

AI 赋能线性代数教学的协同诊断—干预机制设计

刘加云*, 李金, 殷艳敏

山东建筑大学理学院, 山东济南, 中国

*通讯作者

【摘要】现有关于人工智能赋能线性代数教学的研究多聚焦 AI 工具的应用, 而对教学过程中“何时诊断、如何干预、谁来决策”的机制性问题关注不足。为此, 本文构建了“师—机—生”协同诊断—干预机制。该机制设计了课前盲点扫描、课中即时预警、课后错题画像三个连续诊断节点; 针对程序性错误与概念性误解, 分别实施 AI 辅助即时反馈与教师主导概念重构的差异化干预策略; 并确立“AI 提议—教师确认/修正—联合执行”的协同决策规则, 以保障教师的主导权与终审权。同时, 文章探讨了诊断结果与“群体诊断+个人评价”双轨评价体系的衔接路径。该机制可依托高校现有智慧教学平台的测验、互动和作业批改等功能初步实施, 为 AI 赋能大学数学教学提供了可操作的实践路径。

【关键词】人工智能; 线性代数; 协同诊断; 人机协同; 教学评价

【基金项目】1. 山东建筑大学教学改革项目《“一核心三维度五提升”: 线性代数课程思政研究的创新与实践 (XJG2025041)》; 2. 山东省教学改革重点项目《数字赋能构建“三维五融”大学数学课堂教学改革与实践 (Z2023236)》

1. 引言

线性代数是高等学校理工科、经管类及相关专业的重要基础课程, 在计算机科学、人工智能、数据分析、工程建模和优化决策等领域具有广泛应用价值。随着人工智能、大数据和智能制造等技术的发展, 线性代数中的矩阵运算、向量空间、特征值与特征向量、矩阵分解等内容, 已成为学生理解现代数字技术的重要数学基础。然而, 在实际教学中, 线性代数的抽象性常常成为学生理解上的显著障碍。传统教学多偏重代数推导与符号记忆, 缺乏几何直观的可视化手段及有效的师生互动工具, 因而在教学实践中仍面临较为突出的困难。

近年来, 人工智能技术在教育领域的广泛渗透为线性代数课程改革注入了新的活力。已有研究主要集中在三个方面: 在教学资源建设维度, 相关工作利用 AI 技术重构教学资源、建设知识图谱, 并借助知识图谱实现学习行为聚类分析, 为精准识别学生群体特征提供了方法支撑^{[1][2]}; 在数字化转型路径维度, 相关研究从教学资源、案例库建设、教师能力提升、学生自主学习能力培养等方面, 系统阐述了线性代数课程数字化转型的实践路径^[3]; 在课堂协同框架维度, 已有研究提出了师—生—AI 协同课堂框架, 探讨了 AI 技术融入课堂教学的组织形式与实践策略

^[4]。此外, 还有研究分别从教学改革、教与学变革、教学模式创新、教学范式改革等不同侧面拓展了人工智能赋能大学数学教学的研究视域^[5-8], 并有研究基于 AI 精准画像技术为个性化学习路径设计提供了方法借鉴^[9]。

综观现有研究, 学术界已在教学资源开发、教学模式重构和智慧学习支持等方面奠定了坚实基础。但上述研究多聚焦于“用什么工具教”的工具应用层面, 对于“何时干预、如何干预”这一机制性问题探讨不足: 一方面, 缺乏覆盖课前—课中—课后的系统化诊断节点设计; 另一方面, 未明确界定 AI 与教师在诊断、决策、干预各环节中的功能分工与决策权限, 尤其缺少在真实课堂情境中可即时运行、可闭环优化的诊断—干预方案。因此, 本文聚焦 AI 赋能教学的过程性干预机制设计, 构建“师—机—生”协同诊断—干预机制, 通过课前盲点扫描、课中即时预警、课后错题画像三个诊断节点, 以及程序性错误与概念性误解的差异化干预策略, 明确“AI 提议—教师确认/修正—联合执行”的协同决策规则, 以期填补过程性干预机制设计的空白, 为大学数学教学提供可落地的实践路径。

“师—机—生”三方协同关系的界定, 借鉴了余胜泉关于人工智能教师未来角色的理

论阐释,即 AI 并非替代教师,而是作为教师的智能助手,承担重复性、数据密集型工作,使教师得以聚焦于创造性、情感性、高阶思维培养等核心职能^[10]。

2. 线性代数教学过程性诊断的现实困境

2.1 抽象概念理解困难

线性代数的概念体系具有高度抽象性。以“特征值与特征向量”为例,其定义涉及行列式、线性方程组、向量空间等多个前置概念,学生往往难以把握其几何本质——即矩阵变换中“方向保持”和“伸缩比例”的含义。在日常教学观察和课堂提问中,不少学生能够记忆特征值与特征向量的定义公式,可以套用公式,但难以理解概念背后的几何意义和结构关系,反映出该概念给学生带来了较大的认知负荷,也容易使学生产生畏难情绪,影响后续学习积极性。

2.2 大班教学难以兼顾差异

传统课堂多采用大班授课方式,并且是“复习—讲授—作业”的固定流程,普遍情况下是“满堂灌”的形式,无论学生线性代数基础和水平如何,均接受统一的课堂教学内容与节奏。个体差异难以充分体现同时难以课堂兼顾:一是课堂提问环节主动回答问题的始终集中于少数学生,分组讨论容易流

于形式;二是教师批改作业工作量大,个性化定制作业难以落实。

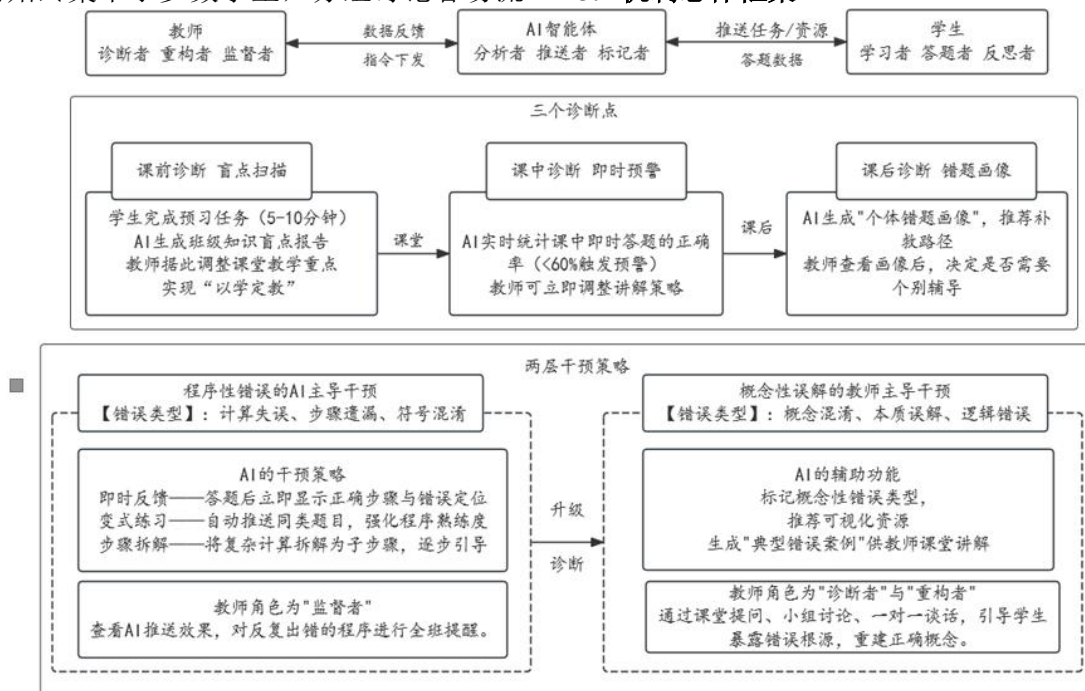
2.3 评价反馈滞后影响及时干预

传统教学评价主要依赖期中、期末考试,一学期的过程性评价严重不足。当教师批改作业发现全班某知识点掌握率偏低时,教学往往已推进到下一单元,补救的最佳时机已过。基础较差的学生进而在后续学习中逐渐掉队,形成“上课听不懂—节奏跟不上—慢慢放弃”的恶性循环。

3. “师—机—生”协同诊断—干预机制构建

在给出机制设计之前,需要明确本文中 AI 的功能边界,以避免概念混用造成的理解偏差。本文所指 AI 主要承担三类功能:第一类是学习数据采集与统计分析,如课堂答题正确率、作业完成情况、学习行为记录等;第二类是知识点映射与错误类型识别,如将题目与知识点标签绑定,识别程序性错误和概念性误解;第三类是学习资源推荐与反馈生成,如推送微课、变式练习、错题讲解和学习建议。需要强调的是,AI 不直接替代教师作出教学判断,教师负责确认、修正和终审,这一原则贯穿于下文“AI 提议—教师确认/修正—联合执行”的协同决策规则之中。

3.1 机制总体框架



依托超星学习通、雨课堂等现成智慧教学平台即可实施,无需额外技术开发

图 1. “师—机—生”协同诊断—干预机制

协同诊断—干预机制设计为“师—机—生”三方协作,包含三个诊断节点和两层干预策略,总体设计框架如图 1 所示。该机制

可依托超星学习通、雨课堂等高校现有智慧教学平台的测验、互动、作业批改和学习数据统计功能进行初步实施,并通过知识点标

签、题目分类和教师审核机制逐步提升诊断精度，从而降低教师使用技术的门槛。

3.2 课前、课中、课后三个诊断节点

3.2.1 课前诊断：盲点扫描

学生课前在平台完成 5 到 10 分钟的预习任务，AI 运用知识图谱分析答题情况，自动生成“班级知识盲点报告”。这份报告包含每个前置知识点的集体掌握率、高频错误类型、需要重点复习的概念清单。教师参考报告调整教学侧重点，实现“以学定教”。例如，如果报告提示特征向量的求解仅有 62% 的掌握率，教师即可在课前安排五分钟复习，而不照搬原计划直接推进到“矩阵的对角化”的核心内容。

3.2.2 课中诊断：即时预警

借助雨课堂等工具，每 15 到 20 分钟插入 2 至 3 道课堂即时测题，AI 实时统计正确率。如果某知识点正确率低于 60%，系统立即推送预警到教师屏幕上，方便教师当场调整讲解。例如在“实对称矩阵的对角化”环节，答题正确率只有 55%，AI 显示 62% 学生错在“未验证重特征值的特征向量的正交性”，教师据此临时调整讲课次序，补充验证步骤的示。教学问题的发现速度从“周级”压缩至“分钟级”，有助于把握知识点补救的最佳窗口期。

3.2.3 课后诊断：错题画像

作业提交后两小时内，AI 自动批改，并给出个人错题画像，包括错误知识点、错误类型（如计算失误、概念混淆、步骤遗漏）、对应前置知识漏洞和补救建议。教师通过画像决定是否需要对一辅导。例如，学生张某在“矩阵可对角化的判定”作业中，错误集中于“重特征值对应的线性无关特征向量的个数是否等于其重数”的判定，AI 自动推送专题讲解和专项练习，教师第二天跟进谈话，发现其混淆了“代数重数”和“几何重数”。课后反馈的效率从“周级”提升到“小时级”，同时兼顾了学生的个性差异。

3.3 程序性错误与概念性误解的差异化干预

3.3.1 程序性错误的 AI 辅助干预

程序性错误指计算失误、步骤遗漏、符号混淆等情况，例如行列式展开算错、矩阵乘法元素算错、忘记回代验证、漏写单位矩阵等。针对此类错误，AI 主要承担三项工作：一是即时反馈，答题后立刻给出正确解法并定位错误环节；二是变式练习，自动推

送三到五道同类型习题供学生反复练习，巩固流程；三是步骤拆解，将复杂解题过程拆分为若干子步骤，逐步引导学生掌握。教师负责监督干预效果、评估学生进步情况，并在必要时调整干预策略。

3.3.2 概念性误解的教师主导干预

概念性误解指对数学本质的错误理解，具体表现为对定义、定理及运算法则的机械套用或不当迁移。例如误认为“代数余子式与余子式”相等，从而导致行列式按行(列)展开符号错误；或受实数运算习惯影响，想当然以为“矩阵乘法满足交换律”，把数中的乘法运算公式直接推广到矩阵运算。此外，在向量理论中，学生常将二维空间中“两两不共线”直觉错误的推广至三维以上，误认为其等价于“线性无关”。学了正交以后，甚至有学生进一步认为“线性无关的向量一定是正交的”等。这类错误难以通过重复练习纠正，需要教师进行概念重构。AI 的辅助功能为：一是标记概念性错误类型，归入“需教师介入”队列；二是推荐可视化资源（如三维动画演示特征向量的几何意义）；三是生成“典型案例”供教师课堂讲解。教师角色为“诊断者”与知识“重构者”：通过课堂提问、小组讨论、一对一谈话，引导学生暴露错误根源，重建正确概念。

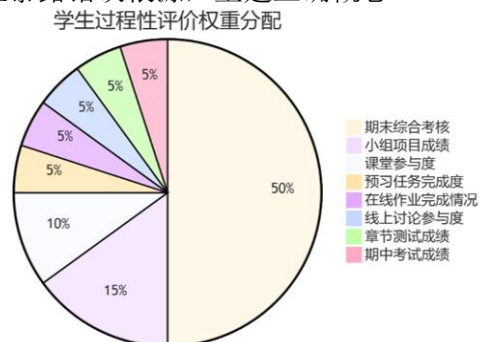


图 2. 学生个人过程性评价的考核项目与权重分配表

3.4 AI 提议、教师确认、联合执行的协同决策规则

为避免 AI 替代教师决策，本文设计了“AI 提议-教师确认/修正-联合执行”的协同流程。规则一：班级某知识点正确率低于 60% 时，AI 推送预警及错误分布，教师可选择采纳、修正或否决。规则二：个体连续 3 次出现同类错误时，AI 推荐分层资源，教师可选择确认推送、调整资源或标记为“需重点关注”。规则三：学习行为出现异常（如视频反复观看超过 5 次仍答错）时，AI 仅标

记异常,不自动推送,由教师判断后决定干预方式。该设计确保AI提供数据支持,教师保留专业终审权。

4. 诊断结果与教学评价的衔接

诊断结果和教学评价如何衔接,“以评促学”、“以考促教”如何真正落实到教学评价中是协同诊断-干预机制绕不开的关键环节。针对此,本文搭建了“群体诊断+个人评价”的双轨衔接体系,其中群体诊断更侧重于教学整体的调整而个人评价,

4.1 班级层面的群体诊断

群体诊断关注班级整体学习情况,呼应课前、课中、课后三个诊断节点,通过期初、期末数据对比,对教学产出进行评估,其核心目的在于为教师提供教学调整、课程质量提升、教学效果评估的依据,作为教师教学反思与课程质量改进的依据,这里的数据不会直接反映到某个学生的个人成绩上。

4.2 学生层面的过程性评价

个人评价用于学生成绩评定,与课后错题画像深度衔接,形成“诊断-干预-发展”的个性化支持链条。聚焦在学生自己的课前预习、课堂参与、作业、错题订正、项目实践和期中期末考试等多个具体环节。主要参考个人评价的表现,这样既公平也能兼顾教学过程的改进。该评价体系的核心特征:一是诊断与评价适度衔接而非混同,群体诊断服务于教

学改进,个人评价服务于成绩评定,二者分工明确,避免将班级整体数据直接用于个人成绩评定可能引发的公平性问题;二是AI与教师协同评价,AI承担数据密集型任务,教师保留高阶评价权限。

以学生层面的过程性评价为例,本文构建了多维加权评价体系,其各项考核环节及权重占比如图2所示。

5. 实施保障与风险防范

5.1 内容准确性保障

大语言模型在数学推理中存在出错风险,可能产生看似合理但实际有误的表述,例如误将“特征值全部非零的矩阵一定可对角化”这一错误说法写入教案。为此,本机制设置数学定理规则库以规范AI生成内容,所有AI生成内容须经教师审核后方可使用,数学概念、定理、例题解答不得未经核验直接推送,并鼓励学生以批判性态度对待平台推送内容。通过技术约束、教师审核与学生反馈相结合的多重校验机制,可在一定程度

上降低AI生成内容的错误风险,保障教学内容的数学严谨性。

5.2 教师能力保障

教师的数据解读能力直接影响机制的运行效果,教师需要具备数据解读、错误分类、资源调整和人机协同决策能力。为此需要配套分层培训:基础层聚焦平台操作,确保教师能够熟练查阅学情数据、处理预警信息;进阶层聚焦数据解读,帮助教师理解“知识盲点报告”“错题画像”等数据的含义,并将其用于教学决策;创新层鼓励教师参与人机协同机制的设计与优化,在实践中深化对人机协同作用机理的理解。

5.3 公平性与伦理保障

教育资源不均衡可能因技术赋能而加剧,需要关注学生数据隐私保护、不同学生群体的平台使用差异、AI算法误判风险以及由此可能加剧的数字鸿沟问题。可采取的措施包括:为设备条件不足的学生提供低带宽、低配置要求的轻装版应用;开放学校电脑室作为补充学习场所;组建学习小组,鼓励条件较好的学生与条件不足的学生结对帮扶。

6. 结论

本文针对线性代数教学中概念抽象难理解、大班教学难兼顾差异、评价反馈滞后三重困境,提出了一种“师-机-生”协同诊断-干预机制。该机制通过课前盲点扫描、课中即时预警、课后错题画像三个诊断节点,对学生的程序性错误和概念性误解实施差异化干预,并建立“AI提议-教师确认/修正-联合执行”的协同决策规则,确保教师在人机协同过程中的主导权与终审权;在评价层面,构建“群体诊断+个人评价”双轨衔接体系,将课堂诊断数据用于教学改进,避免将群体数据直接用于个人成绩评定可能引发的公平性问题。

该机制的理论与实践价值主要体现在三个方面:一是提出了覆盖课前—课中—课后的系统化诊断节点设计,弥补了既有研究在过程性机制设计方面的不足;二是明确了AI与教师在诊断、决策、干预各环节的功能分工,为人机协同教学提供了可参考的决策规则;三是该机制可依托高校现有智慧教学平台逐步实施,具有较好的可推广性。

需要指出的是,本文提出的机制目前主要基于教学设计层面的论证,尚未经过大规模课堂实证检验。机制的实际运行效果、教

师在协同决策中“否决 AI 建议”的情境特征、不同认知层次学生对 AI 推送资源的差异化响应、评价体系改革对学生学习动机的影响，以及机制运行的长期效果等问题，仍需在后续研究中通过真实课堂实施加以验证。本文提出的方案具有较好的实施可行性，但其有效性仍需通过实证研究进一步检验。

参考文献

- [1] 魏重庆, 李安然. AI 赋能线性代数课程混合式教学研究与实践[J]. 信息系统工程, 2025(4): 169-172.
- [2] 汪娜, 李琦. 基于知识图谱的线性代数课程教学实践及效果分析[J]. 办公自动化, 2025, 30(17): 35-37.
- [3] 张应腾, 王志华. 人工智能背景下线性代数课程数字化转型的探索与实践[J]. 科教文汇, 2026(1): 116-120.
- [4] 都琳, 徐爽, 徐宗本. 师-生-AI 协同课堂:

人工智能赋能大学数学教育的载体及实践[J]. 中国大学教学, 2025(4): 59-65.

- [5] 王珂, 李怡馨. 人工智能时代下线性代数的教学改革[J]. 教育进展, 2026, 16(1): 1128-1136.
- [6] 陈美蓉, 王萃琦, 段滋明, 等. 人工智能赋能大学数学教与学的改革[J]. 教育与研究, 2024, 8(4): 142-146.
- [7] 王莉, 孙菊贺, 王利岩, 等. 人工智能赋能大学数学类课程的教学模式研究[J]. 创新教育研究, 2025, 13(10): 302-310.
- [8] 邵新慧, 沈海龙, 史大涛, 等. 人工智能赋能大学数学基础课程教学范式改革与实践[J]. 大学教育, 2025(20): 33-37.
- [9] 王建龙. 基于 AI 精准画像的职业院校高等数学个性化学习路径设计[J]. 浙江工艺美术, 2025(24): 133-135.
- [10] 余胜泉. 人工智能教师的未来角色[J]. 开放教育研究, 2018, 24(1): 16-28.