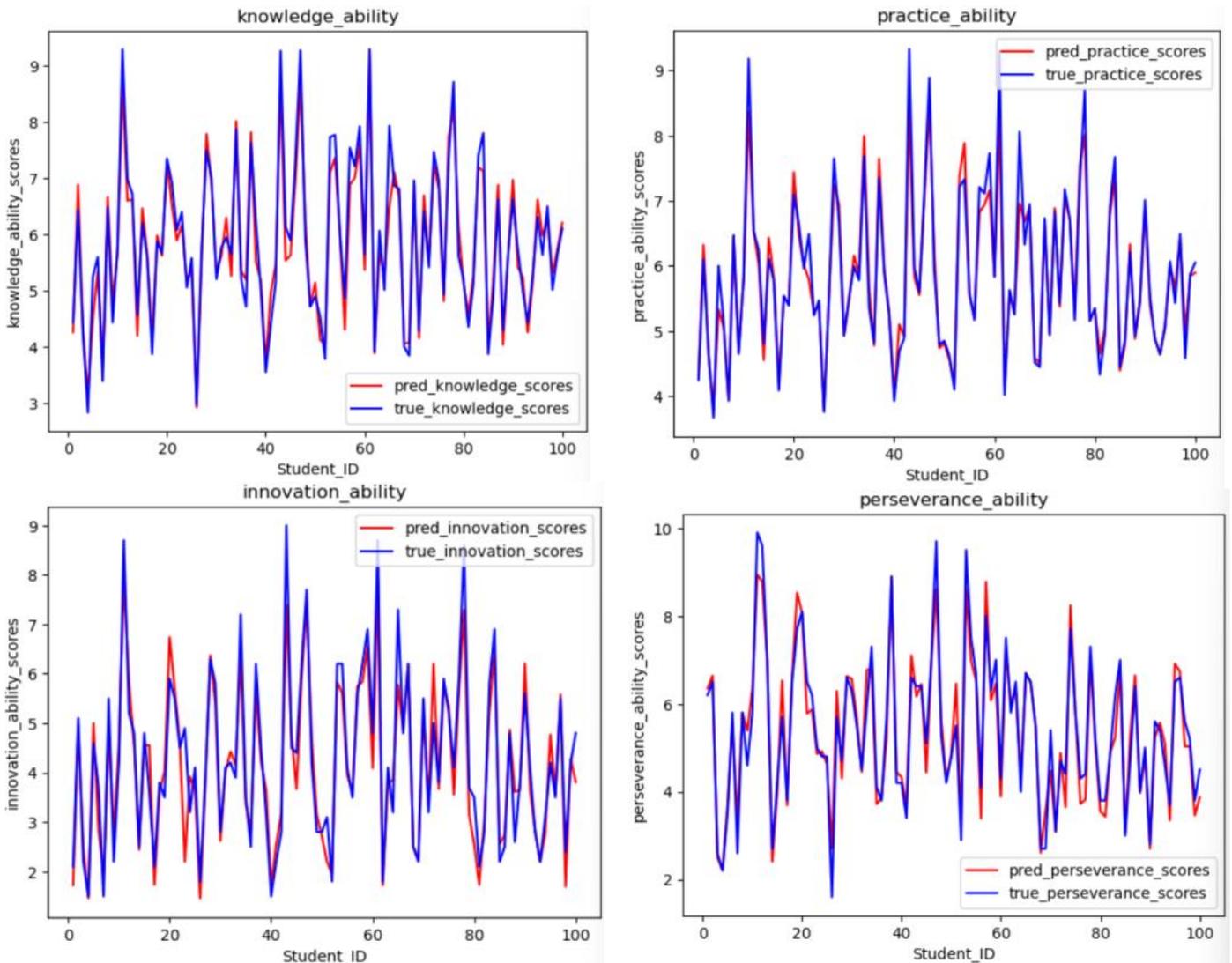


图 2 研究生学术能力真实评分与预测评分对比结果图

考虑上面公式 1 中给出的学生 i 的特征数据 X_i ，此处以岭回归模型为例来对学生学术能力的四个一级

维度指标 y_i 进行建模，具体计算过程和对应的损失函数分别如公式 2 和 3 所示：

$$y_k = \alpha_{k1}x_1 + \alpha_{k2}x_2 + \cdots + \alpha_{kn}x_n, 1 \leq k \leq 4 \quad (2)$$

$$J_k(\alpha) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (y_i - \omega x_i)^2 + \frac{\lambda}{2} \sum_{j=1}^n \alpha_j^2 \quad (3)$$

我们将上述岭回归模型在真实学生学业情况数据集上进行了测试和验证,结果表明,模型能够较好地拟合四个一级指标,岭回归的拟合优度分别达到 0.993、0.946、0.999 和 0.976,模型在四个一级指标上的预测评分与真实值的对比结果如图 2 所示。

4 基于研究生学术能力画像的个性化培养

为了对学生的学术能力作整体描述,我们将数据挖掘模型预测的学生的知识掌握能力、创新应用能力、实践操作能力、持续学习能力四个一级指标评分作雷达图,构成研究生的学术能力画像,如图 3 所示。

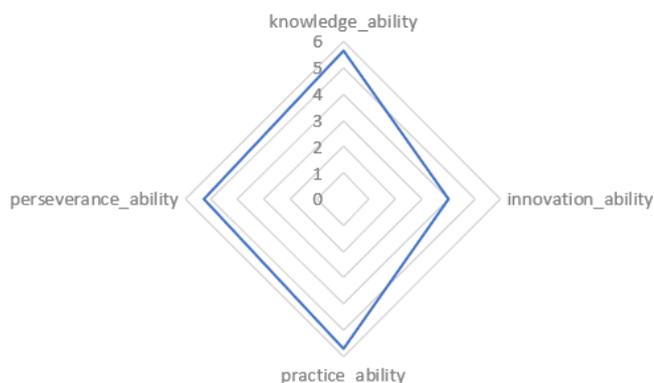


图 3 研究生学术能力画像示例图

当研究生的学术能力以可视化的方式表现出来后,对应学生的个性化需求就能够进行对接,从而为其提供精准化的教育。此处我们以图 3 为例,考虑从以下几点给出个性化培养建议:

(1) 个性化信息资源的开放共享。如:开展不同年级、专业的学生之间的交流会、经验分享会等活动,促进学生在知识掌握能力上实现交叉性的进步和完善。

(2) 个性化教学资源的精准供给。如:加大课程、培训、研修的选择性和灵活性,充分启发学生在创新应用能力上进行有向性的自我提升。

(3) 个性化教学方式 and 教学环境的配套供给。如:扩展实践教学方式,开展各种实验、实习、竞赛、公益等活动,提供具有足够丰富度、承载力度、包容度的学习环境,充分支持学生在实践操作能力上实现有意识性和目的性的自我完善。

(4) 个性化教育工作者的人才培养、建设和实施。如:设置“潜能导师”^[10],帮助学生发现自身优势,

激发学习兴趣,促进学生持续学习能力上的稳定性提升。

以学术能力画像为依据,结合学生的个性化需求,这种“因材施教,对症下药”的个性化指导工作,有助于在研究生招生、培养、就业等多个教育环节中提升精准化培养效率、提高培养质量,在研究生根据画像自主选择适合自己的学习模式从而提升学术能力方面具有重要意义。

5 结束语

大数据驱动的研究生学术能力自动评价有别于传统方法,传统的评价方法以人工经验为主要依据,主观性强且耗时耗力,而大数据驱动的自动评价方案则尝试基于教育大数据来自动挖掘和分析学生多维度的特征信息,以此来评估学生的学术能力。本文的工作有助于提升研究生学术能力评价的效率和智能化水平,对于制定个性化的培养方案和提升研究生的培养质量具有重要价值。本文的研究属于该领域内比较早期的工作,还有大量问题有待深入研究,例如研究生学术能力的动态跟踪与培养方案的动态调整等。

参考文献

- [1] 施春宏. 研究生学术能力的发展与培养[J]. 学位与研究生教育, 2022, (03): 8-15.
- [2] 赵燕凌, 王君慧, 薄晓明, 邵杨芳. 研究生学术创新能力的生成机制及培养模式研究[J]. 教育理论与实践, 2022, 42(33): 8-11.
- [3] 焦海霞, 贝绍轶, 王志华等. 基于多目标决策的研究生科研创新能力评价研究[J]. 技术与创新管理, 2016, 37(04): 371-375+396.
- [4] 吴小妹, 陈敏玲, 缪仁炳. 基于科技创新人才信息平台数据挖掘的科研能力评价模型研究[J]. 科技通报, 2011, 27(01): 154-160.
- [5] 王韬, 王晓毓. 基于数据挖掘的高校人才科研能力培养策略探究[J]. 当代教研论丛, 2016, No. 029(05): 138.
- [6] 谭雷, 庄新田, 韩鹏. 基于数据挖掘的高校人才科研能力综合评价方法研究[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2014, 16(06): 596-600.
- [7] 李锋, 尹洁, 吴洁. 基于数据挖掘的高校人才引进与培养策略研究[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(12): 149-151.
- [8] 孔素然, 于景华, 张振荣. 基于AHP和模糊综合评判的农科大学大学生科研创新能力评价[J]. 高等农业教育, 2010, No. 231(09): 78-80+86.
- [9] 陈颖, 杨欣, 孙道贺. 基于 GA_XGBoost 模型的大学生科研能力预测问题研究[J]. 数学的实践与认识, 2021, 51(06): 318-328.
- [10] 刘献君. 高等学校个性化教育探索[J]. 高等教育研究, 2011, 32(03): 1-9.