

面向 AI 创新人才培养的 NLP 课程 教学改革与探索^{*}

雷擎^{**}

杨向峰

李海峰

对外经济贸易大学, 北京 100029 深索科技(廊坊)有限责任公司, 北京 100028

摘要 随着人工智能技术的快速发展, 自然语言处理(NLP)成为培养 AI 创新拔尖人才的重要核心课程。然而, 现有教学中普遍存在数学素养与专业学习脱节、课程内容碎片化、教学方法单一、评价体系不完善及教学资源不足等问题, 制约了学生综合能力的提升。本文从学生学习现状出发, 分析了数学基础差异与知识迁移困难给 NLP 学习带来的挑战; 从课程内容、教学方法、教学评价与教学资源等方面系统梳理了教学中存在的不足。基于此, 本文提出以数学素养同步发展为核心的教学改革思路, 强调在课程设计中建立数学知识与 NLP 技术的有机联系, 构建案例驱动与项目导向的教学模式, 优化评价体系, 并加强资源建设与可视化支持。研究旨在为高等院校 AI 人才培养提供可行参考, 探索专业课程中数学素养与人工智能核心能力协同发展的路径。

关键字 自然语言处理, 人工智能, 数学, 知识图谱, 个性化教学, 混合教学

Teaching Reform and Exploration of NLP Courses for Cultivating AI Innovative Talents ^{*}

Qing Lei Xiangfeng Yang

Haifeng Li

University of International Business and Economics
Beijing 100029, China

DeepTech (Langfang) Co., Ltd.
Beijing 100028, China

Abstract—With the rapid development of artificial intelligence (AI) technology, Natural Language Processing (NLP) has become a crucial core course for cultivating AI innovative talents. However, current teaching methods generally suffer from problems such as a disconnect between mathematical literacy and professional learning, fragmented course content, monotonous teaching methods, an imperfect evaluation system, and insufficient teaching resources, hindering the improvement of students' comprehensive abilities. This paper analyzes the challenges posed by differences in mathematical foundations and difficulties in knowledge transfer to NLP learning, starting from the current learning situation of students. It systematically reviews the shortcomings in teaching from the aspects of course content, teaching methods, teaching evaluation, and teaching resources. Based on this, this paper proposes a teaching reform approach centered on the synchronous development of mathematical literacy. It emphasizes establishing an organic connection between mathematical knowledge and NLP technology in course design, constructing a case-driven and project-oriented teaching model, optimizing the evaluation system, and strengthening resource construction and visualization support. This research aims to provide a feasible reference for AI talent cultivation in higher education institutions and explore the path for the coordinated development of mathematical literacy and core AI capabilities in professional courses.

Keywords—Natural Language Processing, Artificial Intelligence, Mathematics, Knowledge Graphs, Personalized Teaching, Blended Learning

1 引言

人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的快速发展, 与国家推动人工智能与经济社会各行业各领域广泛深度融合的战略^[1], 促使培养 AI 创新拔尖人才成为高等教育的重要目标之一^[2]。

数学在人工智能领域发挥着至关重要的作用, 它提供了表示、分析和理解数据所需的工具^{[3][4]}。在 AI

与 NLP 领域, 学生若缺乏扎实的数学基础, 容易在理解复杂算法原理、推导模型公式及设计创新方法时遇到瓶颈^[5]。当前, 传统的 AI 课程, 例如自然语言处理(Natural Language Processing, NLP), 多侧重于算法实现与工程应用, 而忽视了数学基础知识与逻辑思维能力的同步培养, 这在一定程度上制约了学生在复杂问题建模、算法优化与创新研究中的能力提升。因此, 将数学素养的同步发展融入 NLP 课程设计, 成为培养拔尖创新 AI 人才中不可忽视的环节。

本文在分析 AI 拔尖创新人才素质和能力的基础上, 旨在通过探讨 NLP 课程教学改革与实践经验, 重

^{*} 基金资助: 本文得到对外经济贸易大学 2025 年本科教育教学改革项目(2025YB012)资助

^{**} 通讯作者: 雷擎 leiqing@uibe.edu.cn

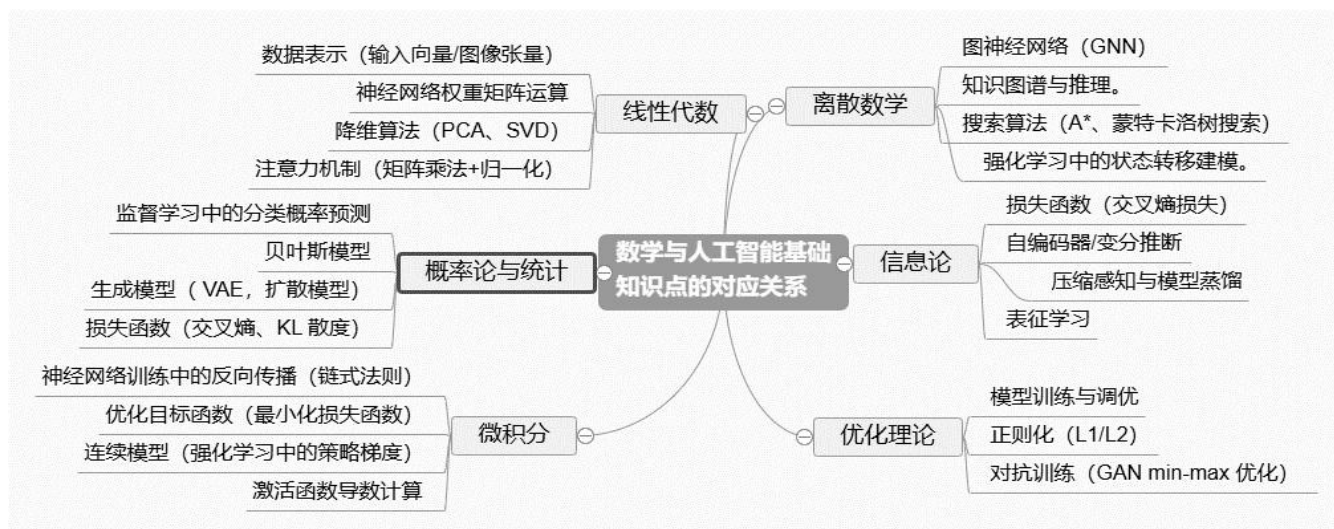


图 1 AI 拔尖创新人才的素质和能力模型

点关注如何通过教学内容设计、教学方法改革及评价体系重建，实现同步推进学生数学素养的发展。通过系统梳理教学模式、改革策略及实施效果，为培养具备深厚数学基础与创新能力的 AI 人才提供参考。

2 AI 创新人才素质和能力分析

2.1 AI 创新人才素质和能力模型

在教育与科研背景下，AI 拔尖创新人才通常是指在人工智能领域具有创新能力、跨学科视野和系统知识结构的高层次人才。

AI 拔尖创新人才应具备多维度的能力和素质，可以划分为五个维度：数学与计算思维能力、人工智能核心能力、数据素养与实践能力、跨学科与应用能力，以及科学素养与软技能，见图 1。

首先，数学与计算思维能力是基础支撑。数学在 AI 和机器学习中处于核心地位，在高维数据处理、模型训练和优化等方面都起着关键作用^[6]。其次，人工智能核心能力涵盖机器学习、自然语言处理、计算机视觉等核心技术的理解与应用能力，能够独立设计和优化 AI 模型，并在实际场景中实现创新解决方案。

第三，数据素养与实践能力强调数据获取、清洗、分析和建模能力，能够基于真实数据进行科学决策与实验验证，同时具备实验设计、工程实现和项目管理的实践能力。第四，跨学科与应用能力要求学生能够将 AI 技术与生物、医学、金融、教育等领域深度融合，具备跨学科思维和系统化解决复杂问题的能力，实现技术与应用的创新协同。

最后，国际视野与社会责任是 AI 创新人才不可或缺的素质。他们应关注 AI 伦理、数据隐私、技术影响力及可持续发展，具备全球化视野，能够在国际合作与社会实践中发挥引领作用，推动 AI 技术为社会发展和人类福祉服务。

2.2 创新人才核心数学能力体系

在人工智能领域，创新人才的核心竞争力不仅在于掌握编程或算法实现，更依赖于扎实的数学素养。数学在深度学习、机器学习和人工智能算法中的重要性，尤其要强调从微积分到线性代数、概率论与统计学、离散数学、信息论和优化理论的核心思想，见图 2。

例如，线性代数是理解我们如何表示数据以及执

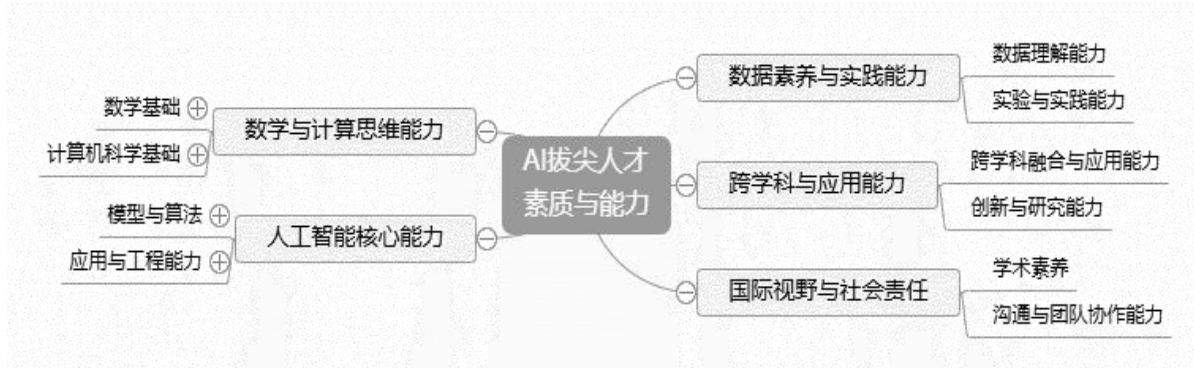


图 2 AI 拔尖创新人才核心数学能力体系

行模型优化的关键组成部分，它提供了处理向量和矩阵的实用方法；概率论和统计学使模型能够在面对不确定性时进行推理；微积分是训练神经网络的核心工具，用于计算梯度和优化损失函数；优化理论为学习算法提供收敛保障，使模型能够高效学习；离散数学支持图结构建模和逻辑推理，信息论则为损失函数设计与表征学习提供理论基础；数值分析确保算法在大规模训练中稳定可靠^{[7][8]}。

只有深度理解和掌握数学知识，才能够不仅能正确应用现有算法，更能够创新性地提出新模型、新方法，从而推动人工智能领域的发展。因此，数学素养是培养 AI 创新人才的基石，是实现从工程实现向理论创新转化的关键能力^[9]。

3 课程教学存在问题分析

数学基础与 NLP 应用脱节，导致学生理解困难、课程设计碎片化、教学方法偏讲授、实践环节不足，评价体系无法有效促进综合能力提升。

3.1 学生学习层面

学生数学基础差异明显，数学知识与 NLP 技术跨度大，内容抽象复杂，经常会导致部分学生难以理解 NLP 模型的底层机制，如向量运算、梯度下降或矩阵分解的数学原理。在 NLP 教学中对数学的重要性考虑不足，未能突出数学在 NLP 学习中的支撑作用，也会导致学生对数学与 NLP 知识点缺乏连贯理解。

3.2 教学内容层面

由于培养方案知识体系的前后逻辑，数学基础课程与专业课程需要独立设置。但由于数学基础与 NLP 技术分开讲解，在专业课教学内容中缺乏两部分的有机联系，以及明确的对应关系，对于重点关联的数学知识也很少有针对性地回顾，这导致学生难以将两者结合起来理解，也难以通过对数学知识的补充学习来解决 NLP 学习中的困惑。长期下去，学生容易停留在

公式记忆或代码模仿的层面，缺乏深入理解和自主建模的能力。

3.3 教学方法与资源层面

在教学方法上，向量空间、矩阵运算、注意力机制等数学知识点若仅依赖公式推导和讲解，学生难以形成直观理解。课程缺乏可视化演示与交互式支持，也缺少案例和实践项目^[10]，使得数学原理与 NLP 模型之间的联系难以被学生深刻把握。同时能够有机融合数学与 NLP 的教材与案例相对匮乏，不仅增加了教师整合教学内容的难度，也使学生在学习过程中缺乏系统的参考材料，无法在知识点之间建立起清晰的对应关系。

3.4 教学效果与评价层面

评价方式单一，主要依赖作业和考试，无法有效促进学生理论理解与实践能力同步发展^[11]。

4 教学改革思路 and 措施

4.1 教学改革总体思路

本课程的教学改革以数学素养同步发展作为核心的教学改革总体思路，主要从四个方面来进行改革，见图 3。在课程内容上，注重数学知识与 NLP 技术的有机融合，构建“数学原理→模型机制→实际应用”的知识链条，帮助学生形成整体认知。在教学方法上，强化问题驱动、案例引导和项目导向的教学模式，利用可视化工具与实践项目提升学生的理解深度和应用能力。在教学评价上，建立多元化评价体系，将数学思维、模型实现、项目实践与创新能力纳入考核，突出能力导向。在教学资源上，加强融合型教材与案例库建设，提供开放数据与实验平台，支撑跨学科应用与自主探索。让学生实现“理解数学原理→应用到 NLP 模型→形成解决实际问题的能力”的递进过程，强调知识迁移与综合应用能力的培养。

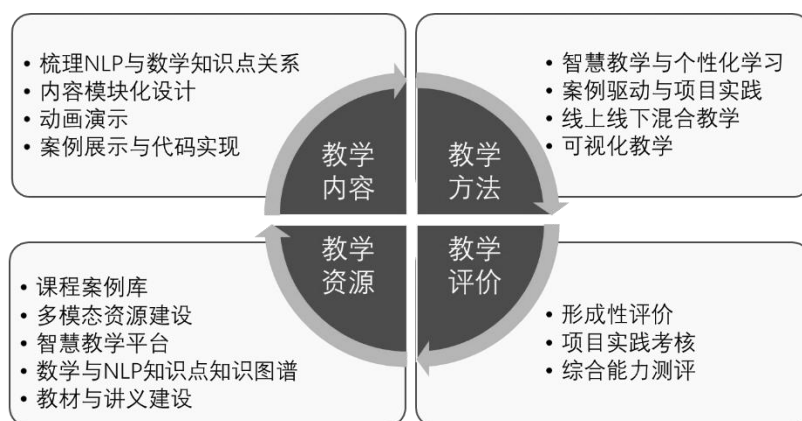


图 3 教学改革总体思路

4.2 教学内容改革

(1) 梳理 NLP 与数学知识点关系

在课程中首先要梳理 NLP 与数学的紧密联系, 帮助学生建立跨学科的知识框架。例如, 语言模型的概率计算对应概率论与数理统计, 词向量的表示依赖线性代数中的向量空间理论, 序列标注中的条件随机场涉及到图模型与优化方法。

通过构建“知识图谱”, 将 NLP 核心任务与对应数学知识点进行关联, 构建数学知识与 AI 专业知识的知识图谱, 展示概念、公式、算法和模型之间的联系。知识图谱可以动态交互, 学生点击数学概念即可查看相关算法实例、代码实现或应用案例, 使学生能够直观理解算法背后的数学支撑。

(2) 内容模块化设计

在教学内容组织上, 采取“模块化+嵌入式”设计, 将 NLP 课程分为若干核心模块, 如表征学习、语言模型、神经网络语言模型、序列建模、生成模型等, 并在每个模块中嵌入对应数学知识点。比如, 在讲解表征学习时引入向量表达和向量相似度计算, 在神经网络语言模型中强调梯度下降与反向传播。在模块化框架下, 学生既能掌握 NLP 的技术路径, 也能系统复习和深化相关数学内容, 实现课程间的螺旋上升与交叉融合。

(3) 增加动画演示内容

为了增强学生对抽象数学原理的理解, 课堂中引入动画演示, 将复杂的算法过程动态化呈现。例如, 神经网络的前向传播、反向传播、梯度下降和损失函数收敛等环节都可以通过动画可视化, 让学生在动态场景中观察数学公式的运算逻辑和算法行为。这种方式能够将抽象概念具体化, 使学生不仅理解数学公式本身, 还能直观感知公式在算法中的作用。

(4) 案例展示与代码实现

在课程中结合真实案例与代码实践, 将数学原理落地到 NLP 任务之中。例如, 在情感分析案例中, 展示如何利用向量空间模型进行文本表示, 并通过代码实现分类器的训练与预测; 在机器翻译案例中, 说明矩阵运算与注意力计算的数学本质, 并配合代码实现 Transformer 模型。通过“理论—案例—代码”的设计, 学生不仅掌握算法使用方法, 更能从数学角度反思其原理与改进空间, 从而培养分析与创新能力。

4.3 教学方法改革

(1) 案例驱动与项目实践

课程通过模块案例与综合案例相结合, 推动学生

在学习过程中逐步掌握 NLP 知识。模块案例针对每个知识模块设计, 帮助学生在具体情境中理解数学原理与算法实现, 如通过词向量案例掌握线性代数在文本表示中的应用; 综合案例则将多个模块知识融合, 引导学生解决复杂任务, 如机器翻译或文本生成项目, 从而训练跨模块的综合能力。在项目实践中, 学生从问题分析、数学建模到算法实现与效果评估, 经历完整的学习循环, 既巩固基础知识, 又锻炼实际应用能力。整个过程强调“做中学、学中思”, 确保学生在实践中稳固 NLP 技能, 同时深化数学理解与应用能力。

(2) 可视化教学

针对 NLP 与数学抽象性强的特点, 引入多维度的可视化教学手段。例如, 用图形化工具展示词向量的空间分布, 用动画演示梯度下降的优化过程, 用热力图直观呈现注意力机制的权重变化。学生通过代码实践可以在操作中直接观察数据与模型的变化规律。可视化不仅提升了学习体验, 还帮助学生把公式、代码与现象紧密联系, 降低抽象理解难度, 增强直观感受和应用能力。

(3) 智慧教学与个性化学习

借助智慧教学平台, 以问题驱动为核心, 引导学生主动提出问题并利用智能学习助手进行探索和验证, 从而培养自主学习和批判性思维能力。学习过程中, 学生可根据自身掌握情况沿个性化学习路径进行进阶, 强化薄弱环节、巩固已有知识。知识图谱辅助学生将 NLP 任务与相关数学原理建立清晰关联, 使学习路径更加直观有序。整个过程强调“学—练—反馈—调整”循环, 让学生在不断实践与反思中稳步掌握 NLP 知识, 同时同步提升数学素养。

(4) 线上线下混合教学

课程通过线上与线下相结合的方式优化学生的学习过程。线上通过课程知识图谱关联微课视频、数学知识讲解、算法演示和自测题库, 支持学生自主预习与反复练习, 使其在掌握基础理论和技能的同时, 能够按个人节奏调整学习进度。线下课堂侧重点知识讲解、互动讨论、问题答疑和实验操作, 引导学生在实践中验证线上学习内容, 加深对数学原理和 NLP 算法的理解。

4.4 教学评价改革

在 NLP 课程评价体系设计中, 应充分考虑前期教学内容模块化设计与案例驱动、项目实践、线上线下混合以及可视化教学的改革思路, 实现评价与教学的有机衔接。形成性评价贯穿整个学习过程, 通过模块案例作业、课堂互动、在线练习和微测验, 及时反馈学生对 NLP 核心算法及相关数学原理的理解与掌握情

况。通过分析学生在学习数据，教师可以指导其调整个性化学习路径，强化薄弱环节，优化知识结构，确保学生在语言技术与数学素养上的均衡发展。

项目实践考核作为评价的核心环节。学生需从问题分析、数学建模到算法实现与效果评估完整经历项目全过程。通过项目实践，学生能够在动手操作中加深对理论的理解，增强跨模块整合能力和创新能力。

4.5 教学资源建设

为支撑 NLP 课程改革和数学素养同步培养，需要建设系统化、多层次的教学资源体系。

首先，建立课程案例库，将模块案例与综合案例进行分类整理，为学生提供循序渐进的学习材料和实践机会，帮助其在不同知识模块中逐步掌握核心技能。其次，开发多模态资源，包括视频讲解、动画演示、交互式实验和开源代码，满足不同学习风格和学习节奏的需求，增强学生对数学原理与 NLP 算法的直观理解。智慧教学平台的应用，可以实现个性化学习路径推荐、学习数据追踪与即时反馈，使学生在自主学习过程中更高效地掌握知识。与此同时，构建数学与 NLP 知识点知识图谱，将学科交叉内容清晰关联，帮助学生在过程中形成系统化认知，理解各知识点的内在联系。最后，配套教材与讲义的建设，为学生提供完整的理论基础、算法原理及实践指导，确保线上线下学习的连续性与一致性。

5 实证评估与结果

基于三个学期开展对照评估：第1学期为未改革基线组；第2、3学期实施了教学改革与逐步优化。每学期样本 $N=30$ （学期间样本不同、独立）。本文对于数据采用结业测评（endline）对比，不再进行学期内前后测比较。

5.1 指标与工具

本研究的评价体系由两部分构成：其一是与 NLP 核心知识点强映射的数学素养量表（题库化、混合题

型），其二是覆盖课程实践关键环节的项目评分量表（Rubric v1.1，总分 0-100）。两者共同服务于“知识—能力—证据”的一致性评估。

数学素养量表以四个维度为骨架，分别为 A 表示与相似度、B 概率建模与信息论、C 注意力与线性代数、D 优化与实验推理。各维度围绕相应知识点组织题项，例如 A 维覆盖词向量与子词编码、余弦相似度与向量投影等；B 维覆盖 n-gram、交叉熵/困惑度、KL 与温度/softmax 等。题型采用单/多选、计算、简答/问答、应用分析与纠错的混合形式，既考察记忆与理解，也覆盖应用、分析与解释。基础配置为每维 5 题、共 20 题。客观题按标准答案计分；主观题按 Rubric 四档（优/良/合/待改）评分，并生成个人报告，给出维度得分、薄弱项与资源推荐。

项目评分量表项目成绩以四个维度加权合成为总分：实验设计 30%、模型实现 30%、可视化 20%、团队协作 20%。各维设置五档表现水平（5=优秀，4=良好，3=合格，2=待加强，1=不足）。实施层面采用双盲评分，每项至少两名评委参与，并报告评分一致性 $ICC(2, k) \geq 0.80$ ；若未达阈值，需复核或仲裁后再汇总。

以上两类工具一方面通过知识点将题项与课程资源“点对点”映射，另一方面通过 Rubric 将项目产出的证据与评价标准“点对点”对齐，从而在结果层面实现与 5.2 的结业评测（S1/S2/S3）可比、可复核的闭环评估。

5.2 数据与结果

通过第 1、2 和 3 学期的教学改革和探索，通过学生的结业评测进行比较：第 1 学期（未改革）对照第 2、3 学期（实施改革并在第 3 学期进一步优化）。

本研究对三个学期（S1、S2、S3）数学素养结业评测对比进行了统计分析，见表 1。为考察学生在三个学期中的 NLP 课程知识和能力的变化，本研究项目运用项目评分量表进行了结业评测，见表 2。

表 1 三学期数学素养结业评测对比（数学素养量表结果）

学期	N	M \pm SD	Δ	t	p	g	95%CI
S1	30	69.8 \pm 7.4	—	—	—	—	—
S2	30	73.3 \pm 7.1	+3. 5	2. 11	0. 039	0. 49	[0. 2, 6. 8]
S3	30	76.7 \pm 7.0	+3. 4	2. 02	0. 047	0. 47	[0. 05, 6. 7]

表 2 三学期结业评测均值对比（项目评分量表）

学期	N	M \pm SD	ICC	Δ	t	p	g	95%CI
S1	30	82. 4 \pm 6. 2	0. 84	—	—	—	—	—
S2	30	85. 6 \pm 5. 9	0. 86	+3. 2	2. 16	0. 034	0. 50	[0. 3, 6. 1]
S3	30	88. 8 \pm 5. 7	0. 87	+3. 2	2. 16	0. 034	0. 50	[0. 3, 6. 1]

注：N：样本数量，M \pm SD：均值 \pm 标准差， Δ ：与上一学期相比的均值变化。t，p：t 检验结果和显著性水平。p < 0. 05 表示差异显著。g：效应量（Cohen's g），0. 5 为中效应。95% CI：均值差异的 95%置信区间。

通过两方面的结业评测结果分析和对比可以看出,数学素养与项目评分总分在实施改革后均显著高于 S1,且 S3 在 S2 的基础上继续提升,表明本次教学改革及其优化对能力培养产生了持续而稳健的正向效果。改革提升了学生兴趣与“数学—模型—任务”的联通性,综合能力得以发展。但仍存在样本量有限(仅本校部分班级)、教师效应可能干扰与缺乏中长期追踪等局限。

6 结束语

本文以 NLP 课程教学改革为切入点,探讨了在专业课教学中如何实现数学素养与技术能力的同步培养。研究指出,数学是理解与创新 NLP 模型的核心支撑,只有在课程内容设计中体现“数学—技术—应用”的有机联系,才能有效促进学生的深度理解与综合能力提升。通过对教学内容、教学方法、教学评价与教学资源的系统分析,本文提出了相应的改革方向,以解决数学与 NLP 脱节、实践不足和评价单一等问题。该探索不仅有助于推动课程体系优化,更为 AI 创新人才培养提供了可借鉴的路径和参考,为实现数学素养与人工智能核心能力的协同发展奠定了基础。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国务院,《国务院关于深入实施“人工智能+”行动的意见》(国发〔2025〕11号),2025-08-26.
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202508/content_7037862.htm
- [2] 中共中央 国务院,《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》(2025年第4号),2025-1-19.
https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html
- [3] Rajendra, P., Pusuluri VNH Ravi, and K. Meenakshi. "Machine learning from a mathematical perspective." AIP Conference Proceedings. Vol. 3149. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.
- [4] 邓攀.人工智能课程中数学基础的教学体系探讨[J].计算机技术与教育学报,2024,12(4),P26-33
- [5] 于美菊,赵明珠,王浩田.面向计算机研究生数学基础课教学与评估方案[J].计算机技术与教育学报,2024,12(5),P24-27.
- [6] Rawat, Kavita, and Manas Kumar Mishra. "Role of Mathematics in Novel Artificial Intelligence Realm." Mathematics in Computational Science and Engineering (2022): 211-231.
- [7] Kunze, Herb, et al., eds. Engineering mathematics and artificial intelligence: Foundations, methods, and applications. CRC Press, 2023.
- [8] Zhang, Tong. Mathematical analysis of machine learning algorithms. Cambridge University Press, 2023.
- [9] G A, Senthil, et al. "Artificial Intelligence: Advanced Mathematical Constructs and Theoretical Framework in Machine Learning and Deep Learning Algorithms." (2024).
- [10] 周延泉,蒋思,张玥,等.人工智能背景下的自然语言处理研究生课程群建设模式研究[J].计算机技术与教育学报,2024,12(3),P06-10.
- [11] 刘宁.基于“1+1+N”体系的“大数据采集与集成”课程教学改革与实践[J].计算机技术与教育学报,2024,12(4),P21-25.