

人工智能赋能初中生数学个性化学习模式研究

冉梦丹, 库在强*, 李泳成

黄冈师范学院数学与统计学院, 湖北 黄冈

收稿日期: 2026年4月14日; 录用日期: 2026年8月17日; 发布日期: 2026年8月26日

摘 要

在智能技术与教育教学深度融合的背景下, 依托Felder-Silverman学习风格模型开展学生学习风格的精准画像, 同时将模型的四大维度与学习各阶段深度融合以形成“风格画像-阶段适配-精准赋能”的闭环实施路径, 再结合生成式人工智能技术为不同学习风格的学生量身定制精准化的数学学习策略, 最终探索出有效的中学生数学个性化学习模式。

关键词

生成式人工智能, 学生画像, 数学教学, Felder-Silverman学习风格

Research on the Personalized Learning Mode of Junior High School Mathematics Empowered by Artificial Intelligence

Mengdan Ran, Zaiqiang Ku*, Yongcheng Li

School of Mathematics and Statistics, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

Received: April 14, 2026; accepted: August 17, 2026; published: August 26, 2026

Abstract

In the context of the in-depth integration of intelligent technologies and education and teaching, this study relies on the Felder-Silverman learning style model to create precise portraits of students' learning styles. Meanwhile, it deeply integrates the four dimensions of the model with different stages of learning to form a closed-loop implementation path of "style profiling-stage adaptation-precise empowerment". Furthermore, by combining generative artificial intelligence technology, it tailors precise mathematics learning strategies for students with different learning styles, ultimately exploring an effective personalized mathematics learning model for middle school students.

*通讯作者。

文章引用: 冉梦丹, 库在强, 李泳成. 人工智能赋能初中生数学个性化学习模式研究[J]. 创新教育研究, 2026, 14(8): 392-402. DOI: 10.12677/ces.2026.148618

Keywords

Generative Artificial Intelligence, Student Profiling, Mathematics Teaching, Felder-Silverman Learning Style

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

2022 年以来，以 ChatGPT 为代表的生成式人工智能(GenAI)凭借认知、生成与创造能力，深刻重塑教育领域认知框架，在智能备课、精准学情分析等方面显著提升教学效率与质量，推动因材施教从理念走向实践，引领教育迈向个性化、全面发展新阶段[1]。国家层面持续释放政策红利，《教育信息化 2.0 行动计划》等文件明确智能技术与教育教学深度融合的创新路径[2]，《教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）》为人工智能与教育融合创新提供坚实政策保障[3]。生成式人工智能虽引发教育领域广泛关注并催生诸多理论研究，但多数研究侧重于其对教育的赋能，而忽视结合学生个体差异，运用人工智能为不同学习风格学生制定针对性教学策略，致使一线教师实际应用方式单一，难以满足学生多样化需求[4]-[6]，阻碍了生成式人工智能在优化教学效果、满足个性化学习需求方面发挥潜在效能。鉴于此，本研究以 Felder-Silverman 学习风格模型为理论支撑，探索构建基于人工智能画像的学生数学个性化学习有效模式。

2. Felder-Silverman 学习风格模型

2.1. Felder-Silverman 学习风格表征

Felder-Silverman 学习风格模型(FSLS)即指数学习风格模型，由 Richard M. Felder 和 Linda K. Silverman 于 1988 年提出，在教育领域应用广泛，用于描述阐释个体学习差异。学习风格是学习者对信息感知、输入、提取及加工时展现的个人特色方式，该模型强调教师应尊重利用学习风格差异，采用多元教学策略提升教学质量与效果[7]。此外，此模型通过剖析学习者差异归纳出信息处理、感知、输入、理解四个影响学习方式的核心维度，每个维度下两种对立风格类型反映不同学习特征倾向，8 种学习风格各有独特倾向与偏好，具体内容如表 1 所示。

Table 1. Felder-Silverman learning style tendencies and preference characteristics
表 1. Felder-Silverman 学习风格趋向和偏好特征

纬度	风格	特征偏好
感知信息	感悟型	倾向实例和应用，趋向具体和实际的，面向事实和过程
	直觉型	喜欢理论知识，倾向抽象概念和推导，面向理论和意义
输入信息	视觉型	善于记住所看到的東西，图片、视频等
	言语型	善于记忆读到的内容，文本信息
处理信息	活跃型	倾向边做边学，互动交流
	沉思型	倾向独立思考，自主学习
理解信息	序列型	倾向于按部就班地学习，按照一定的逻辑顺序理解内容
	全局型	倾向宏观蓝图，把握整体概念，再深入理解，思维较发散

Felder-Silverman 学习风格模型具有显著的核心优势。借助这一模型,教师能够识别出学习者所属的学习风格类型,进而以适配不同学习风格的方式提供教学资源。这样不仅能满足各类学习者的需求,还能让学习者以最符合自身特点的方式构建、理解和感知信息,最终有效提升他们的学习效率。

2.2. Felder-Silverman 学习风格量表

Felder-Silverman 学习风格量表(Index of Learning Styles, ILS)是 Richard M. Felder 和 Linda K. Silverman 基于他们对 Felder-Silverman 学习风格模型的研究成果共同开发的。为了量化和识别学习风格而设计的,通过一系列问题来测定个体在四个维度上的学习风格倾向[8]。ISL 量表自推出以来,历经多次修订和完善,其信度和效度经过学术界严谨验证,在教育界得到了广泛应用。ILS 量表包含了 44 道单项选择题,每个维度对应 11 个题目,这些题目按照处理、感知、输入、理解信息四个维度交叉排列,题目对应如表 2 所示。每一题的选项有 a、b 两个选项,分别代表各个维度下两种对立的学习风格类型。通过学习者对这些题目的回答情况,识别和判断其所属的学习风格类型。

Table 2. Item design of the ILS questionnaire
表 2. ILS 量表题目设计

问题维度	特征偏好
处理维度	1、5、9、13、17、21、25、29、33、37、41
感知维度	2、6、10、14、18、22、26、30、34、38、42
输入维度	3、7、11、15、19、23、27、31、35、39、43
理解维度	4、8、12、16、20、24、28、32、36、40、44

2.3. 学习者学习风格生成算法

首先,用一个四元组表示学习者的学习风格,如公式(1)所示:

$$StudentStyle = [(T_1, e_1), (T_2, e_2), (T_3, e_3), (T_4, e_4)] \quad (1)$$

其中, (T_i, e_i) ($1 < i < 4$)表示学习者在 Felder-Silverman 学习风格中某个维度的取值, T_i 表示风格取值类型($T_i \in \{“活跃型-沉思型”, “直觉型-感悟型”, “视觉型-言语型”, “全局型-序列型”\}$), e_i 为模糊取值 $e_i \in [0, 1]$, 代表在学习风格 T_i 维度的取值。

其次,基于 ILS 量表的学习风格生成算法,步骤如下:

- 1) 统计 ILS 量化表数据,按学习风格纬度统计选项数 α ;
- 2) 按照“(多数选项数 - 少数选项数) + 多数选项数类型 e ”的规则,生成学习风格值 T_i ,如公式(2)所示:

$$T_i = \alpha e \quad (2)$$

其中 α 为偏向程度,按 1、3、5、7、9、11 进行标度, e 为类型取值为 a, b 。

- 3) 根据步骤 1)得到的取值,按步长 0.3 进行三角模糊量化,公式(3)如下:

$$e_i = \begin{cases} \text{趋向该学习风格较弱, } \alpha \in \{1, 3\} \\ \text{趋向该学习风格一般, } \alpha \in \{5, 7\} \\ \text{趋向该学习风格较强, } \alpha \in \{9, 11\} \end{cases} \quad (3)$$

- 4) 最后,确定学生的学习风格类型。

以某一学生具体的答题情况为例，其学习风格量表的计算方法如以表 3 所示。

Table 3. Calculation method for the learning style measurement scale
表 3. 学习风格测量表计算方法

Felder-Silverman 量表											
活跃/沉思型			直觉/感悟型			视觉/言语型			全局/序列型		
问题	a	b	问题	a	b	问题	a	b	问题	a	b
总计	1	10	总计	3	8	总计	3	8	总计	9	2
9b			5b			5b			7a		

(注：按照“(较大数 - 较小数) + 较大数的字母”的学习风格算法可知，该学生的学习风格类型为： $SS = [(9b, 0.9), (5b, 0.6), (5b, 0.6), (7a, 0.6)]$ ，即该生的学习风格偏向为：沉思型 + 感悟型 + 言语型 + 全局型。)

3. 数学个性化智能学习模式的构建

基于 Felder-Silverman 学习风格模型，从四个维度对学生的学习风格展开精准画像。完成画像后，将所得结果与学习的各个阶段进行有机融合，并借助人工智能技术构建个性化学习模式，具体思路如图 1 所示。

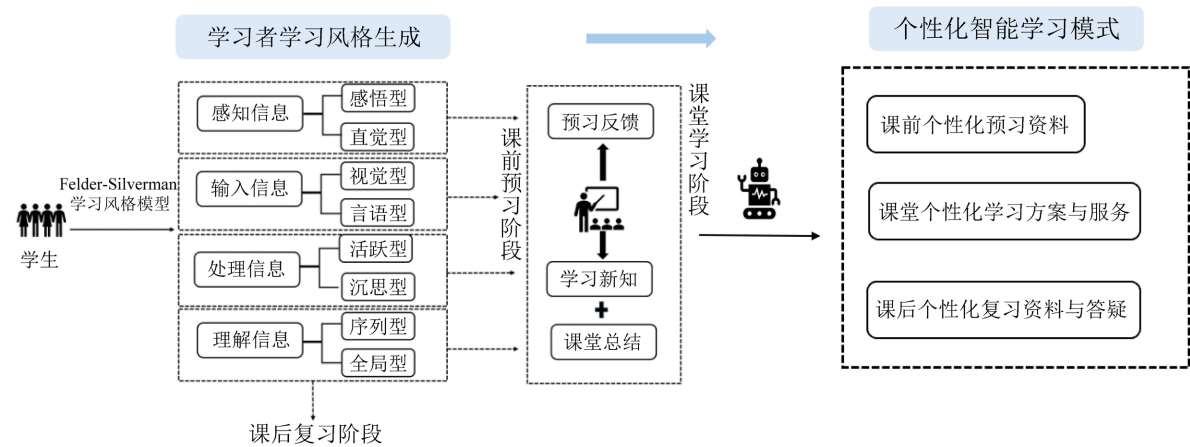


Figure 1. Construction of the intelligent personalized learning model for mathematics
图 1. 数学个性化智能学习模式构建

在课前预习阶段，依据“输入信息”维度对学生学习风格画像，为视觉型和言语型学生分别提供直观形象资料与语言载体内容；课堂学习分预习反馈、学习新知、课堂总结三环节，在各环节分别从“感知信息”“处理信息”“理解信息”维度画像，采用适配不同风格的反馈、教学与总结方式；课后复习从“理解信息”维度画像并提供针对性指导。由此形成“风格画像 - 阶段适配 - 精准赋能”的闭环路径，提升不同学习风格学生的学习效果。

4. 基于学生画像的精准化学习策略

基于 Felder-Silverman 学习风格模型对中学生开展学习特征画像，并紧密结合“课前 - 课堂 - 课后”三阶段学习路径，同时融入生成式人工智能技术，能够构建出精准化的数学个性化智能学习策略，其具体应用情况如下。

4.1. 课前预习阶段

课前预习聚焦“输入信息”维度，生成视觉型和言语型两类学生画像。智能系统据此匹配学生偏好的信息载体以降低认知负荷、提升预习效率，为视觉型学生生成动态可视化预习资料，为言语型学生生成精准、逻辑性强的文字或音频资料。

4.1.1. 视觉型学习风格

针对具有视觉型学习风格特征的学生群体，教师可依托人工智能技术，精心制作预习指导视频。目前可用于制作这类视频的工具包括科大讯飞智学网教师端、希沃 AI 助手、智课网教师工作台等。下面以科大讯飞智学网教师端为例，详细阐释利用该平台制作预习指导视频的具体流程(如图 2 所示)。

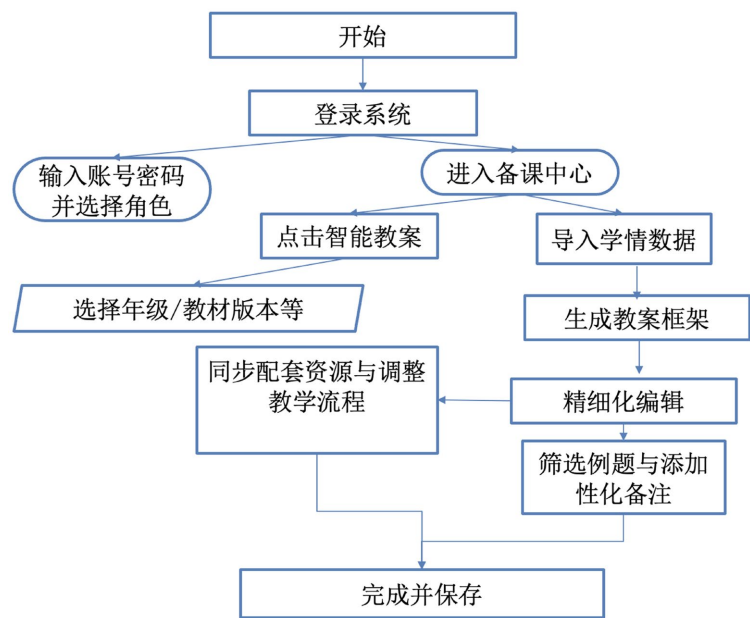


Figure 2. Production process of pre class preview videos
图 2. 课前预习视频制作流程

操作从“开始”启动，教师首先登录该系统，完成账号密码的输入与对应角色的选择；登录后进入备课中心，一方面导入学情数据以生成教案框架，继而开展筛选例题、添加个性化备注的操作，并对教案框架进行精细化编辑，另一方面点击智能教案功能，选择适配的年级与教材版本，同步配套资源并调整教学流程；待上述各环节操作均完成后，即可对制作好的预习指导视频内容进行保存，从而完成整个制作流程。这种预习模式以多媒体形式全面取代传统文字材料单向、线性的信息输入方式。传统预习学生被动阅读，难抓重点且易倦怠；多媒体融合多元素，多感官刺激学生，降低对纯文字依赖，将知识获取转为直观视觉体验，契合视觉型学习者特点，能显著提升预习效率，帮助学生短时掌握更多要点。

4.1.2. 言语型学习风格

言语型学习风格学生对语言信息感知敏锐，善用语义理解和逻辑推理构建知识体系[9]。据此可设计基于生成式人工智能的预习方案，以对话式交互为核心，用智能工具生成文本密集型预习材料。方案以强化结构化语言输入与语义推理能力为思路，通过“提问引导 - 文本构建框架 - 问题解决促进迁移”路径模拟师生对话，降低认知负荷，具体分初始提问、知识深化、实践巩固三阶段(如图 3)。

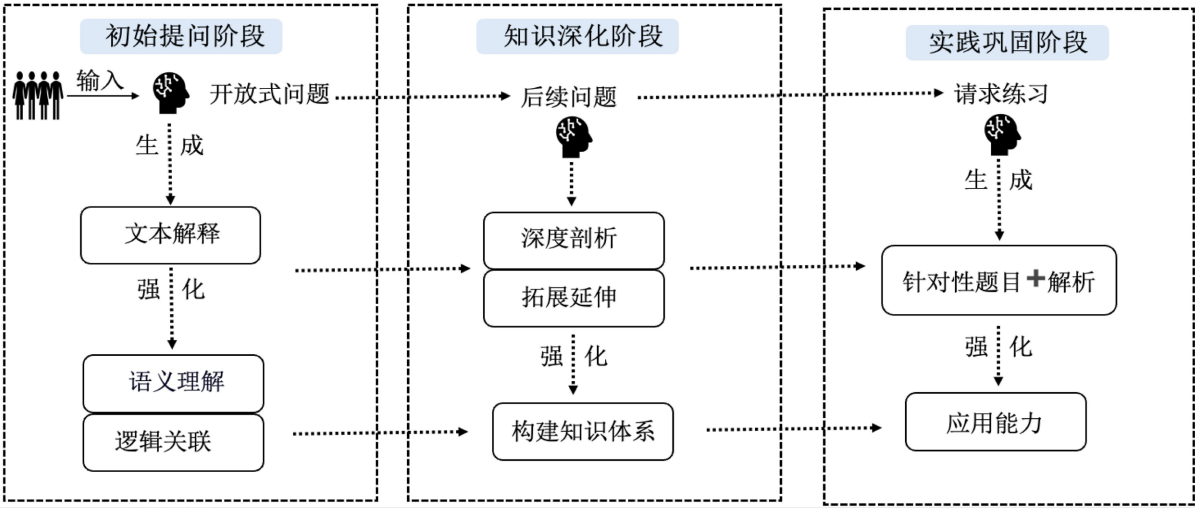


Figure 3. Design idea of preview scheme for “Verbal Learning Style Learners”
图 3. “言语型学习风格”预习方案设计思路

针对言语型学习风格学生善于捕捉处理语言信息、构建知识体系并深化迁移知识的特点，设计了以对话式交互为核心的生成式人工智能预习方案，利用智能工具生成文本密集型材料，模拟真实对话场景，降低认知负荷，强化语义理解与知识应用以助力学生构建知识体系。

4.2. 课堂学习阶段

课堂学习阶段划分为预习反馈、学习新知、课堂总结三个环节，这三个环节分别从感知信息、处理信息、理解信息这三个维度展开。基于此，对学生的学习风格进行画像，并借助人工智能赋能初中生的数学学习过程，以此满足学生的个性化学习需求。

4.2.1. 预习反馈环节

针对学生预习内容掌握差异，结合“感知信息”维度学习偏好设计差异化反馈方式以强化预习效果。以“一元二次方程”为例，感悟型学习者倾向用具体实例巩固知识，反馈以“问题解决”为核心；直觉型学习者偏好从理论逻辑推导规律，反馈以“原理验证”为导向。学生提交预习答案后，系统智能分析判断学生类型，感悟型推送应用变式链，直觉型推送原理验证任务，再生成个性化错题报告并自适应调整下一轮预习资源(如图 4)。

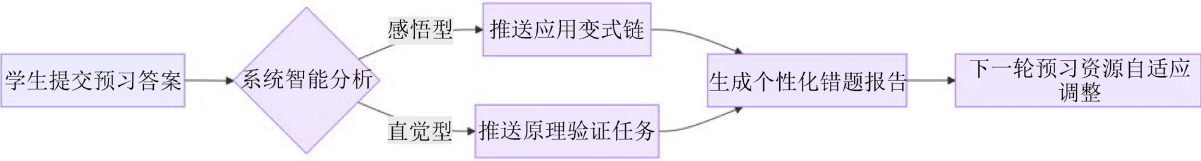


Figure 4. Flowchart of intelligent analysis
图 4. 智能分析流程图

通过这种差异化设计，既能让感悟型学习者在解决实际问题中巩固知识应用能力，又能让直觉型学习者在逻辑推导中强化理论认知，从而实现基于感知偏好的个性化反馈，有效提升预习效果。

4.2.2. 学习新知环节

在课堂学习阶段的“学习新知环节”，本环节聚焦于 Felder-Silverman 学习风格模型中的“处理信息”维度，该维度区分了活跃型和沉思型两种学习风格。活跃型学习者倾向于通过互动和实践来加工信息，他们更适合在动态环境中“边做边学”，例如小组讨论、实时问题解决或模拟实验，这能有效激发他们的参与度和知识内化。沉思型学习者则偏好独立思考和深度反思，他们需要安静、自主的空间来逐步构建知识框架，例如通过自主探究任务或符号化推导练习[9]。

1) 活跃型学习风格

针对活跃型学生，智能系统(如豆包或 GeoGebra)可生成互动性强的任务，例如，在初中数学“二次函数”新知学习中，动态调整函数参数(如系数 a 、 b 、 c)来观察抛物线变化，并通过即时反馈强化概念理解。以下是围绕“二次函数”，借助人工智能系统为特定学生群体量身定制的四个学习任务，任务设计思路的流程图如图 5 所示。

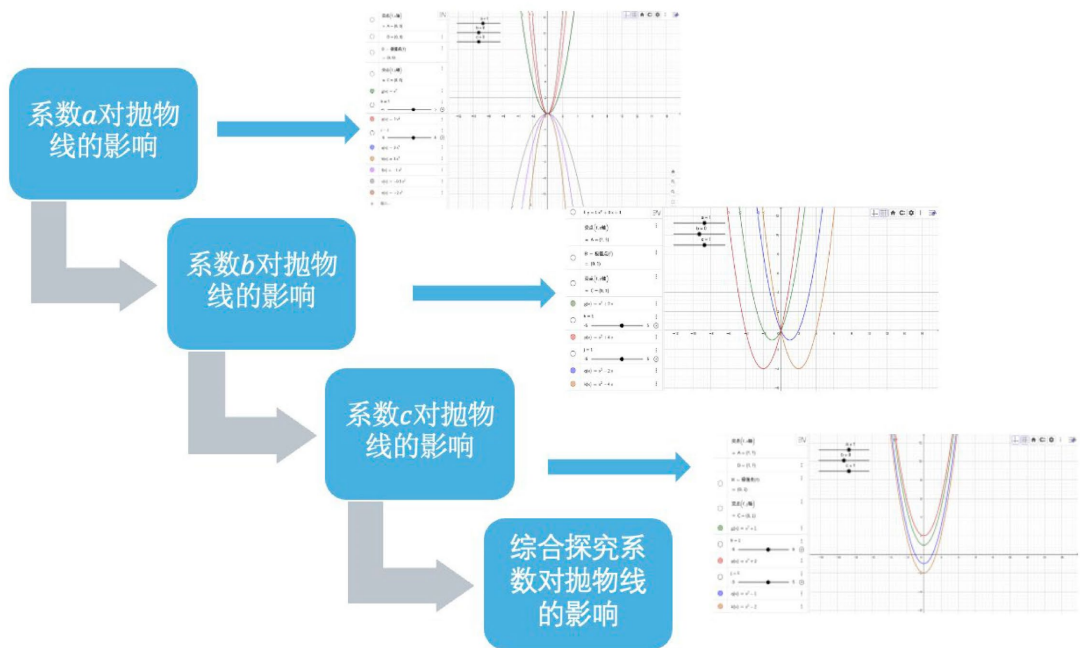


Figure 5. Four learning tasks of “Quadratic Function”

图 5. “二次函数”的四个学习任务

本探究围绕二次函数 $y^2 = ax^2 + bx + c$ ($a \neq 0$) 中系数 a 、 b 、 c 对抛物线图像的影响展开四阶段研究：第一阶段固定 $b = 0$ ， $c = 0$ ，通过将 a 依次调整为 2、3、0.5 与 -1、-2、-0.5，对比分析系数 a 对抛物线开口方向及宽窄程度的作用规律；第二阶段固定 $a = 1$ ， $c = 0$ ，以 $y = x^2 + bx$ 为基础，将 b 调整为 2、4、-2、-4，探究系数 b 与抛物线顶点横坐标的关联及对顶点位置的影响；第三阶段固定 $a = 1$ ， $b = 0$ ，将 c 调整为 1、2、-1、-2，明确系数 c 对抛物线平移方向与顶点纵坐标的作用机制；第四阶段开展综合探究，通过任意设定并改变 a 、 b 、 c 的取值，先预测抛物线的图像变化再验证，进而总结多系数同时变化时快速判断抛物线大致形状与位置的方法。

总之，这种基于智能系统、强调互动探究的学习方式，为活跃型学生创造了积极、有趣且富有挑战性的学习环境，能够有效提高他们的学习积极性和学习效果，促进其数学素养的全面提升。

2) 沉思型学习风格

针对沉思型学生，系统借助人工智能技术提供结构化问题链：先智能分析其知识掌握程度和逻辑推理能力，再推送难度适宜、循序渐进的问题，引导其独立完成推理且避免过度干预。以“二次函数”教学为例，系统先全面了解学生情况，再从多个关键维度设计涵盖多方面内容的问题构建问题链，具体流程如图 6 所示。

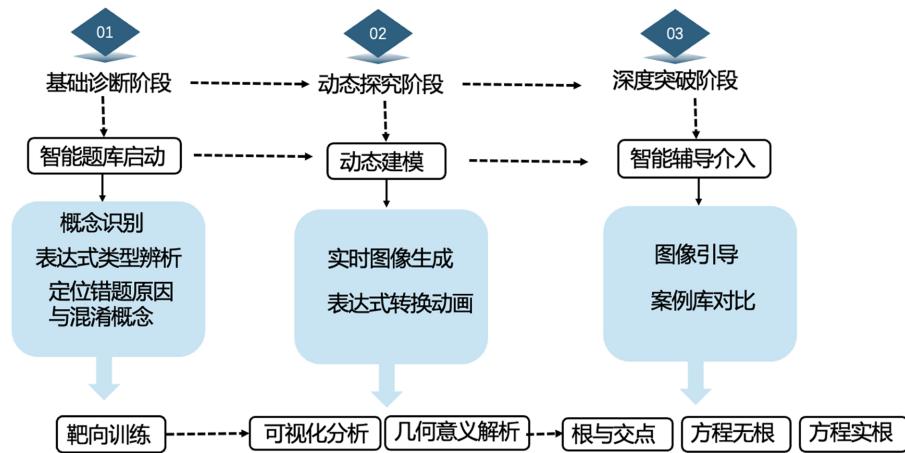


Figure 6. Four stage after class review for reflective learners
图 6. 沉思型学习者课后复习四阶段

该流程图展示了序列型学习者二次函数课后复习的三个阶段方案。基础诊断阶段启动智能题库，通过概念识别、表达式类型辨析、系数含义解析定位错题原因与混淆概念，同步推送靶向训练；动态探究阶段借助 GeoGebra 开展动态建模，支持输入表达式生成实时图像、制作转换动画及系数响应实验，实现开口性质可视化、对称轴轨迹追踪与几何意义解析；深度突破阶段由智能辅导介入，通过自然语言交互拆解图像求根步骤，关联根与函数交点关系，结合对比案例库阐释方程无根原理与实根验证方法。方案针对各阶段设计递进式问题，引导沉思型学生逐步深入思考，其差异化策略依托人工智能的即时反馈与个性化调整提升新知吸收效率，通过精准问题设计降低认知负荷，助力学生契合自身学习风格，系统且深入地掌握二次函数核心知识。

4.2.3. 课堂总结环节

在课堂学习阶段的“课堂总结环节”，设计依据的是 Felder-Silverman 学习风格模型中的“理解信息”维度。此维度将学习风格画像为全局型和序列型两种。全局型学习者擅长把握整体概念，能敏锐捕捉跨主题之间的联系。对他们而言，需要借助总结性材料，像概念导图或者宏观案例等，来进一步强化知识之间的关联性，从而构建起完整的知识体系。序列型学习者则更倾向于按部就班、遵循逻辑顺序进行学习。逐步分解的总结方式，例如步骤清单或者分阶段回顾，会更符合他们的学习偏好，有助于他们更好地理解 and 吸收知识[9]。

基于全局型与序列型学习风格画像的学生，我们借助多种 AI 工具制定学习策略与实施路径：针对全局型学习者，运用 BoardMix 等生成交互式概念导图呈现知识点逻辑关系，调用跨主题案例库拓宽知识视野，利用 AI 分析课堂数据生成知识热力图定位薄弱点并强化关联整合；针对序列型学习者，借助豆包等生成分步总结清单提供步骤指引，基于课堂练习数据开展错题驱动阶梯训练推送强化练习，用编程工具拆解程序性知识提供结构化路径与支持。设计思路流程图如图 7 所示。

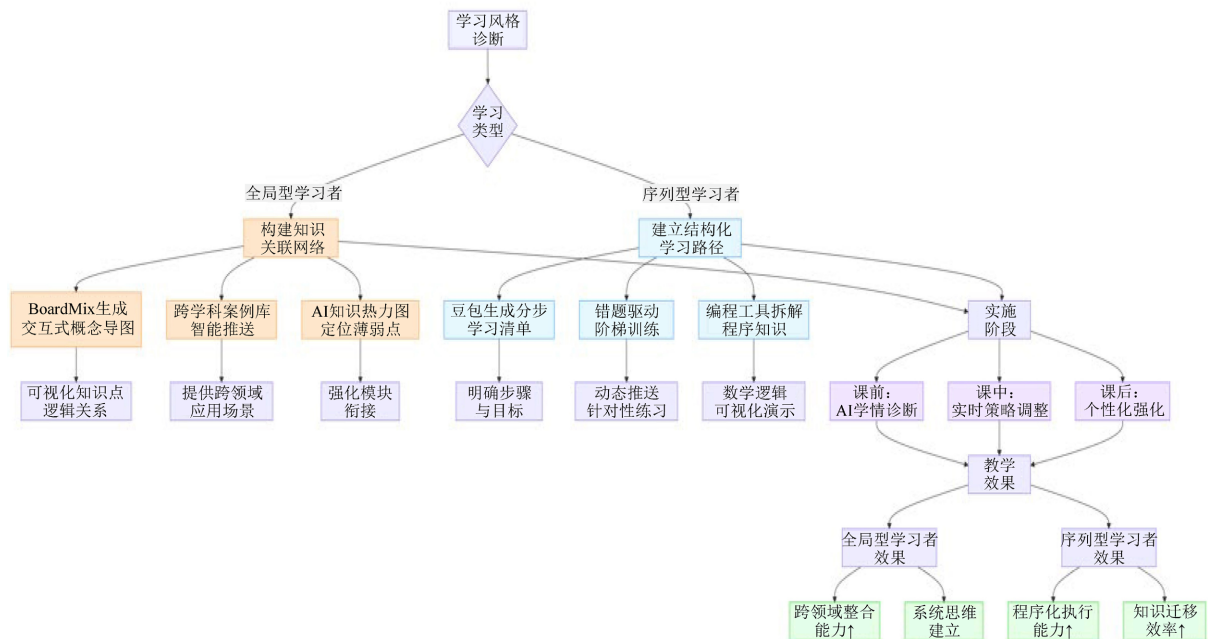


Figure 7. Classroom summary design process for learners with different learning styles
图 7. 不同风格学习者课堂总结设计流程

在具体实施过程中，我们通过采集学生的行为数据，如答题时长、互动频次等，以此驱动教学决策。利用智慧课堂系统动态分发差异化资源，为全局型学习者推送 3D 知识图谱和跨学科案例，为序列型学习者提供步骤清单和阶梯训练题。同时，让人机协同反馈，AI 即时批改学生的总结任务并生成反馈报告，教师根据报告开展小组针对性指导，助力教学质量的提升。

4.3. 课后复习阶段

在课后复习阶段，本环节依据 Felder-Silverman 学习风格模型里的“理解信息”维度，为学生绘制学习特征画像，并据此构建个性化复习路径，助力学生巩固与内化所学知识。全局型学习者倾向于从宏观角度复习，他们需要跨章节的知识图谱；序列型学习者则更适合分步推进的复习任务，强调逻辑顺序和细节强化。

4.3.1. 全局型学习风格

全局型学习者习惯从宏观视角审视知识，他们善于捕捉知识之间的整体联系和跨章节关联[9]。以初中数学二次函数这部分内容为例，可借助人工智能绘制一份跨章节的知识图谱来构建完整的知识体系。下面是借助腾讯元宝精心绘制一幅有关二次函数的跨章节知识图谱(如图 8)。这份图谱以多元视角全面梳理了二次函数相关知识点及其关联。图中以二次函数为核心，向外延伸出定义、图像、性质、解析式等关键分支。定义部分明确了二次函数的标准形式；图像分支呈现了抛物线的形态特征；性质涵盖对称轴、顶点坐标、增减性等内容；解析式则介绍了不同表达形式及其相互转化。同时，框架图还揭示了二次函数与一元二次方程、不等式之间的紧密联系，以及在实际问题中的广泛应用，如利润、面积最值等问题，构建起完整且系统的二次函数知识体系，有助于学习者清晰把握知识脉络，深入理解各部分间的逻辑关系。

对于全局型学习风格学生，所采用的课后复习方式益处显著。因其善于把握知识整体架构与内在联系，知识框架图契合其需求，他们浏览后能迅速构建二次函数完整知识框架，明晰知识点逻辑脉络与关

系，形成系统性认知，这有助于理解二次函数在数学知识体系中的地位及与其他概念、实际应用的关联，提升综合运用与迁移能力，为解决复杂数学问题奠基。

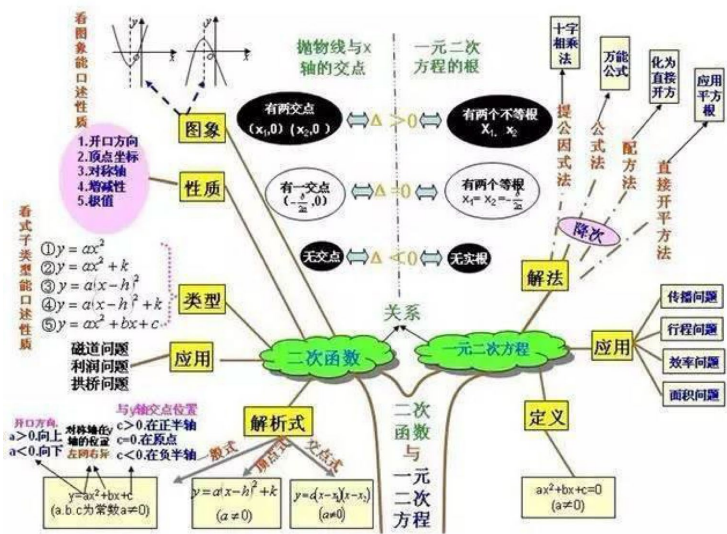


Figure 8. Cross chapter knowledge graph
图 8. 跨章节知识图谱

4.3.2. 序列型学习风格

针对序列型学习者，借助人工智能辅助数学教学，以分步任务强化逻辑细节的复习策略。在序列型学习者的二次函数课后复习过程中，人工智能全方位、多层次地发挥辅助作用，有序贯穿于复习的各个关键阶段。如图 9 所示，从四个阶段出发，为序列型学习者设计具有针对性的课后复习方案。

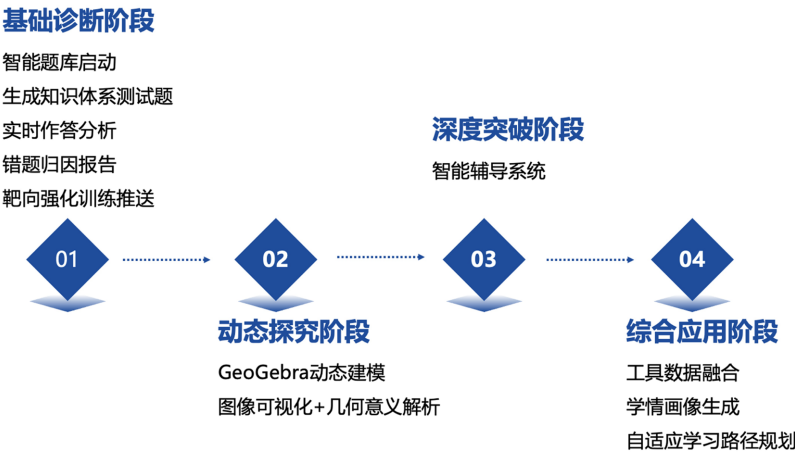


Figure 9. After class review scheme for “Sequential Learners”
图 9. “序列型学习者” 课后复习方案

在二次函数教学中，人工智能辅助工具发挥重要作用：智能题库凭借精准数据分析与智能生成功能，依据知识体系编制基础测试题，实时反馈、评估、标记薄弱环节、推送针对性练习并生成错题分析报告以筑牢学习基础；GeoGebra 智能软件以强大动态演示与交互功能，助力学生生成图像、观察性质变化，

通过设置交互式问题与生成动画演示强化对图像性质及其转换关系的逻辑认知；智能辅导系统依托自然语言处理与个性化支持能力，在学生探究二次函数与一元二次方程关系遇困时精准理解意图，提供解答步骤、解释及类似例题以深化对重点难点的理解。此外，针对序列型学习者，我们借助人工智能设计分步推进的复习任务，充分发挥其在智能题库、数学软件、辅导系统及建模工具等多方面的辅助功能，满足其按逻辑顺序逐步学习、注重细节强化的需求，助力学生课后有效巩固内化知识、提升学习效果。

5. 学生个性化画像的应用展望

本研究运用 Felder-Silverman 学习风格模型对初中生进行学习特征画像，在此基础上引入生成式人工智能技术，为初中生的数学个性化学习构建了一套较为完备的模式与策略体系。该体系通过分阶段匹配不同画像所对应的学习风格，充分满足了学生的个性化学习需求，对提升学生的学习效果起到了积极作用。然而，研究仍存在局限性，如实际应用场景可能更复杂，模型的适配性和通用性需进一步验证。未来研究可扩大样本范围，深入探索不同学科、学段的应用，同时结合更多新兴技术，不断完善个性化学习模式，为教育实践提供更全面、有效的支持。

基金项目

本文为 2025 年黄冈师范学院研究生工作站立项课题(项目编号: 5032025018)成果。

参考文献

- [1] 周玲, 王烽. 生成式人工智能的教育启示: 让每个人成为他自己[J]. 中国电化教育, 2023(5): 9-14.
- [2] 教育部关于印发《教育信息化 2.0 行动计划》的通知[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2018(4): 118-125.
- [3] 中共中央国务院印发《教育强国建设规划纲要(2024—2035 年)》[N]. 人民日报, 2025-01-20(006).
- [4] 钟秉林, 尚俊杰, 王建华, 等. ChatGPT 对教育的挑战(笔谈)[J]. 重庆高教研究, 2023, 11(3): 3-25.
- [5] 王英迪. 大数据与人工智能在高中数学个性化学习中的应用探索[J]. 中国新通信, 2025, 27(4): 185-187.
- [6] 付昱, 李猛, 王后雄. 生成式人工智能赋能高中化学教学的内在机理与实践路径[J]. 教学与管理, 2025(13): 47-51.
- [7] 薛雅倩. 融合课程知识图谱和 Felder-Silverman 学习风格模型的学习系统研究[D]: [博士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2024.
- [8] 崔晓阳. 基于 Felder-Silverman 学习风格模型的在线导学系统设计与开发[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2014.
- [9] 闫利霞. 浅析基于学习行为的 Felder-Silverman 风格模型修正[J]. 中国教育信息化, 2018(10): 21-23.