

AI 赋能的数据结构课程学习路径生成研究*

唐艳琴 刘凌 陈卫卫** 袁恩 方晓青

陆军工程大学指挥控制工程学院, 南京 210007

摘要 随着信息技术的快速发展, 人工智能(AI)技术在教育领域的应用逐渐广泛。本文探讨了目前数据结构课程中的学习困境, 基于人工智能技术提出了“准备和学习-进阶实践-个性化提升-综合实践”四阶段学习过程, 首先基于知识图谱进行课程学习, 积累学习数据, 然后进行两两互助式学习, 利用代码诊断分析工具提升算法编程能力, 并依据认知诊断算法为学生提供个性化学习画像, 实现个性化资源推送, 最后进行团队综合实践, 发挥每人特长完成从分工、编程、测试、汇报到互评。该方法在数据结构课程中进行了课程实践, 采用对照实验法, 实验班的优秀率达到了 77%, 比对照班高了 27%。实践结果表明, AI 辅助教学为数据结构课程学习路径生成提供了新的可能性, 能够有效提高学生的学习效率和自主学习能力, 同时为教师提供个性化的教学支持。

关键字 AI 赋能, 数据结构, 学习路径, 敏捷教学

Research on the Generation of Learning Paths for AI-empowered Data Structure Courses

Yanqin Tang Ling Liu Weiwei Chen En Yuan Xiaoqin Fang

Command & Control Engineering College, Army Engineering University of PLA
Nanjing 210007, China

Abstract—With the rapid development of information technology, the application of artificial intelligence (AI) in the field of education has gradually become widespread. This paper explores the current learning predicaments in the data structure course and proposes a four-stage learning process based on AI technology: "preparation and learning - advanced practice - personalized improvement - comprehensive practice". Firstly, it conducts course learning based on knowledge graphs to accumulate learning data. Then, it implements two-person mutual assistance learning and uses code diagnosis and analysis tools to enhance algorithm programming skills. Based on cognitive diagnosis algorithms, it provides personalized learning portraits for students to achieve personalized resource push. Finally, it conducts team comprehensive practice, allowing each member to leverage their strengths to complete tasks from division of Project, programming, testing, reporting to mutual evaluation. This method was put into practice in the data structure course, the excellent rate of the experimental class reached 77%, which was 27% higher than that of the control class. The practical results show that AI-assisted teaching provides new possibilities for generating learning paths in the data structure course, effectively improving students' learning efficiency and autonomous learning ability, while also providing personalized teaching support for teachers.

Keywords—AI empowerment, data structure, learning paths, agile teaching.

1 引言

数据结构课程是计算机科学与技术专业的重要基础课程, 内容抽象且逻辑性强, 学生学习难度较大。课程教学经过多年连续不断的教学改革, 已经取得了一些成就和效益, 但因对学生学习数据分析的精确度

不够、习题资源粒度等问题, 教师难以关注到每个学生的学习进度和个性化需求, 导致部分学生学习效果不佳。

近年来, 人工智能技术的快速发展为教学模式的革新提供了新的思路。人工智能技术不仅能够提升教学效率, 还能为学生提供个性化的学习体验。例如, 通过智能 AI 辅助系统、自动评估技术, 学生可以在更灵活的环境中掌握数据结构的核心理论与计算技巧。此外, 人工智能还可以帮助教师从繁重的阅卷负担中解放出来, 从而将更多精力投入到课程规划与个别辅导中, 进一步提升教学质量。

人工智能技术的引入为数据结构课程的学习路径

* **基金资助:** 本文得到以下项目支持: 教育部第二批虚拟教研室建设试点(教高厅函[2022]13 号之 216 号), 军队院校计算机教学联席会研究课题“基于数据结构知识图谱的个性化学习路径研究”(CSLXHJG-2023-04), 陆军院校虚拟教研室探索建设项目(参训函[2022]215 号), 2025 年度国防军事教育学科规划课程“AI 赋能的敏捷教学模式研究(JYKY-C2025001)。

** 通讯作者: 陈卫卫

生成提供了新的可能性。通过智能化的教学工具和个性化的学习资源，学生可以在更加高效和灵活的环境中掌握数据结构的核心知识，为未来在人工智能领域的发展奠定坚实的基础。

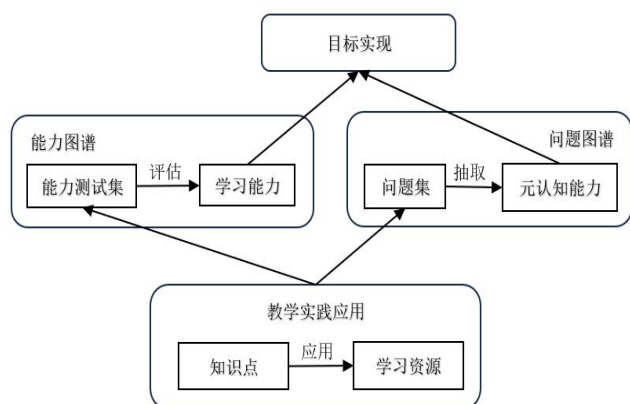


图 1 教学目标动态生成与内容重构框架图

2 目前数据结构课程学习困境

2.1 学生缺乏对课程整体知识框架的把握

数据结构课程内容丰富，知识点繁多且相互关联。然而，在实际教学中发现，许多学生在学习过程中缺乏对整个课程知识框架的清晰认识。

他们往往只是被动地接受老师布置的学习任务，老师安排看什么内容就看什么，缺乏自主探索和思考的过程。这种学习方式导致学生对知识点之间的内在联系理解不深，无法形成系统的知识体系。同时，由于缺乏对知识框架的把握，学生难以准确判断自己在哪些知识点上存在薄弱环节，当需要进行针对性学习时，也不清楚应该选择哪些具体的学习内容和学习资源。

2.2 个性化学习支持不足

随着信息技术的飞速发展，MOOC 课程凭借其丰富的教学资源 and 灵活的学习方式，在高校教育中得到了广泛应用。

数据结构课程作为计算机专业的重要基础课程，也积极采用了线上线下混合式教学模式。这种教学模式使得学生在学习过程中产生了大量的学习数据。这些数据蕴含着丰富的学生学习行为和学习效果信息，若能有效分析和利用，将为个性化教学提供有力支持。然而，目前高校对这些学习数据的分析大多还停留在浅层，主要集中在简单的统计分析。这种浅层分析无法深入了解学生的学习过程和学习需求，难以发现学生在学习中的潜在问题和优势。

代码诊断分析

生成示例

输入题目

将一系列给定数字顺序插入一个初始为空的二叉搜索树（定义为左子树键值大，右子树键值小），你需要判断最后的树是否一棵完全二叉树，并且给出其层序遍历的结果。

输入格式：
输入第一行给出一个不超过20的正整数N；第二行给出N个互不相同的正整数，其间以空格分隔。

输出格式：
将输入的N个正整数顺序插入一个初始为空的二叉搜索树。在第一行中输出结果树的层序遍历结果，数字间以1个空格分隔，行的首尾不得有多余空格。第二行输出YES，如果该树是完全二叉树；否则输出NO。

输入代码

```
int data;
struct btree* ls;
struct btree* rs;
}btree,*bptr;

void insert(bptr head,int x)
{
    bptr p=(bptr)malloc(sizeof(btree));
    p->data=x;
    p->ls=p->rs=NULL;
    while(head->ls!=NULL||head->rs!=NULL)
    {
        if(x<=head->data)
        {
            if(head->ls!=NULL)
                head=head->ls;
        }
    }
    insert(head,x);
}
```

题目解析

代码诊断

图 2 基于大模型的代码诊断分析工具

分析报告

下载报告

以下是代码分析报告：

题目解析：将数字插入二叉搜索树并判断是否为完全二叉树及层序遍历

一、题目剖析

本题要求我们将一系列给定数字顺序插入一个初始为空的二叉搜索树（这里二叉搜索树定义为左子树键值大，右子树键值小，与常规定义相反），然后判断最终得到的树是否为完全二叉树，并给出其层序遍历的结果。

核心问题

- 1. 构建二叉搜索树：按照特定的插入规则，将输入的数字逐个插入到初始为空的树中。
- 2. 层序遍历：对构建好的二叉搜索树进行层序遍历，以获取树中节点值的层序输出。
- 3. 判断完全二叉树：依据完全二叉树的定义，判断构建好的树是否符合完全二叉树的特征。

二、解题思路

构建二叉搜索树

- 1. 定义二叉树节点结构，每个节点包含数据值、左子树指针和右子树指针。
- 2. 编写插入函数，对于每个输入数字，从根节点开始比较，如果当前节点为空，则创建新节点插入；如果输入值大于当前节点值，则插入到左子树；如果输入值小于当前节点值，则插入到右子树。

层序遍历

- 1. 使用队列来辅助实现层序遍历。
- 2. 首先将根节点入队，然后循环取出队列中的节点，输出其值，并将其左右子节点（如果存在）入队，直到队列为空。

判断完全二叉树

- 1. 同样使用队列来辅助判断。
- 2. 按照层序遍历的方式遍历树，在遍历过程中，一旦遇到一个节点没有左子节点或者没有右子节点（但有左子节点是不允许的），

则此树不是完全二叉树。如果遍历的所有节点都有左右子节点，则此树是完全二叉树。

图 3 题目解析分析报告

2.3 学生调试程序能力不足

学生在调试程序时常常面临无法准确找到错误位置的困境，这一问题极易引发学生失去耐心和信心，进而使其产生抵触情绪，对编程学习效果和学生的编程能力培养造成了严重的负面影响。当学生在编写数据结构相关程序遇到困难时，他们往往会寻求大模型的帮助，但通常大模型会直接给出正确代码，学生在获得答案后，往往只是机械地接受，而无法深入理解答案背后的编程思路和流程框架。这使得学生在下次遇到类似问题时，仍然无法独立解决。

3 数据结构课程学习路径设计

《计算机教育与可持续竞争力》蓝皮书在 2019 年首次提出了“敏捷教学”的概念。敏捷教学是一种

以学员为中心、灵活应变的教学方法，强调快速响应学员的学习需求和反馈，以提高教学效果。敏捷教学强调以学生为中心，快速响应学生需求，通过迭代和增量的方式进行教学。随着人工智能技术的快速发展，使得敏捷教学理念能够得以落地。

数据结构课程内容抽象，逻辑性强，并有很强的实践性，需要构建学习路径时必须要有丰富的资源支撑。目前互联网上各个课程的资源非常丰富，还有没有必要建立自己课程的资源体系呢？在教学过程中，经常发现学生在网上搜查学习资源时会出现很多相关视频或习题，而且有些知识点中还有错误信息存在，但学生没有能力选择和分辨，因此，我认为构建自己课程的资源体系还是很有必要的。我们可以依据自己的知识体系训练大模型，使其为我们所用。

算法代码诊断报告

一、语法检查

共发现5类语法错误

1. 头文件错误

- 第2行: `#include<bits/stdc++.h>` 是C++标准库头文件, 在C语言环境下会导致编译失败

1. 类型定义错误

- 第3行: `typedef struct btree` 缺少结构体闭合分号, 应改为:

```
C
typedef struct btree{
    //...
}btree;
typedef struct btree* bptr;
```

1. 函数参数错误

- 第9行: `void insert(bptr head,int x)` 未使用双指针, 无法正确修改树结构

1. 队列操作错误

- 第31行: `queue <bptr>q` 存在双重错误:
 - `bptr` 应为 `btree*`
 - C语言没有原生队列库, 需要手动实现

1. 输入逻辑错误

- 第48行: `scanf("%d",&n); head->data=n;` 错误读取第一个元素:
 - 第一个n实际是节点总数, 但被误存为根节点值
 - 缺少元素个数校验 ($N \leq 20$)

二、逻辑缺陷分析

核心逻辑缺陷清单

缺陷位置	错误现象	触发场景	影响等级
insert()	插入逻辑反向	当 $x >$ 当前节点值时本应插入右子树, 实际插入左子树	⚠️ 致命
preorder()	伪层序遍历	使用不存在的C++队列库, 遍历逻辑错误	⚠️ 致命
main()	输入解析错误	将元素总数误存为根节点值	⚠️ 致命
全局	缺少完全二叉树判断	未实现题目要求的第二输出项	❌ 未完成

典型错误场景演示: 输入 3 5 3 7 时:

图 4 算法代码诊断报告

首先课程实施前需要构建数据结构课程的知识图谱, 将课程中的知识点及其关系进行清晰表示。知识图谱里还需包括各小节的相应视频、习题、算法动画等方面的内容。课程实施中需要通过各章节测试、课堂表现、作业完成情况等方式, 对学生的基础知识、编程能力、学习能力等进行综合评估。然后根据学生的能力评估结果和知识图谱, 利用 AI 算法为学生生成个性化的学习路径。学习路径包括理论学习、实践项目、在线测试等环节, 每个环节都有明确的学习目标

和学习资源推荐。因此学习路径生成大致可以分成以下几个阶段。

3.1 基础准备和学习阶段

对于老师来说, 首先要为学生提供各类课程资源, 构建课程知识图谱, 绑定知识点对应习题资源, 为学生学习提供资源和平台支撑。对于学生来说, 学习路径的第一阶段是基础知识的学习。学生通过知识图谱

系统了解数据结构的基本概念，如数组、栈、二叉树遍历等。通过知识图谱中涵盖的多媒体形式（如动画、视频）呈现知识点，并结合互动练习帮助学生巩固记忆。教师需要密切关注学生的学习进展和反馈，及时

调整教学计划和内容，测试教学目标是否达成，如图 1 所示。例如，根据学生在课堂练习和作业中的表现，快速确定学生的薄弱环节，针对性地调整后续教学内容和教学方法。

3.2 进阶实践阶段

在进阶阶段，教师根据敏捷教学快速迭代原则，将学生两两分组进行项目实践，每个小组负责一个数据结构相关的小项目，如实现一个栈或队列的应用程序。在项目实施过程中，让学生在团队中相互交流和學習。在小组中，学生可以分享自己的调试思路和方法，互相帮助查找错误。教师给予一些实用的程序调试技巧和方法，然后通过实际的案例演示，让学生学会如何运用这些技巧来定位和解决程序中的错误，提升解决问题的自信心。

近年来，大模型在编程领域展现出了强大的能力，为学生在编程实践中遇到问题时提供了便捷的求助途径。但大模型通常直接给出答案或给出一些笼统的提示，导致学生对整体的逻辑流程并不清楚，无法准确找到错误的具体位置。因此团队利用大语言模型开发了代码诊断工具，如图 2-图 5 所示。图 2 为代码分析诊断界面，提供题目解析和代码诊断两个功能，学生根据自身情况进行选择。如果对题目本身无从下手，就选择题目解析功能，如果程序调试出现错误时，就可选择代码诊断功能。学生输入题目或所写代码，大语言模型会根据选择自动完成分析。图 3 是对题目解析的分析报告，首先剖析题目中的核心问题，然后给出解题思路。图 4 是对算法代码的诊断报告，从语法检查、逻辑缺陷分析到优化方案建议，然后给出测试用例演示，最后给出程序流程图。整个过程中不会直接给学生提供答案，而是给出解决问题的思路，并画出流程图，分析代码中出错点在哪，给出建议。学生通过流程图再去细化分解模块，这样不仅锻炼了学生分解问题的能力，而且有效解决了学生的编程调试问题。

3.3 个性化提升阶段

在个性化提升阶段，通过 AI 工具，分析学生的学习数据，得到学生的学习画像，结合知识图谱，为学生的薄弱知识点（包括其前序知识点）推送相应习题、视频等学习资源；为对算法设计感兴趣的学生推荐动态规划、贪心算法等内容；对编程实现感兴趣的学生，则推荐更多实践项目。

在数据结构课程教学中，我们充分利用了不同平台提供的数据库资源，以构建更为全面和细致的学生学习画像。中国大学慕课平台为我们提供了关于学生学习行为的详细数据，如有效成绩、视频观看次数与时长、讨论区主题与评论数量等，这些数据直观地展示

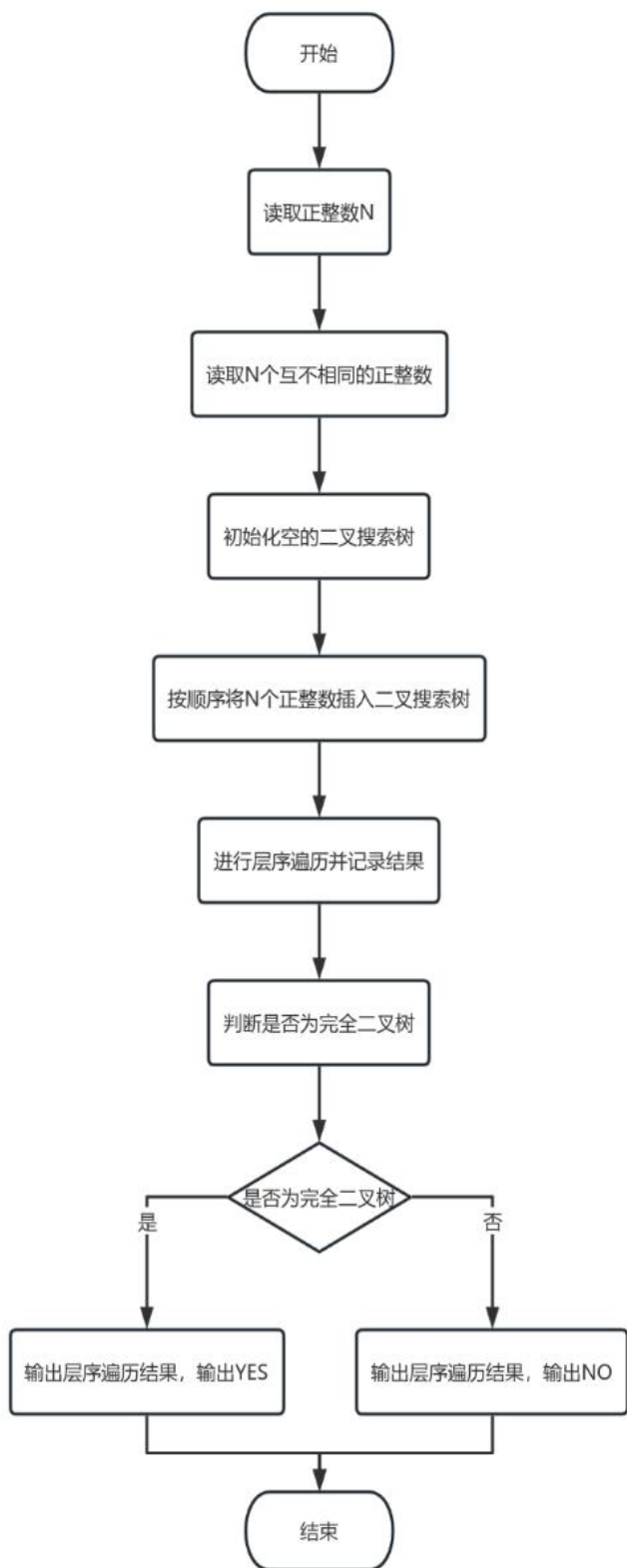


图 5 基于大模型的代码流程图

了学生在课前的学习活跃度和理解深度。

雨课堂则侧重于评估学生对知识点的掌握情况，通过课前测、后测和课后习题的得分数据，我们可以精准地把握学生的学习效果，并借助其强大的统计功能，了解学生在每个问题上的答题分布和正确率。

我们采用了面向学生个性化学习的模糊认知诊断框架 FuzzyCDF，它可以进一步将学生的诊断结果扩展为具有更多信息量的连续能力值（0 到 1 之间的任何值），从而更加精细地描述学生的知识点掌握情况，提供更准确的诊断结果，如图 6 所示。

3.4 综合实践阶段

最终阶段是综合实践，学生通过分组完成 PROJECT 大作业来巩固所学知识。大作业通常是对整个课程的一个综合性实验，如快速关键词查找（至少三种不同方法）、排序性能分析（至少 5 种排序方法）等，要求学生分组完成，在实践过程中寻求 AI 系统提供的在线评测和代码审查功能。每阶段的综合实践完成后，学生都需要汇报作业来展示团队完成情况，由其他小组进行评判打分，同时还需要在不同组别之间展示实验报告和测试代码运行，达到锻炼表达能力和提升团队协作能力。

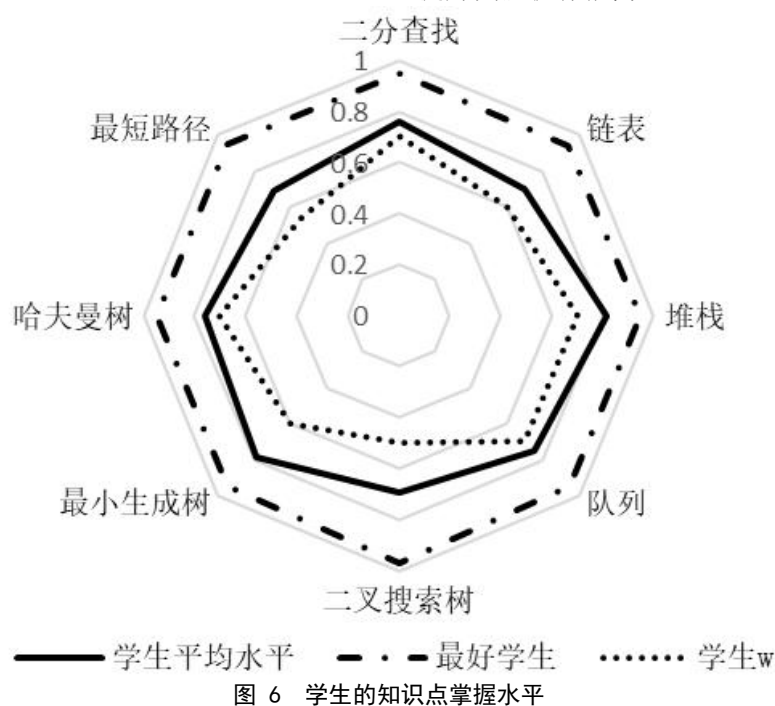


图 6 学生的知识点掌握水平

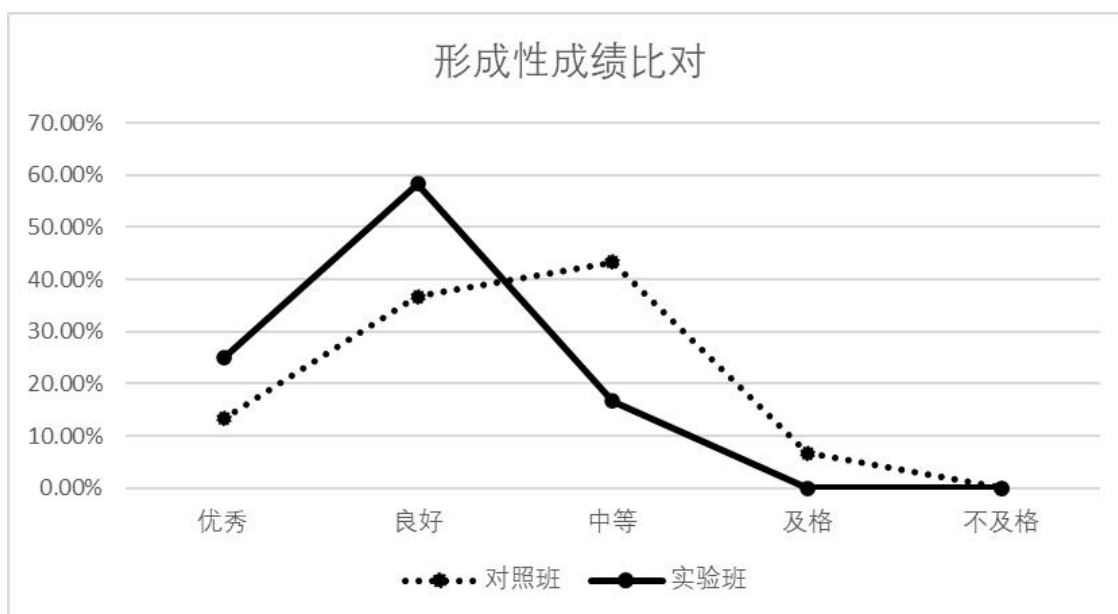


图 7-1 实验班与对照班的各项成绩比对 1

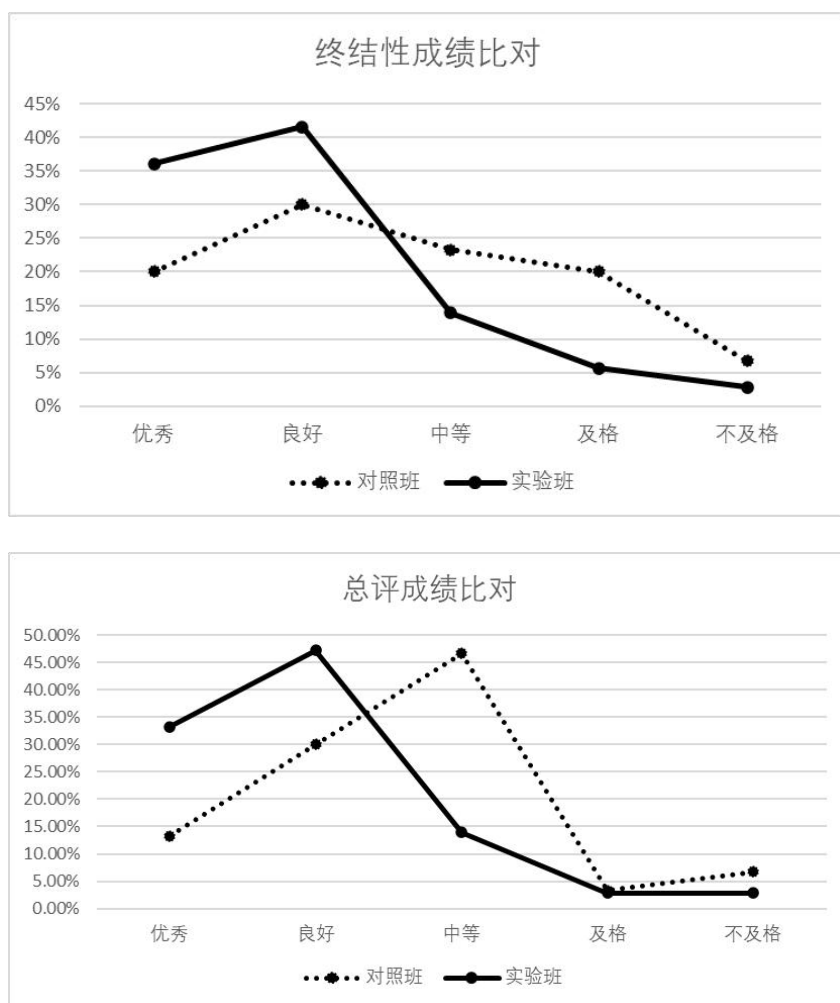


图 7-2 实验班与对照班的各项成绩比对 2

4 教学实践效果分析

通过在数据结构课程中应用 AI 辅助生成个性化学习路径,分别在两个班进行了 1 个学期教学的对比实践。两个班为同一层次的学生,对照班为 30 人,采用了原来的线上线下混合式教学方式,实验班为 36 人,增加了知识图谱和 AI 推荐应用。实验后对两组学习者的学习成绩进行了记录与分析,如图 7 所示。

实践结果表明,有了 AI 的辅助,学生的学习积极性和参与度明显提高,学生在实践项目中的表现更加出色,能够独立完成复杂的数据结构应用。在期末考试中,实验班的平均成绩为 85.67,对照班的平均成绩为 78.78,同时实验班的优秀率达到了 77%,比对照班高了 27%。

5 结束语

AI 辅助教学与敏捷教学方法的结合,为数据结构课程的教学改革提供了新的思路。通过智能辅导系统、自适应学习和在线评测等技术,学生的学习效率和自

主学习能力得到了显著提升。未来,随着 AI 技术的进一步发展,数据结构课程的教学模式将更加智能化、个性化和高效化。

参考文献

- [1] “计算机教育 20 人论坛”报告编写组,计算机教育与可持续发展竞争力.高等教育出版社,2019 年
- [2] 拉尔夫·泰勒著,罗康、张阅译.课程与教学的基本原理,中国轻工业出版社,1949 年
- [3] 徐晓飞,张策.生成式人工智能赋能工程教育和学员能力培养、测评与认证体系.高等工程教育研究[J],2025 年第 3 期
- [4] 袁恩,陈卫卫,张所娟,等.面向个性化学习的认知诊断实践探索[J].计算机教育,2024(4):91-95
- [5] 刘凌,吴永芬,陈卫卫,等.大语言模型对高校程序设计类课程的挑战与机遇[J].计算机教育,2025(2)
- [6] 程海涛,李世勋,徐鹤,等.基于知识图谱的慕课课程学习成效分析[J].计算机教育,2021(4): 107-110,115
- [7] 方海光,李海芸.人机协同课堂教学理论与实践研究[J].中国现代教育装备,2022(4):1-4
- [8] 杨国正,吴一尘,卢灿举,等.从混合式教学实践到构建敏捷教学体系的思考[J].计算机教育,2024,(12):134-137

- [9] Guo, Shuchen et al. "Using Generative AI and Multi-Agents to Provide Automatic Feedback",CoRR abs/2411.07407 (2024)
- [10] 吴青,赵广辉,张铭. 生成式探究学习赋能人机共生的逻辑与路径[J]. 中国大学教学,2024(11):67-74
- [11] 刘石奇,刘智,段会敏,等.大模型驱动的教育多智能体系统应用研究[J]. 远程教育杂志,2025,43(1):33-45
- [12] 段春雨.敏捷课程开发的缘起、特征与模式[J]. 数字教育,2020年第4期(总第34期)
- [13] 徐晓飞.数字化时代面向可持续竞争力的计算机教育创新与发展趋势[J].计算机教育,2024,(06):2-7
- [14] 叶晨,王晓国,王利.面向竞教融合的个性化智能导学平台[J].计算机技术与教育学报,2022,10(5):27-32
- [15] 刘凌. https://www.coze.cn/store/project/7485272892683419686?from=store_search_resultspage&bid=6fo9pj2j850lj