

2025 年北京市高等教育教学成果奖

教学成果应用与效果证明及支撑材料

成果名称：以数筑基，以智提质，以享拓界：数据结构课程教学改革与实践

成果完成人：李冬梅，崔晓晖，管志斌，付慧，颜荣恩，徐艳艳

成果完成单位：信息学院（人工智能学院）

目录

一、课程建设证明	1
1. 头歌平台实训项目和线上开放课程使用证明	1
2. 头歌平台线上开放课程两门网址	2
3. 头歌平台知识图谱智能问答示例	2
4. 智慧树平台知识图谱建设证明	3
5. 1000 余道理论试题的在线组卷系统	4
6. 智慧算法学习系统——舞动的算法--PC 端	4
7. 智慧算法学习系统——舞动的算法--Web 端	5
8. 智慧树平台知识图谱建设证明	5
二、教材建设证明	6
1. 人民邮电出版社证明——《数据结构（C 语言版）》及实践教材	6
2. 人民邮电出版社证明——《数据结构（Python 版）》及实践教材	7
三、课程应用单位证明	8
1. 课程应用单位评价-中国农业大学	8
2. 课程应用单位评价-广东东软学院	10
3. 课程应用单位评价-云南农业大学	11
四、师资培训或教学交流项目推广应用证明	12
1. 2025 年华为仓颉社区分享第 33 期	12
2. 2025 年数智化时代 AI 赋能计算机教育研讨会	13
3. 2024 年计算机课程教学改革与创新研讨会--太原	14
4. 2024 年计算机课程教学改革与创新研讨会--沈阳	15
5. 2024 年计算机课程教学改革与创新研讨会--成都	16
6. 2023 年中国高校计算机教育大会特邀报告	17
7. 2023 年河北省计算机教育研究会&&人民邮电出版社教学研讨会特邀报告	18
8. 2023 年陆军步兵学院石家庄校区&&北京林业大学特邀报告	20
9. 2022 年 CCF 中国开源大会特邀报告	21
10. 2022 年人民邮电出版社教学研讨会特邀报告	22
11. 2022 年人民邮电出版社教学研讨会特邀报告	23
12. 2020 年陕西省计算机教育研究会&&人民邮电出版社特邀报告	24
13. 2020 年人民邮电出版社教学研讨会特邀报告	26

14. 2020 年九三学社高校工程专业认证与人才培养研讨会特邀报告	27
五、教学奖励	28
1. 2024 年第六届中国计算机教育大会计算机类教学和实验案例特等奖	28
2. 2024 年第六届中国计算机教育大会计算机类教学和实验案例二等奖	28
3. 2024 年全国高校程序设计教育大会程序设计类实训案例一等奖	29
4. 2024 年中国高校计算机教育大会教学案例大赛三等奖	29
5. 2024 年中国高校计算机教育大会教学案例大赛三等奖	30
6. 2024 年北京林业大学“三全育人”优秀工作案例一等奖	30
7. 2024 年北京林业大学优秀本科育人团队	31
8. 2024 年北京林业大学青年教师教学基本功比赛二等奖	31
9. 2023 年《数据结构（Python 版）》首批“十四五”职业教育国家规划教材	32
10. 2023 年北京高校优质本科教材课件	32
11. 2023 年北京高校优质教案	33
12. 2023 年第六届开源创新大赛特色化开源案例教学赛特等奖	33
13. 2023 年第五届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀教学案例一等奖	34
14. 2023 年第五届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀课程配套资源一等奖	34
15. 2023 年中国高校计算机教育大会最佳论文奖	35
16. 2023 年全国高校程序设计教育大会程序设计类实训案例二等奖	35
17. 2022 年第四届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀教学案例特等奖	36
18. 2021 年第三届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀课程配套资源特等奖	36
19. 2021 年北京林业大学“课程思政”教学改革优秀案例	37
20. 2021 年北京林业大学教育教学研究论文优秀奖	37
21. 2021 年北京林业大学教学成果一等奖	38
22. 2020 年北京高校优质本科教材课件	38
23. 2017 年北京林业大学优秀教学论文一等奖	39
24. 2017 年北京林业大学教学名师	39
25. 2016 年第二届微课创作大赛优秀奖	40
26. 2015 年北京林业大学教学成果一等奖	40
27. 2015 年北京林业大学本科课程优秀教案一等奖	41
28. 2015 年第十一届全国高等学校计算机课件大赛一等奖	41

29. 2015 年第十五届全国多媒体课件大赛高教工科组二等奖	42
30. 2014 年第十四届全国多媒体课件大赛高教工科组二等奖	42
六、新闻报道	43
1. 北林大携手华为！研发智慧算法学习系统	43
https://mp.weixin.qq.com/s/5Gr2xbrZ6A2Doxnh8uoAeg （北京林业大学官微）	43
https://news.qq.com/rain/a/20250620A06UV400?suid=&media_id= （腾讯新闻）	43
https://www.163.com/dy/article/K2GSBCQL05259I99.html （网易新闻）	43
https://www.sohu.com/a/906249684_121124335 （搜狐新闻）	43
https://mp.weixin.qq.com/s/KBslzTaHrhtq-0E1EhqWAA （北林科技处公众号）	43
2. 基于仓颉编程语言的数据结构算法演示上线啦，北京林业大学携手华为助力国产基础软件发展	44
https://mp.weixin.qq.com/s/xYnCVq-qt0PAubbWZetzTw （华为仓颉语言公众号）	44
3. “舞动的算法”为您带来全新的学习体验	45
https://mp.weixin.qq.com/s/xYnCVq-qt0PAubbWZetzTw （人邮教育公众号）	45
4. 算法新视界：AI 与数据结构的奇妙碰撞（上）	46
https://mp.weixin.qq.com/s/i35L9AH57oJKrFuoOh88gA （北林教务公众号）	46
5. 算法新视界：AI 与数据结构的奇妙碰撞（中）	46
算法可视化智解，评测精准化智答——“数据结构”智慧课程建设	46
https://mp.weixin.qq.com/s/sZ_7A_s1iSR6kWxpJOoSgA （北林教务公众号）	46
6. 算法新视界：AI 与数据结构的奇妙碰撞（下）	47
技术国产化智创，生态协同化智融——“数据结构”智慧课程建设	47
https://mp.weixin.qq.com/s/h4db8z0egsVpcG-DAADopQ （北林教务公众号）	47
7. 信息学院（人工智能学院）携手华为研发发布仓颉语言智慧算法学习系统	48
https://news.bjfu.edu.cn/jxky/8c144aa2911d4b369a03dcea87465beb.html （绿色新闻网）	48
https://it.bjfu.edu.cn/xyxw/95fb6e0efe3b496d95c67e423c811dd9.html （信息学院官网）	48
8. 信息学院教师获 2023 年中国高校计算机教育大会最佳论文奖	49
https://jwc.bjfu.edu.cn/tpxw/d6ccb1ae8e754b4db3e84dbdcc8d2776.html （北林教务处官网）	49
https://it.bjfu.edu.cn/xyxw/8bbb12bcf20845938e0a1635ae2b570c.html （信息学院官网）	49

七、教材出版	50
1. 《数据结构（C 语言版）》第 3 版	50
2. 《数据结构（C 语言版）》第 2 版	56
3. 《数据结构习题解析与实验指导》第 2 版	61
4. 《数据结构（Python 版）》	64
5. 《数据结构习题解析与实验指导（Python 版）》	69
八、教改论文	71
1. PURE: a Prompt-based framework with dynamic Update mechanism for educational Relation Extraction（SCI 期刊）	71
2. 课程思政视角下的数据结构课程设计建设与改革探索（计算机教育）	83
3. 课程思政引入实践类课程的方法设计—以数据结构课程设计为例(北京林业大学教育 教学改革研究优秀论文选编)	89
4. 课程思政引领“数据结构”的教学改革与实践（北京林业大学教育教学改革研究优 秀论文选编）	96
5. 模式匹配知真灼，入侵检测卫家国——基于字符串模式匹配算法的思政教学改革案 例（北京林业大学课程思政案例集）	103
6. “以赛启教”的“算法设计与分析(双语)”课程教学的探索（中国林业教育）	111
7. 基于头歌（EduCoder）实践教学平台的双学位、辅修专业“数据结构”课程混合 式教学的探索（中国林业教育已录用）	115
8. 基于计算思维的计算机问题求解系列课程建设(北京林业大学教育教学改革优秀论 文选编)	127
9. “数据结构”精品资源共享课的建设与成效（北京林业大学教育教学改革优秀论文 选编）	129
九、教学研究项目	131
十、“红绿相间”思政案例示例	132
十一、科教融合案例示例	137
案例三 哈夫曼树在 Word2Vec 中的应用	137
3.1 Word2Vec 简介	137
3.2 Word2Vec 的实现过程	137

一、课程建设证明

1. 头歌平台实训项目和线上开放课程使用证明

头歌平台实训项目和线上开放课程使用证明

北京林业大学李冬梅教授负责的“数据结构”课程团队以头歌教学平台为依托，将“数据结构”课程所使用的实训项目、课件、算法演示动画、微课视频等教学资源进行在线建设。上线以来，得到广泛关注、使用和好评。

截止 2025 年 9 月 10 日，已建设“数据结构(C/C++版)”和“数据结构(Python 版)”的线上开放课程 2 门，开发包括客观题和编程题在内的实训项目总计 1800 余项，上线算法演示动画 196 个，微课视频 196 个，上线的课程知识图谱包括 1000 余个知识实体节点，建成了以课程知识图谱为面，以教材、视频、课件和实训资源为点的“四点一面”资源体系，线上资源被包含 985、211 院校在内的 885 余所高校所引用，累计服务全国师生 33 万余人。建设融合课程管理和在线实践评测的多元教学课堂 24 个，服务北京林业大学校内 5 届 1600 余名学生。

综上，李冬梅教授团队以头歌教学平台为依托，建设的多元化数据结构教学资源共建和共享模式为学生提供了更加丰富和全面的学习体验，为推动“数据结构”课程数智化创新和教学质量提升发挥了积极作用。

特此证明



2025 年 9 月 10 日

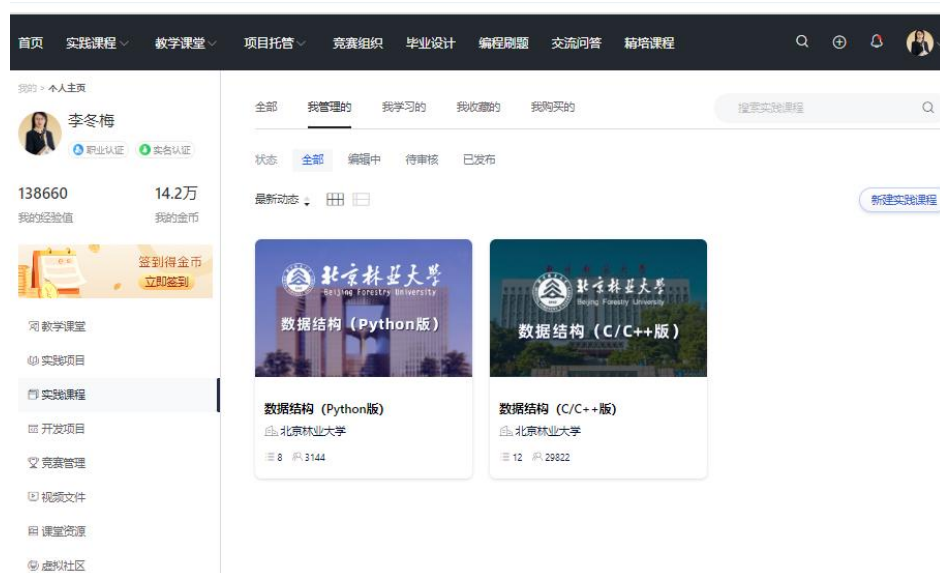
课程网址如下：

数据结构（C/C++版）：<https://www.educoder.net/paths/jizlwfkq>

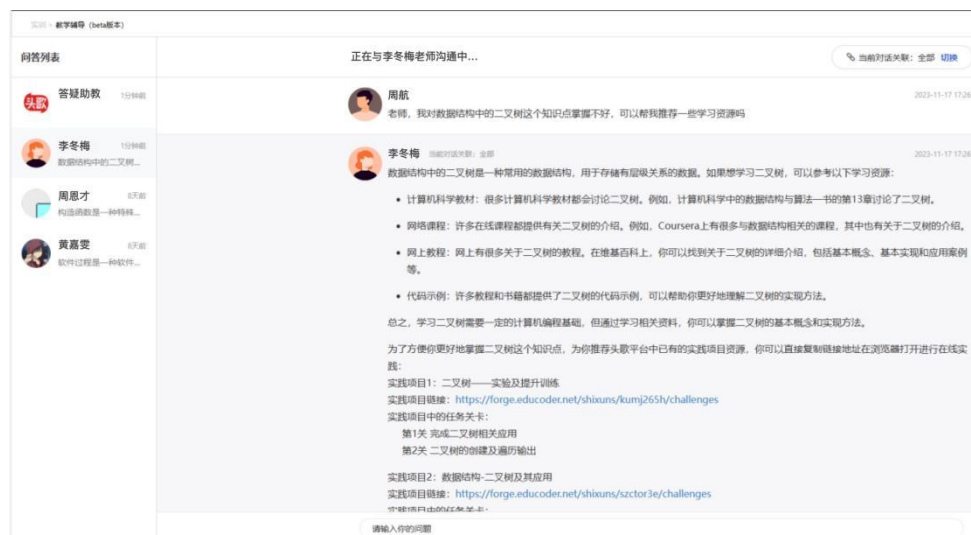
数据结构（Python 版）：<https://www.educoder.net/paths/qti2oj3f>

2. 头歌平台线上开放课程两门网址

- (1) 数据结构（C/C++版）：<https://www.educoder.net/paths/jizlwfkq>
- (2) 数据结构（Python 版）：<https://www.educoder.net/paths/qti2oj3f>



3. 头歌平台知识图谱智能问答示例



4. 智慧树平台知识图谱建设证明

课程基本信息	
课程名称	数据结构
学校名称	北京林业大学
课程负责人	李冬梅
课程运行平台名称	智慧树网 (www.zhihuishu.com)
课程主页链接	https://aimap.zhihuishu.com/courseMap/course/introduce/1749721080228089856 账号: 13311097431 密码: Zhihuishu@097431
知识图谱建设基本信息	
依托教材《数据结构 (C语言版) (第3版)》(李冬梅主编, 书号: 978-7-115-65125-9) 构建了“数据结构”课程知识图谱, 建设内容如下: 数据结构课程知识图谱, 配套数字资源 701 个, 推荐关联资源 3488 个, 包含有教学视频、教材、PPT、其他网络资源等, 其中视频 275 个, 视频时长 33 小时 54 分钟。关联前序课程和后续课程知识图谱节点 644 个, 涉及 109 个知识点, 386 个属性, 24 个案例, 51 个外延, 9 个讨论, 14 个思政点, 1 个练习, 发布 66 项问题, 对应 4 个能力。 教师通过课程知识图谱精准识别教学关键点和学生知识盲区, 借助生成的学生画像做到“因材施教”, 实施个性化教学, 有效提升教学质量; 学生借助课程知识图谱进行定制化学习和智能检索, 从多角度深入理解知识, 全面提高学习效率。	

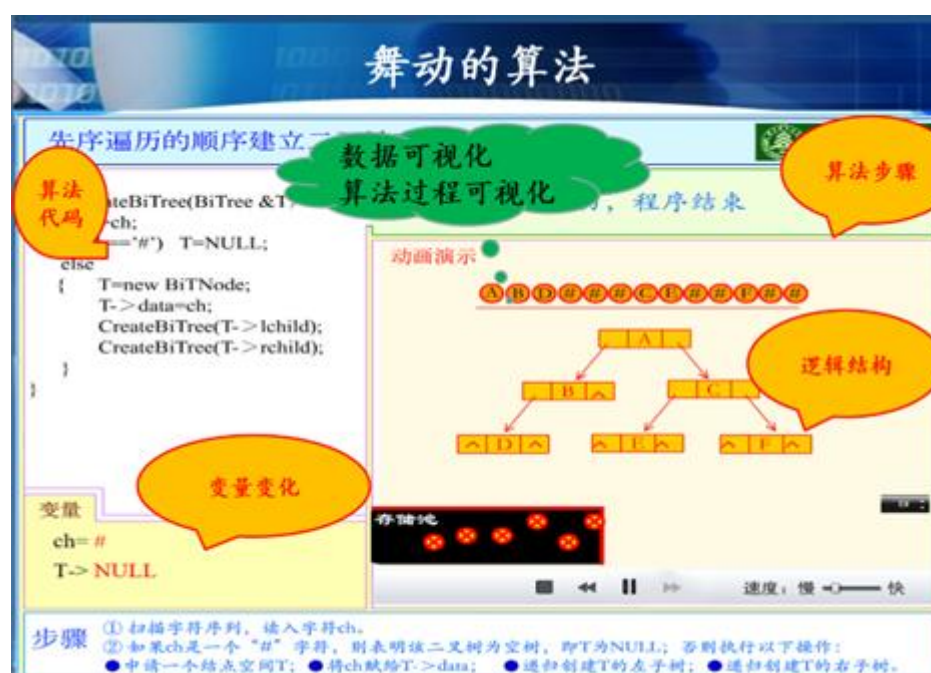
5. 1000 余道理论试题的在线组卷系统

<https://paper.ryjiaoyu.com/>

登录账号: rmyd@pingshen-email.com; 登录密码: rmyd2024

6. 智慧算法学习系统——舞动的算法--PC 端

(1) 教材总计包括 8 章，除第 1 章绪论外，其他 7 章均有算法，课件涵盖了教材中全部的 96 个算法，总计包括线性表、栈和队列、字符串、树和二叉树、图、查找、排序 7 个部分。



(2) 对于每个算法，创新性地将算法步骤、算法代码、变量变化情况以及数据的逻辑结构以动态画面直观、灵活地展现出来，从数据的可视化和算法过程的可视化两个角度实现了算法的动态演示。

(3) 开源共享下载地址

头歌平台的线上开放课程: <https://www.educoder.net/paths/jizlwfkq>

人邮教育社区:

<https://www.ryjiaoyu.com/book/details/51806>

<https://www.ryjiaoyu.com/book/details/3489>

<https://www.ryjiaoyu.com/book/details/45170>

7. 智慧算法学习系统——舞动的算法--Web 端

<https://dancingalgo.cn/>

8. 智慧树平台知识图谱建设证明

课程基本信息	
课程名称	数据结构
学校名称	北京林业大学
课程负责人	李冬梅
课程运行平台名称	智慧树网 (www.zhihuishu.com)
课程主页链接	https://aimap.zhihuishu.com/courseMap/course/introduce/1749721080228089856 账号: 13311097431 密码: Zhihuishu@097431
知识图谱建设基本信息	
依托教材《数据结构 (C 语言版) (第 3 版)》(李冬梅主编, 书号: 978-7-115-65125-9) 构建了“数据结构”课程知识图谱, 建设内容如下: 数据结构课程知识图谱, 配套数字资源 701 个, 推荐关联资源 3488 个, 包含有教学视频、教材、PPT、其他网络资源等, 其中视频 275 个, 视频时长 33 小时 54 分钟。关联前序课程和后续课程知识图谱节点 644 个, 涉及 109 个知识点, 386 个属性, 24 个案例, 51 个外延, 9 个讨论, 14 个思政点, 1 个练习, 发布 66 项问题, 对应 4 个能力。 教师通过课程知识图谱精准识别教学关键点和学生知识盲区, 借助生成的学生画像做到“因材施教”, 实施个性化教学, 有效提升教学质量; 学生借助课程知识图谱进行定制化学习和智能检索, 从多角度深入理解知识, 全面提高学习效率。	

二、教材建设证明

1. 人民邮电出版社证明—《数据结构（C 语言版）》及实践教材

人民邮电出版社有限公司

证 明

由清华大学严蔚敏、北京林业大学李冬梅、广东工业大学吴伟民老师编写的《数据结构（C 语言版）》一书，第一版（ISBN 978-7-115-23490-2）2011 年出版，累计印刷 10 次，共 41500 册；第二版（ISBN 978-7-115-37950-4）2015 年出版，累计印刷 46 次，共 577180 册；第二版双色版（ISBN 978-7-115-57666-8）2022 年 1 月出版，累计印刷 14 次，共 415000 万册；第三版（978-7-115-65125-9）由北京林业大学李冬梅主编，2024 年出版，累计印刷 6 次，共 120000 册，以上四个版本**总计销量 1153680 册**。由北京林业大学李冬梅等编写的配套教材《数据结构习题解析与实验指导》，第一版（978-7-115-46010-3）2017 年出版，第二版（978-7-115-57956-0）2022 年出版，以上两个版本累计印刷 27 次，**总计销量 118500 册**。

教材采用“以学生为中心，以任务为导向”的编写模式，通过“案例驱动”，使学生能够体会到从工程实践问题求解到程序设计的转换过程。以德育为先导，深入挖掘课程的伦理、价值、科学精神等德育元素，提供了思政案例。以教材为核心，打造了一流的立体化教材和配套教学资源。其中，配套的实训项目发布在头歌教学平台上，并与头歌共建开放课程，被**国内 800 余所**高校采用，智慧算法学习系统等相关教学资源获得省部级以上奖项 20 余项。以上成果在全国范围内起到很好的示范引领和推广作用。

教材自出版以来，销量一直位于人民邮电出版社专业类教材的榜首，已被**国内 500 余所高校**选用教材，包括浙江大学、国防科技大学、北京邮电大学、北京交通大学、北京林业大学、安徽大学、青岛大学、中北大学、中南民族大学、湘潭大学、石河子大学、济南大学、海南大学、华东交通大学、重庆师范大学、常州大学、东华理工大学、沈阳师范大学、天津工业大学、安徽农业大学、成都理工大学、东北林业大学、黑龙江大学、湖北师范大学、广东财经大学、北京联合大学、齐鲁工业大学、江西财经大学等，使用情况良好。

特此证明。

人民邮电出版社有限公司教育出版中心

2025 年 9 月 9 日

2. 人民邮电出版社证明—《数据结构（Python 版）》及实践教材

人民邮电出版社有限公司

证 明

由北京林业大学李冬梅老师等编写的《数据结构（Python 版）——附微课视频》（ISBN 978-7-115-58066-5）一书，自 2022 年 5 月出版以来，已累计印刷 10 次，共 24000 册。由李冬梅老师编写的配套教材《数据结构习题解析与实验指导——Python 版》（978-7-115-60827-7）一书，自 2023 年出版以来，已累计印刷 2000 册。

教材采用“案例驱动”的编写模式，结合 Python 语言的应用领域，注重前沿性和实用性，在案例的选择上，充分考虑新兴技术和热门领域，使学生能够学习到最新的知识和技术，培养学生的前瞻性思维和工程实践能力。德知共进，知行合一，构建生态文明行业特色思政育人思政案例。教材为新形态一体化教材，提供丰富的数字化一体化教学资源，包括涵盖全书 98 个算法的动态演示课件、代码实现和练习题。与头歌平台合作，共建数据结构（Python 版）开放课程，总计设置了 600 余道理论知识相关的选择题和上机实验相关的实训项目，这些题目均可自动评判。通过这种理论与实践结合，学习与运用并重，可以逐步提升学生的数据抽象能力和算法设计能力。

该书被南京理工大学、山西大学、长江大学、云南农业大学、湖南农业大学、南阳理工学院、湖北文理学院、广西民族师范学院、北京印刷学院、三明学院、武汉生物工程学院、武汉华夏理工学院、楚雄师范学院、湖北商贸学院、广州工商学院、西安翻译学院、太湖学院、保山学院、南京特殊教育师范学院、陕西国际商贸学院、浙江广播电视大学、西安航空职业技术学院、四川工商职业技术学院、北京汇佳职业学院等 150 多所学校选为教材，使用情况良好。

特此证明。

人民邮电出版社有限公司教育出版中心

2025 年 9 月 9 日

三、课程应用单位证明

1. 课程应用单位评价-中国农业大学

课程应用单位证明

近年来，我校计算机类相关专业的“数据结构”课程一直使用李冬梅教授主编的《数据结构（C语言版）》作为主教材。与教材配套，李教授团队建设了丰富的教学资源，团队最新开发的“舞动的算法”-智慧算法学习系统自引入我校后，获得了广大师生的高度认可。

该系统在传统资源基础上实现了全方位的数智化升级，大幅度提升了学生课堂参与度与自主学习能力。系统实现了基于领域知识图谱的教育智能体构建、多模态代码联动演示等突破，为计算机类高难度课程数智化教学改革提供了的可借鉴的顶层设计。系统构建课程知识图谱，在理论和实践中融入农林信息化等行业特色应用案例，将算法知识与植物双生病毒检测等典型场景深度结合，助力学生实现专业能力、行业认知和价值引领的协同发展。AI智能体的创新使用，极大优化了师生间的交互体验并推动学习反馈的个性化、精准化。

在实际应用过程中，我们真切感受到该系统对教材内容支撑、课堂教学创新及人才培养质量提升的显著助益。系统已成为我校程序设计和算法类课程建设的重要平台，为推进课程思政落实、专业能力培养和教学数智化转型树立了典范，具有很高的推广和借鉴价值。

中国农业大学信息与电气工程学院副教授：



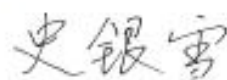
2025年6月20日

课程应用单位证明

近年来，我校计算机类相关专业的“数据结构”课程一直使用李冬梅教授编写的《数据结构（C语言版）第2版》作为主教材，与教材配套，李教授团队建设了丰富的教学资源，包括开源实训项目、算法动画演示、微课视频等。特别是立足农林院校之绿色底色，借助科教赋能，通过引入“植物双生病毒”、“林草植物百科”等行业特色思政案例，将习近平生态文明思想、林业现代化等领域科学前沿问题与数据结构专业知识有机结合，贯彻落实新工科发展理念，培养了学生的批判性思维、创新意识和实践能力。这一点非常值得我们农林类院校计算机类相关专业借鉴学习。

李冬梅教授团队建设的“数据结构”课程获得了我所教授班级学生们的一致好评，我也愿意推荐给其他教师和学生，希望更多的人能够受益于这门优质的课程。

中国农业大学信息与电气工程学院副教授：史银雪



2024年1月25日

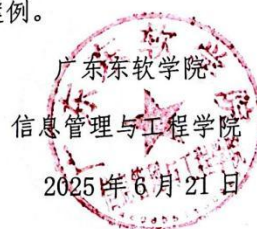
2. 课程应用单位评价-广东东软学院

课程应用单位证明

我校多年来一直选用北京林业大学李冬梅教授主编的《数据结构（Python 版）》作为教材，其严谨的内容和丰富的配套教学资源深受师生好评。为进一步适应人工智能时代教育变革的新需求，在“数据结构”、“Python 程序设计”等智慧课程建设中，我们率先引入了李教授团队研发的“舞动的算法”——智慧算法学习系统。

该系统直面程序设计和算法相关类课程固有的抽象性与复杂性痛点，通过创新的“文-动-码”跨模态联动技术，系统将艰涩的算法过程转化为直观、可交互的动态画面，极大降低了学生的认知负荷，有效破解了长期困扰教学的难题；系统支持多种编程语言的一键切换演示，能够加深学生对不同编程语言特性的理解，尤其是其对国产仓颉语言的深度集成，为自主技术生态在高等教育领域的落地生根提供了宝贵实践；系统基于大模型和专业知识库，能为每位学生提供个性化智能答疑，教师则可对学生进行多维评价，全面提升教学效率和育人质量。

我校实践表明，该系统通过智能化和可视化的双重赋能，显著提升了教学效能，其“四化六智”方法论为智慧课程建设提供了可推广的解决方案，是 AI 赋能高等教育改革的标杆案例。

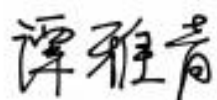


3. 课程应用单位评价-云南农业大学

课程应用单位证明

多年来，本校一直选用由北京林业大学李冬梅教授编写的《数据结构（C语言版）第2版》作为主教材，教材通过案例分析，借助算法动画演示，使学生能够体会到从问题求解到程序设计的转换过程。在实践教学方面，自2022年以来，开始使用李教授团队依托头歌教学平台建设的线上资源。这些线上资源丰富殷实，知识点讲解由浅入深，理论与实践相结合。作为农林类院校的教学团队，特别让我关注的是该课程高度重视“绿色”思政要素在立德树人中的引领作用，培养学生的行业创新精神和社会责任感等素养，将绿色创新发展和科技报国、家国情怀有机结合，在授课过程中注重学生的职业道德培养和言传身教实效性。后续，我们也将借鉴李教授团队的课程改革模式，系统性地将行业特色思政体系与专业知识教学有机融合，全面提升学生的知识、能力和素养。

云南农业大学大数据学院：谭雅青



2024年1月10日

四、师资培训或教学交流项目推广应用证明

1. 2025 年华为仓颉社区分享第 33 期

报告题目：面向仓颉语言的数据结构算法学习系统

编译星火 | OpenHarmony 编程语言TSG 联合出品

WORKSHOP 研讨/分享/感悟

仓颉社区分享第33期

《面向仓颉语言的数据结构算法学习系统》



李冬梅
教授，博导，北京林业大学计算机科学与技术系主任。主编的《数据结构（C语言版）》被国内500余所高校选用，累计销量100余万册

🕒 2025年5月28日（周三）16:00-16:30

【议题内容】

自主研发了一个智能算法学习系统——“舞动的算法”（dancingAlgo.cn），该系统支持数据结构仓颉语言版的算法代码跟踪和交互动画演示，学习者通过可视化和交互式的学习方式，可以快速掌握仓颉语言版算法的核心思想和运行机制；系统兼有仓颉语言在线评测功能，可以实时编写和运行仓颉语言的代码并查看结果，帮助学习者深度掌握仓颉语言算法的实践精髓；系统还特别提供AI智能体“算法小精灵”，可进行理论知识答疑、代码纠错、代码优化等，为学习者提供了一个了解和掌握仓颉语言的优质平台。

WORKSHOP
主办方：仓颉生态组

2. 2025 年数智化时代 AI 赋能计算机教育研讨会

报告题目：数智赋能数据结构课程教学创新与实践

数智化时代AI赋能计算机教育研讨会

专家报告



李冬梅

报告主题

数智赋能数据结构课程教学创新与实践

嘉宾简介

北京林业大学教授，博士生导师，计算机系主任。研究方向为自然语言处理和知识图谱。主持和参与国家自然科学基金、国家重点研发项目等30余项，发表学术论文60余篇，以第一完成人发布行业标准3项，出版教材10余部，主编的2部教材获拟国家级规划教材，其中《数据结构（C语言版）》被国内500余所高校选用，累计销量100余万册，获得全国高校计算机课程大赛一等奖、北京高校优秀本科教材、课件、教案、中国计算机教育大会优秀教学案例特等奖、优秀配套课程资源特等奖、CCF开源创新大赛开源案例特等奖等教学奖励。

报告摘要

依托人工智能前沿技术，推动“数据结构”课程从传统模式向智能化转型，以“理论可视化、学习个性化、实践智能化”为目标，自主研发了算法智能学习平台“舞动的算法”，借助国内知名辅助教学平台，构建课程知识图谱，建设了丰富的实践教学资源，形成了覆盖知识传授、能力培养到实践创新的全链条智能化教学解决方案，全方位支撑学生从理论学习到实践应用的全过程学习。

3. 2024 年计算机课程教学改革与创新研讨会--太原

报告题目：计算机专业核心课程线上线下混合式实践教学模式创新——以“数据结构”课程为例

五、嘉宾简介

谭志虎 ：博士，华中科技大学计算机科学与技术学院教授，副院长，主讲“计算机组成原理”慕课荣获国家级线上一流课程，获 2019 年度高校计算机专业优秀教师、湖北省教学成果一等奖、宝钢优秀教师奖、华中科技大学教学名师、华中科技大学课堂教学卓越奖和教学质量一等奖等。
王庆先 ：博士，电子科技大学教授，讲授的“离散数学”课程先后被评为国家级精品课程、国家级精品资源共享课程、国家级线上一流课程、信息与软件工程学院级双语教学示范课程，作为主持和主研人员完成近二十项国家级、省部级科研项目，主编《离散数学（微课版）》等新形态精品教材。
李冬梅 ：教授，博导，北京林业大学计算机系主任。出版教材 10 余部，2 部教材获批国家级规划教材。获全国高校计算机课件大赛一等奖，北京高校优质本科教材、课件、教案，中国计算机教育大会优秀教学案例特等奖、优秀配套课程资源特等奖、CCF 开源创新大赛开源案例特等奖等教学奖励。
陈业斌 ：安徽工业大学计算机科学与技术学院教授，安徽省教学名师，国家首批线上线下混合式一流课程负责人，软件工程国家一级专业负责人，省级数据库课程虚拟教研室负责人，省级数据库教学团队负责人，曾主编省级数据库课程规划教材两部，获省级教学成果一等奖 1 项。
吕云翔 ：北京航空航天大学软件学院副教授，获北京市高等教育教学成果奖二等奖，多次获得北京航空航天大学校级教学成果奖。所教授的“软件工程基础”课程，获评中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀课程配套资源与优秀教学案例奖。主编多部与软件工程相关的畅销教材。
王 彬 ：太原理工大学计算机科学与技术学院（大数据学院）教授、博导，计算机基础教学部主任，山西省脑科学与智能计算工程研究中心副主任，国际复合医学学会理事，中国生物医学工程学会医学影像工程与技术分会青年委员，山西省“三晋英才”青年优秀人才。主讲“大学生计算机基础”“程序设计基础”，编写教材 2 部。

六、会议日程

时间	会议安排	嘉宾	主持人
5 月 18 日 上午	7:30~8:30	签到	
	8:30~8:40	领导致辞	戴宸 阮梦佳
	8:40~9:30	主题 1：计算机专业核心课程线上线下混合式实践教学模式创新——以“数据结构”课程为例	李冬梅
	9:30~9:40	主题 1 的专题交流环节	
	9:40~10:00	合影 & 茶歇	
	10:00~10:50	主题 2：计算机专业核心课在线实践教学模式创新——以“计算机组成原理”课程为例	谭志虎
	10:50~11:00	主题 2 的专题交流环节	
	11:00~11:50	主题 3：计算机课程线上线下混合式教学模式探索与实践——以“大学生计算机通识课”为例	王彬
	11:50~12:00	主题 3 的专题交流环节	
	12:00~12:30	教育数字化背景下的高质量教材建设与出版	许金霞
5 月 18 日 中午	12:30~14:00	午餐	
5 月 18 日 下午	14:00~14:50	主题 4：大模型工具在计算机课程教学及设计中的应用——以数据库课程为例	陈业斌
	14:50~15:00	主题 4 的专题交流环节	
	15:00~15:50	主题 5：计算机专业核心课程国家级一流课程建设经验与成果分享——以“离散数学”课程为例	王庆先
	15:50~16:00	主题 5 的专题交流环节	
	16:00~16:10	茶歇	
	16:10~17:00	主题 6：“软件工程基础”课程教学实践的探索	吕云翔
	17:00~17:10	主题 6 的专题交流环节	
	17:30	晚宴	

4. 2024 年计算机课程教学改革与创新研讨会--沈阳

报告题目：计算机专业核心课程线上线下混合式实践教学模式创新——以“数据结构”课程为例

五、嘉宾简介

刘江 ：国家特聘专家，南方科技大学计算机科学与工程系教授。曾任 IEEE 生物医学工程协会新加坡主席，科学院宁波慈溪生物医学工程研究所所长。作为项目负责人承担了多项新加坡和中国国家级科研项目，主编《人工智能导论》一部，并获 2023 年深圳优秀教师。
谭志虎 ：博士，华中科技大学计算机科学与技术学院教授，副院长，主讲“计算机组成原理”慕课荣获国家级线上一流课程，获 2019 年度高校计算机专业优秀教师、湖北省教学成果一等奖、宝钢优秀教师奖、华中科技大学教学名师、华中科技大学课堂教学卓越奖和教学质量一等奖等。
崔晓晖 ：博士，副教授，现任北京林业大学信息学院副院长，大数据专业负责人。主持和参与省部级及各类教改项目 10 余项，发表教改论文 6 篇，参与编写国家级规划教材、北京市优质本科教材 1 部，负责建设北京市优质本科课程 1 门，课程资源建设获得全国生态文明信息化教学成果遴选 A 等级(排名 2)。
李冬梅 ：教授，博导，北京林业大学计算机系主任。出版教材 10 余部，2 部教材获批国家级规划教材。获全国高校计算机课件大赛一等奖，北京高校优质本科教材、课件、教案，中国计算机教育大会优秀教学案例特等奖、优秀配套课程资源特等奖、CCF 开源创新大赛开源案例特等奖等教学奖励。
吕云翔 ：北京航空航天大学软件学院副教授，获北京市高等教育教学成果奖二等奖，多次获得北京航空航天大学校级教学成果奖。所教授的“软件工程基础”课程，获评中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀课程配套资源与优秀教学案例奖。主编多部与软件工程相关的畅销教材。
张天成 ：博士，东北大学计算机科学与工程学院副教授，博士生导师，中国计算机学会高级会员，计算机科学系副主任。曾任澳大利亚新南威尔士大学访问学者。研究方向包括人工智能、教育大数据等。主持国家自然科学基金等各类项目 20 余项，发表论文 50 余篇，专利 10 余项，获辽宁省教学成果奖 5 项。

六、会议日程

时间	会议安排	备注
4 月 13 日 上午	8:00~8:30	签到
	8:30~8:40	二楼香悦轩
	8:40~9:00	开场，领导致辞
	9:00~9:50	人邮社计算机核心课精品教材建设成果汇报
	9:50~10:00	主题 1：“绿色引领、场景驱动、多维联动”的数据库课程教学方法改革
	10:00~10:30	主题 1 的专题交流环节
	10:30~11:20	合影 & 茶歇
	11:20~11:30	主题 2：计算机专业核心课在线实践教学模式创新——以“计算机组成原理”课程为例
4 月 13 日 中午	11:30~13:00	午餐
	13:00~13:50	主题 3：计算机专业核心课程线上线下混合式实践教学模式创新——以“数据结构”课程为例
4 月 13 日 下午	13:50~14:00	主题 3 的专题交流环节
	14:00~14:50	计算机专业核心课程能力培养模式的探索与实践——“校企联动&教研结合”的线上线下混合式个性化实训体系建设
	14:50~15:00	主题 4 的专题交流环节
	15:00~15:50	主题 5：新型研究型大学 AI 赋能计算机类课程现代教学的探索
	15:50~16:00	主题 5 的专题交流环节
	16:00~16:50	主题 6：“软件工程基础”课程教学实践的探索
	16:50~17:00	主题 6 的专题交流环节
4 月 14 日	8:30~11:00	计算机专业核心课程教学经验研讨

5. 2024 年计算机课程教学改革与创新研讨会--成都

报告题目：计算机专业核心课程线上线下混合式实践教学模式创新——以“数据结构”课程为例

五、嘉宾简介

莫宏伟： 哈尔滨工程大学教授、博导，类脑计算与人工智能研究中心主任，黑龙江省人工智能技术与应用重点实验室主任，全国高校人工智能与大数据创新联盟副理事长，主讲“人工智能导论”课程获评国家级线上一流课程，获全国高校“人工智能教育个人创新奖”，主编《人工智能导论》等教材8部。
崔晓晖： 博士，副教授，现任北京林业大学信息学院副院长，大数据专业负责人。主持和参与省部级及各类教改项目10余项，发表教改论文6篇，参与编写国家级规划教材、北京市优质本科教材1部，负责建设北京市优质本科课程1门，课程资源建设获得全国生态文明信息化教学成果遴选A等级(排名2)。
王庆先： 博士，电子科技大学教授，讲授的“离散数学”课程先后被评为国家级精品课程、国家级精品资源共享课程、国家级线上一流课程、信息与软件工程学院级双语教学示范课程，作为主持和主研人员完成近二十项国家级、省部级科研项目，主持《离散数学(微课程)》等新型思政精品教材。
李冬梅： 教授，博导，北京林业大学计算机系主任。出版教材10余部，2部教材获批国家级规划教材。获全国高校计算机课件大赛一等奖，北京高校优质本科教材、课件、教案，中国计算机教育大会优秀教学案例特等奖、优秀配套课程资源特等奖、CCF开源创新大赛开源案例特等奖等教学奖励。
吕云翔： 北京航空航天大学软件学院副教授，获北京市高等教育教学成果奖二等奖，多次获得北京航空航天大学校级教学成果奖。所教授的“软件工程基础”课程，获评中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀课程配套资源与优秀教学案例奖。主编多部与软件工程相关的畅销教材。
林子雨： 博士，国内高校知名大数据教师，厦门大学计算机科学与技术系副教授，厦门大学数据库实验室负责人，中国计算机学会数据库专委会委员，中国计算机学会信息系统专委会委员，全国工业大数据行业产教融合共同体特聘专家，入选“2021年高校计算机专业优秀教师奖励计划”，荣获“2022年福建省高等教育教学成果奖特等奖”和“2018年福建省高等教育教学成果奖二等奖”，编著13本大数据系列教材。

六、会议日程

时间	会议安排	备注
4月20日 上午	8:00~8:30	签到
	8:30~8:40	开场，领导致辞
	8:40~9:00	人邮社计算机核心深精品教材建设成果汇报
	9:00~9:50	主题1：计算机专业核心课程线上线下混合式实践教学模式创新——以“数据结构”课程为例
	9:50~10:00	主题1的专题交流环节
	10:00~10:30	合影 & 茶歇
	10:30~11:20	主题2：计算机专业核心课程国家级一流课程建设经验与成果分享——以“离散数学”课程为例
	11:20~11:30	主题2的专题交流环节
4月20日 中午	11:30~13:00	午餐
4月20日 下午	13:00~13:50	主题3：国家一流线上课程“人工智能导论”课程与思政体系建设实践
	13:50~14:00	主题3的专题交流环节
	14:00~14:50	主题4：“绿色引领、多维联动、校企融促”的数据库课程教学方法改革
	14:50~15:00	主题4的专题交流环节
	15:00~15:10	茶歇
	15:10~16:00	主题5：厦门大学“数据库系统原理”课程建设与实践教学经验分享
	16:00~16:10	主题5的专题交流环节
	16:10~17:00	主题6：“软件工程基础”课程教学实践的探索
	17:00~17:10	主题6的专题交流环节
	会议结束	

6. 2023 年中国高校计算机教育大会特邀报告

报告题目：课程思政视角下的“数据结构课程设计”建设探索

<https://jwc.bjfu.edu.cn/tpxw/d6ccb1ae8e754b4db3e84dbdcc8d2776.html>



7. 2023 年河北省计算机教育研究会&&人民邮电出版社教学研讨会特邀报告

报告题目：计算机专业核心课程线上线下混合式实践教学模式创新——以“数据结构”课程为例

关于召开 计算机专业核心课程教师教学创新交流会的通知 (2023 年·河北·石家庄)

人民邮电出版社

党的二十大报告提出，坚持以人民为中心发展教育，加快建设高质量教育体系。

在教育部积极推动工程教育专业认证、课程思政示范引领、教学模式改革创新、数字化赋能高等教育高质量发展等背景下，各省市教育部门及相关工作人员亟须在“三教”层面（即教师、教材、教法层面），通过整体谋划、系统布局、稳步落地，积极助力高校建设全专、全课、全师、全教材，打造教学育人新模式新生态，服务院校拔尖创新人才培养。

为此，我社联合多所高校相关领域专家组织召开本次会议，围绕计算机专业核心课程教育模式改革、教学方法创新、在线仿真实践、课程思政育人、新形态教材建设、线上线下混合式教学等主题展开讨论，欢迎全国高校计算机专业核心课程的带头人和骨干教师参会讨论交流。

一、会议主题

- 计算机专业核心课程教师教学创新交流，主题涵盖：教育模式改革、教学方法创新、在线仿真实践、课程思政育人、新形态教材建设、线上线下混合式教学等。
- 人民邮电出版社计算机专业核心课程精品教材建设成果汇报。

二、会议时间

报到时间：2023 年 11 月 17 日 15:00~20:00，或者 11 月 18 日 8:00~8:50。

会议时间：2023 年 11 月 18 日（星期六）全天。本次会议不收取会务费，交通食宿自理。

三、会议地点

会议地点：石家庄·招考大厦

具体位置：河北省石家庄市桥西区红旗大街 299 号

四、会议组织

指导单位：河北省计算机教育研究会

主办单位：人民邮电出版社有限公司

协办单位：河北师范大学计算机与网络空间安全学院

五、嘉宾简介

谭志虎 : 博士, 华中科技大学计算机科学与技术学院教授, 副院长, 开设的“计算机组成原理”慕课荣获国家级线上一流课程, 获 2019 年度高校计算机专业优秀教师、湖北省教学成果一等奖、宝钢优秀教师奖、华中科技大学教学名师、华中科技大学课堂教学卓越奖和教学质量一等奖等。
李文生 : 北京邮电大学副教授, 主讲“操作系统”: 曾获国家级教学成果奖二等奖、北京市教学成果一等奖, 获评北京市师德先进个人; 2021 年 5 月获评教育部课程思政教学名师, 作为北邮“操作系统”课程思政建设负责人, 通过设计课程思政教学方案与教学案例, 率先开展专业课程思政教学研究, 教学效果良好。
李冬梅 : 北京林业大学信息学院教授, 博士生导师, 计算机系主任, 北京林业大学教学名师, 长期从事“数据结构”和“编译原理”的一线教学。编写教材 10 余部, 2 部教材分别获评“十二五”本科国家级、“十四五”职业教育国家规划教材, 获得全国高校计算机课件大赛一等奖、北京高校优质本科教材课件、北京高校优质教案、中国计算机教育大会优秀教学案例特等奖、优秀配套课程资源特等奖等多项教学奖励。
王庆先 : 博士, 电子科技大学教授, 博士生导师, 讲授的“离散数学”课程先后被评为国家级精品课程、国家级精品资源共享课程、国家级线上一流课程、信息与软件工程学院级双语教学示范课程, 作为主持和主研人员完成近二十项国家级、省部级科研项目, 主编《离散数学》等新形态精品教材。

六、会议日程

时间	会议安排	备注
上午	8:00~8:50	签到 一楼大厅
	8:50~9:00	开场, 领导致辞 三楼
	9:00~9:20	人邮社计算机核心课精品教材建设成果汇报 第二会议室
	9:20~10:10	主题 1: 计算机专业国家级课程思政示范课程建设经验分享——以“操作系统”课程为例 李文生
	10:10~10:30	专题交流环节
	10:30~10:50	合影 & 茶歇
	10:50~11:40	主题 2: 计算机专业核心课程在线实践教学模式创新——以“计算机组成原理”课程为例 谭志虎
	11:40~12:00	专题交流环节
中午	12:00~14:00	午餐 一楼餐厅
下午	14:00~14:50	主题 3: 计算机专业核心课程国家级一流课程建设经验与成果分享——以“离散数学”课程为例 王庆先
	14:50~15:10	专题交流环节
	15:10~16:00	主题 4: 计算机专业核心课程线上线下混合式教学模式创新——以“数据结构”课程为例 李冬梅
	16:00~16:20	专题交流环节
	会议结束 返程	

8. 2023 年陆军步兵学院石家庄校区&&北京林业大学特邀报告

报告题目：新形态一体化教材建设

陆军步兵学院石家庄校区课程建设高级研修班

授 课 安 排

序号	日期	时间	内容	主讲人
1	12月4日 (周一)	8:30-8:50	开班仪式	
2		9:00-12:00	专题讲座：信息技术与课程教学的深度融合	王元琦 教授 李冬梅 教授 崔晓晖 副教授
3		14:30-17:30	与部分系室对口交流	相关学院
4		19:00-20:30	示范说课：北京市“青教赛”获奖教师教学示范	姜超 副教授 章娟 讲师
5	12月5日 (周二)	8:30-11:30	教学工作坊：参与式教学	齐建东 教授 张婕 副教授
6		14:30-17:30	交流研讨：课程思政建设的思考与实践	薛庆 教授 北京理工大学
7		19:00-20:30	教学观摩：北京市“青教赛”获奖教师教学示范	姜超 副教授 唐睿琳 讲师
8	12月6日 (周三)	8:30-11:30	专题讲座：创新课程改革，全面开展一流本科建设	王毅力 教授
9		14:30-17:30	参与式讲座：“以学生为中心”的教学理念与创新实践	马尔妮 教授
10		19:00-20:30	教学观摩：北京市“青教赛”获奖教师教学示范	姜超 副教授 戴璐 副教授
11	12月7日 (周四)	8:30-11:30	教学工作坊：有效教学方法概述	洪喻 教授 岳瑞峰 副教授
12		14:30-17:30	参与式讲座：教学设计的思路与方法	付亦重 教授
13		19:00-20:30	观摩研讨：北京市“青教赛”获奖教师教学示范	姜超 副教授 韩莹莹 副教授
14	12月8日 (周五)	8:30-10:30	参观北京林业大学教学场馆	
15		11:30-11:30	结业仪式	
备注	1.本次研修在北京林业大学 <u>东区食堂451~452会议室</u> 集中组织。 2.培训结束后一周内，每人提交1份推进课程课堂教学改革的思考建议。			

9. 2022 年 CCF 中国开源大会特邀报告

报告题目：基于头歌平台的“数据结构”开源课程建设



10. 2022 年人民邮电出版社教学研讨会特邀报告

报告题目：数据结构思政案例分享-模式匹配知真灼，入侵检测卫家国——字符串模式匹配算法专业认证视角下的“数据结构”课程思政建设与实践

 人邮大讲堂 **教学研讨**

数据结构课程 教学改革经验分享 课程思政与实践课程建设

 直播时间
2022 / 10 / 13 (周四) 19:00
<<< 扫码免费观看直播 (仅限教师参加)

数据结构思政案例分享： 模式匹配知真灼，入侵检测卫家国

- 课程思政的整体教学设计思路：
基于“三知三能三有”的知识、能力、素养相融合的“三育人”课程目标
- 课程思政的具体案例展示：
字符串模式匹配算法
- 思政案例实验设计
- 头歌平台课程资源建设



主讲人：**李冬梅**

北京林业大学教授，博士生导师，现任北京林业大学信息学院计算机软件教研室主任。北京林业大学教学名师，长期从事“数据结构”和“编译原理”的一线教学。近年来，以第1完成人获得多项教学奖励，包括全国高校计算机课件大赛一等奖、北京高校“优质本科教材课件”、北京林业大学优秀教学成果一等奖、北京林业大学优秀教学论文一等奖、北京林业大学优秀教师一等奖等。

11. 2022 年人民邮电出版社教学研讨会特邀报告

报告题目：专业认证视角下的“数据结构”课程思政建设与实施

 人邮大讲堂 **教学研讨**

数据结构课程教学改革

——课程思政、工程认证教育与线上线下混合式教学



 直播时间
2022/04/13(周三) 19:00
<<< 扫码免费获取观看方式 >>>

Part.1 专业认证视角下的“数据结构”课程思政建设与实施

- 1 知识、能力、素养相融合的“三育人”课程目标修订。
- 2 “一先导、二驱动、三育人、四协同”的课程思政体系框架设计。
- 3 案例驱动与情境驱动的课程思政方案实施。



—主讲人—
李冬梅

◆北京林业大学教授，博士生导师，现任北京林业大学信息学院计算机软件教研室主任。
◆北京林业大学教学名师，长期从事“数据结构”和“编译原理”的一线教学。近年来，以第1完成人获得多项教学奖励，包括全国高校计算机课件大赛一等奖、北京高校“优质本科教材课件”、北京林业大学优秀教学成果一等奖、北京林业大学优秀教学论文一等奖、北京林业大学优秀教案一等奖等。

12. 2020 年陕西省计算机教育研究会&&人民邮电出版社特邀报告

报告题目：以学生为中心，以问题为导向的数据结构教学模式改革与实践

关于举办 2020 年度西北地区数据结构课程研讨会的通知

为深入贯彻《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》（教高〔2019〕8号）文件精神，树立课程建设新理念，推进课程改革创新，促进西北地区各高校的合作交流，提高人才培养质量。陕西省计算机教育学会、陕西科技大学电子信息与人工智能学院、西北大学信息科学与技术学院、人民邮电出版社有限公司联合举办 2020 西北地区数据结构课程研讨会。现将研讨会的有关事宜通知如下：

一、会议主要内容

1. 数据结构课程资源建设的改革与实践（耿国华）；
2. 数据结构课程融合与在线能力测评（李冬梅）；
3. 数据结构教学模式改革与实践（汤羽）；
4. 工程教育专业认证背景下的数据结构课程教学改革与实践（孙连山）。

二、报告专家

●耿国华 西北大学信息科学与技术学院教授

耿国华，西北大学二级教授，博导，国家教学名师，全国优秀科技工作者，现任文化遗产数字化工程研究中心主任，教育部大学计算机教指委委员，全国高等院校计算机基础教育研究会副会长，中国计算机学会杰出会员，陕西省计算机教育学会理事长。主讲的“数据结构”课程获 2006 年国家精品课，首批国家精品资源共享课、首批国家精品在线开放课。主持获国家教学成果奖 4 项，主编教材 20 余部。长期从事智能信息处理与模式识别等领域创新性研究。主持 973 前期预研、国科金重点面上等多个项目，获国家科技进步奖 1 项，省部级科技奖 16 项。

●李冬梅 北京林业大学信息学院副教授

现任北京林业大学信息学院软件教研室主任。北京林业大学教学名师，长期从事“数据结构”和“编译原理”课程的一线教学。出版教材《数据结构（C 语言版）》（第 2 版）入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。以第 1 完成人获得多项教学奖励，包括全国高等学校计算机课件大赛一等奖、全国多媒体课件大赛二等奖、北京林业大学优秀教学成果一等奖、北京林业大学优秀教学论文一等奖等、北京林业大学优秀教案一等奖等。

会议日程

内容	发言人	时间	主持人
陕西省计算机教育学会领导致辞	耿国华 西北大学	9:00-9:05	陕西科技大学
人民邮电出版社代表致辞	刘博 人民邮电出版社	9:05-9:10	
报告：数据结构课程资源建设的改革与实践	耿国华 西北大学	9:10-9:40	
报告：以学生为中心，以问题为导向的数据结构教学模式改革与实践	李冬梅 北京林业大学	9:40-10:10	
报告：课程融合与在线能力测评—新工科背景下传统数据结构课程的重构改革	汤羽 电子科技大学	10:10-10:40	
报告：工程教育专业认证背景下的数据结构课程混合式教学改革与实践	孙连山 陕西科技大学	10:40-11:10	

13. 2020 年人民邮电出版社教学研讨会特邀报告

报告题目：工程教育专业认证背景下的“数据结构”教学改革实践

**在线直播**

教师学院
www.fyjsoshi.com

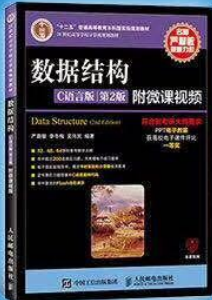
◆ 工程教育专业认证背景下的 ◆

**“数据结构”
教学改革实践**

**主讲人：李冬梅**
北京林业大学信息学院
副教授，硕士生导师

◆畅销书“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《数据结构（C语言版）》（第2版）作者。

◆长期从事“数据结构”和“编译原理”课程的一线教学。

**销量50余万册！**

直播内容

针对“数据结构”的课程性质与教学目标，结合本校计算机专业开展工程教育专业认证的背景，基于“学生中心、成果导向、持续改进”的核心理念，介绍该课程的**教学目标设置、课程资源建设、考核评价方式完善、理论教学和实践教学内容安排**（包括疫情期间如何开展线上教学情况）等方面的具体实施措施。



直播时间 2020/7/14 晚19:00

<<< 扫码添加客服微信观看直播 >>>

（请备注学校及姓名）

14. 2020 年九三学社高校工程专业认证与人才培养研讨会特邀报告

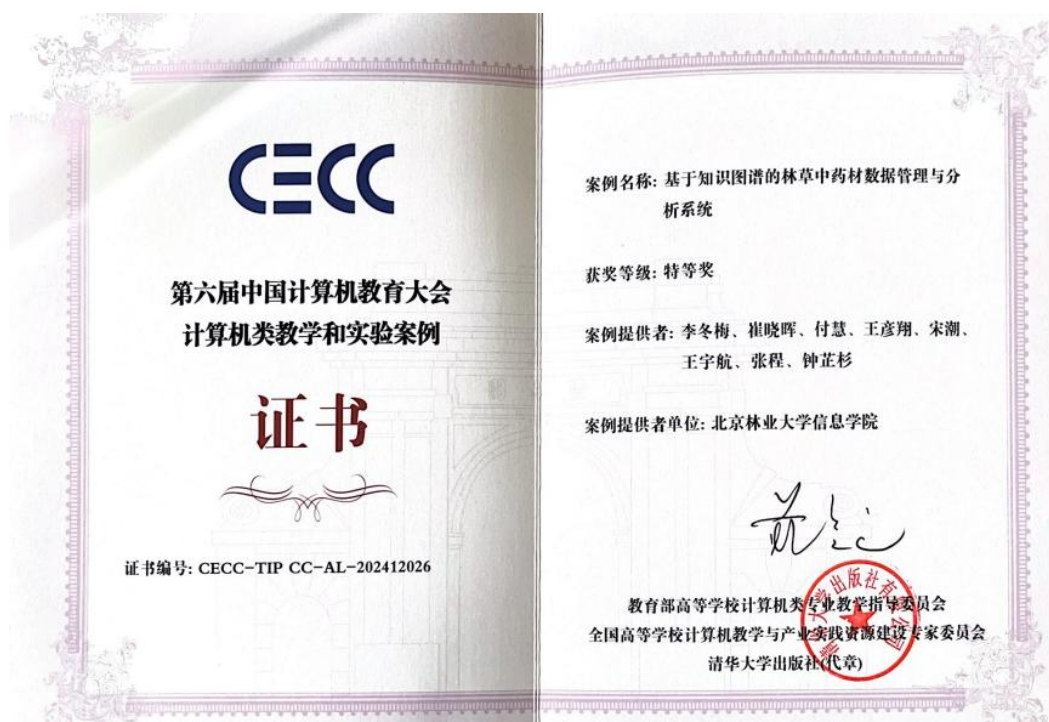
报告题目：工程教育专业认证背景下的“数据结构”教学改革实践

序号	报告人	报告题目
五	 赵雪飞，中国矿业大学（北京）教授 中国矿业大学（北京）地球科学与测绘工程学院教授，博士生导师，2006年毕业于中国矿业大学（北京）获地图制图学与地理信息工程专业工学博士学位。 主要研究方向为土地复垦与矿区生态修复、数字测绘理论与方法、3S集成与应用、国土资源与环境遥感、土地整治。出版学术专著 1 部，主编参编教材 3 部，在国内外期刊和国际会议上发表学术论文 70 余篇，其中 SCI、EI 收录 20 余篇。	测绘工程专业认证经验—从材料准备到过程考察
六	 李丰强，北京林业大学副教授 北京林业大学信息学院计算机系副教授，研究方向为知识工程、智能信息处理。主讲课程为编译原理和数据结构。2015 年获中国林业教育学会高等林业（林）业教育研究成果三等奖。2016 年获第十一届全国高等学校计算机课程大赛一等奖，北京林业大学教学成果一等奖。主编《数据结构》（第 2 版），人民邮电出版社 2016 年出版，书号 978-7-113-18300-0，排名第 1 名（全书 2 卷）。	工程教育专业认证背景下的“数据结构”教学改革实践

九三学社高教组 2020 教育与创新创业论坛研讨会	
主题：工程教育专业认证与人才培养 线下：中国农业大学（信电学院 237 会议室） 线上：腾讯会议（594 369 449）	
9:00-9:15	签到注册
9:15-9:30	主题演讲（一） 题目：以专业认证为牵引，提升工程人才培养质量：中国林业大学的实践 报告人：李强，北京林业大学教育处 副处长
9:30-10:25	主题演讲（二） 题目：中国工程教育专业认证体系与认证过程 报告人：程素梅，北京邮电大学教育处 处长
10:25-10:40	茶歇
10:40-11:15	主题演讲（三） 题目：工程认证与专业认证 报告人：程行一，中国农业大学（北京）教育处 处长
11:15-11:00	Panel（嘉宾：程行一、程素梅、程行一、程行一）
12:00-12:00	午餐
13:00-13:15	主题演讲（四） 题目：工程教育专业认证与认证过程 报告人：程行一，中国农业大学教育处 处长
13:15-14:15	主题演讲（五） 题目：工程教育专业认证与认证过程——从材料准备到过程考察 报告人：程行一，中国农业大学（北京）教育处 处长
14:15-14:25	茶歇
14:25-15:00	主题演讲（六） 题目：工程教育专业认证与认证过程——从材料准备到过程考察 报告人：李强，北京林业大学教育处 处长
15:00-15:45	Panel（嘉宾：程行一、程素梅、程行一、程行一）
15:45-16:00	闭幕致辞
九三学社高教组教育与创新创业论坛研讨会 （中国农业大学 信电学院 245 会议室）	
16:10-16:30	九三学社高教组教育与创新创业论坛研讨会
16:30-16:30	会议结束，请参会人员离场
16:30-17:00	会议结束，请参会人员离场

五、教学奖励

1. 2024 年第六届中国计算机教育大会计算机类教学和实验案例特等奖



2. 2024 年第六届中国计算机教育大会计算机类教学和实验案例二等奖



3. 2024 年全国高校程序设计教育大会程序设计类实训案例一等奖



4. 2024 年中国高校计算机教育大会教学案例大赛三等奖



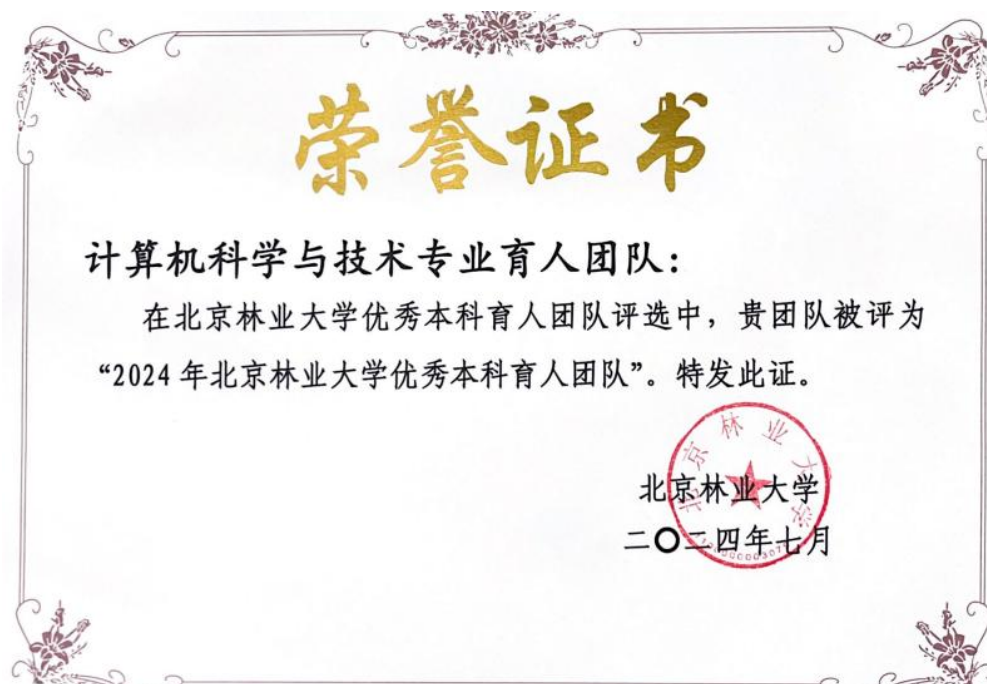
5. 2024 年中国高校计算机教育大会教学案例大赛三等奖



6. 2024 年北京林业大学“三全育人”优秀工作案例一等奖



7. 2024 年北京林业大学优秀本科育人团队



8. 2024 年北京林业大学青年教师教学基本功比赛二等奖



9. 2023 年《数据结构（Python 版）》首批“十四五”职业教育国家规划教材
(证书未发，附获奖名单截图)

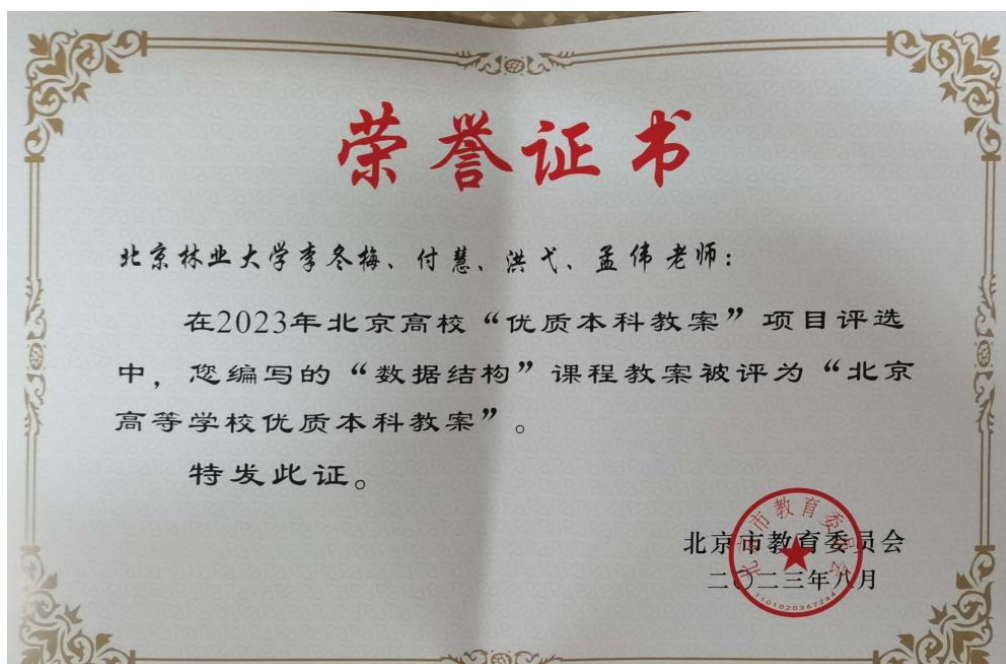
拟入选首批“十四五”职业教育国家规划教材名单（新申报教材·职业本科）

序号	层次	专业大类	教材名称	第一主编	申报单位	出版单位
1	高职本科	公共基础课	大学生创新创业基础教程——“玩”创未来（慕课版）	李红	云南师范大学	中国科技出版传媒股份有限公司
2	高职本科	公共基础课	创业技能与训练	霍雄飞	南京工业职业技术大学	南京大学出版有限公司
3	高职本科	公共基础课	大学化学（第2版）	杨秋华	天津大学	高等教育出版社有限公司
69	高职本科	电子与信息大类	大数据技术原理与应用——概念、存储、处理、分析与应用（第3版）	林子雨	厦门大学	人民邮电出版社有限公司
70	高职本科	电子与信息大类	计算机网络	周宏博	泉州信息工程学院	北京理工大学出版社有限责任公司
71	高职本科	电子与信息大类	计算机网络及应用	邓礼全	电子科技大学成都学院	中国科技出版传媒股份有限公司
72	高职本科	电子与信息大类	计算机网络技术基础（第5版）	周炯	成都锦城学院	人民邮电出版社有限公司
73	高职本科	电子与信息大类	宽带接入技术与应用	张庆海	南京工业职业技术大学	西安电子科技大学出版社有限公司
74	高职本科	电子与信息大类	人工智能技术基础	周庆国	兰州大学	人民邮电出版社有限公司
75	高职本科	电子与信息大类	人机交互界面设计（第2版）	陶陈薇	重庆文化艺术职业学院	重庆大学出版社有限公司
76	高职本科	电子与信息大类	数据结构（Python版）	李冬梅	北京林业大学	人民邮电出版社有限公司
77	高职本科	电子与信息大类	数据科学基础 数据科学基础实验教程	刘法胜	山东外事职业大学	中国石油大学出版社有限公司

10. 2023 年北京高校优质本科教材课件



11. 2023 年北京高校优质教案



12. 2023 年第六届开源创新大赛特色化开源案例教学赛特等奖



13. 2023 年第五届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀教学案例一等奖



14. 2023 年第五届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀课程配套资源一等奖



15. 2023 年中国高校计算机教育大会最佳论文奖



16. 2023 年全国高校程序设计教育大会程序设计类实训案例二等奖



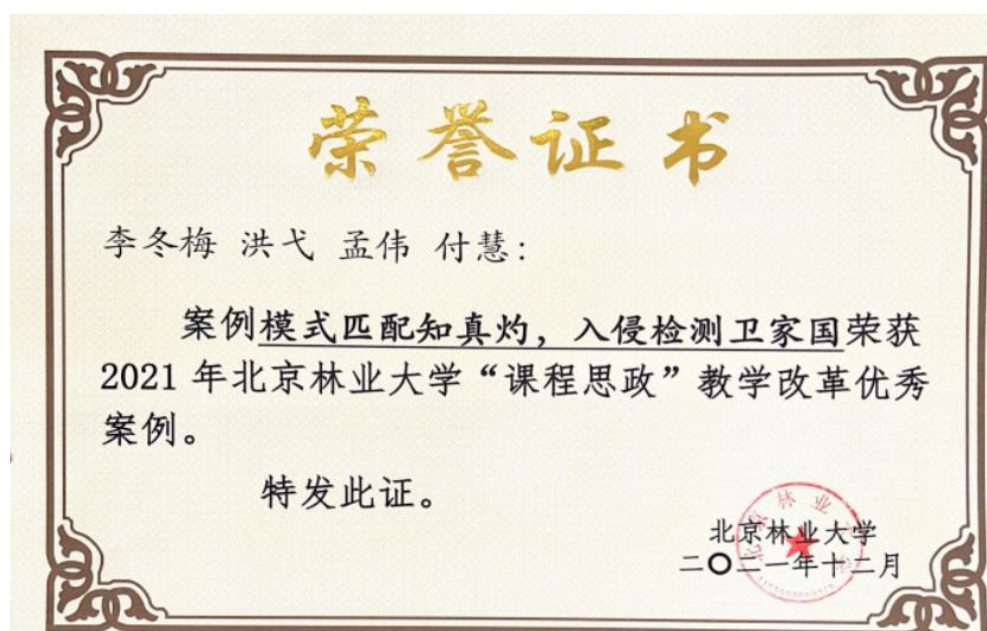
17. 2022 年第四届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀教学案例特等奖



18. 2021 年第三届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀课程配套资源特等奖



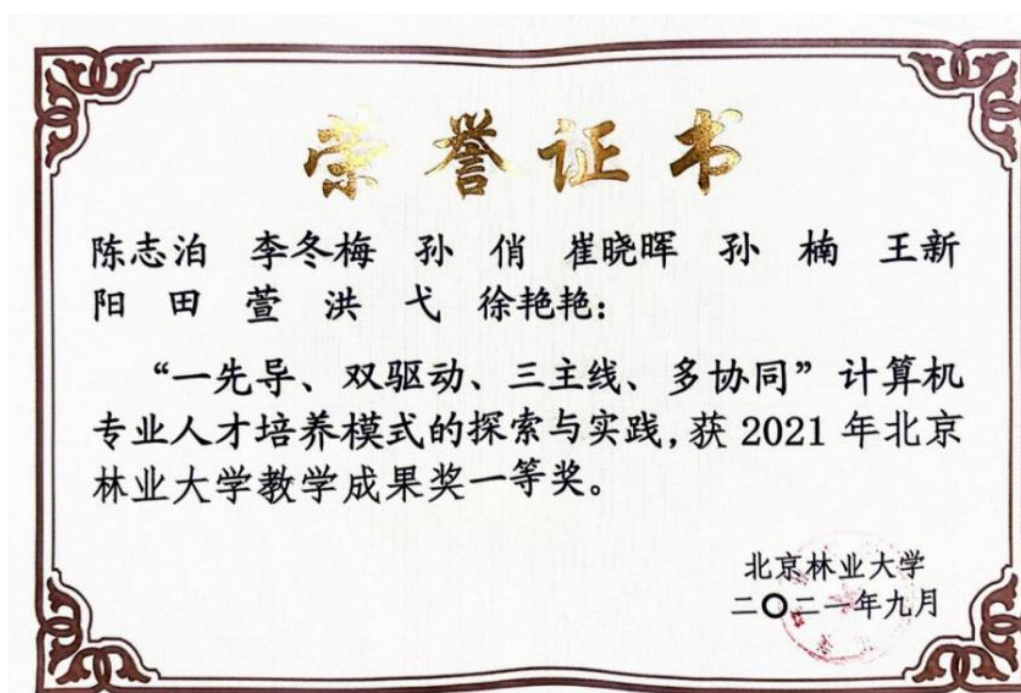
19. 2021 年北京林业大学“课程思政”教学改革优秀案例



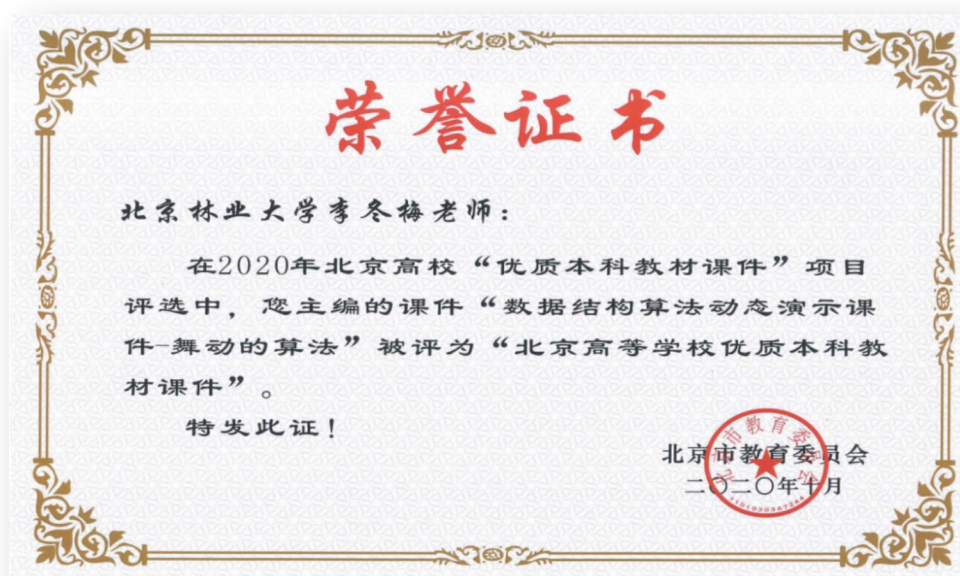
20. 2021 年北京林业大学教育教学研究论文优秀奖



21. 2021 年北京林业大学教学成果一等奖



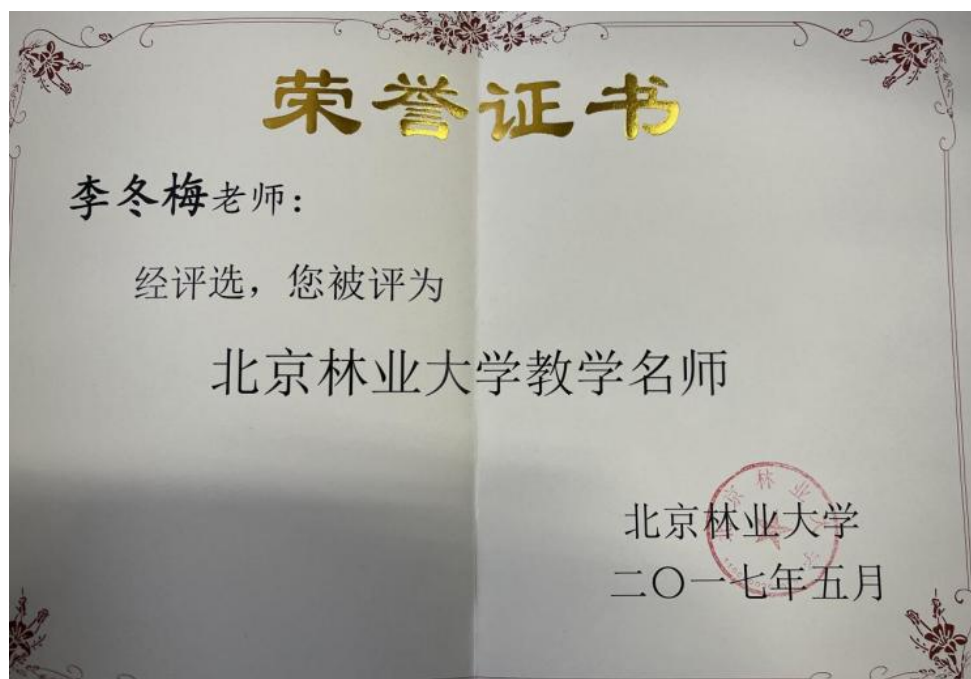
22. 2020 年北京高校优质本科教材课件



23. 2017 年北京林业大学优秀教学论文一等奖



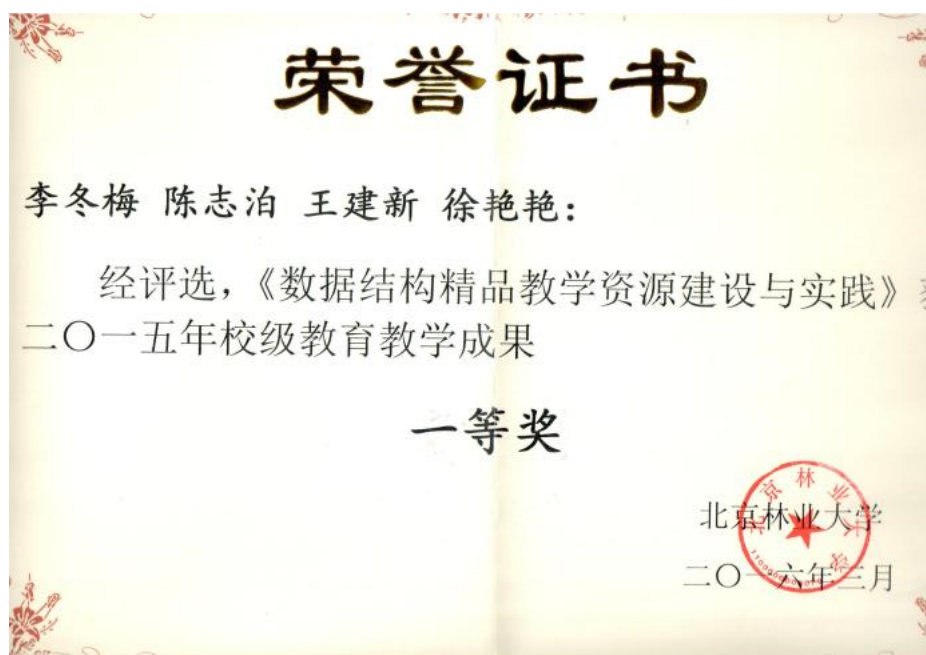
24. 2017 年北京林业大学教学名师



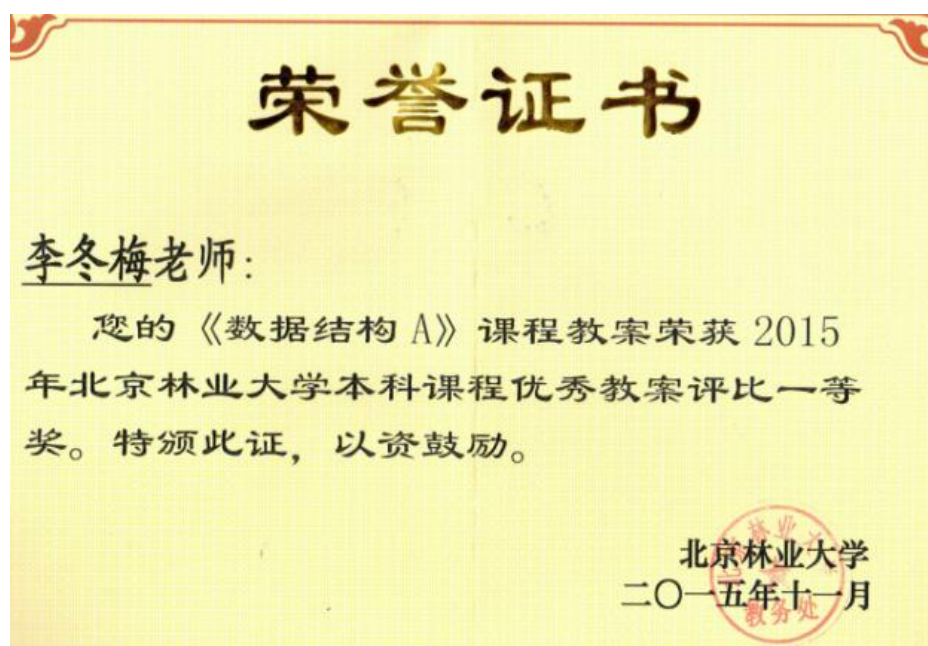
25. 2016 年第二届微课创作大赛优秀奖



26. 2015 年北京林业大学教学成果一等奖



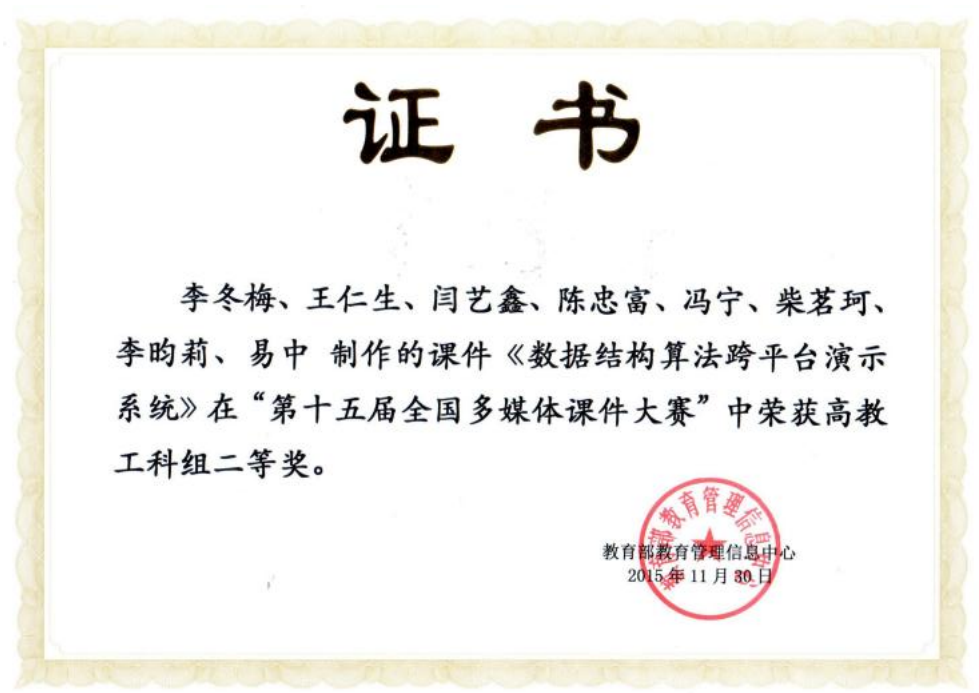
27. 2015 年北京林业大学本科课程优秀教案一等奖



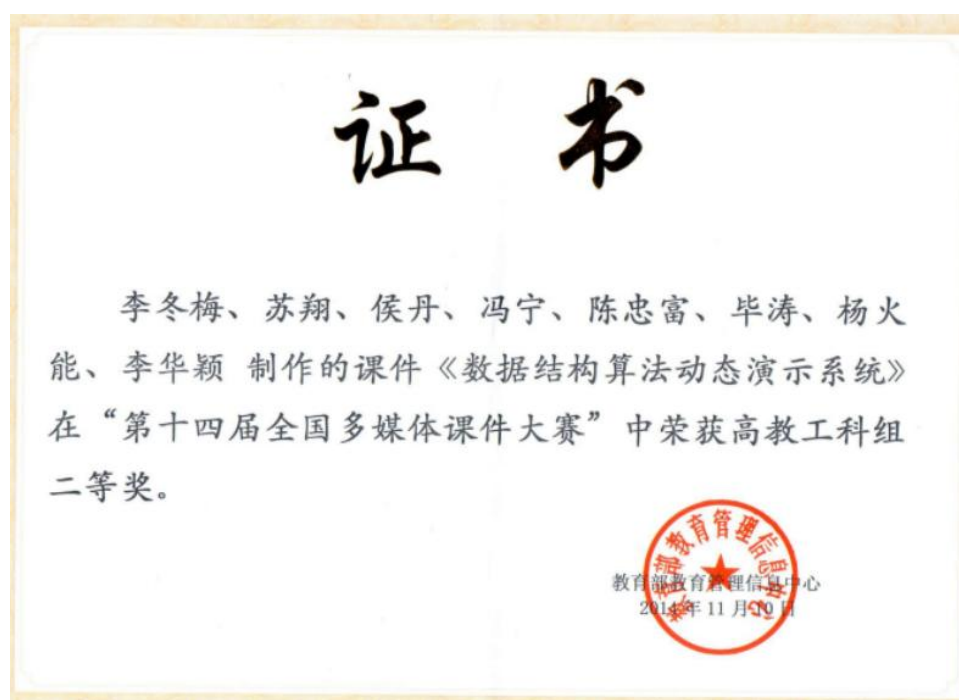
28. 2015 年第十一届全国高等学校计算机课件大赛一等奖



29. 2015 年第十五届全国多媒体课件大赛高教工科组二等奖



30. 2014 年第十四届全国多媒体课件大赛高教工科组二等奖



六、新闻报道

1. 北林大携手华为！研发智慧算法学习系统

<https://mp.weixin.qq.com/s/5Gr2xbrZ6A2Doxnh8uoAeg>（北京林业大学官微）

https://news.qq.com/rain/a/20250620A06UV400?suid=&media_id=（腾讯新闻）

<https://www.163.com/dy/article/K2GSBCQL05259I99.html>（网易新闻）

https://www.sohu.com/a/906249684_121124335（搜狐新闻）

<https://mp.weixin.qq.com/s/KBslzTaHrhtq-0E1EhqWAA>（北林科技处公众号）

北林大携手华为！研发智慧算法学习系统

请关注 北京林业大学 2025年06月20日 16:35 北京



近日，北京林业大学信息学院（人工智能学院）与华为公司达成深度产学研合作，成功研发新一代智慧算法学习系统——“舞动的算法”，兼容C/C++、Python等主流语言，旨在为学习者提供一个全面、高效的算法学习与实践平台。



仓颉语言作为鸿蒙生态中的重要组成部分，支持鸿蒙系统下的全场景应用开发，但目前其教学资源相对有限，“舞动的算法”学习系统的推出，填补了仓颉语言在数据结构与算法教学领域的空白，更为普通程序设计学习者打开了一扇大门。

“舞动的算法”学习系统

2. 基于仓颉编程语言的数据结构算法演示上线啦，北京林业大学携手华为助力国产基础软件发展

<https://mp.weixin.qq.com/s/xYnCVq-qt0PAubbWZetzTw>（华为仓颉语言公众号）

基于仓颉编程语言的数据结构算法演示上线啦，北京林业大学携手华为助力国产基础软件发展

舞动的算法 仓颉编程语言 2025年04月24日 17:10 浙江



3. “舞动的算法”为您带来全新的学习体验

<https://mp.weixin.qq.com/s/xYnCVq-qt0PAubbWZetzTw>（人邮教育公众号）

“舞动的算法”为您带来全新的学习体验！

人邮教育 2025年03月26日 17:51 北京

以下文章来源于舞动的算法，作者北林信息学院



4. 算法新视界：AI 与数据结构的奇妙碰撞（上）

图谱化智联，场景化智导——“数据结构”智慧课程建设

<https://mp.weixin.qq.com/s/i35L9AH57oJKrFuoOh88gA>（北林教务公众号）

专题 | 算法新视界：AI与数据结构的奇妙碰撞（上）

北林教务 2025年05月16日 17:03 北京

图谱化智联，场景化智导 ——“数据结构”智慧课程建设

“数据结构”作为计算机类专业的核心课程，既是软件开发的底层理论基石，也是通向计算机高阶领域的必经之路。然而，传统教学模式中抽象的概念体系与复杂的算法逻辑常使学生陷入“理解难、应用难、进阶难”的困境。对此，北京林业大学信息学院李冬梅教授领衔，付慧、孟伟、洪弋、管志斌等教师组成的数据结构课程教学团队依托人工智能技术，以“图谱化智联”与“场景化智导”为双引擎，推动课程向智慧化转型，构建了理论与实践深度融合的创新教学体系。

团队依托智慧树和头歌两大教学平台，实现了知识图谱驱动的个性化理论教学与多元任务引导的智慧化实践教学。学生可在动态知识网络中系统构建知识体系，在真实场景中完成算法设计到代码落地的全流程训练；教师则借助AI学情分析与决策工具，精准定位学生薄弱环节，实现“千人千面”的个性化培养。

5. 算法新视界：AI 与数据结构的奇妙碰撞（中）

算法可视化智解，评测精准化智答——“数据结构”智慧课程建设

https://mp.weixin.qq.com/s/sZ_7A_s1iSR6kWxpJOoSgA（北林教务公众号）

专题 | 算法新视界：AI与数据结构的奇妙碰撞（中）

北林教务 2025年06月05日 17:35 北京

算法可视化智解，评测精准化智答——“数据结构”智慧课程建设

继首篇介绍数据结构教学团队依托智慧树、头歌平台构建个性化理论学习与实践训练体系之后，团队进一步发挥专业优势，自主研发了创新算法智能学习平台——“舞动的算法”，实现了教学边界的拓展升级。一方面，平台通过动态可视化交互演示将抽象算法逻辑转化为直观可感的图形化过程，由AI智能体提供实时算法解析与步骤拆解，实现算法可视化智解；另一方面，依托在线编程评测与选择题评测体系，由AI智能体辅助答题，并能够基于答题数据生成个性化学习诊断报告，实现学习成效的精准智答反馈，进一步为学生打造理论与实践结合的个性化学习体系。

6. 算法新视界：AI 与数据结构的奇妙碰撞（下）

技术国产化智创，生态协同化智融——“数据结构”智慧课程建设

<https://mp.weixin.qq.com/s/h4db8z0egsVpcG-DAADopQ>（北林教务公众号）

专题 | 算法新视界：AI与数据结构的奇妙碰撞（下）

北林教务 2025年06月24日 19:04 北京

技术国产化智创，生态协同化智融——“数据结构”智慧课程建设

在国家推进科技自主创新的战略背景下，我校数据结构教学团队充分发挥专业优势，成功自主研发了新一代智慧算法学习系统“舞动的算法”(<https://dancingAlgo.cn>)，构建了理论与实践相结合的个性化教学体系。在取得这一突破性进展的同时，团队积极响应国家发展自主知识产权的战略需求，与华为公司开展深度产学研合作，以“技术国产化智创”为核心、“生态协同化智融”为路径，对系统进行升级改进。升级后的系统不仅支持C/C++、Python等主流编程语言，同时创新性地实现了对华为自研仓颉语言的全面适配。通过将仓颉语言的技术优势与数据结构教学资源深度融合，填补了国产编程语言在算法教学领域的应用空白，为AI赋能教育及国产语言生态在高等教育领域的实践应用提供了创新范例。

7. 信息学院（人工智能学院）携手华为研发发布仓颉语言智慧算法学习系统

<https://news.bjfu.edu.cn/jxky/8c144aa2911d4b369a03dcea87465beb.html>（绿色新闻网）

<https://it.bjfu.edu.cn/xyxw/95fb6e0efe3b496d95c67e423c811dd9.html>（信息学院官网）



您现在的位置>> 新闻首页>> 教学科研

信息学院（人工智能学院）携手华为研发发布仓颉语言智慧算法学习系统

来源：信息学院（人工智能学院） 发表时间：2025/06/13

近日，信息学院（人工智能学院）李冬梅教授教学团队与华为公司达成深度产学研合作，成功研发新一代智慧算法学习系统——“舞动的算法”，填补了华为自研的仓颉语言在数据结构与算法教学领域的空白，兼容C/C++、Python等主流语言，旨在为学习者提供一个全面、高效的算法学习与实践平台。

仓颉语言作为鸿蒙生态中的重要组成部分，旨在支持鸿蒙系统下的全场景应用开发，目前其教学资源相对有限，“舞动的算法”学习系统的推出，对仓颉语言教学资源建设及语言的推广具有重要意义。



信息学院（人工智能学院）携手华为研发发布仓颉语言智慧算法学习系统

来源：暂无 发表时间：2025-06-10

近日，信息学院（人工智能学院）李冬梅教授教学团队与华为公司达成深度产学研合作，成功研发了新一代智慧算法学习系统——“舞动的算法”，填补了华为自研的仓颉语言在数据结构与算法教学领域的空白，兼容C/C++、Python等主流语言，旨在为学习者提供一个全面、高效的算法学习与实践平台。

仓颉语言作为鸿蒙生态中的重要组成部分，旨在支持鸿蒙系统下的全场景应用开发，目前其教学资源相对有限，“舞动的算法”学习系统的推出，对仓颉语言教学资源建设及语言的推广具有重要意义。

李冬梅教授团队在“数据结构”教学领域深耕多年，其主编的《数据结构（C语言版）》作为“十二五”本科国家级规划教材，累计销量100余万册，被国内500余所高校选用。依托深厚的教学积淀与丰富的教学资源，创新融合可视化及人工智能技术，“舞动的算法”打造了算法动态演示、在线编程评测与智能学习助手三大核心功能。

算法动态演示功能内嵌100余种数据结构经典算法，借助直观的动画交互，让学习者轻松理解数据结构算法在仓颉语言及其他编程语言中的应用和实现细节，感受不同语言的编程魅力。在线编程评测则提供覆盖多种语言的丰富云端题库，助力算法理论与实践的深度融合。



8. 信息学院教师获 2023 年中国高校计算机教育大会最佳论文奖

<https://jwc.bjfu.edu.cn/tpxw/d6ccb1ae8e754b4db3e84dbdcc8d2776.html>（北林教务处官网）

<https://it.bjfu.edu.cn/xyxw/8bbb12bcf20845938e0a1635ae2b570c.html>（信息学院官网）



北京林业大学教务处
Teaching Affairs Office of Beijing Forestry University

热情 敬业 高效 团结

首页 | 机构设置 | 规章制度 | 专业培养 | 家长督学 | 毕业论文 | 课程资源 | 质量报告 | 学籍注册 | 录播平台 | 成果称号

信息学院教师获2023年中国高校计算机教育大会最佳论文奖

[发布日期: 2023-08-10 点击数: 1357]

近日，信息学院数据结构课程组李冬梅教授等带领团队以“生态文明”为主题，凝练课程思政改革工作成果，撰写论文《课程思政视角下的“数据结构课程设计”建设探索》（作者：李冬梅、李雨潄、付慧、洪弋、孟伟），在2023年中国高校计算机教育大会做优秀论文报告，获评大会最佳论文奖。本次大会由全国高等学校计算机教育研究会、中国计算机学会、教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会主办，是中国高校计算机教育教学领域的年度盛会。

该成果立足我校“一核三强四融合”的本科人才培养理念，首次以“生态文明建设”为背景，在计算机专业核心实践课程“数据结构课程设计”开展课程思政改革工作，形成了具有农林特色的实践案例，展示了“生态文明”课程思政与计算机实践类课程融合方



北京林业大学信息学院、人工智能学院
School of Information Science and Technology of BJFU School of Artificial Intelligence of BJFU

首页 | 学院概况 | 师资队伍 | 本科生培养 | 研究生工作 | 学科介绍 | 科研学术 | 党建思政 | 学生

学院新闻

首页 > 学院新闻

计算机教育大会最佳论文获奖

来源：暂无 发表时间：2023-08-07

近日，2023年中国高校计算机教育大会在厦门顺利落下帷幕。信息学院数据结构课程组李冬梅教授等带领团队以“生态文明”为主题，凝练课程思政改革工作成果，撰写论文《课程思政视角下的“数据结构课程设计”建设探索》（作者：李冬梅、李雨潄、付慧、洪弋、孟伟）获得大会最佳论文奖。同时，课程团队负责人李冬梅教授作为特邀嘉宾代表团队做优秀论文报告。

该成果依托计算机专业核心课程的实践类课程“数据结构课程设计”，立足我校“一核三强”培养理念，在国内高校中首次以“生态文明建设”为背景，构建实践类课程思政体系，打造具有农林特色的实践案例，探索了将“生态文明”思政与计算机实践类课程有机融合途径。

为贯彻并提升高校师生服务“生态文明”的热情，团队对成果进行了开源化处理，通过头歌、出版社交流等多个平台，开放、推广并传播成果相关案例。推广平台统计，相关研究成果已经被国内多所高校采用，为地方高校计算机专业尤其是农林院校相关专业实践类课程的思政改革提供一种可借鉴的教学模式。

近年来，学院始终把育人工作放在首位，针对性地通过教学研讨、鼓励教学交流等形式落实习近平新时代中国特色社会主义思想进课程、

七、教材出版

1. 《数据结构（C语言版）》第3版



图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构 : C 语言版 : 双色版 / 李冬梅, 严蔚敏, 吴伟民编著. -- 3 版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2024.8 -- (高等学校计算机专业核心课名师精品系列教材). -- ISBN 978-7-115-65125-9
I . TP311.12; TP312.8
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024AN0707 号

内 容 提 要

本书在选材与编排上, 贴近当前普通高等院校“数据结构”课程的现状和发展趋势, 符合最新的全国研究生考试计算机统考大纲, 内容难度适度, 突出实用性和应用性。全书共 8 章, 内容包括绪论, 线性表, 栈和队列, 串、数组和广义表, 树和二叉树, 图, 查找和排序。全书采用类 C 语言作为数据结构和算法的描述语言。

本书可作为普通高等院校计算机和信息技术相关专业“数据结构”课程的教材, 也可供从事计算机工程与应用工作的科技工作者参考。

◆ 编 著 李冬梅 严蔚敏 吴伟民
责任编辑 刘 博
责任印制 陈 桦
◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <https://www.ptpress.com.cn>
三河市中晟雅豪印务有限公司印刷
◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17 2024 年 8 月第 3 版
字数: 559 千字 2024 年 8 月河北第 1 次印刷

定价: 59.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315
广告经营许可证: 京东市监广登字 20170147 号

第 1 章 绪论 1**1.1 数据结构的研究内容 1****1.2 数据结构的基本概念和术语 3**

1.2.1 数据、数据元素、数据项和数据对象 3

1.2.2 数据结构 4

1.2.3 数据类型和抽象数据类型 6

1.3 抽象数据类型的表示与实现 7**1.4 算法和算法分析 10**

1.4.1 算法的定义及特性 11

1.4.2 评价算法优劣的基本标准 11

1.4.3 算法的时间复杂度 11

1.4.4 算法的空间复杂度 15

1.5 小结 16**习题 17****第 2 章 线性表 19****2.1 线性表的定义和特点 19****2.2 案例引入 20****2.3 线性表的类型定义 22****2.4 线性表的顺序表示和实现 23**

2.4.1 线性表的顺序表示 23

2.4.2 顺序表中基本操作的实现 25

2.5 线性表的链式表示和实现 29

2.5.1 单链表的定义和表示 29

2.5.2 单链表基本操作的实现 32

2.5.3 循环链表 38

2.5.4 双向链表 38

2.6 顺序表和链表的比较 40

2.6.1 空间性能的比较 40

2.6.2 时间性能的比较 40

2.7 线性表的应用 41

2.7.1 线性表的合并 41

2.7.2 有序表的合并 42

2.8 案例分析与实现 44**2.9 LeetCode 算法练习题 49****2.10 小结 58****习题 59****第 3 章 栈和队列 62****3.1 栈和队列的定义和特点 62**

3.1.1 栈的定义和特点 62

3.1.2 队列的定义和特点 63

3.2 案例引入 63**3.3 栈的表示和实现 65**

3.3.1 栈的类型定义 65

3.3.2 顺序栈的表示和实现 66

3.3.3 链栈的表示和实现 68

3.4 栈与递归 70

3.4.1 采用递归算法解决的问题 70

3.4.2 递归过程与递归工作栈 74

3.4.3 递归算法的效率分析 76

3.4.4 利用栈将递归转换为非递归的方法 76

目录 CONTENTS

3.5 队列的表示和实现	77
3.5.1 队列的类型定义	77
3.5.2 顺序队的表示和实现	78
3.5.3 链队的表示和实现	81
3.6 案例分析与实现	83
3.7 LeetCode 算法练习题	90
3.8 小结	101
习题	102

第4章 串、数组和广义表 105

4.1 串的定义	105
4.2 案例引入	106
4.3 串的类型定义、存储结构及其运算	107
4.3.1 串的抽象类型定义	107
4.3.2 串的存储结构	108
4.3.3 串的模式匹配算法	109
4.4 数组	118
4.4.1 数组的类型定义	118
4.4.2 数组的顺序存储	119
4.4.3 特殊矩阵的压缩存储	120
4.5 广义表	122
4.5.1 广义表的定义	122
4.5.2 广义表的存储结构	123
4.6 案例分析与实现	125
4.7 LeetCode 算法练习题	126
4.8 小结	134
习题	134

第5章 树和二叉树 137

5.1 树和二叉树的定义	137
5.1.1 树的定义	137
5.1.2 树的基本术语	138
5.1.3 二叉树的定义	139
5.2 案例引入	140
5.3 树和二叉树的抽象数据类型定义	141
5.4 二叉树的性质和存储结构	144
5.4.1 二叉树的性质	144
5.4.2 二叉树的存储结构	146
5.5 遍历二叉树和线索二叉树	147
5.5.1 遍历二叉树	147
5.5.2 线索二叉树	154
5.6 树和森林	158
5.6.1 树的存储结构	158
5.6.2 森林与二叉树的转换	160
5.6.3 树和森林的遍历	161
5.7 哈夫曼树及其应用	162
5.7.1 哈夫曼树的基本概念	162
5.7.2 哈夫曼树的构造算法	163
5.7.3 哈夫曼编码	165
5.8 并查集及其应用	168
5.8.1 并查集的基本概念	168
5.8.2 并查集的实现及优化	169
5.9 案例分析与实现	173
5.10 LeetCode 算法练习题	176
5.11 小结	180
习题	181

第6章 图 184

6.1 图的定义和基本术语	184
6.1.1 图的定义	184
6.1.2 图的基本术语	185
6.2 案例引入	186
6.3 图的类型定义	187
6.4 图的存储结构	188
6.4.1 邻接矩阵	189
6.4.2 邻接表	191
6.4.3 十字链表	193
6.4.4 邻接多重表	194
6.5 图的遍历	196
6.5.1 深度优先搜索	196
6.5.2 广度优先搜索	198
6.6 图的应用	200
6.6.1 最小生成树	200
6.6.2 最短路径	205
6.6.3 拓扑排序	211
6.6.4 关键路径	214
6.7 案例分析与实现	219
6.8 LeetCode 算法练习题	221
6.9 小结	225
习题	227

第7章 查找 230

7.1 查找的基本概念	230
7.2 线性表的查找	231
7.2.1 顺序查找	231

7.2.2 折半查找	232
7.2.3 分块查找	235
7.3 树表的查找	237
7.3.1 二叉排序树	237
7.3.2 平衡二叉树	244
7.3.3 红黑树	249
7.3.4 B- 树	259
7.3.5 B+ 树	267
7.4 散列表的查找	268
7.4.1 散列表的基本概念	268
7.4.2 散列函数的构造方法	270
7.4.3 处理冲突的方法	272
7.4.4 散列表的查找	274
7.5 LeetCode 算法题	277
7.6 小结	284
习题	286

第8章 排序 289

8.1 基本概念和排序方法概述	289
8.1.1 排序的基本概念	289
8.1.2 内部排序方法的分类	290
8.1.3 待排序记录的存储方式	291
8.1.4 排序算法效率的评价指标	291
8.2 插入排序	291
8.2.1 直接插入排序	292
8.2.2 折半插入排序	293
8.2.3 希尔排序	294
8.3 交换排序	296



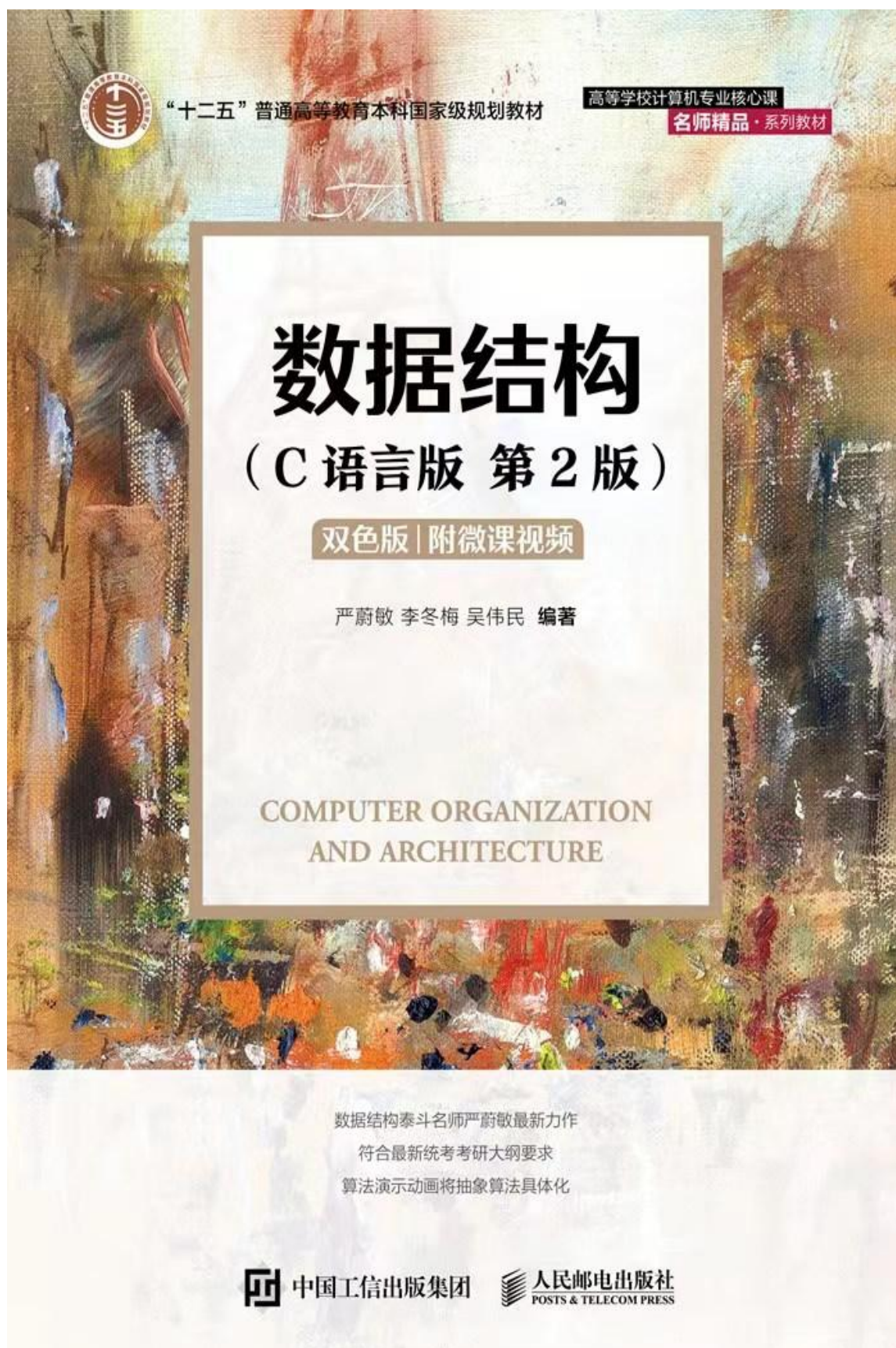
目录

CONTENTS

8.3.1 冒泡排序	296	8.7 外部排序	314
8.3.2 快速排序	298	8.7.1 外部排序的基本方法	315
8.4 选择排序	301	8.7.2 多路平衡归并的实现	316
8.4.1 简单选择排序	301	8.7.3 置换 - 选择排序	317
8.4.2 树形选择排序	303	8.7.4 最佳归并树	321
8.4.3 堆排序	304	8.8 LeetCode 算法题	322
8.5 归并排序	309	8.9 小结	326
8.6 基数排序	311	习题	328
8.6.1 多关键字的排序	311		
8.6.2 链式基数排序	311	参考文献	330



2. 《数据结构（C 语言版）》第 2 版



图书在版编目(CIP)数据

数据结构 : C语言版 : 双色版 / 严蔚敏, 李冬梅, 吴伟民编著. — 2版. — 北京 : 人民邮电出版社, 2022.1
高等学校计算机专业核心课名师精品系列教材
ISBN 978-7-115-57666-8

I. ①数… II. ①严… ②李… ③吴… III. ①数据结构—高等学校—教材②C语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP311.12②TP312.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第208784号

内 容 提 要

本书在选材与编排上,贴近当前普通高等院校“数据结构”课程的现状和发展趋势,符合最新的全国研究生考试计算机统考大纲,内容难度适度,突出实用性和应用性。全书共8章,内容包括绪论,线性表,栈和队列,串、数组和广义表,树和二叉树,图,查找和排序。全书采用类C语言作为数据结构和算法的描述语言。

本书可作为普通高等院校计算机和信息技术相关专业“数据结构”课程的教材,也可供从事计算机工程与应用工作的科技工作者参考。

-
- ◆ 编 著 严蔚敏 李冬梅 吴伟民
责任编辑 刘 博
责任印制 王 郁 马振武
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <https://www.ptpress.com.cn>
三河市中晟雅豪印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17 2022年1月第2版
字数: 447千字 2022年1月河北第1次印刷
-

定价: 49.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315
广告经营许可证: 京东市监广登字 20170147 号

第 1 章 绪论 1**1.1 数据结构的研究内容 1****1.2 数据结构的基本概念和术语 3**

1.2.1 数据、数据元素、数据项和数据对象 3

1.2.2 数据结构 4

1.2.3 数据类型和抽象数据类型 6

1.3 抽象数据类型的表示与实现 7**1.4 算法和算法分析 10**

1.4.1 算法的定义及特性 10

1.4.2 评价算法优劣的基本标准 11

1.4.3 算法的时间复杂度 11

1.4.4 算法的空间复杂度 14

1.5 小结 15**习题 16****第 2 章 线性表 18****2.1 线性表的定义和特点 18****2.2 案例引入 19****2.3 线性表的类型定义 21****2.4 线性表的顺序表示和实现 22**

2.4.1 线性表的顺序表示 22

2.4.2 顺序表中基本操作的实现 24

2.5 线性表的链式表示和实现 28

2.5.1 单链表的定义和表示 28

2.5.2 单链表基本操作的实现 31

2.5.3 循环链表 37

2.5.4 双向链表 37

2.6 顺序表和链表的比较 39

2.6.1 空间性能的比较 39

2.6.2 时间性能的比较 39

2.7 线性表的应用 40

2.7.1 线性表的合并 40

2.7.2 有序表的合并 41

2.8 案例分析与实现 43**2.9 小结 48****习题 49****第 3 章 栈和队列 52****3.1 栈和队列的定义和特点 52**

3.1.1 栈的定义和特点 52

3.1.2 队列的定义和特点 53

3.2 案例引入 53**3.3 栈的表示和操作的实现 54**

3.3.1 栈的类型定义 54

3.3.2 顺序栈的表示和实现 55

3.3.3 链栈的表示和实现 57

3.4 栈与递归 59

3.4.1 采用递归算法解决的问题 59

3.4.2 递归过程与递归工作栈 63

3.4.3 递归算法的效率分析 65

3.4.4 利用栈将递归转换为非递归的方法 66

3.5 队列的表示和操作的实现 67

3.5.1 队列的类型定义 67

3.5.2 循环队列——队列的顺序表示和实现 67

3.5.3 链队列——队列的链式表示和实现 71

3.6 案例分析与实现 73**3.7 小结 80**

目录

CONTENTS

习题	81
----	----

第4章 串、数组和广义表 84

4.1 串的定义	84
4.2 案例引入	85
4.3 串的类型定义、存储结构及其运算	86
4.3.1 串的抽象类型定义	86
4.3.2 串的存储结构	87
4.3.3 串的模式匹配算法	88
4.4 数组	94
4.4.1 数组的类型定义	94
4.4.2 数组的顺序存储	96
4.4.3 特殊矩阵的压缩存储	97
4.5 广义表	98
4.5.1 广义表的定义	98
4.5.2 广义表的存储结构	100
4.6 案例分析与实现	101
4.7 小结	103
习题	103

第5章 树和二叉树 106

5.1 树和二叉树的定义	106
5.1.1 树的定义	106
5.1.2 树的基本术语	107
5.1.3 二叉树的定义	108
5.2 案例引入	108
5.3 树和二叉树的抽象数据类型定义	110
5.4 二叉树的性质和存储结构	113
5.4.1 二叉树的性质	113
5.4.2 二叉树的存储结构	114
5.5 遍历二叉树和线索二叉树	116

5.5.1 遍历二叉树	116
5.5.2 线索二叉树	122
5.6 树和森林	127
5.6.1 树的存储结构	127
5.6.2 森林与二叉树的转换	129
5.6.3 树和森林的遍历	130
5.7 哈夫曼树及其应用	131
5.7.1 哈夫曼树的基本概念	131
5.7.2 哈夫曼树的构造算法	132
5.7.3 哈夫曼编码	134
5.8 案例分析与实现	137
5.9 小结	139
习题	140

第6章 图 143

6.1 图的定义和基本术语	143
6.1.1 图的定义	143
6.1.2 图的基本术语	144
6.2 案例引入	145
6.3 图的类型定义	146
6.4 图的存储结构	147
6.4.1 邻接矩阵	148
6.4.2 邻接表	150
6.4.3 十字链表	152
6.4.4 邻接多重表	153
6.5 图的遍历	155
6.5.1 深度优先搜索	155
6.5.2 广度优先搜索	157
6.6 图的应用	159
6.6.1 最小生成树	159
6.6.2 最短路径	164
6.6.3 拓扑排序	170

6.6.4 关键路径	173
6.7 案例分析与实现	178
6.8 小结	180
习题	181

第7章 查找 185

7.1 查找的基本概念	185
7.2 线性表的查找	186
7.2.1 顺序查找	186
7.2.2 折半查找	187
7.2.3 分块查找	190
7.3 树表的查找	192
7.3.1 二叉排序树	192
7.3.2 平衡二叉树	199
7.3.3 B- 树	203
7.3.4 B+ 树	211
7.4 散列表的查找	213
7.4.1 散列表的基本概念	213
7.4.2 散列函数的构造方法	214
7.4.3 处理冲突的方法	216
7.4.4 散列表的查找	218
7.5 小结	221
习题	223

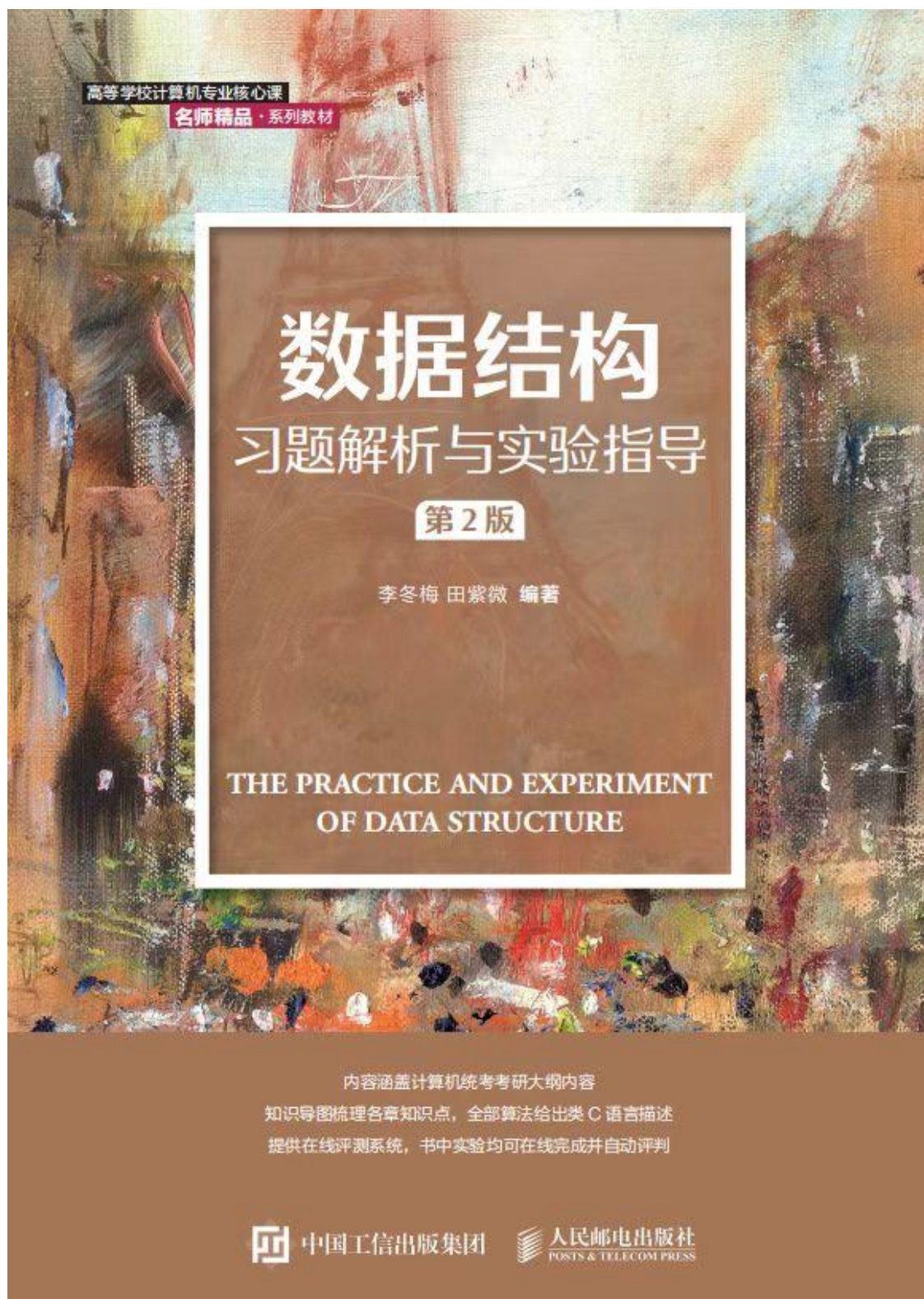
第8章 排序 227

8.1 基本概念和排序方法概述	227
8.1.1 排序的基本概念	227

8.1.2 内部排序方法的分类	228
8.1.3 待排序记录的存储方式	229
8.1.4 排序算法效率的评价指标	229
8.2 插入排序	229
8.2.1 直接插入排序	230
8.2.2 折半插入排序	231
8.2.3 希尔排序	232
8.3 交换排序	234
8.3.1 冒泡排序	234
8.3.2 快速排序	236
8.4 选择排序	239
8.4.1 简单选择排序	239
8.4.2 树形选择排序	241
8.4.3 堆排序	242
8.5 归并排序	247
8.6 基数排序	249
8.6.1 多关键字的排序	249
8.6.2 链式基数排序	249
8.7 外部排序	252
8.7.1 外部排序的基本方法	253
8.7.2 多路平衡归并的实现	254
8.7.3 置换-选择排序	255
8.7.4 最佳归并树	259
8.8 小结	260
习题	261

参考文献 264

3. 《数据结构习题解析与实验指导》第2版



图书在版编目(CIP)数据

数据结构习题解析与实验指导 / 李冬梅, 田紫薇编
著. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2022.5
高等学校计算机专业核心课名师精品系列教材
ISBN 978-7-115-57956-0

I. ①数… II. ①李… ②田… III. ①数据结构—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP311.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第235025号

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十二五”国家级规划教材《数据结构(C语言版)》(第2版)的配套用书,全书分为两篇:第一篇与主教材的章节顺序一致,共8章,每章分别给出了相应的知识提要 and 习题解答,主要内容为主教材各章的知识导图和学习目标、主教材习题解答和典型习题解析;第二篇为课程实验与课程设计指导,根据数据结构课程的教学重点和难点,给出8个课程实验题目和2个综合性的课程设计题目,每个题目都有明确的要求。

本书既可以配合主教材使用,起到衔接课堂教学、实验教学与课下辅导的作用,也可独立使用,以帮助各类学生尤其是考研学生课程学习与考前复习。

◆ 编 著 李冬梅 田紫薇
责任编辑 刘 博
责任印制 王 郁 陈 桦
◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <https://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.5 2022年5月第2版
字数: 492千字 2022年5月北京第1次印刷

定价: 59.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315
广告经营许可证: 京东市监广登字 20170147 号

目 录

第一篇 习题

第 1 章 绪论	2
1.1 习题	3
1.2 答案及解析	8
第 2 章 线性表	17
2.1 习题	18
2.2 答案及解析	26
第 3 章 栈和队列	54
3.1 习题	54
3.2 答案及解析	62
第 4 章 串、数组和广义表	88
4.1 习题	89
4.2 答案及解析	94
第 5 章 树和二叉树	113
5.1 习题	114
5.2 答案及解析	121
第 6 章 图	142
6.1 习题	143
6.2 答案及解析	155
第 7 章 查找	181
7.1 习题	182
7.2 答案及解析	190
第 8 章 排序	214
8.1 习题	215
8.2 答案及解析	222

第二篇 实验

实验 1 基于线性表的图书 信息管理	246
实验 2 基于栈的中缀 算术表达式求值	262
实验 3 基于栈的后缀算术 表达式求值	263
实验 4 基于字符串模式匹配算法 的病毒感染检测问题	264
实验 5 基于哈夫曼树的数据 压缩算法	265
实验 6 基于二叉树的表达式 求值算法	267
实验 7 基于 Dijkstra 算法的 最短路径求解	268
实验 8 基于广度优先搜索的六度 空间理论的验证	270
课程设计 1 基于不同策略的英文 单词的词频统计和 检索系统	272
课程设计 2 美团餐馆预订管理信息 系统	277

4. 《数据结构（Python 版）》



图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构 : Python版 : 附微课视频 / 李冬梅, 曲锦涛编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2021. 11
高等学校计算机专业核心课名师精品系列教材
ISBN 978-7-115-58066-5

I. ①数… II. ①李… ②曲… III. ①数据结构—高等学校—教材②软件工具—程序设计—高等学校—教材
IV. ①TP311.12②TP311.561

中国版本图书馆CIP数据核字 (2021) 第242993号

内 容 提 要

本书在选材与编排上, 贴近当前普通高等院校“数据结构”课程的现状和发展趋势, 符合最新研究生考试大纲, 内容难度适中, 突出实用性和应用性。全书共 8 章, 包括绪论, 线性表, 栈和队列, 串、数组和广义表, 树和二叉树, 图, 查找, 排序。全书采用类 Python 语言作为数据结构和算法的描述语言。

本书可作为普通高等院校计算机和信息技术相关专业“数据结构”课程的教材, 也可供从事计算机工程与应用工作的科技工作者参考。

◆ 编 著 李冬梅 曲锦涛
责任编辑 刘 博
责任印制 王 郁 陈 桦
◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <https://www.ptpress.com.cn>
涿州市京南印刷厂印刷
◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17 2021 年 11 月第 1 版
字数: 447 千字 2021 年 11 月河北第 1 次印刷

定价: 69.80 元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316
反盗版热线: (010) 81055315
广告经营许可证: 京东市监广登字 20170147 号

目录

CONTENTS

第1章

绪论

1.1 数据结构的研究内容	2
1.2 数据结构的基本概念和术语	4
1.2.1 数据、数据元素、数据项和数据对象	4
1.2.2 数据结构	4
1.2.3 数据类型和抽象数据类型	6
1.3 抽象数据类型的表示与实现	7
1.4 算法和算法分析	9
1.4.1 算法的定义及特性	9
1.4.2 算法的描述	10
1.4.3 评价算法优劣的基本标准	12
1.4.4 算法的时间复杂度	12
1.4.5 算法的空间复杂度	16
1.5 小结	17
习题	17

第2章

线性表

2.1 线性表的定义和特点	20
2.2 案例引入	20
2.3 线性表的类型定义	22
2.4 线性表的顺序表示和实现	23
2.4.1 线性表的顺序表示	23
2.4.2 顺序表基本操作的实现	25

2.5 线性表的链式表示和实现	28
2.5.1 单链表的定义和表示	28
2.5.2 单链表基本操作的实现	31
2.5.3 循环链表	36
2.5.4 双向链表	36
2.6 顺序表和链表的比较	38
2.6.1 空间性能的比较	38
2.6.2 时间性能的比较	38
2.7 线性表的应用	39
2.7.1 线性表的合并	39
2.7.2 有序表的合并	40
2.8 案例分析与实现	42
2.9 Python 标准库中的线性表	46
2.10 小结	47
习题	48

第3章

栈和队列

3.1 栈和队列的定义和特点	52
3.1.1 栈的定义和特点	52
3.1.2 队列的定义和特点	52
3.2 案例引入	53
3.3 栈的表示和操作的实现	54
3.3.1 栈的类型定义	54
3.3.2 顺序栈的表示和实现	55
3.3.3 链栈的表示和实现	57
3.4 栈与递归	58
3.4.1 采用递归算法解决的	

问题	58
3.4.2 递归过程与递归工作栈	62
3.4.3 递归算法的效率分析	64
3.4.4 利用栈将递归转换为非递归的方法	65
3.5 队列的表示和操作的实现	65
3.5.1 队列的类型定义	65
3.5.2 循环队列——队列的顺序表示和实现	66
3.5.3 链队列——队列的链式表示和实现	69
3.5.4 特殊队列	71
3.6 案例分析与实现	71
3.7 Python 标准库中的栈和队列	77
3.8 小结	78
习题	79

第4章

串、数组和广义表

4.1 串的定义	84
4.2 案例引入	84
4.3 串	85
4.3.1 串的抽象类型定义	85
4.3.2 串的存储结构	86
4.3.3 串的模式匹配算法	87
4.4 数组	93
4.4.1 数组的类型定义	93
4.4.2 数组的顺序存储	94
4.4.3 特殊矩阵的压缩存储	95
4.5 广义表	97
4.5.1 广义表的定义	97
4.5.2 广义表的存储结构	98
4.6 案例分析与实现	99
4.7 Python 标准库中的数组与字符串	100
4.7.1 数组	100
4.7.2 字符串	103
4.8 小结	103
习题	104

第5章

树和二叉树

5.1 树和二叉树的定义	108
5.1.1 树的定义	108
5.1.2 树的基本术语	108
5.1.3 二叉树的定义	109
5.2 案例引入	110
5.3 树和二叉树的抽象数据类型定义	111
5.4 二叉树的性质和存储结构	113
5.4.1 二叉树的性质	113
5.4.2 二叉树的存储结构	115
5.5 遍历二叉树和线索二叉树	116
5.5.1 遍历二叉树	116
5.5.2 线索二叉树	123
5.6 树和森林	127
5.6.1 树的存储结构	127
5.6.2 森林与二叉树的转换	128
5.6.3 树和森林的遍历	129
5.7 哈夫曼树及其应用	130
5.7.1 哈夫曼树的基本概念	130
5.7.2 哈夫曼树的构造算法	131
5.7.3 哈夫曼编码	133
5.8 案例分析与实现	135
5.9 Python 标准库中的堆	137
5.10 小结	140
习题	140

第6章

图

6.1 图的定义和基本术语	144
6.1.1 图的定义	144
6.1.2 图的基本术语	144
6.2 案例引入	146
6.3 图的类型定义	147
6.4 图的存储结构	147
6.4.1 邻接矩阵	148
6.4.2 邻接表	149

6.4.3	十字链表	152
6.4.4	邻接多重表	153
6.5	图的遍历	153
6.5.1	深度优先搜索	154
6.5.2	广度优先搜索	156
6.6	图的应用	157
6.6.1	最小生成树	157
6.6.2	最短路径	162
6.6.3	拓扑排序	167
6.6.4	关键路径	170
6.7	案例分析与实现	175
6.8	小结	176
	习题	178

第 7 章

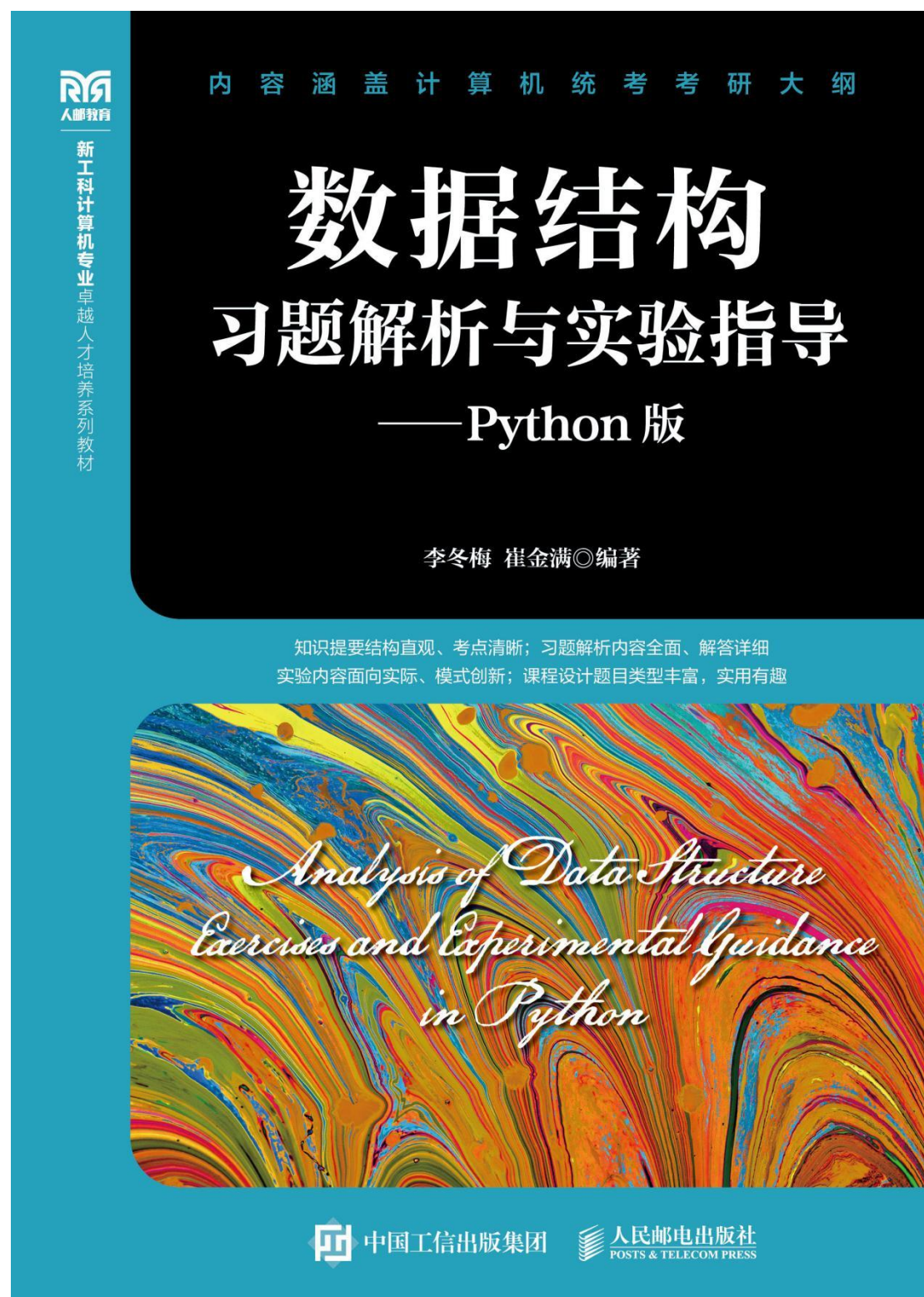
	查找	182
7.1	查找的基本概念	183
7.2	线性表的查找	183
7.2.1	顺序查找	184
7.2.2	折半查找	185
7.2.3	分块查找	188
7.3	树表的查找	189
7.3.1	二叉排序树	189
7.3.2	平衡二叉树	195
7.3.3	B-树	200
7.3.4	B+树	208
7.4	散列表的查找	209
7.4.1	散列表的基本概念	209
7.4.2	散列函数的构造方法	210
7.4.3	处理冲突的方法	213
7.4.4	散列表的查找	215
7.5	Python 标准库中的集合、字典与散列函数	218
7.6	小结	220

习题	222
----	-----

第 8 章

排序	226
8.1 基本概念和排序方法概述	227
8.1.1 排序的基本概念	227
8.1.2 内部排序方法的分类	227
8.1.3 待排序记录的存储方式	228
8.1.4 排序算法效率的评价指标	228
8.2 插入排序	229
8.2.1 直接插入排序	229
8.2.2 折半插入排序	230
8.2.3 希尔排序	231
8.3 交换排序	233
8.3.1 冒泡排序	234
8.3.2 快速排序	235
8.4 选择排序	238
8.4.1 简单选择排序	238
8.4.2 树形选择排序	240
8.4.3 堆排序	241
8.5 归并排序	245
8.6 基数排序	247
8.6.1 多关键字的排序	247
8.6.2 链式基数排序	248
8.7 外部排序	251
8.7.1 外部排序的基本方法	251
8.7.2 多路平衡归并的实现	253
8.7.3 置换-选择排序	254
8.7.4 最佳归并树	257
8.8 Python 标准库中的排序方法	258
8.9 小结	260
习题	262

5. 《数据结构习题解析与实验指导（Python 版）》



目 录

第 1 篇 习题		第 2 篇 实验与课程设计	
第 1 章 绪论	2	实验 1 基于线性表的图书 信息管理	242
1.1 习题	3	实验 2 基于栈的中缀 算术表达式求值	258
1.2 答案及解析	8	实验 3 基于栈的后缀算术 表达式求值	259
第 2 章 线性表	16	实验 4 基于字符串模式匹配算法 的病毒感染检测问题	260
2.1 习题	17	实验 5 基于哈夫曼树的数据 压缩算法	261
2.2 答案及解析	25	实验 6 基于二叉树的表达式 求值算法	263
第 3 章 栈和队列	51	实验 7 基于 Dijkstra 算法的 最短路径求解	264
3.1 习题	51	实验 8 基于广度优先搜索的六度 空间理论的验证	266
3.2 答案及解析	60	课程设计 1 基于不同策略的英文 单词的词频统计和 检索系统	268
第 4 章 串、数组和广义表	86	课程设计 2 美团餐馆预订管理信息 系统	273
4.1 习题	87	课程设计 3 植物百科数据的管理与 分析	287
4.2 答案及解析	92		
第 5 章 树和二叉树	110		
5.1 习题	111		
5.2 答案及解析	118		
第 6 章 图	139		
6.1 习题	140		
6.2 答案及解析	152		
第 7 章 查找	178		
7.1 习题	179		
7.2 答案及解析	187		
第 8 章 排序	210		
8.1 习题	211		
8.2 答案及解析	218		

八、教改论文

1. PURE: a Prompt-based framework with dynamic Update mechanism for educational Relation Extraction (SCI 期刊)

Complex & Intelligent Systems (2025) 11:69
<https://doi.org/10.1007/s40747-024-01692-w>

ORIGINAL ARTICLE



PURE: a Prompt-based framework with dynamic Update mechanism for educational Relation Extraction

Xiaohui Cui^{1,2} · Yu Yang^{1,2} · Dongmei Li^{1,2} · Jinman Cui^{1,2} · Xiaolong Qu^{1,2} · Chao Song^{1,2} · Haoran Liu^{1,2} · Siyuan Ke^{1,2}

Received: 9 July 2024 / Accepted: 7 November 2024
© The Author(s) 2024

Abstract

Traditional education systems obscure the diverse interconnections inherent within subject knowledge, thus failing to meet the current demand for personalized and adaptive learning experiences. Recent advances have explored various relation extraction techniques to construct educational knowledge graphs that integrate dispersed subject knowledge into a unified framework. However, educational conceptual entities are far more abstract and intricate compared to their real-world equivalents, and these techniques primarily focus on static knowledge, overlooking the dynamic nature of knowledge in practical learning and application scenarios. To address these issues, we propose a Prompt-based framework with dynamic Update mechanism for educational Relation Extraction (PURE). This framework embraces a prompt-tuning strategy and employs a more appropriate MacBERT-large model to encode the instances wrapped by prompt templates. Furthermore, we construct an instance-relation database that serves as an external knowledge base of our framework. A dynamic instance-relation update mechanism is proposed to refine the database, thus enhancing the accuracy of PURE in predicting new triples. We conduct experiments on a Data Structure course relation extraction dataset and three public datasets. The experimental results demonstrate that PURE achieves significant improvements and outperforms several state-of-the-art baselines in efficiency of extraction and utilization of educational information. Comparable performance is achieved even in more complex biomedical relation extraction, validating its robustness and applicability to other domains.

Keywords Relation extraction · Prompt learning · Dynamic update mechanism · Education · Data Structure

Introduction

The burgeoning growth of the information industry and artificial intelligence has positioned smart education as a research hotspot [1]. Traditional education systems, such as textbook reading and classroom teaching, adopt a linear and discrete transmission of subject knowledge, which can no longer meet the strong demand for systematic and relevant subject knowledge in modern society. They fail to reveal the diverse interconnections between subject knowledge and to accommodate the need for personalized learning. The emergence and development of knowledge graph techniques [2] is fuelled by these shifts and challenges. With the help of knowl-

Xiaohui Cui and Yu Yang have contributed equally to this work.

✉ Dongmei Li
lidongmei@bjfu.edu.cn
Xiaohui Cui
cuixiaohui@bjfu.edu.cn
Yu Yang
yangyu22@bjfu.edu.cn
Jinman Cui
cuijinman@bjfu.edu.cn
Xiaolong Qu
quxiaolong@bjfu.edu.cn
Chao Song
songchao1025@bjfu.edu.cn
Haoran Liu
m17611229560@163.com
Siyuan Ke
ke_siyuan@bjfu.edu.cn

¹ School of Information Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

² Engineering Research Center for Forestry-Oriented Intelligent Information Processing of National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100083, China

Published online: 05 December 2024

Springer

edge graph techniques, subject knowledge and its intrinsic logical associations can be organized and presented through various relations. In recent years, researchers have turned their attention to the automatic construction of educational knowledge graphs [3–5].

Relation extraction is one of the most fundamental techniques for knowledge graph construction [6, 7]. It involves extracting semantic relation information between named entities. Deep learning-based relation extraction methods have achieved remarkable success in recent studies [8–10]. For example, OpenNRE [11] provides a unified framework for relation extraction. It not only allows developers to train custom models, but also supports quick model validation. The occurrence of these toolkits has greatly facilitated the extraction of structured relations from the plain text. With the emergency of pre-trained language models (PLMs), relation extraction methods based on fine-tuning paradigm have witnessed a series of advances. [12–16] In the field of education, researchers have begun to explore relation extraction techniques. Li et al. [17] proposed a BERT-based relation extraction model that integrates sentence features and educational entities, and estimates the similarity between knowledge pairs using cosine similarity. Li et al. [18] incorporated the location information of the entities into BERT to extract educational relationships. Lu et al. [19] proposed a domain-specific concept extraction method and an iterative prerequisite relation learning approach to realize personalized learning. However, educational relation extraction presents unique challenges in comparison to other domains [20–22]. In many real-world scenarios, relations between entities tend to be concrete and straightforward, such as the “located in” relation between a city and a country. In the biomedical field containing more complex terminology, relation name itself contains rich semantic information, such as the relation “complication” between two diseases. In contrast, educational relations tend to be more abstract, involving conceptual entities like knowledge points, which are not as easily inferred from the literal text. Taking the Data Structure course as an example, the relation between “quick sort” and “time complexity” is not simply a matter of calculation or theory, but rather requires a deeper contextual understanding of the underlying concepts. This abstraction complicates the deduction of their relations from the literal meaning of the text.

Prompt learning, known as a new paradigm, has unveiled its substantial potential in a variety of downstream tasks [23, 24]. In relation extraction task, PLMs are guided to generate relation labels by designing task-specific prompts [25–29]. Shin et al. [30] developed an automated method to create prompts, which can elicit more accurate factual knowledge from masked language models than the manually created prompts. Chen et al. [31] proposed a knowledge-aware prompt-tuning approach with synergistic

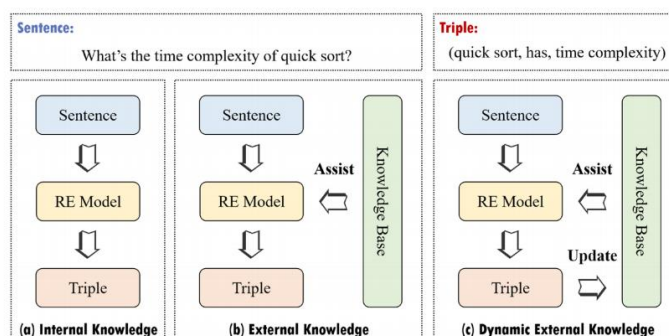
optimization, which can perceive semantic and prior knowledge contained in relation labels for relation extraction. These relation extraction models utilize latent knowledge and structured constraints from relation labels to predict triples, relying exclusively on their internal knowledge, as shown in Fig. 1a. Traditional parametric learning paradigm can be viewed as memorization, regarding training data as a book and inference as a close-book test. Chen et al. [32] found that the introduction of external knowledge also assists in model prediction, as shown in Fig. 1b. Therefore, they regarded relation extraction as an open-book test and proposed the first semi-parametric paradigm of retrieval-enhanced prompt tuning for relation extraction, namely RetrievalRE. When predicting relations, RetrievalRE not only infers relations through knowledge stored in the weights during training, but also assists in decision-making through an external knowledge base. Nevertheless, these approaches merely focus on static knowledge and ignore the dynamic nature of knowledge in real-world learning and application. Consequently, a dynamic external knowledge base needs to be designed, as shown in Fig. 1c. The knowledge housed within is a combination of static data from the training set, as well as dynamic updates that are synchronized with model predictions.

In response to the above problems, we propose a Prompt-based framework with dynamic Update mechanism for educational Relation Extraction (PURE). Specifically, PURE constructs the prompt template and uses MacBERT-large to encode the instances. Combined with the designed instance-relation database and dynamic update mechanism, the probability distributions of prompt prediction and retrieval prediction are joint to improve the accuracy of relation extraction. The main contributions of this paper can be summarized as follows:

- To the best of our knowledge, our work is the first prompt-based educational relation extraction model designed to capture complex relations between knowledge points.
- We propose a dynamic instance-relation update mechanism that allows for real-time updating of the knowledge stored in the instance-relation database, thus improving the accuracy of the model in predicting relations between unknown entities.
- We conduct extensive experiments on a Data Structure course relation extraction dataset and three public datasets to verify the effectiveness of PURE, and the results demonstrate its superiority in educational relation extraction and even more complex biomedical relation extraction.

The rest of this paper is organized as follows. The section “Related work”, we introduce the related work on relation extraction and prompt learning. The section “Methodology”, we formalize the definitions of the concepts involved in this

Fig. 1 Prompt-based relation extraction methods incorporated with different kinds of knowledge



study, and introduce the proposed PURE framework. The section “**Experiments and discussion**”, we conduct a series of experiments and discuss the results. The section “**Conclusion**”, we conclude the paper and outline potential directions for future work.

Related work

Relation extraction

Early approaches of relation extraction involve rule-based methods and pattern-based methods [33, 34]. These methods require extensive manual work and struggle to deal with the complexity and diversity of the text. Subsequently, machine learning-based methods have been introduced to relation extraction task [35, 36]. These methods are based on statistical language models and have obtained promising results with a relatively simple strategy. In recent years, with the development of deep learning techniques, researchers have begun to explore neural network-based relation extraction methods. Zeng et al. [8] first applied convolutional neural networks to relation classification and solved the error propagation problem. Zhang et al. [9] utilized recurrent neural networks to capture long-distance dependencies of sentences, making it possible for the model to learn semantic relations between entities. Gupta et al. [10] proposed a novel table filling multi-task recurrent neural network to jointly model the named entity recognition and relation classification tasks, establishing a foundation for subsequent joint decoding of entities and relations. These deep learning-based methods avoid complex feature engineering and have achieved better performance than traditional methods on several standard datasets.

The emergence of PLMs such as BERT [37] and GPT [38] has revolutionized the field of information extraction

since 2018. These PLMs exhibit exceptional performance in relation extraction task through the initial phase of pre-training on a massive corpus of unlabeled data, followed by fine-tuning tailored to specific downstream tasks. Wu et al. [12] proposed the R-BERT model for relation classification by enriching the pre-trained BERT model with entity information. Shang et al. [13] employed a pre-trained BERT and proposed the OneRel model to transform the joint extraction task into a fine-grained triple classification problem. Li et al. [39] proposed the MFIE model that incorporates the relation awareness enhancement module and the entity information enhancement module. They conducted experiments to verify the model’s scalability with different PLMs, and the experimental results demonstrate that selecting different PLMs in different scenarios may affect the relation extraction performance. Hence, this paper takes a Data Structure course in the field of education as an example, and employs the improved MacBERT-large model [40] based on BERT, which is proved to be more effective.

Prompt learning

Fine-tuned PLMs have achieved remarkable performance in various domain tasks. However, the significant gap between pre-training and fine-tuning in terms of training data and objective functions restricts the effective transfer and utilization of knowledge within PLMs. In order to solve the above problem, researchers have proposed the prompt learning paradigm [24]. Distinguished from the conventional pre-training and fine-tuning paradigm, the prompt learning paradigm, exemplified by GPT-3 [41], provides task-specific prompts during the pre-training to guide the model’s learning. This approach facilitates the model to better leverage contextual information, thereby enhancing performance and allowing the model to maintain robust performance in low-resource scenarios. Traditional prompt-based approaches

reformulate the downstream task as a cloze task [42], and utilize the text generation capabilities of PLMs to implement the downstream tasks. However, such approaches perform poorly on complex reasoning tasks. Inspired by considerations of the human brain's structure, thought patterns, and reasoning faculties, investigators have advanced techniques such as chain of thought [43], tree of thoughts [44], and graph of thoughts [45]. These techniques decompose complex reasoning problems into multiple simple steps and simulate the process of human thinking by constructing thought-reasoning prompts to enhance model's logical reasoning ability [46].

Prompt-based approaches strive in cases where the label requires a more elaborate description (i.e., relation extraction). In this context, Sainz et al. [47] proposed an approach to manually construct prompt templates, and reformulated relation extraction as an entailment problem. Chia et al. [25] designed a structured prompt template for synthetic relation samples when conditioning on relation label prompts. These approaches are both time-consuming and labor-intensive, with the prerequisite that the designer be highly knowledgeable in the specific domain. Therefore, researchers attempted to integrate prior knowledge from task labels into prompt-tuning [26, 31]. Apart from capitalizing on the abundant semantic information contained within category labels, external knowledge base can be exploited to construct prompts [32, 48]. Ye et al. [49] proposed ontology-enhanced prompt-tuning and developed the ontology transformation based on the external knowledge graph to address the knowledge missing problem. These methods effectively improve the performance of relation extraction models by introducing external knowledge to construct prompts. Nevertheless, these existing approaches, regardless of whether they utilize internal or external knowledge, merely concentrate on static knowledge, neglecting the dynamic aspects of knowledge in practical learning and application scenarios. The educational domain calls for a relation extraction model that can dynamically access up-to-date knowledge and continuously refine itself.

Methodology

Problem formulation

To elucidate the concepts involved in our work more clearly and explicitly, this section provides a formal definition of the relevant elements within the proposed PURE.

Definition 1 (Prompt Learning) Prompt learning consists of the following two steps:

1. **Prompt Template Construction:** For each sentence x , the template is leveraged to wrap x as $x_{prompt} = \mathcal{T}(x)$, where x_{prompt} is the corresponding input of the PLM with a $[MASK]$ token in it.
2. **Language Verbalizer Construction:** The verbalizer $\mathcal{R} \rightarrow \mathcal{V}$ represents a mapping from relation label space to label word space, where $\mathcal{R}$ is the predefined relation set, and $\mathcal{V}$ is the label word set derived from the outputs of the PLM.

Definition 2 (Instance Encoder) For each instance x_{prompt} obtained by prompt template construction function $\mathcal{T}(x)$, the instance encoder $\mathcal{H}$ maps it into a high-dimensional vector representation $\mathbf{h}_x \in \mathbb{R}^{L \times d}$, where L is the maximum length of the sentence and d is the dimension of hidden states.

Definition 3 (Instance-Relation Database) The instance-relation database $\mathcal{DB}$ is a dynamic key-value database where each pair $(\mathcal{K}, \mathcal{V})$ denotes the hidden vector representation of an instance together with its corresponding relation and confidence. The initial database is constructed from the training set and adjusted in real-time with a dynamic update algorithm.

For convenience, we list the primary symbols involved in this paper in Table 1.

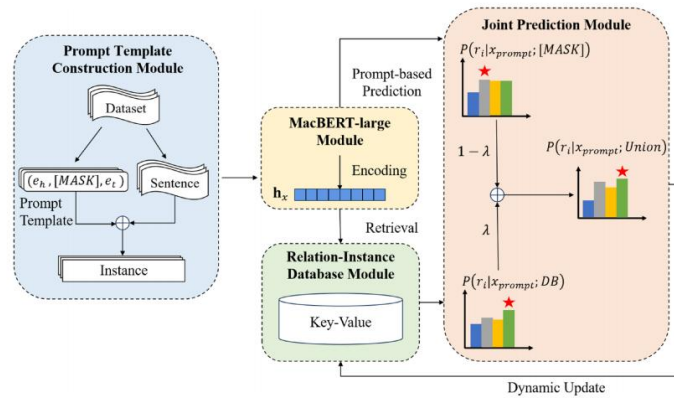
PURE framework

The framework of the proposed PURE is shown in Fig. 2, which consists of four main modules: (1) **Prompt Template Construction Module** is responsible for generating

Table 1 Meaning of primary symbols

Symbol	Meaning
$\mathcal{D}$	A set of data in the educational domain
N	The size of the dataset $\mathcal{D}$
$\mathcal{R}$	The relation set predefined in $\mathcal{D}$
$\mathcal{V}$	The label word set derived from the outputs of the PLM
$x \in \mathcal{D}$	The input sentence
L	The maximum length of the sentence
d	The dimension of hidden states
$\mathcal{T}(x)$	The prompt template construction function that incorporates x with head entity and tail entity information
x_{prompt}	The input of the PLM with a $[MASK]$ token in it
$\mathcal{H}$	The instance encoder that maps x_{prompt} into a high-dimensional vector representation $\mathbf{h}_x \in \mathbb{R}^{L \times d}$
$\mathcal{DB}$	The instance-relation database derived from the dataset $\mathcal{D}$
$(\mathcal{K}, \mathcal{V})$	$\mathcal{K} = \mathbf{h}_x$ is the hidden vector representation, and $\mathcal{V} = (P, r_i)$ is the pair containing a confidence level P and a relation $r_i \in \mathcal{R}$

Fig. 2 The framework of PURE



prompt templates, leveraging sentences and entity pairs in the dataset to construct the instances. (2) **MacBERT-large Module** encodes these instances into high-dimensional vectors in preparation for subsequent model training and knowledge base construction. (3) **Instance-Relation Database Module** establishes a database using encoded instances and relation probabilities, with the goal of improving model's prediction accuracy. (4) **Joint Prediction Module** combines the predictions of the language model with the results of the knowledge base retrieval to output a more comprehensive probability distribution for relation extraction.

Prompt template construction module

The construction of prompt template plays a crucial role in the prompt-based relation extraction. In this paper, we wrap the sentence x with the prompt template to obtain the prompted instance x_{prompt} , as shown in Eq. (1):

$$x_{prompt} = [CLS]e_h[MASK]e_t[SEP]x[SEP], \quad (1)$$

where $[CLS]$ denotes the classification token that identifies the starting position of the input sentence, $[SEP]$ denotes the separator token that separates different sentences or identifies the end of a sentence, e_h denotes the head entity, e_t denotes the tail entity, $[MASK]$ denotes the token to be predicted by the PLM, and x denotes the input sentence.

According to the label word verbalizer in the prompt engineering, label words are connected to predefined relations through a one-to-one manner. Taking the Data Structure course dataset as an example, $\mathcal{R}$ can be defined as Eq. (2):

$$\mathcal{R} = \{ "depends\ on", "is\ depended\ on", "contains", "belongs\ to", "has", "attribute", "same",$$

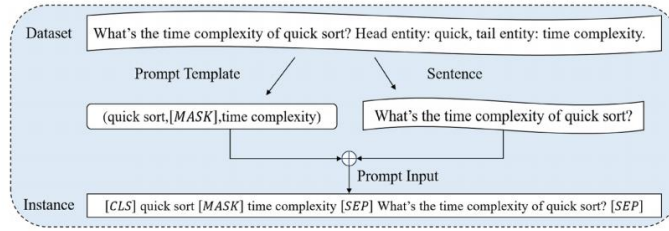
$$"opposite", "no\ relation" \}. \quad (2)$$

In this way, the relation extraction can be transformed into a mask language modeling problem that involves filling in the $[MASK]$ token within the input. An example of constructing a prompt template for relation extraction task on Data Structure is illustrated in Fig. 3, where the $[MASK]$ token is expected to be predicted as "has".

MacBERT-large module

MacBERT-large [40] is an improvement of BERT that better accommodates Chinese language peculiarities and complex text structures. Inheriting the advantages of the whole word masking strategy adopted by RoBERTa [50], MacBERT-large employs an N-gram masking strategy based on tokenization, which masks and predicts a sequence of continuous N tokens rather than individual characters during the pre-training phase. This approach allows for a more precise acquisition of semantic information at the word level. In the Chinese language, words are typically composed of multiple characters, which need to be perceived as a whole to be understood.

From the Data Structure text shown in Table 2, the character "time" and the character "complexity" constitute a word. However, BERT's original masking strategy, which can only mask the character "time", is incapable of acquiring the whole word. This limitation results in the vectors generated after encoding cannot accurately represent the semantic information. RoBERTa employs a whole-word masking strategy that captures the semantic representation of the whole word "time complexity", effectively enhancing the semantic extraction capability for Chinese phrases. Furthermore, MacBERT-large elevates its semantic under-

Fig. 3 An example of prompt template construction

standing of multi-word expressions by masking consecutive words, which successfully improves its ability to comprehend the semantics of multi-word textual data, benefiting the extraction of relations in Data Structure.

For each instance x_{prompt} obtained from the prompt template construction module, the embedding layer of MacBERT-large, serves as an instance encoder, is utilized to generate a high-dimensional vector representation. Then, we follow [32] to generate a prompt-based instance representation $\mathbf{h}_x$ using the hidden vector of [MASK] token, as shown in Eq. (3):

$$\mathbf{h}_x = \text{Embedding}(x_{prompt})_{[MASK]}. \quad (3)$$

Instance-relation database module

The static knowledge base constructed from the training set is not well adapted to the learning process in education, such as Data Structure course. Therefore, we have made improvements to the existing key-value database, implementing dynamic knowledge storage, which effectively improves the accuracy of the model's knowledge retrieval and ultimately enhances its relation extraction performance.

In the improved key-value database, key is defined as the hidden vector representation of an instance, and value is defined as the pair (P, r_i) containing a confidence level P and a relation r_i . The confidence level is introduced to measure the reliability of the relations within the database. During the preliminary phase, we use the training set to initialize the database. For the i -th instance in the training set, the hidden vector representation $\mathbf{h}_{x_i}$ can be obtained from the prompt template construction module. The initial confidence level of the relation corresponding to the instance is set to 1, indicating the highest degree of reliability. Then, we store all the key-value pairs of the training set data via Eq. (4):

$$(\mathcal{K}, \mathcal{V}) = \{(\mathbf{h}_{x_i}, (1, r_{x_i})) | (x_i, r_{x_i}) \in \mathcal{D} \cap i \in N\}, \quad (4)$$

where x_i and r_{x_i} denote the i -th instance and its relation in the training set $\mathcal{D}$, respectively, and N denotes the size of the dataset.

In addition, we propose a dynamic update algorithm in the instance-relation database module, which can dynamically update the stored knowledge. According to Algorithm 1, it performs the following operations after predicting the relation of the instance:

1. Ascertain whether the hidden vector of the instance already exists in the database. If it does not exist, the hidden vector of the instance, along with the predicted relation and the predicted probability, are combined into a key-value pair and directly inserted into the database. If it does exist, then proceed to the next step of judgment.
2. Ascertain whether the stored probability associated with the instance is equal to 1. If the probability is 1, it indicates that the relation is highly reliable, and thus, the pair is left unchanged without updating. If the probability is not 1, the algorithm continues to the next step of judgment.
3. Ascertain whether the predicted relation is consistent with the stored relation. If they are consistent, the probability P is updated to the average of the predicted probability P_n and the stored probability P_o , as shown in Eq. (5), to reflect the credibility under the latest circumstance. If they are inconsistent, the pair with higher probability is stored in the database to ensure that the information maintained represents the highest degree of reliability.

$$P = \text{avg}(P_n, P_o). \quad (5)$$

Our proposed algorithm equips the relation extraction task with dynamic learning and self-updating capabilities. It not only improves the generalization ability of the model, but also improves model's comprehension of existing relations and precision of prediction results. At the same time, our instance-relation database serves as a tool for decision-making, and does not depend on the model training process, allowing for the manual addition of new instances and the adjustment of old ones. This implies that even post-deployment, the model can be dynamically updated by modifying the knowledge stored in the database.

Table 2 A comparison of different masking strategies

Masking strategy	What's the time complexity of quick sort?
Original masking strategy	What's the [MASK] complexity of quick sort?
Whole word masking strategy	What's the [MASK] [MASK] of quick sort?
N-gram masking strategy	What's the [MASK] complexity of quick sort? (1-gram)
	What's the [MASK] [MASK] of quick sort? (2-gram)
	What's the [MASK] [MASK] [MASK] quick sort? (3-gram)
	What's the [MASK] [MASK] [MASK] [MASK] quick sort? (4-gram)
	What's the [MASK] [MASK] [MASK] [MASK] [MASK]? (5-gram)

Algorithm 1: Dynamic update instance-relation database

Input: Dataset $\mathcal{D}$, key-value database $\mathcal{DB}$, instance representation $\mathbf{h}_x$, predicted probability P_n , predicted relation r_n , stored probability P_o , stored relation r_o

Output: Key-value pair: $(\mathbf{h}_x, (P, r))$

```

1 for  $x$  in  $\mathcal{D}$  do
2   if  $\mathbf{h}_x$  not in  $\mathcal{DB}$  then
3     Insert  $(\mathbf{h}_x, (P_n, r_n))$  into  $\mathcal{DB}$ ;
4   else
5     if  $P_o == 1$  then
6       continue;
7     else
8       if  $r_n == r_o$  then
9         Compute  $P$  according to Eq. (5);
10        Update  $\mathcal{DB}$  with  $(\mathbf{h}_x, (P, r_n))$ ;
11      else
12        if  $P_n \geq P_o$  then
13          Update  $\mathcal{DB}$  with  $(\mathbf{h}_x, (P_n, r_n))$ ;
14        else
15          continue;

```

Table 3 Detailed statistics for relation extraction datasets

Dataset	Relation	Train	Valid	Test
DataSetStructure	9	45,363	4985	14,502
SemEval	19	6507	1493	2717
TACRED	42	68,124	22,631	15,509
CMeIE	44	17,924	4482	5602

where $r_i \in \mathcal{R}$ denotes i -th predefined relation, and $v \in \mathcal{V}$ denotes the label word predicted by the model.

We adopt an end-to-end training approach and the loss function is defined as Eq. (7):

$$\mathcal{L} = - \sum_{i=1}^K B(r_i) \log P(r_i | x_{prompt}; [MASK]), \quad (7)$$

where K denotes the number of predefined relations, and function B is a Boolean function that returns 1 when the predicted relation r_i is the correct relation for the instance, and returns 0 otherwise.

Retrieval-based Prediction

Retrieval-based prediction is the outcome of the stored knowledge retrieval from instance-relation database. For each instance x_{prompt} , the MacBERT-large module is utilized to obtain its hidden vector representation $\mathbf{h}_x$. Then, we employ the Euclidean distance to calculate the similarity between $\mathbf{h}_x$ and the hidden vector representation $\mathbf{h}_{key_i}$ in the database, as shown in Eq. (8):

$$Distance(x_{prompt}, key_i) = \|\mathbf{h}_x, \mathbf{h}_{key_i}\|_2, \quad (8)$$

where key_i denotes the i -th instance in the key-value database.

After that, we take the k -nearest instances and use the normalization function to weight the probabilities stored in the database pairs. This process ultimately yields the probability distribution of predefined relations, as illustrated in Eq. (9):

$$P(r_i | x_{prompt}; [MASK]) = P_{\mathcal{M}}([MASK] = v | \mathcal{T}(x)), \quad (6)$$

$$P(r_i | x_{prompt}; \mathcal{DB})$$

Joint prediction module

Prompt-based prediction and retrieval-based prediction can be obtained through the above modules. In this case, we propose a joint prediction in order to obtain a more synthesized relation prediction result with a higher confidence level.

Prompt-based prediction

Prompt-based prediction is the direct output from the fine-tuned PLM with prompts, resulting in a probability distribution of predefined relation. Given an input sentence x , the prompt template construction module is utilized to obtain the instance $x_{prompt} = \mathcal{T}(x)$. Defining the PLM as $\mathcal{M}$, the probability distribution of the instance on the predefined relation set $\mathcal{R}$ can be calculated as Eq. (6):

$$= \frac{\exp(-\text{Distance}(x_{\text{prompt}}, \text{key}_i))P_i}{\sum_{j=1}^k \exp(-\text{Distance}(x_{\text{prompt}}, \text{key}_j))P_j}, \quad (9)$$

where P_i denotes the stored probability corresponding to the i -th instance in DB, P_j denotes the stored probability corresponding to the j -th instance among the k -nearest instances in DB, and k takes the value of 4.

Joint Prediction

The prompt-based prediction and the retrieval-based prediction are weighted to form a comprehensive probability distribution, as shown in Eq. (10):

$$P(r_i|x_{\text{prompt}}; \text{Union}) = \lambda P(r_i|x_{\text{prompt}}; \text{DB}) + (1 - \lambda) P(r_i|x_{\text{prompt}}; [\text{MASK}]), \quad (10)$$

where λ denotes the ratio parameter, which can be adjusted to achieve the optimal prediction results.

Based on the obtained joint probability distribution $P(r_i|x_{\text{prompt}}; \text{Union})$, the relation with the highest probability is selected as the final prediction result r^* , as shown in Eq. (11):

$$r^* = \arg \max P(r_i|x_{\text{prompt}}; \text{Union}), \quad (11)$$

The final prediction result r^* and its probability $P(r_i|x_{\text{prompt}}; \text{Union})$, together with the instance's hidden vector representation $\mathbf{h}_x$, will be updated and stored back into the instance-relation database through Algorithm 1 for subsequent predictions.

The joint prediction module effectively leverages the existing knowledge (instance-relation pairs stored in the database) and the model's reasoning capabilities (prediction results obtained from prompt-tuning), ensuring higher confidence and accuracy in relation prediction. Furthermore, this module can flexibly adjust the ratio parameter λ to accommodate various prediction scenarios, thereby exhibiting strong adaptability and robustness in the dynamically evolving domain of educational knowledge.

Experiments and discussion

Datasets

For comprehensive experiments, we evaluate PURE on an educational dataset (DataStructure [51]) and three public datasets (SemEval [52], TACRED [53] and CMelE [54]). Statistical details are provided in Table 3.

DataStructure: an educational dataset originated from the Smart Education Open Knowledge Dataset published by the East China Normal University. It predefines 8 common rela-

Table 4 Definitions of relations in DataStructure

Relation	Definition	Example
Depends on	It pertains to deductive reasoning, where Entity 1 depends on Entity 2	Blocking search is an improvement on the basic sequential search method. ("blocking search", "depends on", "sequential search")
Is depended on	It pertains to deductive reasoning, where Entity 1 is depended on Entity 2	Circular linked list is a special type of singly linked list. ("singly linked list", "is depended on", "circular linked list")
Contains	It pertains to semantic reasoning, where Entity 1 contains Entity 2 in semantic or logical concept	Graph contains directed graph and undirected graph. ("graph", "contains", "directed graph")
Belongs to	It pertains to semantic reasoning, where Entity 1 belongs to Entity 2 in semantic or logical concept	Bubble sort is a stable sorting algorithm. ("bubble sort", "belongs to", "sorting algorithm")
Has	Entity 2 is an attribute of Entity 1 in terms of semantic or logical concept	What's the time complexity of quick sort? ("quick sort", "has", "complexity")
Attribute	Entity 1 is an attribute of Entity 2 in terms of semantic or logical concept	Data item is the smallest unit that makes up a data element. ("data item", "attribute", "data element")
Same	Entity 1 and Entity 2 have the same concept or abstract description	Pre-order traversal is also known as pre-root traversal. ("pre-order traversal", "same", "pre-root traversal")
Opposite	Entity 1 and Entity 2 have the opposite concept or abstract description	Graph traversal can be divided into two types: Depth First Search and Breadth First Search. ("Depth First Search", "opposite", "Breadth First Search")

Table 5 Specific setting of experimental parameters

Parameter	Value
Word embedding dimension	1024
Max sentence length	128
Optimizer	AdamW
Epoch	100
Learning rate	2e-5
Weight decay	1e-5
Batch size	64
Ratio parameter	0.2

tions and one special relation “no relation”. The definitions of 8 specific relations are shown in Table 4.

SemEval: a widely recognized relation extraction dataset originated from the International Workshop on Semantic Evaluation 2010, which contains 10,717 annotated sentences. It predefines 9 relations with two directions and one special relation “no relation”.

TACRED: a large-scale sentence-level relation extraction dataset originated from the yearly TACKBP4 challenge, which contains more than 106K sentences. It predefines 41 common relations and one special relation “no relation”.

CMeIE: a biomedical relation extraction dataset originated from medical textbooks and clinical practices, which contains 28,008 annotated sentences. It predefines 43 relations and one special relation “synonyms” (containing 10 sub-relations).

Experimental setup

PURE is implemented on the Linux operating system, using the deep learning framework PyTorch 1.13.1 with CUDA 11.6 as the experimental environment. As for hardware configuration, we select an Intel(R) Xeon(R) Platinum 8350C CPU, and an NVIDIA GeForce RTX 3090 GPU. We utilize the MacBERT-large model that incorporates a 24-layer Transformer with a hidden layer size of 1024 and 16 self-attention heads. The learning rate, weight decay, batch size and ratio parameter are explored with the following values: [2e-6, 2e-5, ..., 2e-2, 2e-1], [1e-6, 1e-5, ..., 1e-2, 1e-1], [16, 32, 64, 128], and [0, 0.05, ..., 0.85, 0.90], respectively. We carry out an extensive array of experiments and record the parameter values at which the model achieves its optimal performance. The specific setting of experimental parameters are listed in Table 5.

For an equitable comparison with previous research, we employ the Precision (P), Recall (R), and F1 score to evaluate the model performance.

Baselines

To verify the effectiveness of PURE, we employ the following advanced models as baselines: the first three are fine-tuning based methods, while the last three are prompt-tuning based methods.

- **SpanBERT** [14] differs from BERT in both the masking strategy and the training objectives. It masks spans rather than individual tokens, facilitating easy access to this span-level information during the fine-tuning stage.
- **KnowBERT** [15] incorporates knowledge bases into BERT using the knowledge attention and recontextualization mechanism. It embeds multiple knowledge bases into large scale models, enhancing their representations with structured, human-curated knowledge.
- **RELA** [16] is a Seq2Seq model with automatic label augmentation for relation extraction. It extends the relation names via three approaches (Paraphrase, Inquiry, and Synonym), providing more supplementary information and benefiting the model’s performance.
- **PTR** [26] is an open framework that takes advantage of both prior task knowledge and PLMs. It designs a few simple sub-prompts and combines them according to rules to handle specific complex tasks, outperforming traditional fine-tuning and prompt-tuning baselines.
- **RetrievalRE** [32] is the first semi-parametric paradigm of retrieval-enhanced prompt tuning for relation extraction. It allows PLMs to reference similar instances from open-book datastore, making it easier for the PLMs to predict long-tailed or hard patterns.
- **GAP** [27] is a generative context-aware prompt-tuning method for relation extraction. It generates the context-enhanced prompt tokens that can better guide PLMs to make more accurate predictions, addressing the issue of compatibility with the traditional LM objective.

Main results

The experimental results of PURE and baseline models on DataStructure, SemEval, and TACRED are compared in Tables 6, 7, and 8, respectively. It shows the fact that models based on prompt-tuning generally outperform those based on fine-tuning on each dataset. Prompt-tuning strategy, when applied to relation extraction task, can effectively activate the knowledge within PLMs, thereby enhancing model performance.

Specifically, PURE exhibits higher precision, recall, and F1 score on the DataStructure dataset in the education domain. Among them, the F1 score of PURE is improved by 2.9% compared to GAP, one of the most effective baseline models, proving the effectiveness of its dynamic updating mechanism. However, in contrast to the experimental results

Table 6 Experimental results of different models on DataStructure

Model		P (%)	R (%)	F1 (%)
Fine-tuning	SpanBERT	74.0	61.9	67.4
	KnowBERT	76.5	60.4	67.5
	RELA	78.3	66.4	71.9
Prompt-tuning	PTR	81.3	69.1	74.7
	RetrievalRE	<u>85.0</u>	70.9	77.3
	GAP	84.7	<u>71.6</u>	<u>77.6</u>
	PURE	86.3	75.5	80.5

The winner is in **bold** and the runner-up is underlined

Table 7 Experimental results of different models on SemEval

Model		P (%)	R (%)	F1 (%)
Fine-tuning	SpanBERT	89.2	87.2	88.2
	KnowBERT	91.0	87.2	89.1
	RELA	91.6	89.2	90.4
Prompt-tuning	PTR	90.6	<u>89.3</u>	89.9
	RetrievalRE	91.9	89.0	90.4
	GAP	<u>91.8</u>	88.9	<u>90.3</u>
	PURE	91.0	89.4	90.2

The winner is in **bold** and the runner-up is underlined

Table 8 Experimental results of different models on TACRED

Model		P (%)	R (%)	F1 (%)
Fine-tuning	SpanBERT	71.2	70.4	70.8
	KnowBERT	73.3	69.8	71.5
	RELA	72.8	69.6	71.2
Prompt-tuning	PTR	73.2	71.6	72.4
	RetrievalRE	73.1	72.3	<u>72.7</u>
	GAP	<u>73.5</u>	<u>72.0</u>	<u>72.7</u>
	PURE	74.6	71.8	73.2

The winner is in **bold** and the runner-up is underlined

on the public dataset SemEval, we find that both fine-tuning based models and prompt-tuning based models exhibit lower effectiveness on DataStructure than on SemEval. This is due to the fact that, out of over 60,000 sentences in the DataStructure dataset, more than 30,000 sentences are labeled with “no relation”, constituting a significant 50% of the entire dataset. According to Gao et al. [55], model performs worse as the proportion of None-of-the-above (NOTA) relation increases, which explains the above phenomenon. In addition, PURE performs essentially on par with prompt-tuning based models on SemEval and TACRED. This is attributed to the rich knowledge in the training set and the high repetition rate of knowledge in the test set, which results in the dynamic database update algorithm proposed in this paper not performing as effectively as expected.

Table 9 Experimental results of different models on CMeIE

Model		P (%)	R (%)	F1 (%)
Fine-tuning	SpanBERT	58.7	54.8	56.7
	KnowBERT	60.2	56.7	58.4
	RELA	68.4	<u>56.9</u>	<u>62.1</u>
Prompt-tuning	PTR	66.9	55.3	60.6
	RetrievalRE	67.2	55.8	61.0
	GAP	67.8	56.0	61.3
	PURE	<u>68.1</u>	57.4	62.3

The winner is in **bold** and the runner-up is underlined

To validate the effectiveness of PURE in relation extraction for more complex terminology, we conduct experiments on a biomedical dataset, CMeIE, and the results are shown in Table 9. It can be seen that PURE achieves the best F1 score and recall, as well as the second-best precision. This demonstrates that the dynamic use of external knowledge in PURE provides strong robustness and applicability when dealing with more complex domain scenarios. Meanwhile, RELA achieves the best precision on the CMeIE dataset. This is due to the fact that the relation labels in CMeIE harbor rich medical knowledge, and the three augmentation methods designed in RELA can utilize this information to a large extent.

Since the join prediction is derived from both prompt-based prediction and retrieval-based prediction and adjusted by the ratio parameter λ , we conduct experiments to explore the impact of λ for the final results. Specifically, we set the range of λ from 0 to 0.9 with intervals of 0.05. The experimental results are depicted in Fig. 4. When λ takes the value of 0, which is equivalent to removing the instance relation database module, our PURE only achieves an F1 score of 74.3%. It performs optimally when λ takes the value of 0.2, with an F1 score of 80.5%, highlighting the importance of integrating retrieval prediction. However, an excessively high value of λ leads to a decline in model performance, suggesting that over-reliance on retrieval prediction can impede the model’s ability to accurately predict true triples. Thus, we conclude that an appropriate λ can assist the model in rectifying incorrect predictions.

Ablation study

To further investigate the effect of different modules on model performance, we design the variants as follows:

- PURE-p: we ablate the prompt template construction module, conducting an end-to-end training directly on the PLM.
- PURE-m: we ablate the MacBERT-large module and employ a traditional BERT.

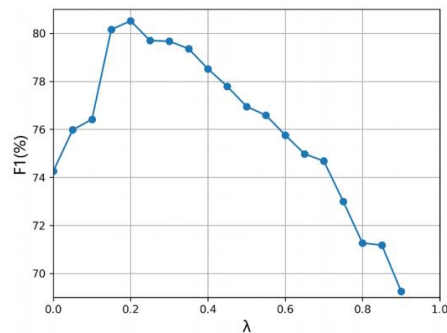


Fig. 4 Effect of parameter λ in the joint prediction module on DataStructure

Table 10 Ablation study on DataStructure

Model	P (%)	R (%)	F1 (%)
PURE	86.3	75.5	80.5
PURE-p	83.8	72.6	77.8
PURE-m	84.6	74.2	79.1
PURE-u	82.6	71.0	76.4
PURE-db	81.2	68.4	74.3

The winner is in bold

- PURE-u: we ablate the dynamic update algorithm, keeping the database from up-dating after prediction.
- PURE-db: we ablate the instance-relation database module, relying exclusively on the results from the prompt template construction module for prediction.

The ablation experimental results on DataStructure are shown in Table 10, where PURE is compared to four variants. Among them, PURE-db performs the worst as it does not utilize additional knowledge, emphasizing the importance of introducing an external knowledge base in relation extraction task. PURE-u performs better than PURE-db by introducing the instance-relation database. However, compared to PURE, its performance still declined significantly because it lacks dynamic updating of knowledge base, overlooking the characteristics that knowledge in education domain is dynamically updated. PURE-m performs the best out of these four variants, but falls short compared to PURE, verifying the superiority of the MacBERT-large module. PURE-p shows a 2.7% decrease in F1 score after the removal of the prompt template construction module, thus underscoring the advantages of prompt-based instance representation in enhancing model performance.

Conclusion

In this paper, we propose a prompt-based framework for educational relation ex-traction, namely PURE. In order to enhance comprehension of abstract educational conceptual entities and their relations, PURE adopts a prompt-tuning approach and utilizes MacBERT-large to obtain prompt-based instance representations. Taking into account that knowledge in the field of education is characterized by dynamic updating, we construct an instance-relation database and propose a dynamic update mechanism. The knowledge encapsulated in the database is a combination of static data from the training set, as well as dynamic updates that are synchronized with model predictions. Furthermore, a joint prediction is proposed to output a more synthesized relation prediction result with a higher confidence level. We conduct several comparative experiments on a DataStructure dataset and three public datasets. The experimental results demonstrate the superiority and effectiveness of our model in the educational relation extraction task, outperforming several state-of-the-art baselines. Moreover, the model has shown comparable performance even in more complex scenarios such as biomedical relation extraction.

Our work primarily focuses on the dynamic update mechanism of the external knowledge base, without delving deeply into the design of domain-specific prompt templates for education. The lack of exploration of domain-specific prompt engineering may limit the model's ability to adequately capture the unique features of educational concepts. Therefore, we plan to investigate more tailored prompt designs that better align with the specific requirements of educational relation extraction.

Author Contributions All authors contributed to the writing and revisions; Conceptualization, Y.Y. and X.C.; investigation, D.L. and J.C.; methodology, Y.Y. and H.L.; software, Y.Y.; supervision, D.L. and S.K.; validation, Y.Y. and C.S.; writing-original draft, Y.Y.; writing-review and editing, J.C. and X.Q. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding This work was supported by Beijing Forestry University's "Double First Class Discipline" Construction Project (GK112401023, GK112401022), Education and Teaching Reform and Research Project of Beijing Forestry University (BJFU2023JYZD028, BJFU2022JYZD007).

Code availability Codes are available from the corresponding authors on reasonable request.

Declarations

Conflict of interest The authors have no Conflict of interest to declare that are relevant to the content of this article.

Ethical approval and consent to participate Not applicable.

Consent for publication Not applicable.

Materials availability Not applicable.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License, which permits any non-commercial use, sharing, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if you modified the licensed material. You do not have permission under this licence to share adapted material derived from this article or parts of it. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

References

- Martin AC, Alario-Hoyos C, Kloos CD (2019) Smart education: a review and future research directions. *Proceedings*. 31(1): 57 <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031057>
- Peng C, Xia F, Naseriparsa M, Osborne F (2023) Knowledge graphs: opportunities and challenges. *Artif Intell Rev* 56(11):13071–13102. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10465-9>
- Ain QU, Chatti MA, Bakar KGC, Joarder S, Alatrash R (2023) Automatic construction of educational knowledge graphs: a word embedding-based approach. *Information* 14(10):526. <https://doi.org/10.3390/info14100526>
- Chi Y, Qin Y, Song R, Xu H (2018) Knowledge graph in smart education: A case study of entrepreneurship scientific publication management. *Sustainability* 10(4):995. <https://doi.org/10.3390/su10040995>
- Su Y, Zhang Y (2020) Automatic construction of subject knowledge graph based on educational big data. In: *Proceedings of the 2020 3rd international conference on big data and education*, pp. 30–36. Association for computing machinery, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3396452.3396458>
- Wang L, Yu K, Wumaier A, Zhang P, Yibulayin T, Wu X, Gong J, Maimaiti M (2024) Genre: generative multi-turn question answering with contrastive learning for entity-relation extraction. *Complex Intell Syst* 10(3):3429–3443. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01321-y>
- Li D, Zhang Y, Li D, Lin D (2020) Review of entity relation extraction methods. *J Comput Res Dev* 57(7):1424–1448
- Zeng D, Liu K, Lai S, Zhou G, Zhao J (2014) Relation classification via convolutional deep neural network. In: *Proceedings of COLING 2014, the 25th international conference on computational linguistics: technical papers*, pp. 2335–2344. Dublin City university and association for computational linguistics, Dublin, Ireland. <https://aclanthology.org/C14-1220>
- Zhang D, Wang D (2015) Relation classification via recurrent neural network. *arXiv preprint arXiv:1508.01006*
- Gupta P, Schütze H, Andrassy B (2016) Table filling multi-task recurrent neural network for joint entity and relation extraction. In: *Proceedings of COLING 2016, the 26th international conference on computational linguistics: technical papers*, pp. 2537–2547. The COLING 2016 organizing committee, Osaka, Japan. <https://aclanthology.org/C16-1239>
- Han X, Gao T, Yao Y, Ye D, Liu, Z, Sun M (2019) OpenNRE: an open and extensible toolkit for neural relation extraction. In: *Proceedings of the 2019 Conference on empirical methods in natural language processing and the 9th international joint conference on natural language processing (EMNLP-IJCNLP): system demonstrations*, pp. 169–174. association for computational linguistics, Hong Kong, China. <https://doi.org/10.18653/v1/D19-3029>
- Wu S, He Y (2019) Enriching pre-trained language model with entity information for relation classification. In: *Proceedings of the 28th ACM international conference on information and knowledge management*, pp. 2361–2364. Association for computing machinery, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3357384.3358119>
- Shang Y-M, Huang H, Mao X (2022) OneRel: joint entity and relation extraction with one module in one step. *Proc AAAI Conf Artif Intell* 36(10):11285–11293. <https://doi.org/10.1609/aaai.v36i10.21379>
- Joshi M, Chen D, Liu Y, Weld DS, Zettlemoyer L, Levy O (2020) SpanBERT: improving pre-training by representing and predicting spans. *Trans Assoc Comput Linguist* 8:64–77. https://doi.org/10.1162/tac1_a_00300
- Peters ME, Neumann M, Logan R, Schwartz R, Joshi V, Singh S, Smith NA (2019) Knowledge enhanced contextual word representations. In: *Proceedings of the 2019 conference on empirical methods in natural language processing and the 9th international joint conference on natural language processing (EMNLP-IJCNLP)*, pp. 43–54. Association for computational linguistics, Hong Kong, China <https://doi.org/10.18653/v1/D19-1005>
- Li B, Yu D, Ye W, Zhang J, Zhang S (2023) Sequence generation with label augmentation for relation extraction. *Proc AAAI Conf Artif Intell* 37(11):13043–13050. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i11.26532>
- Li Y, Liang Y, Yang R, Qiu J, Zhang C, Zhang X (2024) CourseKG: an educational knowledge graph based on course information for precision teaching. *Appl Sci* 14(7):2710. <https://doi.org/10.3390/appl14072710>
- Li N, Shen Q, Song R, Chi Y, Xu H (2022) MEduKG: a deep-learning-based approach for multi-modal educational knowledge graph construction. *Information* 13(2):91. <https://doi.org/10.3390/info13020091>
- Lu W, Zhou Y, Yu J, Jia C (2019) Concept extraction and prerequisite relation learning from educational data. *Proc AAAI Conf Artif Intell* 33(1):9678–9685. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019678>
- Song M, Zhao J, Gao X (2020) Research on entity relation extraction in education field based on multi-feature deep learning. In: *Proceedings of the 3rd international conference on big data technologies*, pp. 102–106. Association for computing machinery, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3422713.3422723>
- Zhang X, Liu S, Wang H (2023) Personalized learning path recommendation for e-learning based on knowledge graph and graph convolutional network. *Int J Software Eng Knowl Eng* 33(01):109–131. <https://doi.org/10.1142/S0218194022500681>
- Li X, Wei C, Jiang Z, Meng W, Ouyang F, Zhang Z, Chen W (2023) EduNER: a Chinese named entity recognition dataset for education research. *Neural Comput Appl* 35:17717–17731. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08635-5>
- Liu P, Yuan W, Fu J, Jiang Z, Hayashi H, Neubig G (2019) Pre-train, prompt, and predict: a systematic survey of prompting methods in natural language processing. *ACM Comput Surv* 55(9):195. <https://doi.org/10.1145/3560815>
- Lester B, Al-Rfou R, Constant N (2021) The power of scale for parameter-efficient prompt tuning. In: *Proceedings of the 2021 conference on empirical methods in natural language processing*, pp. 3045–3059. Association for computational linguistics, online and Punta Cana, Dominican Republic. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.emnlp-main.243>

2. 课程思政视角下的数据结构课程设计与改革探索（计算机教育）

第6期
2024年6月10日

计算机教育
Computer Education

67

文章编号: 1672-5913(2024)06-0067-06

中图分类号: G642

课程思政视角下的数据结构课程设计与改革探索

李冬梅, 李雨浔, 付 慧, 洪 弋, 孟 伟
(北京林业大学 信息学院, 北京 100083)

摘 要: 从实践类课程开展课程思政的难点出发, 提出课程目标的修订方案, 以计算机专业核心课程的实践类课程数据结构课程为例, 提出以新工科为背景、以一流课程建设思想为指导、以课程思政为引领的“一先导、二驱动、三育人、四协同”的课程思政体系框架, 通过案例实施阐述如何把课程思政与计算机专业知识进行有机融合, 为计算机专业其他实践类课程的思政改革提供一种可借鉴的教学模式。

关键词: 课程思政; 数据结构课程; 以德为先; 三全育人; 五环相扣
DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2024.06.012

0 引 言

课程思政是新时代背景下加强高校思想政治工作的新要求, 习近平总书记明确提出“各类课程与思想政治理论课同向同行, 形成协同效应”^[1]。高校教师作为知识传授和思想交流的主导者, 应该以立德树人为导向, 将德育元素融入课程的知识传递过程中^[2], 构建思想政治理论课、专业课程、实践课程三位一体的思政课程体系, 实现全员全程全方位育人。

在党的二十大报告中, 习近平总书记对高等教育的改革和发展提出了明确要求和指导思想, 强调: 要深化体制机制改革, 创新各层次各类型教育模式, 坚持产教融合、校企合作, 坚持工学结合、知行合一。这为我们今后高等教育的发展指明了方向, 也为加强课程实践教学提供了重要指导。

实践课程教学以学生实践操作为主, 采用体验感悟教学思路, 通过实验将所学知识付诸实践, 促使学生在实践体验中形成价值认同, 有利

于打通思政教育中知行合一的断点^[3]。课程实践在高等教育中的重要性不言而喻。课程实践教学意味着要在教育教学过程中注重培养学生的实际操作能力, 提升学生的创新能力和实践能力, 有助于提高高等教育的质量和水平, 培养更多具有创新精神和实践能力的高素质人才, 为我国现代化建设提供有力的人才支持。

实践类课程开展课程思政的难点是不易找准引入课程思政内容的切入点, 因其每个阶段都具有很强的连贯性, 由专业框架和专业操作紧密融合, 很难切入思政元素。并且对于计算机专业的学生而言, 他们对当前热门的技术兴趣浓厚, 主动获取知识的意愿较强, 学习的目的性非常明确。因此, 在计算机专业实施课程思政教学的过程中, 不能强行加入思政元素, 或者只是通过简单直白的案例来实施课程思政, 这样可能都会降低学生学习的积极性和学习兴趣, 适得其反。数据结构作为计算机及相关专业的核心课程, 受重视程度高, 影响面较大, 在培养学生专业和实践能力的同时, 需要培育学生崇高的思想品德, 全

基金项目: 北京林业大学 2022 年教育教学改革与研究重点项目“‘德为先, 人为本, 材为重’: 计算机国家一流本科专业建设的探索与实践”(BJFU2022JYZD007); 教育部产学研合作协同育人项目“数据结构课程教学改革与创新探索”(202101081005); 北京林业大学课程思政教研教改专项课题“数据结构 A 课程设计”(2020KCSZ207)。
第一作者简介: 李冬梅, 女, 教授, 研究方向为自然语言处理、知识图谱, lidongmei@bjfu.edu.cn。

方位提升学生的综合素养。该课程在课程体系中承上启下,是计算机学科知识结构的核心和技术体系的基石,所体现的科学精神与人文精神的融合是实现思政教育的重要载体^[4]。将思政教育与数据结构课程设计相结合,有助于学生在学习专业知识的过程中,深刻理解国家发展战略、科技创新和信息化对国家 and 民族的重要性,增强专业学习的使命感。使得思政教育不再局限于独立的课程和教材,而是与专业课程相结合,为学生提供更多的思想政治教育资源和渠道。

1 课程目标修订

数据结构课程内容综合性强,较为抽象深奥,在课程体系中具有承前启后的作用,不仅是一般程序设计的基础,还是设计和实现编译程序、操作系统、数据库系统及其他系统程序的重要基础。课程兼具理论性和实践性,是计算思维和工程素养的启蒙课程^[5]。工程素养包括技术修养、人文素养和职业道德规范,要求学生具有创新能力、团队合作精神和组织协调能力和工程项目管理能力,拥有自主学习和终生学习的习惯及能力^[6]。根据专业培养目标,结合课程自身的特点,深入挖掘本课程的伦理、价值、科学精神等德育元素,将原有的只重视知识本身的课程目标修订为知识、能力、素养相融合的“三育人”目标,概括为“三知”“三能”“三有”。

(1)“三知”知识目标:熟练掌握基本数据

结构的逻辑特性和存储表示方法;熟练掌握基本算法和其应用;熟练掌握各种查找和排序算法。

(2)“三能”能力目标:能够依据工程实际问题合理组织数据和存储数据;能够针对复杂工程中的算法问题,设计出比较合理的解决方案;能够利用具体的编程语言实现解决方案。

(3)“三有”素养目标:具有良好的工程素养和职业素养;具有精益求精的工匠精神和创新精神;具有科技报国的社会责任感和爱国主义情操。

2 课程实践内容重构

2.1 课程思政体系框架

以新工科为背景、以一流课程建设思想为指导、以课程思政为引领的“一先导、二驱动、三育人、四协同”的课程思政体系框架如图1所示。一先导是指在教学中注重以德为先,寻找专业知识体系与德育知识体系的合理融入点,加强德育教育与专业教育的融入和渗透,落实立德树人根本任务;二驱动强调以人为本,建设线上线下各类思政教学资源,实施线上线下、课内课外教学的双向共同驱动,充分体现以“以学生为中心”的教学理念;三育人指以才为重,践行“三全育人”模式,培养“三知、三能、三有”德才兼备的复合型创新人才;四协同指以统为要,统筹规划,借助教学服务系统、动画演示系统、在线评测系统、代码查重系统4个教学平台,共享思政和专业教学资源,构建多平台协同育人模式。

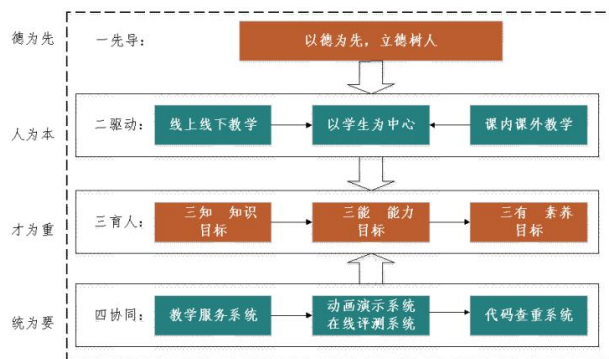


图1 数据结构课程思政体系框架

2.2 融入课程思政的数据结构课程设计教学方案

围绕课程的“三知、三能、三有”的三育人目标,采用“五环相扣”教学模式,并基于专业的培养目标,即以工程实践能力培养为主体、创新能力与农林信息化研究能力培养相结合的高端复合型应用人才,设计并实施融入课程思政的实践项目。

1) 教学模式的设计。

“五环相扣”教学模式(如图2所示)的核心思想是将教育、培养、实践、竞赛和产出相结合,形成一个完整的闭环系统,以提高学生的综合素质和能力。其中,第一环为学知识,即获取数据结构课程的基本知识,并结合设计好的“思政教育点”,将社会主义核心价值观引入实践教学,将思想政治教育内化于心、外化于行,以达到更高层次的全方位育人目标。第二环为研算法,即研究数据结构算法的具体实现,通过讲解算法的不同实现将“统筹规划、大局意识”融入到课程实践难点讲授中,以培养学生的系统思维和全局观念,加强对于整体性问题的思考和解决能力,从而在整体上进行规划和决策。第三环为练技能,即进行实战训练,通过不断练习来培养学生的工匠精神和探索未知终身学习的意识,以应对未来的挑战和机遇。第四环为赛素养,通过学科竞赛的形式来培养学生的综合素养和实践能力,既关注学科知识和技能,又注重创新能力的提高,同时也倡导绿色发展的理念。增强对植物的保护意识和危机意识,坚信生态优先、绿色发展等习近平新时代中国特色社会主义思想,增强道德修养与职业情操,利用专业知识为生态文明建设提供解决方案。第五环为产成效,即在课程实践的过程中,能够针对复杂工程问题进行分析和建模,设计出合理的解决方案并编程实现,并能够为算法设计提出合理的改进建议。鼓励学生参与实际项目,提升解决实际问题的能力,通过课程实践,实现从知识能力到素养的综合提升,具备社会责任感、使命感和科技报国精神,将所学知识和技能应用于实际工程中,为社会和国家的发展做出贡献。

2) 实践项目的设计。

党的二十大报告中指出“推动绿色发展,促进人与自然和谐共生”,为林草事业发展提出了



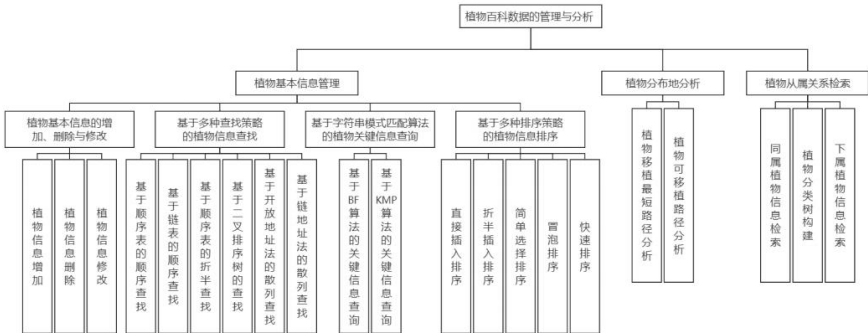
图2 “五环相扣”教学模式

更高的要求,指明了前进的方向。“原本山川,极命草木”,植物既是重要的生物资源,又是环境的重要组成部分。在国家的“绿色发展理念”背景下,为促进经济发展与自然发展的和谐统一,将植物信息整合,对植物数据进行管理和分析显得尤为必要。

基于给定的植物百科数据,以习近平生态文明思想为背景,我们设计了“植物百科数据的管理与分析”综合实践案例。通过对植物信息进行分析,可以进一步开展各地区植物及其多样性研究,对于合理开发利用和保护植物资源、因地制宜地制订林业生产和旅游业发展规划等具有重要意义。利用专业知识为生态文明建设提供解决方案和决策支持,增强专业自信。

在实践项目的设计上,践行“林草兴则生态兴,生态兴则文明兴”使命任务,基于专业培养目标,模拟软件开发企业的情境,转换学生角色与模拟项目管理过程,实行“模块项目化”,将综合实践案例划分为植物基本信息管理模块、植物分布地分析模块和植物从属关系检索模块3个子模块,并进一步细分植物信息增加、植物信息删除等21个项目(如图3所示)。21个项目以闯关形式发布在头歌平台上,要求学生在头歌平台上完成,平台可以完成代码的自动评测。

项目头歌平台网址: <https://www.educoder.net/shixuns/85fisk7f/challenges>



3 方案实施

将学生待完成的21个项目的实践过程划分为“实践准备—任务实施—流程控制—成果验收—反馈评价”5个环节，指导学生“技术导行、行动导行和情感导行”，即“五节行为化”，如图4所示。实践准备环节由学生通过查阅相关文献，对项目设定的内容进行初步了解。任务实施环节以小组为单位进行讨论，再由学生自主完成，以保证所有学生均参与到实践中。流程控制环节由教师主导完成，在任务实施的过程中对学生的行为进行干预，积极引导学

生，调控整个实践过程。成果验收环节包括以专业知识为主体的现场答辩和融入思政元素的实践总结报告。反馈评价环节包括学生在课程实践的过程中和完成后对本次课程实践的评价，从而评估学生整个课程实践的学习情况。

针对实践项目的思政教学环节，以表1中的课程思政矩阵为导向，针对各实践环节和内容，融合思政教学资源，细化课程设计环节，以技能传授为基础，突出思政要素展现。评估思政教学效果。围绕“三知、三能、三有”的三育人教学目标，构建思政效果评估指标体系，注重教学反思，不断改进课程思政效果。

课程实践主要培养学生的系统思维能力，加强学生对基本数据结构和算法的理解，提升学生



图4 实践过程“五节行为化”

表 1 课程设计实践过程思政矩阵

序号	课程设计环节	思政点 1 (社会主义核心价值观)	思政点 2 (绿色发展和 创新精神)	思政点 3 (道德修养与 职业情操)	思政点 4 (工匠精神)	思政点 5 (社会责任感)
1	实践准备	✓		✓		
2	任务实施		✓	✓	✓	
3	流程控制	✓				✓
4	成果验收	✓	✓	✓	✓	
5	反馈评价	✓		✓		

的计算思维和抽象思维能力,培养学生严谨求实的科学态度。在实践准备和任务实施时,要求学生能够综合运用所学知识,对复杂工程中的算法问题进行分析 and 建模,设计出较合理的解决方案,精益求精并有所创新,培养学生的工匠精神和道德修养与职业情操;通过流程控制,与思政教育点结合,践行社会主义核心价值观,培养学生的社会责任感;成果验收环节通过验收实践项目成果和融入思政元素的实践总结报告,从而在培养学生创新精神和工匠精神的同时,更好地理解社会主义核心价值观和绿色发展的理念。反馈评价环节包括形成性评价和结论性评价。通过形成性评价,教师可以及时获取教学中的不足,并获悉学生学习成效和思想变化,在课程实践开展过程中,教师可随时使用提问、布置任务等方式,获取学生学习和思想状况。教师将获得持续性教学反馈,并依据反馈结果调整教学计划,改进教学方法。结论性评价是对一段时间内的教学进行一次总结性评价,在课程实践结束后,教师对学生的学习和思想变化进行一次综合性检验,以确定课程目标达成情况。

4 课程思政教学成效

4.1 立德树人成果显著

课程实践结束后,对数据结构课程设计的教学成效进行了评估。对计算机类 2020 级与 2021 级学生的课程实验、课程设计分别进行了对比。可以看出,在实施课程思政之后,学生的平均成绩在理论与实践环节均出现了不同程度的提升。另外,2021 级的课堂提问回答正确率、出勤率

等均有一定的提升。出勤率从课程思政前的 90% 上升到了 94%,表明课程思政可以有效地激励学生的积极性,加强学生按时上课的时间观念,从而提升学生的学习成效。

4.2 课程思政资源建设成果显著

(1)课程使用的主教材和配套的习题解析与实验指导均为课程组老师编写,其中主教材《数据结构(C语言版)(第2版)》^[7]为国家级十二五规划教材,目前累计销量 80 余万册,被国内 400 余所高校选用。《数据结构(Python 版)》^[8]为首批“十四五”职业教育国家规划教材,出版一年多,已被国内 30 余所高校选用。

(2)“植物百科数据的管理与分析”案例已作为综合实践案例,编入《数据结构习题解析与实验指导(Python 版)》^[9],该教材由李冬梅老师主编,已于 2023 年 5 月由人民邮电出版社出版。

(3)本案例依托于课程组与头歌平台共建的“数据结构”在线课程,在线课程包括两个版本:C/C++ 版和 Python 版。课程网址分别如下:

数据结构(C/C++ 版): <https://www.educoder.net/paths/jizlwfkq>

数据结构(Python 版): <https://www.educoder.net/paths/qti2oj3f>

本案例的 C/C++ 版和 Python 版均已在头歌平台上发布,网址分别如下:

数据结构课程设计——植物百科数据管理与分析(C/C++ 版):

<https://www.educoder.net/shixuns/85fisk7f/challenges>

数据结构课程设计——植物百科数据管理与

分析 (Python 版):

<https://www.educoder.net/shixuns/kqega69f/challenges>

(4) 本案例已于 2022 年用于北京林业大学信息学院 21 级 300 余名本科生的实践教学, 目前, 两个版本的案例已被其他使用教材的多所学校选用, 测试数据已得到全面验证, 准确无误, 这种创新的实验模式得到了师生的一致认可。

(5) 本案例获得了 2022 年“第四届中国计算机教育大会计算机类教学资源建设优秀教学案例”特等奖。

参考文献:

- [1] 习近平. 习近平谈治国理政: 第二卷[M]. 北京: 外交出版社, 2017.
- [2] 高德毅, 宗爱东. 从战略高度构建高校思想政治教育课程体系[J]. 中国高等教育, 2017(1): 43-46.
- [3] 张所娟, 陈刚, 宋金玉, 等. 面向计算机类课程的思政建设探索与研究[J]. 软件导刊, 2023(5): 1-5.
- [4] 陶南, 唐懿芳, 林萍. 数据结构与算法课程思政教学设计与实践[J]. 计算机教育, 2023(5): 60-64.
- [5] 李冬梅, 陈志泊, 王建新, 等. “数据结构”精品资源共享课的建设与成效[M]. 黄国华. 北京林业大学教育教学改革优秀论文选编, 2017(12): 63-68.
- [6] 汤琳, 周鹏, 洪玲. 新工科背景下计算机类专业课程思政建设思路与实践路径探索: 以“数据结构”课程为例[J]. 绵阳师范学院学报, 2020(10): 48-56, 61.
- [7] 严蔚敏, 李冬梅, 吴伟民. 数据结构(C语言版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015.
- [8] 李冬梅, 曲锦涛. 数据结构(Python版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2021.
- [9] 李冬梅, 崔金满. 数据结构习题解析与实验指导(Python版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2023.

(实习编辑: 欧 阳)

(上接第66页)

的同时, 更深入地培养了学生的实践能力。希望本次实验课的改革方案能够应用于后续其他课程

开设中, 师生携手共进, 建设新时代北航软件工程实验课程。

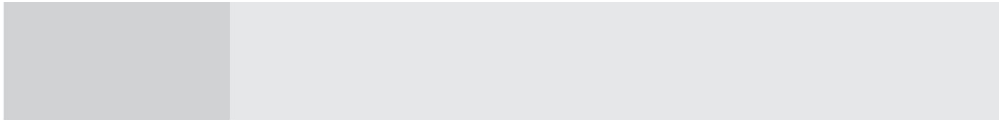
参考文献:

- [1] 毛新军, 尹刚, 尹良泽, 等. 新工科背景下的软件工程课程实践教学建设: 思考与探索[J]. 计算机教育, 2018(7): 5-8, 13.
- [2] 李志义, 朱泓, 刘志军, 等. 用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革[J]. 高等工程教育研究, 2014(2): 29-34, 70.
- [3] 崔洪振, 相启星, 张伟, 等. 基于CDIO-OBE的毕业培养目标达成度评价方法研究: 以“软件工程”课程为例[J]. 计算机时代, 2021(4): 98-100.
- [4] 常建华, 张秀再. 基于OBE理念的实践教学体系构建与实践: 以电子信息工程专业为例[J]. 中国大学教学, 2021(Z1): 87-92, 111.
- [5] 刘强, 陈越, 骆斌, 等. “软件工程”课程教学实施方案[J]. 中国大学教学, 2011(2): 41-44.
- [6] 郑丽伟, 刘建寅, 崔展齐. 基于OBE的软件工程课程教学改革与探索[J]. 计算机教育, 2021(5): 166-169, 173.
- [7] 陆鑫, 任立勇. 基于OBE工程教育理念的课程实践教学模式探索[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(6): 107-111, 116.
- [8] 杨溢龙, 卜永祺, 蹇耀辉, 等. 基于OBE的模型驱动开发课程探索[J]. 计算机教育, 2023(3): 135-139.
- [9] 杨溢龙, 蹇耀辉, 卜永祺, 等. 基于OBE理念的软件工程基础课程教改方案[J]. 计算机教育, 2023(3): 105-109.
- [10] 刘强. 基于OBE理念的“软件工程”课程重塑[J]. 中国大学教学, 2018(10): 25-31.

(实习编辑: 欧 阳)

3. 课程思政引入实践类课程的方法设计——以数据结构课程设计为例

（北京林业大学教育教学改革研究优秀论文选编）



课程思政引入实践类课程的方法设计

——以数据结构课程设计为例

付 慧 李冬梅 孟 伟 洪 弋

（北京林业大学信息学院北京市 100083）

摘 要：在计算机类专业课程中课程思政常常与理论课程内容相结合，探索实践类课程融入课程思政的引入方法的研究较少。本文以数据结构课程设计为例，结合课程思政所涵盖的多层次内容，探讨了在实践类课程中融入思政元素的引入方法。

关键词：实践课程；课程思政；引入方法

一、课程思政概述

课程思政是指以构建全员、全程、全课程育人格局的形式将各类课程与思想政治理论课同向同行，形成协同效应，把“立德树人”作为教育的根本任务的一种综合教育理念。课程思政是高校积极落实习近平总书记指示精神的实践探索，是中国特色社会主义高校的体现。目前课程思政已经逐渐融入各门课程中，有越来越多的素材和案例可以为专业课所用。王亚丽^[1]通过在数据结构课程的每章知识中添加思政内容，并在课堂与综合实验课进行了教学设计。童蔚苹^[2]通过深挖算法中的思政元素体现新时代的工匠精神。李志华^[3]提出了从政治认同、家国情怀、道德修养、国家战略与安全等方面无缝自然地融入到专业课程知识点和教学过程。张新潮^[4]针对数据结构课程的每一章节都设计了从哲学原理、人文素养、价值观体现几个角度能够体现的思政元素。这些学者大多是从数据结构课程理论与思政内容相融合的角度提出自己的课程思政教学设计。目前实践类课程如何融入课程思政研究的较少，而实践类课程在教学改革中逐渐受到重视，在工程认证要求下实践类课程逐渐加大了学时和教学投入。因此研究实践类课程与课程思政相融合的教学方法很有必要。针对课程思政的多个层次，本文设计了不同类型的引入方法。

二、实践类课程开展课程思政的优势

实践类课程开展课程思政的难点是不易找准引入课程思政内容的切入点。实践类课程主要锻炼学生操作类的能力，通过实践验证专业课中重要的原理和步骤并进行探究。在实践类课程的每个阶段都具有很强的连贯性，其由专业框架和专业操作紧密融合，很难切入思政元素。常见的切入方法主要集中于案例法或引申法。目前大多数课程思政的融入设计是基于理论课程的，研究与实践类课程融合方法的较少。本文希望通过对课程思政层次的

划分,形成不同的引入方法,指导实践类课程与课程思政的融合。

通过分析实践类课程的特点,可知其在融入思政课程上有着独特的优势。首先,实践课程常常有1~2周的完整时间,能够给教师更大的自由设计空间,也能够让学生在一个持续的时间内思考更为宏观或深奥的问题。其次,实践类课程往往具有多个阶段,需要完成一个综合性的问题,在这个过程中教师可以结合学生的实践反馈,添加思政元素。

同时实践类课程融入思政课程也有难点:实践类课程课时紧;老师说的少,学生操作多。要解决这个问题就需要教师通过精心的设计将思政内容与课程内容紧密结合,思政内容实现潜移默化得引入。本文旨在帮助教师们达到这样的目的。

三、课程思政内容的三个层次

思政内容浩如烟海,教师们在思考实践类课程引入课程思政时,往往没有头绪。本文将课程思政内容简单划分为三个层次:事件类;理论类;星辰大海类。通过将思政内容归类,并有针对性地开发出每一层次的引入方法,课程思政与实践类课程将能无缝融合。

(一) 事件类

课程思政常常与现实生活中出现的新闻或者大众讨论的话题相联系,例如涉及国家安全的事件,涉及民生的事件,涉及学生或教师的事件等。例如中美贸易战问题,随着事态的发展已经演变成中美在全领域的竞争问题,针对这样的问题如何在课程中引入并促进同学思考需要有一定的方法。

(二) 理论类

课程思政涉及到的理论非常多,可以说是理论的宝库,这些理论可以简单划分为:中国传统文化;马克思主义相关原理;中国领导人思想;社会主义核心价值观。在授课时选取一些专业内容与理论类的思政内容相联系,是很多教师常常使用的方法。但是在引入时要避免生硬和说教,需要精心设计引入方案。

(三) 星辰大海类

课程思政属于这个层次的案例不多,需要教师基于专业对学生进行引导。星辰大海类思政内容是鼓励学生要有梦想,有追求的长远目标。随着生活物质条件的改善,学生们变得只有短期目标,没有长期目标,没有梦想。这就直接导致了学生在毕业后的学习动力不足,在未来可能长达十几年的工作中无法找到方向。因此如何培养出在40岁时仍然优秀的人才是我们高校教师应该树立的长远目标。为了能够让学生们有长久的学习动力,在课程中非常有必要引入星辰大海类的思政内容。

四、实践类课程引入课程思政的三个方法

本文针对三个层次的课程思政内容,设计了三种引入方法。针对课程思政与实践类课程的融入问题进行了探索。本文以“数据结构课程设计”为例,针对三个层次的思政内容,给出了对应的方法,为了不受限于实践课程具体内容,针对每个层次的例子本文也给出了一些方法和思路。

首先介绍一下“数据结构课程设计”的课程目标:通过综合性的题目进行实习训练,使学生具备以下能力:

1. 针对复杂工程问题能够运用数据结构的理论知识给出算法的设计思想,能够根据数据逻辑结构的知识区分出复杂工程问题数据之间存在的关系,并能够给出数据的存储结构。

2. 能够运用数据结构的理论知识,借助文献综述和分析,设计并给出复杂工程问题的多种解决方案,并利用相应开发工具给出解决方案的实验结果。

3. 能够在复杂工程问题的设计和实现环节,融入社会、健康、安全、法律、文化和环境等因素,科学开展实验。

针对这三个能力目标,我们在课程设计中着眼于“复杂工程问题”所涉及到的开发工具、调研方法、榜样人物等方面引入课程思政,实现了由浅入深,由事件到理论,再到理想的思政引入路径。

(一) 事件类引入方法

教师首先在本专业领域进行搜索,是否有重大的事件发生。本课程授课对象是计算机专业的学生,学生在学习和科研中常常用到很多工具软件,可以从开发工具入手来说明当前中美之间科技上的竞争关系。

事件:2020年美国禁止中国大学哈工大、哈工程和北航使用美国软件 Matlab,而 Matlab 是一款中国高校普遍使用的模拟仿真工具,其丰富的工具箱和简洁的程序代码以及强大的图形化能力是中国高校进行教学和科研的有力工具。

针对美国政府的这一政策,我国也给出了应对方案。教育部官网发布由教育部与工业和信息化部联合制定的《特色化示范性软件学院建设指南(试行)》^[5],如图1所示。

教育部办公厅、工业和信息化部办公厅印发《特色化示范性软件学院建设指南(试行)》

2020-05-10 07:22

在线学习 | 已访问 | 2020年6期 | 收藏 | 分享 | 评论 | 星标

关键词: 苏州大学 学位 软件

近日,教育部、工业和信息化部联合发布《特色化示范性软件学院建设指南(试行)》,聚焦国家软件产业发展重点,在关键基础软件、大型工业软件、行业应用软件、新型平台软件、嵌入式软件等领域,培育建设一批特色化示范性软件学院。

学院建设以立德树人为根本任务,以特色化软件人才培养为目标,以深化产教融合为途径,以改革创新为驱动,以特色发展为重点,深化软件人才培养模式改革,大力开展关键核心技术攻关,促进软件生态体系建设,充分发挥软件人才培养对产业发展的支撑引领作用,推动我国软件产业实现由大到强的历史跨越。学院重点推进十个方面的建设任务:一是强化使命驱动,二是突出专业特色,三是创新培养模式,四是注重产业导向,五是加强队伍建设,六是深化产教融合,七是严格教学管理,八是促进国际交流,九是推进质量建设,十是加强组织保障。

教育动向

国务院:今明两年离校扩招200万人

5月22日上午,十三届全国人大三次会议在北京人民大会堂开幕,国务院总理李克强在《政府工作报告》中提出,千方百计稳定和扩大就业。加强对重点行业、重点群体就业支持,资助以训促稳,今明两年职业技能培训3500万人次以上,高职院校扩招200万人,要使更多劳动者长技能、好就业。

教育部明确在普通高校继续开展第二学士学位教育

日前,《教育部办公厅关于在普通高校继续开展第二学士学位教育的通知》正式印发,部署开展第二学士学位教育工作作出部署安排。《通知》指出,为贯彻落实《国务院办公厅关于应对新冠肺炎疫情影响强化稳就业举措的实施意见》精神,进一步优化人才培养结构,为高校毕业生创造更多再学习机会,增强学生就业创业能力,经研究,决定在普通高校继续开展第二学士学位教育。

图1 《特色化示范性软件学院建设指南(试行)》新闻稿

该《建设指南》中指出,将聚焦国家软件产业发展,重点在基础软件、大型工业软件、行业应用软件、新型平台软件、嵌入式软件等领域。培育建设一批特色化示范性软件学院。

引入方法:教师可设计三个步骤引导学生从了解事件,分析事件到升华认识。

1. 了解事件。

要详细介绍事件的内容和可能导致的结果，引起学生们的注意，给出多方关于该事件的介绍，帮助学生们全面了解该事件。

2. 分析事件。

要建立事件与本专业或者学生之间的联系，说明事件的意义。

在分析阶段我们设计了 2 个议题：

(1) 工具类软件在程序设计中的作用。

(2) 分析目前主流的编程工具软件的归属：美国，开源，中国。

3. 升华认识。

思考如何应对该事件造成的不良影响；思考中国未来工具类软件的发展方向；思考我们能够做什么，我们需要改变什么。

事件类的思政内容主要围绕实践课程涉及的理论知识、工具、方法，以及专业进步等方面去搜集资料；找到相关材料之后，设计分析的角度和升华的认识是什么。

(二) 理论类引入方法

理论类的内容要避免生硬和说教，需要结合实践类课程的内容来筛选理论知识点，将理论融于实践类课程的设计过程，让学生们通过自身的经验体会到思政理论为最佳方案。步骤包括：布置任务；任务评价；任务总结。

以“数据结构课程设计”为例：

课程题目：构建一个股票浏览和基金推荐系统。

功能：查询股票日常数据，按照价格或行业排序股票，给出推荐的股票 / 基金组合等。

数据来源：证券公司经过筛选后的 200 只真实股票数据。

1. 布置任务。

题目要求有股票推荐的功能。该功能需要学生们给股票发行公司进行评分。对应的任务就是调研股票公司。

指导教师需给出一些参考的方向：需要调研股票公司的业绩；了解公司创始人的风格；了解该公司所在行业的发展并调研国家对该行业的支持程度等。

本专业的学生为计算机专业学生，并不是经济相关专业，相关背景知识的缺乏导致同学们只能搜索到一些专业文章和表面数据，无法了解数据背后的经济周期或者公司的经营状况。客观全面地分析一家公司是非常困难的，现实中基金公司往往需要创建一支经验丰富的专业团队来完成该任务。

2. 任务评价。

(1) 学生感受。

在课程调研报告中大部分同学都提到自己的调研不够充分，专业知识缺乏，对公司的评价和打分不能全面反应该公司的价值。通过这个任务的设定，使同学们都认识到了一个重要的思政原理——只有调查研究才有发言权，要全面得看待问题。

在有限的时间内，学生们查询了大量的资料，但是由于没有相关的背景知识，他们只能在自己能力范围内给出评价。在这个过程中他们都深深的感到了自己的这个评价是不准确的，自己的调研是不充分的。通过亲身经历，使学生们体会到了调查研究的重要意义，同时明白了做好调查研究不是一件容易的事情。

（2）教师指导。

为了避免学生们在完成过程中的挫败感，同时指明正确的方向，需要指导教师设计对应的方案进行指导。指导教师在学生调研完毕后，要结合学生的困惑给出解决方案，同时帮助学生们认识到自己能够做到什么。

首先介绍基金公司的调研团队是如何全面地调研一个公司的。他们不仅需要对公司的专业领域和全面信息有所了解，也会使用一些工具帮助分析数据才能做出判断。其次，指导学生学习如何分析数据，例如从业绩数据中分析公司在市场上的表现，从股价波动和新闻中分析股民的情绪，结合大盘整体波动进一步预测发展趋势等，教会同学们正确的调研方式。最后，帮助同学们意识到自己能够做到什么。基金公司采用的很多数据分析工具正是由计算机专业人员开发的，它涉及数据挖掘，大数据分析，软件工程等领域。这正是计算机专业学生学好专业知识能够做到的事情。

3. 任务总结。

通过调研公司这一任务，让学生们理解调查研究的重要意义。调查研究的重要意义体现在学生给企业打分的结果中。打分的结果说明了一家企业是如何被评价的，这个评价是否准确，这个评价可能会给这个企业和股民带来什么样的变化。促进学生们进一步认识到要做好一项工作需要掌握更多的专业知识和分析问题的能力，通过真实经历体会到了思政原理——调查研究的重要性。

理论类思政内容的引入的方式可以通过设定一个具体的任务，预计学生们在完成任务时会出现哪些困难，教师引导他们找到正确的方法，同时思考如何解决困难，直到困难解决。通过这一过程可以帮助学生获取方法论上的认识。理论类思政内容中并不是全部适合这种引入方式，这种引入适合于哲学思想或者方法论一类的内容，因此需要教师在设计思政内容时仔细筛选。

（三）星辰大海类引入方法

为了让学生们在毕业后仍然有充足的学习动力，在人到中年时还保持着对自我的要求，教师要引导他们树立远大的目标，星辰大海才是值得追求的梦想。而此类思政内容的引入是课程思政中比较缺乏的一类。此类内容可以从三个角度去引入，专业的梦想，人生的梦想，国家的梦想。但是此类内容很容易沦为简单的说教和短暂的感动，难以引起学生的共鸣，因此引入此类内容的方法是——讲好一个故事。

为了引导学生们树立远大的目标和梦想，我们可以在本专业领域或者实现自己人生梦想的其他领域选取一些真人真事进行介绍，利用榜样的力量来引导学生树立远大目标。国家的梦想的案例可以选取一些通过个人的不懈追求提升了中国的国际影响力的故事。

所有的人都喜欢听故事，教师要学会讲故事。学会讲故事需要注意在三个地方进行挖掘。

1. 为什么树立了远大的目标。
2. 做出了成绩的人具有哪些品质。
3. 奋斗的过程中人的思想变化。

在讲解真人真事的时候要注意把为什么树立了远大的目标讲清楚，给学生们提供一些可以参考的模版。同时在讲解为了梦想而不懈追求的时候，一定要注意突出人物性格和品质，例如不怕挫折，坚持真理，勤奋踏实等，让学生们认识到追求梦想是需要一些基本的素质的。在讲解人物的奋斗故事时要注意突出其思想变化，学生们最喜欢听贴近自己的逆

袭故事。所以要注意贴近当前的学生认知,不能一开始就思想觉悟很高,这种脸谱化的成功故事无法引起学生的共鸣。因此我们在筛选人物故事的时候要注意这些地方。

在数据结构课程设计中,完成“公司调研”任务时,包括一项内容:调研企业的创始人。创始人作为公司的创造者有丰富的人生经历可以挖掘,非常适合作为榜样人物进行介绍。

“福耀玻璃”的创始人曹德旺是一个非常成功的企业家,他同时是一个慈善家,捐献国家的金额高达260亿。教师可以阅读曹德旺的自传《心若菩提》来了解曹德旺的个人经历,如图2所示。

同时网络上有很多的视频资料^[6-9]介绍曹德旺的事迹。曹德旺在美国办工厂也非常出名,《美国工厂》这个纪录片真实体现了中美两国在企业管理和工人素质上的差别。教师通过介绍曹德旺,可以让学生们了解到一个心怀家国的企业家的形象,了解到一个穷小子逆袭的故事,了解到目前中美两国的制造业的差距以及中美两国在企业管理上的区别。

曹德旺的经历是一个个人奋斗的故事。他从小家贫,为了生活而辛苦打拼,他的梦想从挣钱改善生活,到帮助更多的人有一份工作,再到帮助中国的制造业成为全球第一。我们可以看到他的思想变化,可以了解他的精神和品质,这些都真实,通过这个案例,希望学生们能够思考自己的人生,给自己设定短期、中期、长期的奋斗目标。鼓励学生们要敢想敢追求,星辰大海是我们的梦想,中华民族伟大复兴是我辈的使命。

星辰大海类思政的引入方法是找到一个真实的案例,通过分析榜样人物的主要事迹,重点放在分析其思想上的成长过程以及帮助其实现梦想的主要个人素质,最后帮助学生们建立短期、中期、长期的目标,帮助学生树立一个远大宏伟的目标。

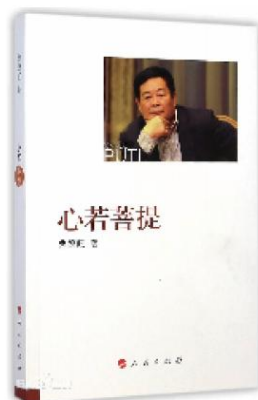


图2 曹德旺自传《心若菩提》

五、总结

本文以“数据结构课程设计”为例,重点研究了课程思政引入实践类课程的方法。通过对课程思政内容进行分层,分别介绍三种引入课程思政的方法。能够解决实践类课程与思政内容融合不佳的难题。同时本文提出了星辰大海类思政内容引入实践类课程的重要作用,其能够帮助学生们在毕业后也具有充足的学习动力,更好地实现人才培养目标。

参考文献

- [1] 王亚丽,高淑敏,袁配燕.课程思政引领的数据结构课程教学[J].计算机教育,2021(08):57-60.
- [2] 童蔚苹,陈淑燕,杨帆,林柏锦.课程思政元素挖掘与教学实践研究——以“Python数据结构与算法”为例[J].教育教学论坛,2021(34):14-17.
- [3] 李志华,张烨超,詹国华.数据结构课程思政建设的探索与实践[J].计算机教育,2021(7):32-33.

- [4] 张新潮.《数据结构》课程思政元素的设计[J].电脑知识与技术, 2020(8): 111-113.
- [5] <https://www.fx361.com/page/2020/0910/9772917.shtml>
- [6] <https://haokan.baidu.com/v?vid=1500311069309872495>
- [7] <https://haokan.baidu.com/v?vid=5607406235140154110>
- [8] <https://haokan.baidu.com/v?vid=16664512452484138918>
- [9] <https://haokan.baidu.com/v?vid=11951561025875876217>

作者简介:

付慧,女,副教授,研究方向为数字图像处理,深度学习,讲授课程“数据结构”,“图像处理算法与应用”,邮箱: fuhui@bjfu.edu.cn;

李冬梅,女,教授,研究方向为自然语言处理和知识图谱方向,讲授“数据结构”,“编译原理”,邮箱: lidongmei@bjfu.edu.cn;

孟伟,女,副教授,研究方向为操作系统设计和数据挖掘,讲授“数据结构”,“操作系统”,邮箱: mnancy@bjfu.edu.cn;

洪弋,女,讲师,研究方向为数据挖掘,操作系统,讲授“数据结构”,“离散数学” hongyi@bjfu.edu.cn。

资助项目:

- 1) 北京林业大学 2020 年课程思政教研教改专项课题“数据结构 A 课程设计”(2020KCSZ207);
- 2) 北京林业大学 2020 年课程思政教研教改专项课题“数据结构 A”(2020KCSZ206);
- 3) 教育部产学合作协同育人项目“数据结构课程教学改革与创新探索”。

Method design of introducing course for ideological into practical courses

——Take data structure course design as an example

Fu Hui Li Dongmei Meng Wei Hong Yi

(Beijing Forestry University, School of Information, Beijing 100083)

Abstract In the computer professional courses, the course for ideological education is often combined with the theoretical course content, and the research on the introduction method of integrating the course for ideological into the practical course is less. Taking the data structure course design as an example, this paper discusses the introduction method of Integrating Ideological and political elements into practical courses in combination with the multi-level contents covered by the course for ideological.

Keywords practical course, course for ideological, introduction method

4. 课程思政引领“数据结构”的教学改革与实践（北京林业大学教育教学改革研究优秀论文选编）

课程思政引领“数据结构”的教学改革与实践

李冬梅 孙楠 付慧 洪弋 孟伟

北京林业大学信息学院，北京 100083

摘要：高校教育应该以德为先，突出德育先导地位，加强课程思政建设，挖掘专业课程中蕴含的思想政治教育资源，才能实现全员全程全方位“三全育人”的目标。在此背景下，提出了思政引领下的计算机专业核心课程“数据结构”的教学改革方案，将知识体系、能力体系 and 价值体系有机地融合起来，在课程目标修订、课程内容重构和思政教学具体实施的全过程中融入思政元素，取得了较好的成效，为计算机专业其他课程的思政改革提供一种可借鉴的教学模式。

关键词：课程思政；数据结构；以德为先；三全育人

课程思政是新时代背景下加强高校思想政治工作的新要求，习近平总书记明确提出“各类课程与思想政治理论课同向同行，形成协同效应”^[1]。高校教师作为知识传授和思想交流的主导者，应该以立德树人为导向，将德育元素融入课程的知识传递过程中^[2]，构建思想政治理论课、综合素养课程、专业课程三位一体的思政课程体系，实现全员全程全方位育人。

在专业课程中实施课程思政是最为关键和最难解决的部分^[3]，而计算机专业的特色以及学生的特点尤为增加了专业课程思政建设的难度。对于计算机专业的课程而言，其主要特点为偏重基础理论和技术的讲解，从而使思政元素较难融入相应的理论和技术当中；对于计算机专业的学生而言，他们对当前热门的技术兴趣浓厚，主动获取知识的意愿较强，学习的目的性非常明确。因此，在计算机专业实施课程思政教学的过程中，不能强行加入思政元素，或者只是通过简单直白的案例来实施课程思政，这样可能都会降低学生学习的积极性和学习兴趣，适得其反。“数据结构”作为计算机及相关专业的核心课程，受重视程度高，学习该课程的学生人数较多，影响面较大，在培养学生专业能力的同时，需要培育学生崇高的思想品德，全方位提升学生的综合素养。该课程在课程体系中承上启下，针对“数据结构”开展课程思政建设，可以为其先修课程和后续课程起到示范和引领的作用。因此，在“数据结构”课程中开展课程思政方面的教育具有不可替代的优势。

近年来，课程组精心设计专业知识体系与德育知识体系的合理切入点，重新修改教学大纲，在课程目标修订、课程内容重构和思政教学具体实施的全过程中融入思政元素，将思政教育润物无声地融入“数据结构”的教学中，取得了一定的成效。

一、课程目标修订

“数据结构”课程内容综合性强，较为抽象深奥，在课程体系中具有承前启后的作用，不仅是一般程序设计的基础，还是设计和实现编译程序、操作系统、数据库系统及其他系统程序的重要基础。课程兼具理论性和实践性，是计算思维和工程素养的启蒙课程^[4]。工程素养包括技术修养、人文素养和职业道德规范，要求学生具有创新能力、团队合作精神和组织协调能力和工程项目管理能力，拥有自主学习和终生学习的习惯及能力^[5]。根据专业培养目标，结合课程自身的特点，深入挖掘本课程的伦理、价值、科学精神等德育元素，将原有的只

作者简介：李冬梅，北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院，教授，lidongmei@bifu.edu.cn；

孙楠，北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院，副研究员，sunny325@bifu.edu.cn；

付慧，北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院，副教授，fuhuir@bifu.edu.cn；

洪弋，北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院，讲师，hongyi@bifu.edu.cn；

孟伟，北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院，副教授，mnancy@bifu.edu.cn。

资助项目：教育部第二批新工科研究与实践项目“面向新工科的计算机专业校企双师建设与实践（E-JSJRJ20201306）”；

北京林业大学课程思政教研教改专项课题“数据结构A”（2020KCSZ206）；

教育部产学研合作协同育人项目“数据结构课程教学改革与创新探索”（202101081005）；

北京林业大学课程思政教研教改专项课题“数据结构A课程设计”（2020KCSZ207）。

重视知识本身的课程目标修订为知识、能力、素养相融合的“三育人”目标，概括为“三熟”“三能”“三有”，具体如下：

（1）“三熟”知识目标：熟练掌握线性表、栈、队列、串、数组、树和图等基本数据结构的逻辑特性和存储表示方法；熟练掌握各种基本数据结构的基本算法和其应用；熟练掌握各种查找和排序算法。

（2）“三能”能力目标：能够依据工程实际需求合理组织数据、并在计算机中有效地存储数据；能够针对复杂工程中的算法问题，设计出比较合理的解决方案，并具有一定的创新思维能力；能够利用具体的编程语言实现解决方案，能够为算法设计提出合理的改进建议。

（3）“三有”素养目标：具有良好的工程素养和职业素养，诚信守法，能够坚持职业操守和道德规范；具有精益求精的工匠精神、创新精神和探索未知终身学习的意识；具有科技报国的社会责任感、使命感和爱国主义情操。

二、课程内容重构和思政教学具体实施

基于修订的“三育人”教学目标，需要重构课程内容，合理融入思政元素。

（一）课程思政体系框架

以新工科为背景，以一流课程建设思想为指导，以课程思政为引领，提出了“一先导、二驱动、三育人、四协同”的课程思政体系框架（图1）。一先导是指在教学注重以德为先，寻找专业知识体系与德育知识体系的合理融入点，加强德育教育与专业教育的融入和渗透，落实立德树人根本任务；二驱动强调以人为本，建设线上线下各类思政教学资源，实施线上线下、课内课外教学的双向共同驱动，充分体现以“以学生为中心”的教学理念；三育人指以才为重，践行“三全育人”模式，培养“三熟、三能、三有”德才兼备的复合型创新人才；四协同指以统为要，统筹规划，借助教学服务系统、动画演示系统、在线评测系统、代码查重系统四个教学平台，共享思政和专业教学资源，构建多平台协同育人模式。

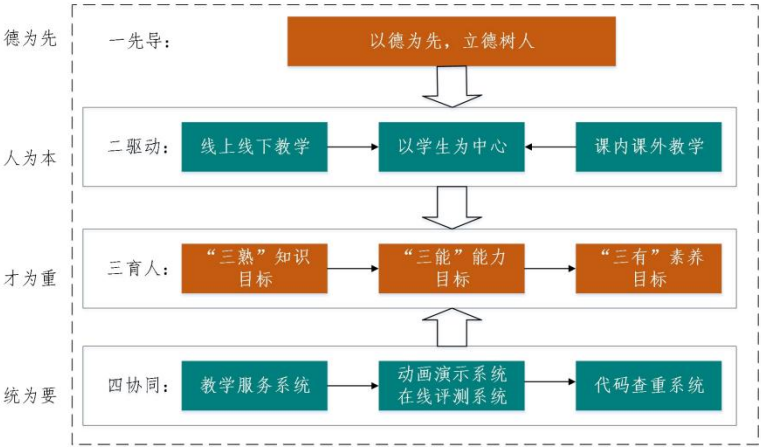


图1 数据结构课程思政体系框架

（二）课程思政教学设计方案

围绕课程的“三熟、三能、三有”的三育人目标，将理论环节与实践环节相融合，根据这两方面的不同特点与要求，分别基于案例驱动和情境驱动的方法开展思政教育，激发学生自我驱动力，满足不同学生学习能力和学习效果的需求。

1. 基于案例驱动的理论教学

在理论教学方面，从各章节的知识点中挖掘出蕴涵思政元素的“思政教育点”（表1），然后将各章节相同的分散的“思政教育点”梳理成“思政教育线”，再进一步融合为“思政教育面”，最后基于OBE理念，通过案例驱动教学、翻转课堂教学等教学手段实施，构建了“思政教育体”。既提升了教师教书育人的水平，也达到了该课程“以德为先，立德树人”的目标。

表1 各章节代表性“思政教育点”

章节序号	章节名称	课程思政融入点	案例	评价方式
第1章	绪论	通过介绍一个“好”算法的衡量标准向学生传达大局意识，统筹兼顾，培养创新精神	人机对弈问题	课堂研讨
第2章	线性表	通过讨论顺序结构的“优劣”，向学生传达唯物辩证法基本观点，培养工匠精神和探索未知终身学习的意识	多项式的加法运算	实验报告
第3章	栈和队列	通过介绍队列讲解遵守社会秩序，坚持职业操守和道德规范	舞伴问题	
第4章	串、数组和广义表	拓展网络入侵检测问题，培养学生科技报国的社会责任感和使命感	网络入侵检测问题	课堂研讨 论文
第5章	树和二叉树	根据树结构的特点引申出家族、家谱的概念，培养学生家国情怀和爱国主义情操	数据压缩问题	实验报告
第6章	图	在最小生成树的学习过程中，介绍修建高速公路，提升学生的民族自豪感，培养学生的工程素养	最小生成树问题	课堂研讨 实验报告
第7章	查找	讲解不同查找算法给学生传达“提高效率”的思想，将“统筹规划、大局意识”融入到课程难点讲授中	电商平台数据查找问题	实验报告
第8章	排序	通过电商平台数据排序问题向学生传递“讲究秩序”、诚信守法的观念	电商平台数据排序问题	实验报告

在课程思政的引领下，以人为本，充分体现以“以学生为中心”的教学理念，精心设计思政教学资源 and 思政教学案例。充分利用各种教学平台，使用课程组自行开发的教学案例库、算法演示系统、在线评测系统等丰富的课程资源，实施线上线下、课内课外教学的双向驱动，将理论环节与实践环节相融合，根据这两方面的不同特点与要求，分别基于案例驱动和情境驱动的方法开展思政教育。

下面以第4章字符串的模式匹配算法相关的思政教学案例为示例，说明课程思政设计方案（图2）。

（1）课前（线上）

在教学服务系统上传网络安全、网络入侵检测、病毒检测、模式匹配算法等相关文献，要求学生阅读并检索相关文献，明确网络安全的重要性，了解网络入侵检测的基本实现技术。

（2）课堂（线下）

通过网络入侵的标志性事件，分析事件的严重性，引导学生思考实现网络入侵检测的工程意义，向学生传递健康的网络道德观，激发学生对网络入侵检测关键实现技术即模式匹配算法学习的积极性和爱国主义情操。通过提问方式检查学生课前文献阅读的效果，根据学生课前预习效果，结合动画演示系统详细讲解字符串模式匹配算法中的BF算法，引导学生进行讨论，分析不同模式匹配算法的优劣，培养学生的创新意识。

（3）课后（线上）

在教学服务系统上发布模式匹配算法和网络入侵检测技术相关的基本测试题，同时于在线评测系统（<https://www.bjfuacm.com/>）发布相关实验题目，对于复杂的实验题目，学生模拟企业情景进行分析设计，然后编码完成。学生通过查阅文献和调试代码完成实验题目，培养自己的工匠精神和探索未知终身学习的意识，

树立知法守法的价值理念，坚持职业操守和道德规范。

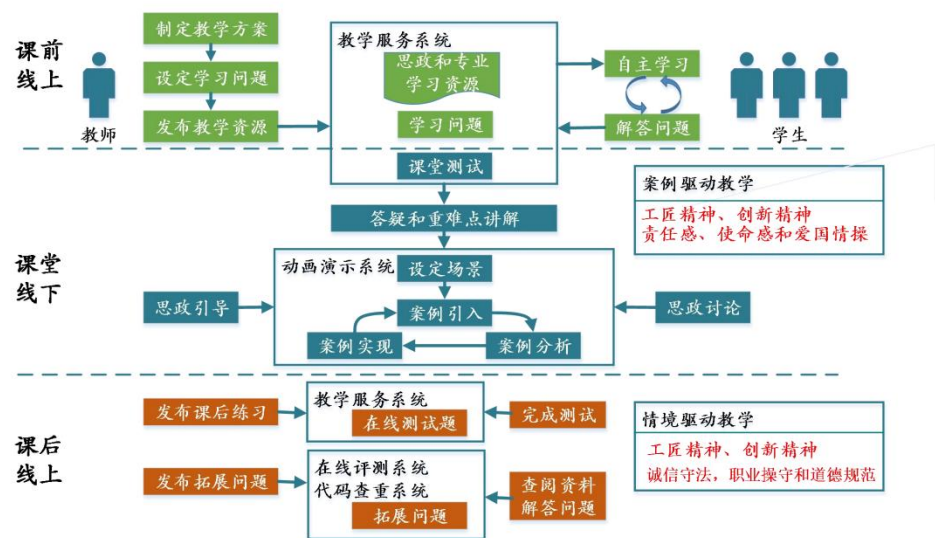


图2 数据结构课程思政设计方案

2. 基于情境驱动的实践教学

在实践环节方面采用情境式教学方法，基于专业的培养目标，即培养以工程实践能力培养为主体、创新能力与农林信息化研究能力培养相结合的高端复合型应用人才，特此模拟软件开发企业的情境，将课程的综合性实验与课程设计等实践任务模拟为企业实际应用项目，尤其侧重农林信息化相关项目。综合性实验主要培养学生的系统思维能力，在设计解决方案时，要求学生要做到精益求精并有所创新，培养学生的工匠精神；通过模拟软件开发企业的情境，转换学生角色与模拟项目管理过程，使学生获得更为真实的工作体验，进而更自然地培养学生遵守职业道德规范，全面提升学生的工程素养和职业素养。

另外，除了综合性实验外，实验环节还包括设计性实验和探索性实验，进而构建了多层次的实践教学环节（图3）。设计性实验主要是加强学生对基本数据结构和算法的理解，提升学生的计算思维和抽象思维能力，培养学生严谨求实的科学态度；探索性实验具有一定的难度和挑战性，与学科竞赛或实际科研项目相结合，培养学生的创新能力，实验项目属于复杂工程问题，需要以小组协作方式完成，进而培养学生的团队协作能力。

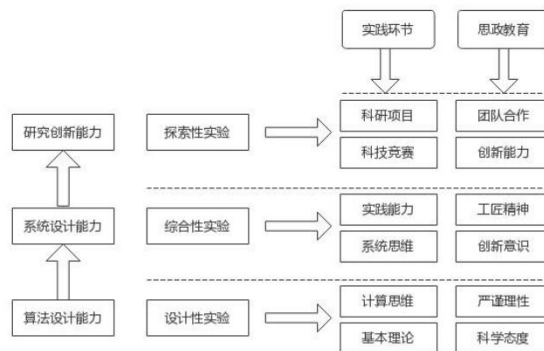


图3 多层次的实践教学环节

三、课程思政教学成效

课程组在2019级计算机类本科生中全面实施思政建设方案。课程思政在实施之后，取得了较为显著的成效。

（一）立德树人成果显著

课程结束后，对数据结构课程的教学成效进行了评估。对计算机类2018级与2019级学生的课程实验、课程设计和期末考试卷面平均成绩分别进行了对比，如图4所示。可以看出，在实施课程思政之后，学生的平均成绩在理论与实践环节均出现了不同程度的提升。另外，2019级的课堂提问回答正确率、出勤率等均有一定的提升。出勤率从课程思政前的90%上升到了94%，表明课程思政可以有效地激励学生的积极性，加强学生按时上课的时间观念，从而提升学生的学习成效。

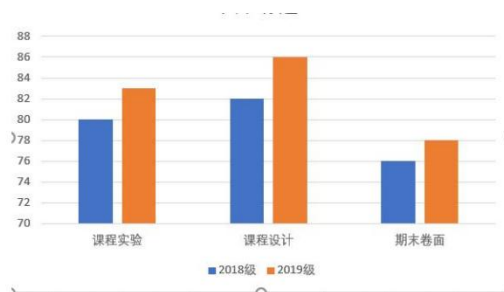


图4 课程思政实施前后平均成绩对比

（二）课程思政资源建设成果显著

（1）“数据结构A”与“数据结构A课程设计”两门课程均于2020年立项为“北京林业大学课程思政教研教改专项课题”，并已开展了相应的思政建设。

（2）“数据结构A”与“数据结构A课程设计”两门课程均撰写完成了融入思政案例的教案。

(3) 课程组已修订了思政教学大纲,收集整理了系列教学案例,将从各章节的知识中挖掘出蕴涵思政元素的“思政教育点”梳理成“思政教育线”,进而融合为“思政教育面”,构建“思政教育体”。课程组正在编写融入思政教学案例的《数据结构教师用书》,计划于2022年6月由人民邮电出版社出版。此教师用书将作为课程组编写的主教材《数据结构(C语言版)》^[6]的配套教学用书,该主教材书于2015年由人民邮电出版社出版,目前全国300余所高校使用,累计销量超过50万册。

(4) 思政引领下的“数据结构”课程教学改革和实践具有一定的示范作用。本课程提供专门的课程社群服务(群号:613926723),课程组负责人李冬梅主讲多场特邀专题报告。2020年7月,人民邮电出版社组织了有关数据结构教学改革的线上直播,李冬梅老师作为主播,参加的教师高达2000余人。2020年8月,李冬梅受邀参加由陕西省教育学会主办的“2020年度西北地区数据结构课程研讨会”并作特邀报告。

四、结语

课程思政属于一个系统工程^[7]。通过对“数据结构”课程思政教育的具体实施进行深入研究,将课程的知识体系、能力体系和价值体系有机地融合起来,培养了学生的科学素养,提高了学生的创新能力,使学生具有科技报国的社会责任感和使命感。思政引领的课程教学方式是在潜移默化地影响着学生,使学生对学习充满热情,对专业知识本身和应用价值的理解更加深刻,提升了学习的积极性和主动性,初步达到了课程思政的教学目标。目前,思政教学改革的效果评估尚缺乏一定的量化指标,今后,将对评估方法和指标问题开展研究,逐步改善“数据结构”课程思政工作,进一步研究更加切合专业特色的课程思政改革方案。

参 考 文 献

- [1] 习近平. 习近平谈治国理政:第二卷[M]. 北京: 外交出版社, 2017.
- [2] 高德毅, 宗爱东. 从战略高度构建高校思想政治教育课程体系[J]. 中国高等教育, 2017 (1): 43-46.
- [3] 陆道坤. 课程思政推行中若干核心问题及解决思路: 基于专业课程思政的探讨[J]. 思想理论教育, 2018 (3): 64-69.
- [4] 李冬梅, 陈志泊, 王建新等. “数据结构”精品资源共享课的建设与成效[M]. 黄国华. 北京林业大学教育教学改革优秀论文选编, 2017 (12): 63-68.
- [5] 汤琳, 周鹏, 洪玲. 新工科背景下计算机类专业课程思政建设思路与实践路径探索——以“数据结构”课程为例[J]. 绵阳师范学院学报, 2020, 39 (10): 48-56+61.
- [6] 严蔚敏, 李冬梅, 吴伟民. 数据结构(C语言版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015.
- [7] 刘鹤, 石琰, 金祥雷. 课程思政建设的理性内涵与实施路径[J]. 中国大学教学, 2019 (3): 59-62.

Teaching Reform and Practice Exploration of Data Structure Course Integrated with Ideological and Political Education

(Li Dongmei Sun Nan Fuhui Hongyi Mengwei)

(Beijing Forestry University, School of Information Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract College education should put morality first and highlight the leading position of moral education. The ideological and political education resources should be digged up in professional courses, so as to achieve the goal of "three all-round education" of all staff in the whole process. In this paper, the teaching reform scheme based on the ideology and politics of "Data Structure", the core course of computer specialty, is put forward. We organically integrates the knowledge system, ability system and value system, and integrates ideological and political elements in

the whole process of curriculum, such as objective revision, curriculum content reconstruction and ideological and political teaching. The teaching reform has achieved good results. It can provide a teaching model for the reform of Ideological and political education in the other courses of computer specialty.

Key words curriculum ideology and politics, data structure, morality first, three all-round education

5. 模式匹配知真灼，入侵检测卫家国——基于字符串模式匹配算法的思政教学改革案例（北京林业大学课程思政案例集）



模式匹配知真灼，入侵检测卫家国

——基于字符串模式匹配算法的思政教学改革案例

一、课程思政的教学设计思路

（一）课程基本信息

课程名称：数据结构 A

面向专业：计算机类相关专业、信息管理与信息系统

（二）课程目标

“数据结构 A”是计算机类专业的一门核心、学科基础课。课程要求达到的知识、能力、素养相融合的“三育人”目标，概括为“三熟”“三能”“三有”，具体如下。

（1）“三熟”知识目标：熟练掌握线性表、栈、队列、串、数组、树和图等基本数据结构的逻辑特性和存储表示方法；熟练掌握各种基本数据结构的基本算法和其应用；熟练掌握各种查找和排序算法。

（2）“三能”能力目标：能够依据工程实际需求合理组织数据，并在计算机中有效地存储数据；能够针对复杂工程中的算法问题，设计出比较合理的解决方案，并具有一定的创新能力；能够利用具体的编程语言实现解决方案，并能够为算法设计提出合理的改进建议。

（3）“三有”素养目标：具有良好的工程素养和职业素养，诚信守法，能够坚持职业操守和道德规范；具有精益求精的工匠精神、创新精神和探索未知终身学习的意识；具有科技报国的社会责任感、使命感和爱国主义情操。

（三）课程内容简介

“数据结构 A”课程在整个计算机专业教学体系中处于举足轻重、承上启下的地位，它是从事计算机软件开发的重要理论和实践基础，是设计和实现编译程序、操作系统、数据库系统及其他系统程序与大型应用程序的重要基础。课程主要研究数据的各种逻辑结构和存储结构，研究各种结构上基本算法的实现和算法的效率分析。目的是使学生掌握分析研究计算机加工的数据对象的特性，以便对所处理的数据对象选择合适的逻辑结构和存储结构，并在此基础上掌握对这些数据的操作。课程内容的章节结构按数据的逻辑结构展



开,包括:线性表、栈、队列、串、数组、广义表、树、图等相应章节,同时还包括两章重要的算法讲解,即查找和排序。

(四) 课程思政融入设计

1. 课程思政体系框架

“数据结构 A”课程知识结构严谨、内容枯燥,要想在这类课程中开展课程思政教学实践,必须坚持学科专业的性质不变,精心设计思政内容与切入点。充分发挥该课程的育人价值,将社会主义核心价值观引入该课程,深入挖掘本专业的伦理、价值、科学精神等德育元素。课程组以一流课程建设思想为指导,创新性地提出了“一先导、二驱动、三育人、四协同”的课程思政框架体系。

一先导是指在教学中注重以德为先,寻找专业知识体系与德育知识体系的合理融入点,加强德育教育与专业教育的融入和渗透,落实立德树人根本任务;二驱动强调以人为本,建设线上线下各类思政教学资源,实施线上线下、课内课外教学的双向共同驱动,充分体现以“以学生为中心”的教学理念;三育人指以才为重,践行“三全育人”模式,培养“三熟、三能、三有”德才兼备的复合型创新人才;四协同指以统为要,统筹规划,借助教学服务系统、动画演示系统、在线评测系统、代码查重系统四个教学平台,共享思政和专业教学资源,构建多平台协同育人模式。

2. 课程思政教学设计方案

围绕课程的“三熟、三能、三有”的三育人目标,将理论环节与实践环节相融合,根据这两方面的不同特点与要求,分别基于案例驱动和情境驱动的方法开展思政教育,激发学生自我驱动力,满足不同学生接受能力和学习效果的需求。

(1) 理论教学—案例驱动。

在理论教学方面,从各章节的知识点中挖掘出蕴涵思政元素的“思政教育点”(表 2-12 为各章节的代表性“思政教育点”),然后将各章节相同的、分散的“思政教育点”梳理成“思政教育线”,再进一步融合为“思政教育面”,最后基于 OBE 理念,通过案例驱动教学、翻转课堂等教学方法和教学手段实施,构建了“思政教育体”。既提升了教师教书育人的水平,也达到了该课程“以德为先,立德树人”的目标。

表 2-12 各章节代表性“思政教育点”

课程章节	专业知识点	相关联的课程思政元素(关键词)	所属思政融入点	建议教学方式
第 1 章 绪论	评价算法的 优劣标准	通过介绍一个“好”算法的衡量标准来向学生传达大局意识、统筹兼顾	大局意识	课堂讲授 和讨论



(续表)

课程章节	专业知识点	相关联的课程思政元素(关键词)	所属思政融入点	建议教学方式
第1章 绪论	课程简介和学习方法	强调课程重要性和学习方法,坚定学生实现关键核心技术自主可控的决心	爱国主义 科技强国	课堂讲授和讨论
第2章 线性表	两种不存储结构的比较	通过比较两种不同存储结构的“优劣”,向学生传递如何运用唯物辩证法全面辩证地看待问题	唯物辩证法辩证思维	课堂讲授和讨论
	一元多项式的运算案例	介绍多项式求解的秦九韶算法,增加学生的民族自豪感	家国情怀	实验报告
第3章 栈和队列	队列的运算规则	通过介绍队列的运算规则,讲解遵守社会秩序,坚持职业操守和道德规范	道德品质	课堂讲授和讨论
	递归算法	在讲解该思想时可以把个人所作所为抽象成递归最终的回溯结果,教导学生培养脚踏实地的工匠精神	工匠精神	课堂讲授和讨论
第4章 串、数组和广义表	字符串模式匹配算法	拓展网络入侵检测问题,培养学生科技报国的社会责任感和使命感	爱国主义	课堂讲授和讨论
第5章 树和二叉树	树结构的特点	根据树结构的特点引申出家族、家谱的概念,培养学生家国情怀和爱国主义情操	家国情怀 爱国主义	课堂讲授和讨论
第6章 图	最小生成树	在最小生成树的学习过程中,介绍修建高速公路,提升学生的民族自豪感	家国情怀 爱国主义	课堂讲授和讨论
第7章 查找	平衡二叉树	由平衡二叉树引出人生也是需要平衡点,如何调整我们人生的平衡点,以做到胜不骄,败不馁	道德品质	课堂讲授和讨论
第8章 排序	排序算法	通过电商平台数据排序问题向学生传递“讲究秩序”、诚信守法的观念	道德品质	课堂讲授和讨论

(2) 实践教学—情境驱动。

在实践环节方面采用情境式教学方法,面向计算机专业的主要就业方向,创设软件开发企业的情境,将课程的综合性实验与课程设计等实践任务模拟为企业项目,通过转换学生角色与模拟项目管理过程,使学生获得较为真实的工作体验,能够以较为认真和积极的态度完成任务,可以更自然地培养学生的敬业精神、诚信守法的人生观和价值观,培养学



生的工程素养和职业素养。

3. 课程思政教学成效

课程组在 2019 级计算机类本科学生中全面实施思政建设方案。课程思政在实施之后，取得了较为显著的成效。

(1) 立德树人成果显著。

课程结束后，对数据结构课程的教学成效进行了评估。对计算机类 2018 级与 2019 级学生的课程实验、课程设计和期末考试卷面平均成绩分别进行了对比，在实施课程思政之后，学生的平均成绩在理论与实践环节均出现了不同程度的提升。另外，2019 级学生的课堂提问回答正确率、出勤率等均有一定的提升。出勤率从课程思政前的 90% 上升到了 94%，表明课程思政可以有效地激励学生的积极性，加强学生按时上课的时间观念，从而提升学生的学习成效。

(2) 课程思政资源建设成果显著。

①“数据结构 A”与“数据结构 A 课程设计”两门课程均于 2020 年立项为“北京林业大学课程思政教研教改专项课题”，并已开展了相应的思政建设。

②课程组已修订了思政教学大纲，收集整理了系列教学案例，将从各章节的知识点中挖掘出蕴含思政元素的“思政教育点”梳理成“思政教育线”，进而融合为“思政教育面”，构建“思政教育体”。课程组正在编写融入思政教学案例的《数据结构教师用书》，计划于 2022 年 6 月由人民邮电出版社出版。

二、“数据结构 A”教学展示

(一) 教学目标

熟练掌握串的模式匹配 BF 算法。能够针对计算机应用领域复杂工程中的实际问题，利用模式匹配算法设计出比较合理的解决方案，并具有创新意识。通过分析网络入侵检测等问题，引导学生剖析内在的原理，有意识激发学生严谨求实、勇于创新的科学精神，向学生传递知法守法的价值理念，帮助学生树立健康的网络道德观，使学生具有科技报国的社会责任感、使命感和爱国主义情操。

(二) 教学内容

(1) 串的模式匹配算法 BF 算法；

(2) 模式匹配算法在实际问题中的应用，如医学病毒检测问题、网络入侵检测问题等。



（三）课程思政设计思路

1. 思政融入要点

（1）以网络入侵检测问题作为案例，引入字符串模式匹配算法，向学生传递知法守法的价值理念，帮助学生树立健康的网络道德观，使学生具有科技报国、保家卫国的社会责任感、使命感和爱国主义情操。

（2）讲解字符串模式匹配算法 BF 算法，通过分析 BF 算法的时间效率，提出 KMP 算法的改进思路，引导学生在固有的知识体系上开拓创新思维，启迪学生进行知识的再发现，培养学生的工匠精神和创新精神。

2. 课程思政教学设计方案

以人为本，充分体现以“以学生为中心”的教学理念，精心设计思政教学资源、思政教学案例。充分利用各种教学平台，使用建设的教学案例库、算法演示系统、在线评测系统等丰富的课程资源，实施线上线下、课内课外教学的双向驱动，将理论环节与实践环节相融合，根据这两方面的不同特点与要求，分别基于案例驱动和情境驱动的方法开展思政教育。

上课前，在教学服务系统上传网络安全、网络入侵检测、病毒检测、模式匹配算法等相关文献，要求学生阅读并检索相关文献，明确网络安全的重要性，了解网络入侵检测的基本实现技术。

在课堂上，通过网络入侵的标志性事件，分析事件的严重性，引导学生思考实现网络入侵检测的工程意义，向学生传递健康的网络道德观，激发学生对网络入侵检测关键实现技术即模式匹配算法学习的积极性和爱国主义情操。通过提问方式检查学生课前文献阅读的效果，结合动画演示系统详细讲解 BF 算法，引导学生进行讨论，分析不同模式匹配算法的优劣，培养学生的创新意识。

下课后，在教学服务系统上发布模式匹配算法和网络入侵检测技术相关的基本测试题，同时于在线评测系统（<https://www.bjfuacm.com/>）发布相关实验题目，对于复杂的实验题目，学生模拟企业情景进行分析设计，然后编码完成。学生通过查阅文献和调试代码完成实验题目，培养自己的工匠精神和探索未知终身学习的意识，树立知法守法的价值理念，坚持职业操守和道德规范。

（四）案例导入

近年来，随着互联网的迅速发展，新的应用软件服务不断出现，然而在人们享受网络带来便捷的同时，也不得不面临网络信息安全问题。研究人员对 2013 年以来全球范围内受网络入侵事件影响的 65 家公司进行了分析，65 家公司的股东因网络入侵事件遭受的损



失共计 420 亿英镑以上。习近平总书记提出“没有网络安全，就没有国家安全”。网络安全事关国家安全与社会稳定，因此必须采取有效措施，保障我国的网络安全。

仅依靠传统的被动防御技术已经不能满足如今的网络安全需要，基于模式匹配的入侵检测系统正成为研究和应用的热点，模式匹配算法效率的高低决定了入侵检测系统的性能。

（五）教学过程

1. 网络入侵检测案例引入（借助图片和视频，教师主讲）

通过“网络入侵”图片，引入网络入侵的标志性事件，观看视频，分析事件的严重性，使学生意识到网络犯罪的危害性，引导学生树立健康的网络道德观，塑造遵纪守法的核心价值观。再联系习近平总书记在全国网络安全和信息化工作会议上指出的“没有网络安全，就没有国家安全”，使学生深刻体会网络安全的重要性，引导学生思考实现网络入侵检测的重大意义。

2. 模式匹配算法引入（借助图片，引导学生讨论）

通过提问方式检查学生课前文献阅读的效果，引导学生讨论总结网络入侵检测的关键技术。大约 95% 的入侵检测都是基于特征模式匹配的入侵检测（如图 2-19 所示），模式匹配算法性能的好坏直接影响到入侵检测系统的效率。模式匹配算法有多种，进而进入本节主题，讲解模式匹配的基本算法 BF 算法。

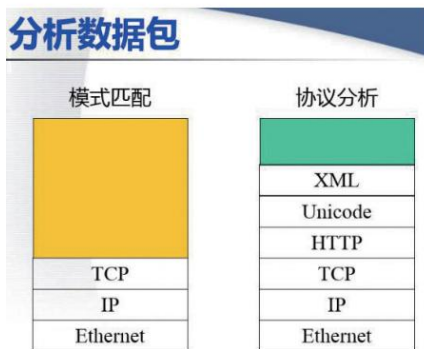


图 2-19 基于模式匹配的网络入侵检测技术

3. BF 算法的实现（借助 Flash 动画，提问引导学生思考）

讨论模式匹配算法的含义和合适的存储结构，指明除了网络入侵检测，模式匹配算法另有广泛的应用，如在医学病毒感染检测、搜索引擎、拼写检查、语言翻译等应用中，都需要进行串匹配。结合图 2-20 所示的 BF 算法动态演示的动画，讲解 BF 算法的算法步骤和实现代码。



图 2-20 BF 算法动态演示动画

4. BF 算法的分析（借助板书公式推导，提问引导学生思考）

BF 算法的匹配过程易于理解，且在某些应用场合效率也较高。在匹配成功的情况下，考虑最好和最坏两种极端情况。综合最好和最坏的情况，算法时间复杂度为 $O(n*m)$ 。BF 算法属于暴力求解法，基于暴力法的思想，引导学生在学习生活中应该怀揣梦想拟目标，脚踏实地勇往前。

5. BF 算法的改进—KMP 算法（借助 Flash 动画，引导学生讨论）

引导学生分析讨论 BF 算法时间复杂度高的原因，思考可改进之处，引出高效的模式匹配算法 KMP 算法，KMP 算法的具体实现待下节课讲授。基于 KMP 的改进思路，培养学生的创新精神。

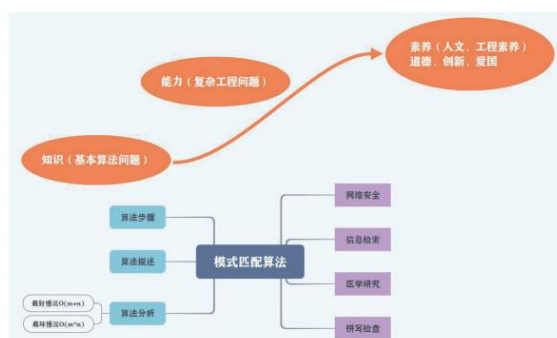
6. KMP 算法的改进—BM 算法（给出 BM 算法的参考文献，建议学生课后阅读）

教材中没有讲解的 BM 算法是对 KMP 算法的改进。针对 KMP 算法存在的问题，提出 BM 算法的改进思路，同时上传 BM 算法的参考文献至教学服务系统，建议学生课后阅读拓展知识面，激发学生终身学习的意识。

7. 小结（板书总结）

本节课知识、能力、素养相融合的三育人教学目标小结如图 2-21 所示。

课程最后以藏头诗的方式总结本节课的主题给学生（如图 2-22 所示），激发学生的学习热情和学习乐趣，加深学生对模式匹配算法和入侵检测问题的理解。



8. 课后作业（借助教学服务系统和在线评测系统线上完成）

（1）在教学服务系统上发布客观题测试，要求学生完成以巩固本节课所学基本理论和算法思想。

（2）在线评测系统发布模式匹配算法相关实验题目，要求学生完成以深刻理解算法，加强代码调试和代码实现的基本功，提升解决复杂工程问题的能力，培养工匠精神。实验要求撰写实验报告，在报告的心得体会中需要围绕知识、

模拟数据无量着，
式子算法何其多。
匹配相合题相似，
配出相同知真灼。
入心付血补新秀，
入侵内核吾存忧。
检验真知迎风浪，
测病防疫卫家国。

图 2-22 藏头诗“模式匹配知真灼，入侵检测卫家国”



能力、素养三方面的提升进行阐述。

（六）思政点睛

课程思政是一种教育理念和一种教育实践，更是一个系统工程。通过对“数据结构 A”课程思政教育的具体实施进行深入研究，把社会主义核心价值观融入人才培养的全过程，培养了学生的科学素养、社会责任感，强化了学生的创新意识。在实践中发现，思政教育在潜移默化地影响着学生，使他们对学习充满热情，增强了学习的主动性，初步达到了课程思政的教学目标。

目前，课程思政教学改革的效果评估尚缺乏一定的量化指标，在“数据结构 A”课程思政的实践中采用课堂研讨、平时交流、报告的方式来评估课程思政效果。报告由于是书面报告，学生之间可能相互参考，不一定能客观反映学生自己的观点。相反，课堂反应和平时交流可以观察到学生的态度，从而直观地感受学生的内心想法，不过课堂反应和平时交流的结果难以搜集整理，也容易受教师主观判断的影响。如何建立课程思政效果的量化评估指标，并运用相应的计算分析手段反馈和提高课程思政效果是值得研究的。

今后，将对课程思政效果评估方法和指标问题开展研究，逐步改善课程思政工作，为高校专业课与思政课协同育人平台提供一种可借鉴的教学模式。

（信息学院 李冬梅 洪 弋 付 慧 孟 伟）

6. “以赛启教”的“算法设计与分析(双语)”课程教学的探索(中国林业教育)

第40卷 第4期
2022年7月

中国林业教育
Forestry Education in China

67

“以赛启教”的“算法设计与分析(双语)”课程教学的探索

徐艳艳 李冬梅 陈志泊

(北京林业大学信息学院, 北京 100083)

摘要:“算法设计与分析(双语)”是北京林业大学计算机科学与技术专业的专业核心课程。根据课程的教学目标,提出“以赛启教”的教学实践思路,从教学内容、教学方法和考核方式3个方面加以实施。在教学内容方面,对国内外知名院校相关课程进行了调研分析,并参考了竞赛常用算法,精选了教学内容;在教学方法方面,利用竞赛平台在线判题系统,在教学的每个环节都贯彻了“实践最重要”的教学理念;在考核方式方面,结合竞赛形式提出了一套有效的考核评价体系。“以赛启教”的教学实践促进“算法设计与分析(双语)”课程完成从知识型向能力型教学的转变,并反哺了竞赛。

关键词:算法设计与分析;程序设计竞赛;能力型课程;工程实践;过程化考核

在计算机科学与技术领域,算法至关重要^[1]。正如经典巨著《The Art of Computer Programming》的作者、1974年图灵奖获得者Donald E. Knuth^[2-3]所说“My favorite way to describe computer science is to say that it is the study of algorithms”(计算机科学就是算法的研究),而算法研究的核心就是算法设计与分析。北京林业大学计算机科学与技术专业在2019级本科人才培养方案中设置了“算法设计与分析(双语)”专业核心课程,该课程强调夯实编程基础,提升学生的专业能力和素养^[2],为各行各业输送工程应用创新型人才^[3]。

一、“以赛启教”的“算法设计与分析(双语)”课程教学的思路

近10年来,北京林业大学每年都组织学生参加国际大学生程序设计竞赛,这是一项已经举办50余年的全球大学生顶级程序设计竞赛,该赛事的核心是考察学生的算法水平。受竞赛的启发,“算法设计

与分析(双语)”课程组提出了在该课程教学中开展“以赛启教”的教学构想。

首先,充分考虑“算法设计与分析(双语)”课程与先修课程“数据结构”的衔接,调研分析国内外知名院校相关课程教学内容的安排,精选教学内容,并增加竞赛中出现频率最高的算法内容。

其次,鉴于竞赛的形式是使用计算机编程解题,“算法设计与分析(双语)”课程组在教学方法上注重实践教学,在每个教学环节都始终贯彻“实践最重要”的理念。

最后,在实验、期中考试和期末考试的评分标准上参考竞赛中的排名方案,增设大作业考核。

二、“以赛启教”的“算法设计与分析(双语)”课程教学的实践

(一)优化教学内容

北京林业大学“算法设计与分析(双语)”课程组调研了国内外知名高等院校计算机专业该门课程的

该课程中涉及的领域很感兴趣,希望教师给出一些建议,未来想从事相关工作。

资助项目:北京林业大学2019年“科教融合”项目——AI时代下的“信息服务与信息检索”课程改革,项目编号BJFU2019KJRHKC009。

参考文献

- [1] 夏一珠. 品牌模式创新的正能量——大学生信息素养培养[J]. 品牌研究, 2020(6):7-8.

- [2] 艾文慧. 新时代高校信息检索课程改革标向及维度研究[J]. 陕西教育(高教), 2020(5):46-47.
- [3] 张万明, 葛栋. 网络环境下高校教学改革探讨[J]. 计算机产品与流通, 2019(11):221.
- [4] 梁迎丽, 刘陈. 人工智能教育应用的现状分析、典型特征与发展趋势[J]. 中国电化教育, 2018(3):24-30.
- [5] 周志勇, 侯继华, 张春雨, 等. “互联网+”背景下“森林生态学”课程教学的改进——以北京林业大学为例[J]. 中国林业教育, 2020, 38(3):68-71.

(责任编辑 孙艳玲)

本刊网址: http://manu27.magtech.com.cn/Jweb_jy/CN/volumn/current.shtml

教学内容设置情况,这些高等院校包括 2021 年度 QS 全球大学计算机专业排名前 3^[4] 的 Massachusetts Institute of Technology^[5]、Stanford University^[6]、Carnegie Mellon University^[7] 和国内的北京大学、北京航空航天大学 and 中山大学,见表 1。同时,参考了竞赛中出现最频繁的算法,确定了适合北京林业大学计算机科学与技术专业本科生的“算法设计与分析(双语)”课程教学内容,见表 2。教学内容优化主要考虑了以下 5 点。

①纳入所有高等院校都会涉及的内容,这些也是“算法设计与分析(双语)”课程最基本的内容,包括算

法分析、分治、动态规划、贪心和 NP 完备性等^[8];②增加其他在竞赛中出现频率很高的算法内容,包括并查集、线段树和字符串算法(字典树、AC 自动机)^[9-10];③对照“数据结构”课程,对教学内容进行排序,“数据结构”课程涉及的最小生成树、排序和查找、二叉(平衡)查找树和图基础算法内容,在“算法设计与分析(双语)”课程教学中不再重复讲授^[11];④增加智能算法模拟退火内容,目的是让学生对随机算法有一个初步的认识;⑤删除难度较高或者其他课程涉及的内容,比如网络流、密码学相关算法、博弈论、近似算法、计算几何、快速傅里叶变换和遗传算法等。

表 1 国内外知名高等院校计算机专业“算法设计与分析”课程教学内容的设置情况

高等院校	教学时长/学时	教学内容
Massachusetts Institute of Technology	60	算法分析、分治法、并查集、随机算法、动态规划、贪心法、网络流、最小生成树、密码学相关算法、排序和查找、NP 完备性
Stanford University	52	算法分析、排序、随机算法、二叉(平衡)查找树、哈希表、图基础算法、网络流、分治法、动态规划、贪心法
Carnegie Mellon University	50	算法分析、哈希、动态规划、网络流、博弈论、近似算法、计算几何、快速傅里叶变换、NP 完备性
北京大学	80	算法分析、分治、动态规划、贪心法、回溯法、分支界限法、线性规划、最大流、近似算法、随机算法、NP 完备性
北京航空航天大学	48	算法分析、分治、动态规划、贪心法、图基础算法、网络流、NP 完备性
中山大学	54	算法分析、分治、动态规划、贪心法、回溯法、分支界限法、局部搜索、模拟退火算法、遗传算法、计算理论(NP 完备性等)

表 2 北京林业大学“算法设计与分析(双语)”课程优化后的教学内容

专业	教学时长	教学内容
计算机科学与技术	40 学时	算法分析、图搜索算法(回溯法、隐式图搜索、迭代加深搜索)、分治法、动态规划、贪心法、模拟退火算法、并查集、线段树、字符串算法(字典树、AC 自动机)、NP 完备性

(二)采用注重理论联系实践的教学方法

“算法设计与分析(双语)”课程的教学主要包括理论教学和实验教学。为了对学生进行综合性实践训练并提高学生的工程素养,“算法设计与分析(双语)”课程组在每个教学环节都始终贯彻“实践最重要”的教学理念。

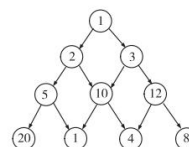
1. 以问题为驱动的理论教学方法

“算法设计与分析(双语)”课程教学的一个普遍现象是重知识、轻能力,理论与实践脱节,导致许多学生虽然掌握了算法的理论知识,但代码量严重不足、写程序非常生涩、编程求解问题时依然无从下手。为了打破这样的现状,“算法设计与分析(双语)”课程组设计了以问题驱动的理论教学方法,见图 1。



图 1 北京林业大学“算法设计与分析(双语)”课程以问题为驱动的理论教学方法的实施流程

下面以动态规划专题为例详细介绍以问题驱动的理论教学方法的实施流程:首先,用比较简单的寻宝问题(又名数塔问题,见图 2)作为引例展开思维挖掘,从最优子结构到重叠子问题到状态迁移方程再到递归和递推,逐步介绍动态规划的核心思想。其次,在学生理解了这些思想之后,在课堂上提出若干道经典的动态规划问题,包括嵌套盒子问题、硬币



注:数塔问题是指给定一个由非负整数组成的数塔,第一行只有一个数,除了最底行之外每个数的左下方和右下方各有一个数。从第一行的数开始,每次可以往左下或右下走一步,直到走到最底行,把沿途经过的数全部加起来,使得所求的和为最大

图 2 数塔问题

本刊网址: http://manu27.magtech.com.cn/jweb_jy/CN/volumn/current.shtml

问题、地铁里的间谍、单向旅行商、0-1 背包、最长上升子序列和最长公共子序列等。之后,带领学生阅读这些题目,分析问题并设计满足题目要求的算法。最后,编程求解这些问题,使得学生能够掌握这些经典动态规划问题的解法。

2. 基于竞赛的实验教学方法

在国际大学生程序设计竞赛和中国大学生程序设计竞赛中,参赛队伍需要使用给定的电脑,在 5 个小时内编程求解 11~13 道题目,比赛过程中选手提交解题代码到在线评判(Online Judge,简称 OJ)系统,在线评判系统实时返回评判结果(包括 accepted, wrong answer, runtime error, time limit exceeded, memory limit exceeded 等)。选手可以实时看见所有队伍的排名,解题越多的队伍排名越靠前,解题数相同时,解题用时越少排名越靠前。

为了支撑北京林业大学程序设计竞赛集训队的训练,集训队在 2010 年建设了北京林业大学在线评判系统(www.bjfuacm.com),该系统已经历 3 次迭代更新。“算法设计与分析(双语)”课程的实验教学在该系统上开展。每次讲完课程的理论知识之后,教师在系统上创建对应的专题实验,专题实验包括 5~8 道难度不等的题目。实验开始后,学生在系统上提交代码求解这些题目,实验过程中学生能实时看见自己的解题排名(和竞赛规则一样,解出题目越多排名越靠前;当解题数相同时,用时越少排名越靠前)。实时排名能起到很好的激励作用,激发学生探究进取的精神。此外,在线评判系统还集成了代码查重功能,再结合人工查重,很大程度上避免了实验抄袭现象。使用计算机编程解决问题要求代码百分百精确,不精确的代码不能通过在线评判系统的评判,这有助于培养学生缜密的逻辑思维和细致的观察能力,让学生感悟到程序设计的优美,促进学生养成良好的编程习惯。

另外,教师还会在每次实验结束后给出各大知名在线评判系统上和本次实验专题知识点相近的题目编号,这些题目可以作为课后训练和拓展使用,有助于学生对所学知识融会贯通举一反三。

3. 综合性工程实践训练方法

“算法设计与分析(双语)”课程教学的另一个问题是不能将知识串联起来。为了进一步培养复合型、工程型和创新型人才,该课程增设了大作业,以训练学生的综合性工程实践能力。

为了增加趣味性,大作业一般为游戏类工程项目,比如“贪吃蛇”等。在大作业环节,教师首先给出

用英语描述的大作业任务书和大作业报告模板;然后,学生按照任务书的要求,查阅中英文资料,分析、设计一系列算法解决工程问题,再编写界面封装算法,实现和用户的交互,并把整个过程用文档描述出来;最后,学生提交工程的源文件、用英语写的说明文档及大作业报告。

(三)完善课程考核评价体系

目前,国内算法课程的考核成绩主要包括平时成绩和期末考试成绩。其中,平时成绩占 40%,期末考试成绩占 60%。期末考试一般为笔试,导致的结果往往是背得越好得分越高而不是编程越好得分越高。另外,期末考试成绩占比过大,过程考核不足。为了使北京林业大学“算法设计与分析(双语)”课程的考核结果能真正反映学生的编程水平,“算法设计与分析(双语)”课程组完善了该课程考核评价体系,见表 3。其中,期中考试和期末考试均为开卷考试,学生不需要死记硬背,而是要能够运用学到的知识编程解决问题,这样才能真正考核学生分析问题、设计算法以及编程实现算法的能力。

表 3 北京林业大学“算法设计与分析(双语)”

课程考核成绩的构成情况				%
实验	期中考试	期末考试	大作业	
30	15	40	15	

表 3 中的实验、期中考试和期末考试均在北京林业大学在线评判系统上进行,每位学生都能实时看到所有同学的解题情况和排名,真正做到了考核过程公平公正公开。在线评判系统考察的是学生的编程能力,因此考核结果能真实反映学生的编程水平。此外,除了分析和设计算法编程求解问题的考核,课程组还设置了大作业,这样能更全面地考察学生利用算法知识开发工程项目的能力。

三、“以赛启教”的“算法设计与分析(双语)”课程教学实践的效果

经过一年多的探索,“以赛启教”的“算法设计与分析(双语)”课程教学实践初见成效。

(一)由知识型课程教学转向能力型课程教学

通过贯彻“实践最重要”的教学理念,在“算法设计与分析(双语)”课程教学中,教师让学生参与到每个教学环节,使学生掌握了所学算法的精髓并把算法应用到问题的求解中,提高了学生程序设计、算法设计与分析、逻辑推理、数学建模和工程实践的能力。通过实施一套更注重编程实践的过程化考核机

制,使“背得越好得分越高”变成了“编程越好得分越高”,打破了课程重知识、轻能力的问题,促进了课程由知识型课程向能力型课程的转变。

图3为北京林业大学2020—2021学年“算法设计与分析(双语)”课程学生成绩分布和做题数目的对应关系。可以看出,学生的成绩和做题数目呈正比关系,做题数目直接反映了编程能力,这就印证了该课程的考核机制,即“编程越好得分越高”。经统计,平均每位学生在在线考评系统上做出的算法编程题(包括实验题和课外练习题)数目为119道,较传统教学模式有了很大提升,这说明考核机制能有效激励学生的编程积极性。

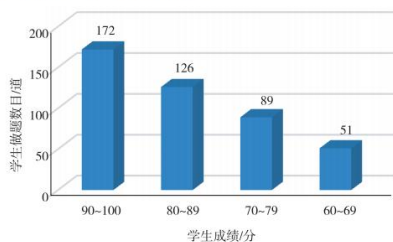


图3 2020—2021 学年北京林业大学“算法设计与分析(双语)”课程学生成绩分布与做题数目的对应关系

(二)课程教学反哺竞赛

通过“以赛启教”的教学实践,学生接受了基于竞赛的实验教学方法,学生在实验中编写程序,培养了对竞赛的兴趣,最终也反哺了竞赛。近年来,北京林业大学参加国际大学生程序设计竞赛、中国大学生程序设计竞赛和团体程序设计天梯赛的学生人数明显增加,也获得了较好的成绩。以2020—2021年为例,178名学生参加了上述3个程序设计竞赛的校内初选,经过多轮选拔,52名学生参加了正式比赛,共获得国家级一等奖1次、国家级二等奖6次、国家级三等奖19次和省部级二等奖3次。

总之,“以赛启教”的教学实践有效提升了学生的算法设计与分析能力和编程能力,促进了课程教学由知识型课程向能力型课程的转变。但和知识型课程的传统教学模式相比,这种教学模式由于更加强调实践,学生需要通过编程解决问题,这就要求学生在具有一定的编程基础。具体地说,学生需要在上课前预习教师提前发的课件,上课时认真听讲、参与讨论,理解理论知识,掌握每道题目的解题思路,并在课后完成课上每道题目的代码实现,这样才能在实验课上编程解出题目,学生也才能顺利地通过考

核。如果学生的编程训练不够,某个环节没能跟上进度,那么学习该课程将会非常困难。针对这些问题,需要进一步强化课程的激励导向,减少编程压力带给学生的懈怠情绪。为了打破“算法设计与分析(双语)”课程重知识、轻能力的教学现状,“算法设计与分析(双语)”课程组提出了“以赛启教”的教学实践思路,激发了学生学习计算机领域专业知识与技能的兴趣,培养了复合型、工程型和创新型专业人才。

资助项目:北京林业大学2021年教育教学研究项目——“算法设计与分析(双语)”课程资源建设与实践教学研究,项目编号BJFU2021JY071;教育部第二批新工科研究与实践项目“面向新工科的计算机专业校企双师建设与实践”,项目编号E-JSJRJ20201306。

参考文献

- [1] CORMEN T H, LEISERSON C E, RIVEST R L. Introduction to algorithms[M]. Third Edition. Massachusetts: The MIT Press, 2009: 3-6.
- [2] 教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会. 高等学校计算机科学与技术专业人才培养[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 1-10.
- [3] 中国工程教育专业认证协会秘书处. 工程教育认证通用标准解读及使用指南(2020版, 试行)[EB/OL]. (2020-02-08)[2022-01-05]. <https://www.cceaa.org.cn/gejyzyzx/rzcxjzbz/gjwj/gzzn/index.html>.
- [4] QSTOP Universities. University rankings: computer Science and information systems[EB/OL]. (2021-01-10)[2022-01-05]. <https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/computer-science-information-systems>.
- [5] Massachusetts Institute of Technology. Design and analysis of algorithms[EB/OL]. (2015-01-09)[2022-01-05]. <https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-046j-design-and-analysis-of-algorithms-spring-2015/>.
- [6] Stanford University. Design and analysis of algorithms[EB/OL]. (2021-12-15)[2022-01-05]. <http://web.stanford.edu/class/cs161/>.
- [7] Carnegie Mellon University. Algorithms[EB/OL]. (2019-11-21)[2022-01-05]. <http://www.cs.cmu.edu/~15451/>.
- [8] ALSUWAIYEL M H. Algorithms design techniques and analysis[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013: 2-32.
- [9] 刘汝佳. 算法竞赛入门经典[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2014: 220-303.
- [10] 陈锋. 算法竞赛入门经典——算法实现[M]. 北京: 清华大学出版社, 2021: 20-60.
- [11] 罗勇军, 郭卫斌. 算法竞赛入门到进阶[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019: 192-213.

(责任编辑 孙艳玲)

本刊网址: http://manu27.magtech.com.cn/Jweb_jy/CN/volumn/current.shtml

7. 基于头歌（EduCoder）实践教学平台的双学位、辅修专业“数据结构”课程混合式教学的探索（中国林业教育已录用）

基于头歌（EduCoder）实践教学平台的双学位、辅修专业 “数据结构”课程混合式教学的探索

颜荣恩 李亚坤 李冬梅
(北京林业大学信息学院, 北京 100083)

摘要: 在应对双学位、辅修专业学生数量增长和“数据结构”课程教学挑战的过程中, 本文创新性地依托头歌 (EduCoder) 实践教学平台, 实施了混合式教学模式。本教学模式遵循“情境导入、循序渐进、知识应用、项目导向”的教学理念, 构建了“教学练”一体化的课堂模式, 以适应学生的个性化需求。在知识层面, 本模式帮助学生巩固“数据结构”课程基础, 深化对算法的理解和掌握; 在能力维度, 提升学生的编程技能、问题解决能力及创新能力; 在价值观塑造方面, 培养学生的大国工匠精神和创新精神。面对教学对象的优势与不足, 混合式教学模式强调各环节的紧密协作。通过情境导入, 利用生活实例激发学生兴趣; 采用循序渐进的方法, 确保知识的逐步深入; 加强知识应用, 强化实践操作; 以项目导向的教学, 助力学生整合知识并提升综合能力。教学成效显著, 实践技能显著提升, 教学评价达到了 95.8 分。这一模式为“数据结构”课程的教学改革提供了新的思路, 可供高校在教学实践中参考借鉴。

关键词: 头歌 (EduCoder) 实践教学平台; 混合式教学; 双学位; 辅修; 数据结构

当前, 社会对高等教育人才的需求呈现出多样化趋势, 高校毕业生所面临的就业压力亦日益加剧。为应对这一变化, 众多高等学府纷纷启动双学位、辅修专业教育项目, 并将其视为培养具有跨学科知识复合型人才的关键途径。此种教育模式不仅顺应了社会对多元化人才的需求, 也扩展了学生未来的职业发展路径。然而, 双学位、辅修专业的学生在学习过程中具有多个专业的学业负担。这不仅要求他们圆满完成主修专业的任务, 还需兼顾双学位、辅修专业的课程学习。因此, 学生承受了较大的学业压力, 其学习积极性和效率会受到影响, 进而导致学习质量令人担忧。

本文以北京林业大学信息学院开设的“数据结构”课程为例, 该课程为双学位、辅修专业的必修课程。北京林业大学信息学院已构建了一个全面的教育体系, 旨在培养工科计算机领域的复合型人才。该体系涵盖了博士、硕士、专业硕士、学士以及第二学士学位等多层次的学位类型。作为专业核心课程之一, “数据结构”课程不仅为信息学院的学生提供了深入学习的平台, 同时也对双学位、辅修专业的学生开放。鉴于双学位、辅修专业学生的专业背

景和学习需求与信息学院学生存在差异,学院特别为这些学生定制了与信息学院学生所学不同的“数据结构”课程。这包括差异化的教学内容和灵活的学时安排,确保课程能够更好地适应他们的需求。每年,大约 70 名双学位、辅修专业的学生参与“数据结构”课程学习。这门课程共计 3.5 学分,包含 56 学时,分布在 16 周的教学周期内。课程安排经过精心规划,每周日上午连续安排四学时的课程,为学生创造了一个集中且连贯的学习时段。本文旨在探讨如何通过教学改革提升双学位、辅修专业学生的学习效果及课堂参与度。为此,提出了一种全新的混合式教学模式——“教学练”三位一体模式,并结合头歌(EduCoder)实践教学平台的优势,深入探讨了如何通过情境导入、循序渐进、知识应用和项目导向教学理念来优化学生的学习过程。

一、双学位、辅修专业“数据结构”课程教学的特点

(一) 教学目标

在这一学期的学习过程中,学生们将通过严谨的理论学习与实际操作相结合的方式,逐步深化理解,提升实验技能。最终“数据结构”课程旨在从以下三个关键维度上实现教学目标。

1. 知识方面

教学团队致力于夯实学生在“数据结构”课程中的理论基础,深化他们对这一领域核心知识的深刻理解。教学内容广泛,从基础的数据存储与处理技术延伸到高级的数据组织策略,旨在使学生熟练掌握数组、链表、栈、队列、各类树形结构以及图结构等关键数据结构,并深入理解这些结构在存储优化、访问效率和适用场景等方面的优势。同时,课程内容还涵盖了算法原理,如排序与检索技术,以及对算法性能的分析方法,旨在培育学生评估和优化算法策略的高阶能力,从而具备解决复杂问题的能力。

2. 能力方面

教学团队致力于锻造学生的编程实战能力,使其能够熟练运用 Python 语言实现并操控各类数据结构。通过一系列精心构思的编程练习和项目实战,学生们将逐步增强问题解决能力,学会针对具体问题进行分析,挑选恰当的数据结构,并设计出高效的算法以应对现实挑战。此外,课程特别强调培育学生的批判性思维与创新精神,激励他们深入思考现有算法和数据结构的局限性,勇于探索更加卓越或创新的解决方法。

3. 价值观方面

“数据结构”课程致力于培养学生正确的学习态度,倡导终身学习的精神,让学生在技术日新月异的时代深刻理解持续学习和自我提升的重要性。通过精心设计,旨在培育学生的工匠精神和创新精神,激励他们追求真理、勇于创新,并以不懈的努力深入探索“数据结构”课程的深层次知识。鼓励学生挑战传统思维,激发他们对知识的渴望和对未知领域的探索热情,实现独立探索和自我超越。课程还强调自主学习与探索的重要性,并培养学生的责任意识 and 自我管理能力。在此基础上,进一步强调科技进步的重要性,激发学生为科技进步贡献自己力量的决心,使他们成为未来技术发展的推动者和创新者。

（二）教学对象

1. 优势

双学位、辅修专业学生展现出多方面的优秀特质。首先，他们具有较强的学习能力，在主修专业的学习过程中已经积累了丰富的学习经验和有效的学习策略，能够快速适应不同课程体系的要求并掌握新知识要点。自我管理能力也较为突出，面对多课程的压力，他们懂得合理分配时间与精力，有条不紊地推进各个学科的学习进程。这些学生往往对跨学科知识怀有浓厚的兴趣，这为他们在“数据结构”课程中探索计算机科学与其他领域的结合提供了独特的视角。例如，对于有数学专业背景的学生，在学习“数据结构”课程中的算法复杂度分析时，能够凭借深厚的数学功底，更深入地理解时间复杂度和空间复杂度的计算原理与推导过程；而具有管理学背景的学生，会思考如何运用“数据结构”课程知识优化企业信息管理系统中的数据存储与检索流程，以提升管理效率。他们善于在不同领域知识间建立联系，将“数据结构”课程与其他专业知识融合，从而促进对“数据结构”课程内容的深度理解与灵活运用。

2. 劣势

授课对象为大二双学位、辅修专业的学生，他们在多个学科的夹缝中分配时间和精力，面对“数据结构”这一高难度课程，往往感受到较大的学习压力。鉴于该课程教学节奏紧凑、内容丰富，学生们在有限的时间内还需兼顾其他学科的学习，导致对“数据结构”的投入相对有限。尽管学生们已经掌握了 Python 编程的基础知识，但“数据结构”中的抽象概念和复杂逻辑对他们而言仍然是一个不小的挑战。例如，对于递归算法与栈空间动态变化的理解，学生会感到难以掌握。此外，学生在课堂上的表现积极性不高^[1]，这或许与课程负担重、理论联系实际不够紧密有关。大量的理论知识讲授容易使学生感到枯燥，如果缺乏生动且贴近生活的案例分析与实践项目，学生难以体会“数据结构”在解决实际问题中的重要作用，进而缺乏深入探究的动力，这无疑影响了学习成效和课堂氛围。再者，双学位、辅修专业学生背景各异，知识储备不足，部分学生在计算机和数学基础知识上存在薄弱环节，这对教学进度的统一和教学效果的提升构成了障碍。因此，如何针对这一特殊群体的特点，优化教学内容和方法，提高学生的学习兴趣与参与度，是我们在教学中需要深入思考和解决的问题。

二、双学位、辅修专业“数据结构”课程混合式教学的设计

在教育教学不断革新的浪潮中，探索“数据结构”课程的混合式教学成为提升教学质量与学生学习成效的关键举措。其核心目的在于打破传统教学模式的局限，充分利用混合式教学的优势，构建一个更为灵活、高效且富有吸引力的教学环境，以契合双学位、辅修专业学生的特殊学情。秉持“情境导入、循序渐进、知识应用、项目导向”的教学理念，遵循以学生为主体、兴趣驱动学习、知识技能螺旋式上升的设计思路。通过巧妙创设与学生专业背景和现实生活紧密相连的情境，激发其内在学习热情，引领学生逐步深入数据结构知识体系。在实践环节强化知识的理解与应用，最终借助综合性项目让学生将所学知识融会贯通，实现能力的全方位提升与展现，达成教学相长的理想效果，如图 1 所示。

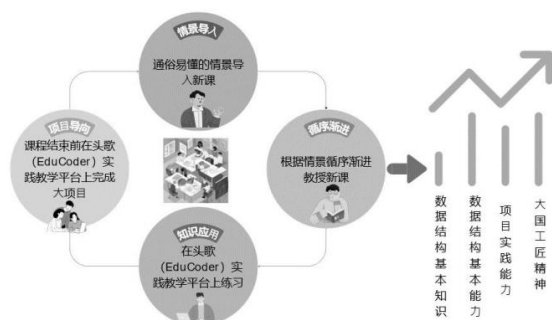


图 1 双学位、辅修专业“数据结构”课程混合式教学设计方案

（一）情景导入环节

在情境导入环节，致力于创建一个引人入胜的学习环境，通过设计与学生现实生活紧密相关的教学情境，让学生感受到知识的实际应用价值。这种教学策略旨在缩短理论与实践之间的距离，使学生能够立即看到知识的实际意义。通过具体案例、故事叙述、问题探讨等多样化的教学手段，引导学生主动探索和思考，激发他们的好奇心和求知欲。情境导入不仅为学生提供了一个学习背景，还帮助他们建立起对即将学习内容的初步认识和兴趣，为后续的深入学习和实践打下坚实的基础。这一过程是双学位、辅修专业“数据结构”课程混合式教学设计方案

的起点，为学生开启了一段充满发现和探索的学习之旅。

例如，在讲授第 1 章时，引入学生学籍管理系统和人机对弈问题作为实际情境案例，以此来帮助同学们深入理解数据结构的基本概念和应用价值。通过学籍管理系统与国家教育信息化建设关联，强调信息技术在推动社会进步和国家发展中的关键作用。同时，人机对弈问题的研究不仅展示了人工智能技术的发展，也是全球科技竞争与合作的一个缩影。通过介绍包括中国在内的世界各国在人工智能领域的创新和突破，如中国科学家在算法优化、机器学习等方面的贡献，可以让学生感受到科技进步的力量和智慧，同时增强他们对全球科技发展趋势的认识和理解，激发他们为科技进步贡献自己力量的决心和自豪感。这样的教学实践不仅提升了学生的专业知识和技能，也培养了他们的社会责任感和爱国情怀。在其他章节的教学过程中，精心选取了一系列具有代表性和针对性的实例，以辅助学生更好地理解和掌握相关知识要点。其中涵盖了表达式求值实例，旨在助力学生深入领会计算逻辑与算法流程在实际数据处理中的应用；舞伴问题的引入，有助于学生理解数据结构在特定场景下的组织与操作方式；数据传递案例则聚焦于信息在不同系统或模块间的流转与处理机制；最短路径问题能够让学生深刻领悟优化算法在路径规划与资源分配方面的关键作用；病毒检测实例可使学生清晰认识到数据结构与算法在安全领域的重要性与应用前景；树种信息查找案例则着重于培养学生运用知识进行高效数据检索与管理的能力。这些实例的引入，形成了一个丰富且多元的教学资源库，其汇总情况如图 2 所示，为提升教学效果与学生学习质量提供了有力支撑。



图 2 双学位、辅修专业“数据结构”课程混合式教学的情景引入环节

（二）循序渐进环节

这一环节，教学设计注重课程的连贯性和递进性，确保学生在每堂课中都体验到知识层次的逐步提升。每节课伊始，复习上一课的关键知识点，并在此基础上引入新的概念和理论，帮助学生在已有知识的基础上平稳过渡到新内容。随着课堂的深入，难度逐渐增加，从基础的数据结构操作到复杂的算法实现，每个环节都经过精心设计，以促进学生对知识的深入理解。课堂结束前，通过课堂总结与课堂预告，为学生铺垫下一课的学习内容，保持教学的连贯性，并激发他们新知识的好奇心。这种渐进式的教学方法不仅贯穿整个课程计划，也体现在每堂课的具体安排中，旨在为学生提供一个清晰、有序且充满挑战的学习体验。

（三）知识应用环节

在这一教学过程中，特别强调将理论知识转化为实践技能，确保学生能够将课堂上学到的数据结构概念应用于解决实际问题。为此，每周的课程中特别安排最后一学时，即第四学时，作为知识应用环节。在这一环节，学生们将在 EduCoder 实践教学平台上进行实际操作。

头歌（EduCoder）实践教学平台（<https://www.educoder.net/>），自 2019 年创立以来，专注于信息技术领域的实践教学，致力于为高校和企业提供企业级的解决方案，支持线上、混合、虚拟仿真等多种教学模式^[2]。该平台适用于课程建设、教学管理、人才培养认证等多个方面，旨在为高校教师和学生提供在线实践教学的创新与服务环境。头歌（EduCoder）实践教学平台以其互动性强、资源丰富的学习环境，增强学生的实际操作经验，促进理论知识与实践技能的有效结合。平台的习题练习能够即时反馈学习成果，帮助学生及时识别并弥补知识上的不足，从而提高学习效率和自信心。

在头歌（EduCoder）实践教学平台上，教师精心设计并上传了一系列以客观题为主的练习题，专门用来检验学生对数据结构关键知识点的掌握情况及其应用能力。学生在平台上完成这些练习题后，系统将即时提供详细的反馈，包括正确答案和解题指导。这种即时反馈机制极大地帮助学生迅速发现并强化自己的知识薄弱环节，同时也激发了他们解决问题的热情和积极性。通过这种方式，不仅提升了学生的学习效率，还增强了他们面对挑战时的自信心。

对于那些错误率较高的题目，教师会进行特别关注，并进行深入的重点讲解。我们会细致分析这些题目的难点所在，以及学生们在解答过程中常见的误区，然后提供清晰的解题思路 and 有效的方法论。这种针对性的讲解不仅帮助学生深刻理解数据结构的实际应用，而且培养了他们在面对类似情境时独立解决问题的能力。通过这种方式，我们旨在提高学生的分析和解决问题的能力，使他们能够在未来的学习和工作中更加自信和高效。

通过在头歌（EduCoder）实践教学平台上的最后一学时应用实践，学生不仅能够巩固和加深对数据结构知识的理解，还能够提高解决实际问题的能力。这种知识应用的教学方法，有效地将理论与实践相结合，为学生提供了一个展示和提升自己的能力的平台。

（四）项目导向

在教学进程中，项目导向环节被安排在整个课程的最后两周进行，即第 15 周和第 16 周进行，实施地点为计算中心机房。此环节旨在让学生深度沉浸于真实的项目情境，将整个学期所学知识技能进行整合运用，进而有效提升其解决实际问题的能力以及综合素养。

在实施过程中，头歌（EduCoder）实践教学平台发挥着关键作用。其丰富的教学资源 and 实用工具，尤其是专门设计的“实践项目”功能模块，为学生提供了良好的实践支撑。具体而言，学生需运用所学数据结构知识，完成基于线性表和链表的学生管理系统，同时还要完成树种信息查询功能模块的构建。头歌（EduCoder）实践教学平台的课堂实验具备自动判断学生代码正确性的功能，这为学生及时获取代码编写反馈、调整优化代码提供了便利。

通过这种项目导向的教学方式，学生能够切实将抽象的理论知识转化为解决实际问题的能力，积累宝贵的项目实践经验，为其未来在学术研究或职业领域中的发展奠定坚实基础。同时，成功完成项目所带来的成就感能够极大地增强学生的自信心，进一步激发他们对计算机科学领域深入探索的浓厚兴趣。

三、依托头歌（EduCoder）实践教学平台开展的双学位、辅修专业“数据结构”课程混合式教学实践

（一）签到

传统签到方式^[3]，如点名或纸质签到，可能会因为速度慢而占用宝贵的课堂时间，有时还可能因为代签或漏签而失去准确性。此外，传统签到方式缺乏灵活性，对于远程或在线学习的学生来说不够友好，且难以为教师提供即时的出勤数据。

在头歌（EduCoder）实践教学平台上，签到模块包含两种方式：快捷签到与签到码签到。如图 3 所示，快捷签到允许设定具体的开始与结束时间。签到创建完成后，课堂首页将出现签到按钮，学生仅需登录账号，在平台上轻点一下即可完成签到过程。

创建签到

* 签到名称: 课程签到20241219

签到班级: 暂无分班, 默认选择课堂全部学生

* 签到方式: ☐ 快捷签到 ☐ 签到码签到

* 签到日期: 2024-12-19

* 开始时间: 15:13

* 结束时间: 15:18

迟到时间: 15:28

在结束时间至迟到时间签到的同学记为迟到

取消 确定

图 3 签到方式

签到结束后, 签到信息显示在教师页面, 平台会自动汇总签到信息。图 4 为 2024 年 5 月 12 日课堂当天的签到情况。

课程签到20240512 已截止

签到人数 已签到 49 / 应签到 63

签到发起人: 颜荣恩 签到方式: 快捷签到 开始结束时间: 2024-05-12 08:00~11:20

编辑 删除

图 4 签到信息汇总情况

（二）教学资源分享

头歌（EduCoder）实践教学平台的教学资源分享环节, 教师可以充分利用平台丰富且实用的功能, 达成高效的教学资源传递与共享。平台提供了大容量且分类清晰的教学资料存储空间, 教师能够提前将课程相关的 PPT、讲义、阅读材料等教学资料上传至教学资料模块。且该模块具备细致的分类存储功能, 可依据课程章节、资料类型、知识点标签等多种方式进行归类整理, 方便学生精准且迅速地查找所需内容。

通过头歌（EduCoder）实践教学平台的教学资源分享, 教师能够保障每位学生平等地获取学习资料, 无需担心资料缺失或不完整的问题。该平台支持多终端（包括电脑、平板、手机等）的无障碍登录, 无论使用何种操作系统或浏览器, 学生都能轻松进入平台。学生们可以在课前预习这些资料, 更有效地参与课堂讨论与活动。这样的设计为学生提供了极大的学习灵活性, 他们可以在适合自己的时间下载和复习课程内容。学生可以根据自己的网络状况和使用习惯, 自由选择在线阅读或离线下载资料, 以适应不同的学习环境和需求。

此外, 头歌（EduCoder）实践教学平台的教学资源分享还有助于促进学生的自主学习。

学生可以在课后再次访问这些资料,平台提供了智能高效的资料搜索功能,支持关键词搜索、模糊搜索以及按照多种筛选条件(如资料上传时间等)进行搜索,方便学生快速定位到特定知识点的相关资料,加深对课堂讲授内容的理解,或是作为复习和完成作业的参考。教师也可以根据学生的反馈和学习进度,利用平台便捷的资料更新编辑功能及时更新和补充教学资源,确保教学内容的时效性和针对性。头歌(EduCoder)实践教学平台能够精准记录学生对教学资料的访问数据,包括下载情况等,教师可据此深入分析学生的学习偏好与需求,进一步优化教学资源的配置与呈现方式,实现个性化教学资源推送,提升教学效果。

(三) 课堂练习与反馈

头歌(EduCoder)实践教学平台的在线考试功能,极大地便利了教学流程。在课程安排上,前三个学时主要用于深入浅出地讲解知识要点和开展互动讨论。教师运用生动形象的教学手段,解析数据结构的复杂概念和算法原理,积极引导学生参与课堂互动,鼓励他们提出疑问、交流观点,以此加深对知识的理解和吸收。而课程的最后一个学时,则特别设置为习题练习环节,目的是让学生能够及时通过实际操作来巩固和应用课堂所学,无需额外占用学生的课外时间,有效减轻了学生的学业压力。

在组织实施课堂练习方面,教师承担着多方面重要任务职责。教师在准备习题时,虽可选择利用头歌(EduCoder)实践教学平台上已有的丰富习题库资源,但为了确保习题与教学内容的紧密衔接和针对性,尤其是针对数据结构课程中各类抽象数据类型、算法设计等重点难点内容,课程教学团队更倾向于自行上传习题,如图5所示。教师需深入研究教学大纲与当堂课的教学目标,精心设计涵盖不同难度层次、多种题型(如选择题、填空题、编程题等)的习题,并同时上传相应的答案。在设计编程题答案时,需充分考虑多种可能的正确解法以及常见错误情况的应对。例如,对于链表数据结构的教学内容,教师会设计关于链表节点操作、链表遍历、链表插入与删除算法实现等方面的习题,并附上详细答案,包括标准的代码实现以及代码注释说明。在练习过程中,教师要密切关注学生的练习进展,及时解答学生在练习过程中遇到的疑难问题,引导学生正确思考与解题,规范学生的编程习惯与解题思路。

对于学生而言,要求他们在课堂练习时间内全神贯注,认真对待每一道习题,积极运用所学知识独立思考并尝试解答。在解答编程题时,要注重代码的准确性、高效性与规范性,遵循良好的编程风格与数据结构设计原则。学生遇到困难时应及时向教师请教,通过与教师的互动交流加深对知识的理解与应用能力。

练习的结果反馈与使用对于教学质量提升至关重要。头歌(EduCoder)平台能够依据教师上传的答案自动对学生的习题答案进行批改,尤其是对于选择题、填空题等客观题可实现即时反馈,让学生迅速知晓自己的答题正误情况。对于编程题,平台会依据预设的测试用例以及教师上传的答案代码对学生代码进行运行测试,并反馈代码是否通过测试以及存在的错误提示信息,如代码逻辑错误、语法错误、运行结果偏差等,帮助学生精准定位问题所在并进行修改完善。教师则根据平台反馈的结果以及在巡视过程中发现的学生共性问题和个别典型问题,进行有针对性的讲解与分析。一方面,对于普遍存在的错误概念或解题思路偏差,教师在课堂上统一进行纠正与讲解,强化学生对正确知识与方法的理解;另一方面,对于个

别学生的特殊问题，教师可在课后进行一对一辅导。同时，这些练习结果数据也会被教师记录并分析，作为了解学生学习状况、调整后续教学计划与教学重点的重要依据，以便更好地满足学生的学习需求，提升教学效果。



图 5 习题示例

(四) 项目实践

数据结构课程在理论课程圆满结束后，为了深化学生的实践能力，特别安排了 8 学时的项目实践环节。这一环节将在头歌（EduCoder）实践教学平台上进行，旨在通过实际操作进一步巩固学习成果，并提升学生将理论知识应用于实践的能力。学生将有机会在真实的编程环境中锻炼技能，通过完成一系列具有挑战性的项目任务，不仅能够增强对编程语言和算法的理解，还能够提高解决问题的综合素质。这一项目实践环节将极大地丰富学生的学习体验，并为他们将来的职业生涯奠定坚实的基础。

头歌（EduCoder）实践教学平台的实践项目优点主要体现在以下几个方面：首先，它能够为学生提供实时反馈和自动评分，这不仅有助于学生及时了解并纠正自己的错误，还能有效减轻教师的工作负担。其次，实践项目支持代码共享，这便于学生之间的合作和知识交流^[4]。另外，实践项目云端运行，无需配环境，这使得学生可以随时随地访问和管理项目，提高学习灵活性。此外，实践项目涵盖丰富多样的题目，涉及不同的编程语言和技术领域，这有助于学生全面了解和掌握相关知识。最后，实践项目还具有学习路径引导功能，有助于学生系统地学习和掌握知识。

针对双学位、辅修学生的特点，数据结构课程设计了两个实践项目，旨在提高学生的实际操作能力和对数据结构知识的理解。第一个实践项目是实现一个线性表图书管理系统，通过实际操作，使学生掌握线性表在图书管理中的应用，培养学生解决实际问题的能力。第二

个实践项目是实现一个树种信息查找系统，着重实现几种常见的查找算法，如二分查找、顺序查找等。这两个实践项目的设计充分考虑了北京林业大学双学位、辅修专业学生的专业背景和学术需求，尤其是针对来自林学、园林学等非计算机专业背景的学生，具有以下特点。

首先，线性表图书管理系统的实践项目与学生的专业背景紧密相关。对于林学和园林学的学生而言，他们可能经常接触到大量的图书和文献资料，通过实现这样一个系统，学生能够将线性表的数据结构知识直接应用到图书管理中，从而更好地理解和掌握线性表在实际问题中的应用。这不仅增强了学生解决实际问题的能力，也让他们认识到计算机技术在现代林业和园林管理中的重要作用。其次，树种信息查找系统的实践项目则更加贴近林学、园林学专业学生的专业知识。通过实现这一系统，学生不仅能够加深对树结构这一数据结构的理解，而且能够在处理树种信息的过程中，运用和掌握二分查找、顺序查找等算法。这对于他们未来在研究工作中进行数据分析和信息检索具有直接的帮助，同时也提高了他们的算法设计能力。

对于学生而言，要求他们在项目实施过程中充分发挥主观能动性，积极运用所学的数据结构知识进行设计与代码编写，注重代码的规范性、高效性、完整性与准确性。积极培养创新思维，努力在项目成果中展现独特的见解与解决方案。

教师在项目导向环节中承担着多重重要任务。首先，在项目启动阶段，教师需对项目背景、目标、要求以及整体流程进行详细讲解与说明，确保学生对项目有清晰的认知与理解。在项目实施过程中，教师扮演着引导者与答疑者的角色，密切关注学生的进展情况，及时发现并解决学生在知识运用、技术难题攻克、团队协作等方面出现的问题，为学生提供必要的指导与支持。同时，教师还要负责组织阶段性的项目汇报与交流活动，促进学生之间的经验分享与相互学习，营造积极活跃的项目实践氛围。在项目结束后，教师依据头歌平台反馈的成绩数据，结合学生在项目过程中的表现，如问题解决、创新思维等方面，对学生进行全面、客观且公正的综合评价，为学生提供具有建设性的反馈与建议，助力他们在后续的学习与实践不断成长与进步。

四、适应混合式教学的双学位、辅修专业“数据结构”课程考核体系的构建

在依托头歌（EduCoder）实践教学平台的混合式教学框架下，教学评价策略已超越了对传统卷面成绩的依赖，转而全面聚焦于学生在学习旅程中的表现及其学习成果的综合性评价。针对“数据结构”课程，精心打磨了学生的评价机制，对教学流程中的监督、反馈与指导环节进行了显著强化。通过采纳多元化的评价手段，提升了课程考核的深度与难度，精心构筑了一套与混合式教学理念完美契合的课程评价体系，见表1。这一体系不仅体现了教育的先进性，更顺应了现代教育理念，旨在全方位促进学生的能力提升和个性发展。

表 1 双学位、辅修专业“数据结构”课程考核体系

考核类型	考试类型占比 (%)	考核项目	考核项目占比 (%)	具体考核点
线上考核	40	线上签到	25	①是否按时上课
		线上测试	25	①线上测试完成情况 ②线上测试成绩
		线上代码及实验报告	50	①利用顺序表和链表完成图书管理 ②完成线上代码补充并完成实验报告
线下日常考核	10	2 个线下作业	80	①关于递归、二叉树的线下作业
		课堂讲题	20	①同学们去讲台上讲线上测试题
线下期末考核	50	判断题	10	①判断题和选择题主要考察基本知识，
		选择题	20	涉及到线性表、栈和队列、树、图、查找
		应用题	55	和排序。
		代码题	15	②应用题考察哈希表、排序、遍历树等知识
				③代码题考察线性表操作的实现

五、依托头歌（EduCoder）实践教学平台开展双学位、辅修专业“数据结构”课程混合式教学的效果

依托头歌（EduCoder）实践教学平台，双学位、辅修专业的“数据结构”课程采纳混合式教学模式，取得了全方位成效。这些成果不仅体现在学生高涨的学习热情上，更在知识掌握、能力提升以及价值观塑造等多个层面得以显现。

首先，头歌（EduCoder）实践教学平台资源的丰富性与便捷性，赋予了学生根据个人学习偏好自主安排学习进度的自由，使得知识复习更为简单，极大地提升了学习的灵活性与便捷性，让学生能够更加深入地理解和掌握课程精髓。课堂的面对面交流，则为学生们提供了一个探讨学术问题和攻克复杂难题的理想平台，这种互动性是深化学生知识理解的核心要素。

其次，在实践技能层面，学生的操作能力得到了显著增强。逾半数的学生积极投身于导师指导的科研项目中，这充分展现了学生们对实践操作的热爱和对知识应用的追求。同时，报名参加大学生创新创业大赛的学生数量亦显著上升，这反映了学生将理论转化为创新成果的强烈愿望，实践参与不仅锻炼了学生的实操能力，也增强了他们面对挑战时的自信。

再次，混合式教学模式通过激发学生的自主学习与探索精神，有效地点燃了学生的创新热情。在这一模式下，学生在独立探索和协作研讨的过程中，积极构建知识体系，主动提出问题，并寻找解决方案。这种教学模式不仅强调了学生的主体性和实践性，而且与追求卓越技艺的大国工匠精神相契合，培养了学生将理论知识应用于实践的能力，加强了他们的责任

意识和自我管理能力，为学生们未来成为社会的创新者和领导者打下了坚实的基础。

最终，学生评教环节中高达 95.8 分的评价，不仅映射出学生对课程内容的高度认可，亦彰显了教学品质的高水准与学生的高度满意度。这一评价充分说明了学生对教学方式与内容的广泛接受，以及对教学成果的积极肯定，进一步证实了混合式教学模式在塑造学生价值观方面的显著成效。

参考文献

- [1] 马卓珺. “大思政课”视域下高校双学位、辅修第二专业教学改革探索[C]//教育理论与管理第三届“创新教育与精准管理高峰论坛”论文集(专题2). 北京: 中国环球文化出版社, 2023: 323-325.
- [2] 陈娟, 龚文胜, 谢晓艳, 等. 新商科背景下基于头歌 (EduCoder) 平台的 Python 程序设计课程的案例设计与实训制作[J]. 大学教育, 2024, (01): 29-32.
- [3] 何文志, 周化钢. 基于 TrackingJS 库+百度云人脸识别课程签到系统设计与实现[J]. 软件工程, 2024, 27 (07): 6-11.
- [4] 刘伟. 基于头歌 (EduCoder) 实践教学平台的计算机专业本科教学探索[J]. 电脑知识与技术, 2023, 19 (12): 143 -145.

作者: 颜荣恩

单位地址: 北京是海淀区清华东路 35 号北京林业大学信息学院 (人工智能学院)

邮编: 100083

联系方式: reyan2023@bjfu.edu.cn 电话: 17812162957

8. 基于计算思维的计算机问题求解系列课程建设（北京林业大学教育教学改革优秀论文选编）



基于计算思维的计算机问题求解 系列课程建设

李冬梅 韩 慧 王春玲 徐艳艳

(北京林业大学信息学院, 北京 100083)

摘要: 当今, 培养复合型创新人才是高等教育的重要任务, 其中的一个重要内容, 就是培养学生的计算思维。计算思维的本质是抽象和自动化, 其形成是一个长期的过程。本文结合实际的教学需要, 探索了计算思维模式下的计算机问题求解系列课程的建设与实践, 分析了建设目标、建设措施、建设特色和建设成效。通过建设系列课程, 提高了学生的数据抽象能力和自主解决问题的能力。

关键词: 计算思维; 抽象; 自动化; 问题求解

一、引言

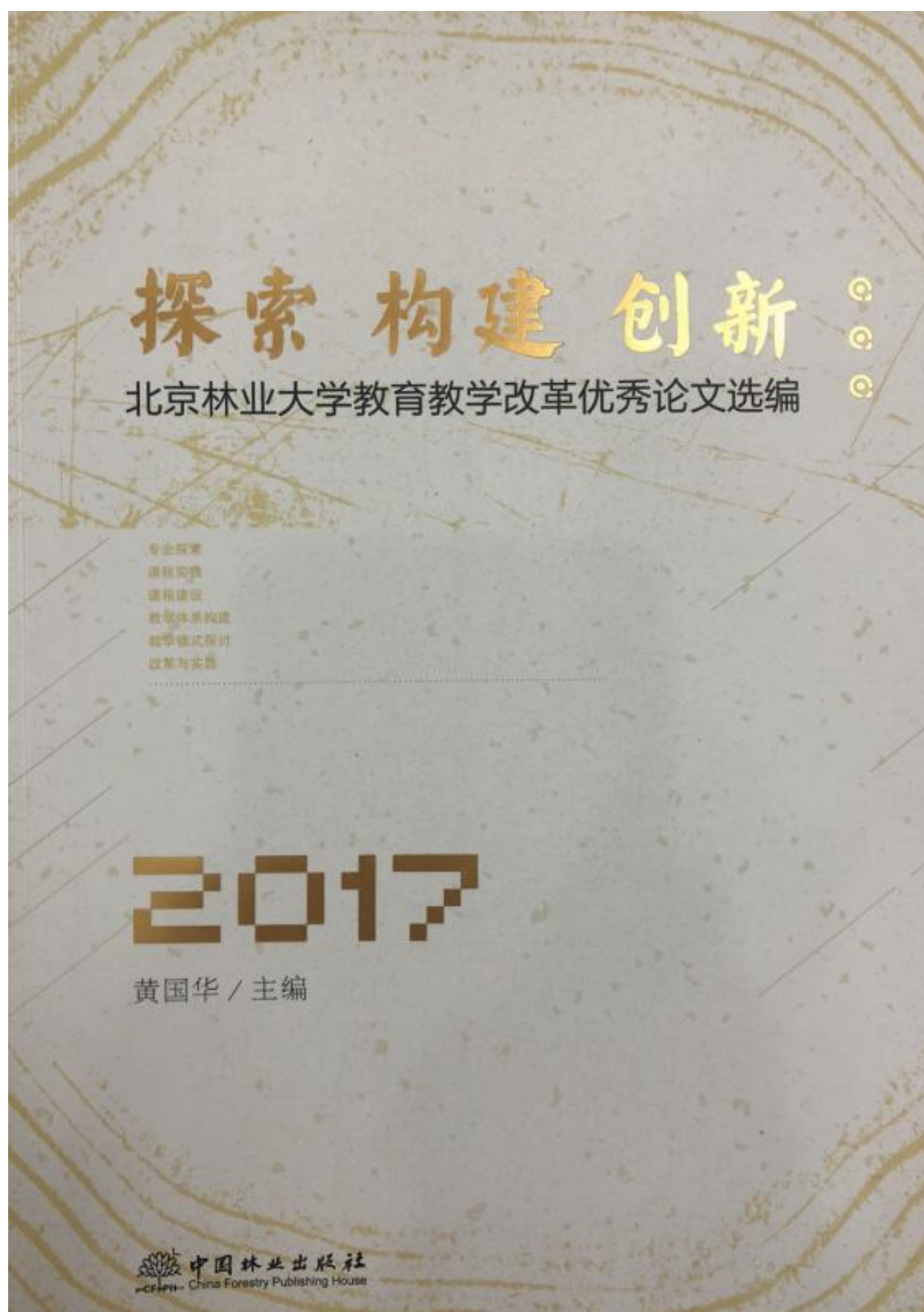
计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动^[1]。它以特殊的思维方法去陈述一个问题, 对一个问题的相关方面建模并用最有效的办法实现问题求解。计算思维的本质是抽象和自动化^[2]。自从这个概念提出后, 很多学校倡导通过某一门课程培养学生的计算思维。而计算思维要求学生有足够理论知识储备作为支撑, 否则计算思维能力就不能得到有效的发展。因此, 计算思维的培养应该贯穿于学习者的整个学习体系或自成一个单独体系的系列课程中。

针对这一现状, 我们分析了现在计算机科学与技术专业部分基础课程, 包括程序设计基础、C++程序设计、Java 程序设计、离散结构、问题求解与编程、数据结构, 这六门课程构成一条强相关链。这条链上的课程有一个贯穿始终的主线, 那就是分析问题→构建问题的抽象模型→构造算法并建立计算模型→编程实现模型^[3]。概括起来就是“计算机问题求解”, 这一主线中的抽象、转化、建模的能力正好是计算思维的核心所在, 体现了计算思维中的抽象和自动化两个核心思想。

以前, 这条链上的课程教学没有有机地、紧密地联系在一起, 同期开设的课程之间缺乏纵向关联。在教学过程中存在“重知识传递、轻能力培养”的问题, 不注重对学生抽象知识综合运用灵活性和探索性能力的培养, 这种教学效果直接影响到学生计算思维能力的培养。因此, 要改善当前的教学效果, 提高学生的计算思维能力, 当务之急是使计算机问题求解这条强相关链中的六门课程真正体现强相关性, 以计算思维培养中的抽象和自动化为核心

作者简介: 李冬梅, 北京市海淀区清华东路 35 号北京林业大学信息学院, 副教授, lidongmei@bjfu.edu.cn;
韩 慧, 北京市海淀区清华东路 35 号北京林业大学信息学院, 讲师, hanhui@126.com;
王春玲, 北京市海淀区清华东路 35 号北京林业大学信息学院, 副教授教授, wangchli@bjfu.edu.cn;
徐艳艳, 北京市海淀区清华东路 35 号北京林业大学信息学院, 副教授, xuyanyan@bjfu.edu.cn。
基金项目: 北京林业大学“基于计算思维的计算机问题求解系列课程建设与实践”

9. “数据结构”精品资源共享课的建设与成效（北京林业大学教育教学改革优秀论文选编）



“数据结构”精品资源共享课的建设与成效

李冬梅 陈志泊 王建新 徐艳艳

(北京林业大学信息学院, 北京 100083)

摘要:精品资源共享课建设的目的在于改变传统的教育教学理念,利用现代教育技术改革现有的教学方法和模式,提高人才培养质量,但精品资源共享课的建设不能千篇一律。本文结合资源共享课“数据结构”的建设情况,探索与研究了“三三四”的教学模式。从课堂教学、课外教学和实践教学三个层次介绍了“数据结构”精品资源建设的具体情况、主要特色及取得的成效。

关键词:精品资源共享课;数据结构;课程建设;“三三四”教学模式

一、引言

2012年教育部颁布了《精品资源共享课建设工作实施办法》,实施办法中规定,精品资源共享课建设是国家精品开放课程建设项目的组成部分,旨在引领教学内容和教学方法改革,推动高等学校优质课程教学资源共建共享,提高人才培养质量^[1]。随着这个办法的出台,很多高校先后建设了一批精品资源共享课程,但有些课程的教学资源存在雷同现象,教学内容和教学方法没有针对性。精品资源共享课的建设不能千篇一律,而应该结合课程自身的特点和人才培养目标来建设^[2]。

“数据结构”课程是计算机本科教学的重中之重,但该课程知识结构严谨、内容枯燥,除了要在课堂上采用传统的授课方式之外,建设丰富的精品教学资源以激发学习者的兴趣,提高教学实效是非常必要的。目前已有很多高校和教育机构提供了“数据结构”的网络辅助教学资源^[3],但这些资源在建设过程中仍然存在一些不足,主要表现在:资源内容呈现形式单一,资源匮乏;互动性较差,人性化程度不高。因此,有必要建设内容丰富、特色鲜明的教学资源,提高教学的生动性,调动学生学习的主动性,从而有效提升学生算法设计和软件开发的能力。同时,有关的教学服务平台建设可以为教师提供相关教学服务、减轻教师的负担。

二、“数据结构”精品资源共享课的建设目标

“数据结构”在计算机专业人才培养体系中占有非常重要的地位。在计算机科学领域,无论是从事实际的应用开发工作,还是从事理论研究工作,“数据结构”都是必不可少的基础知识。

精品资源共享课的建设必须与课程本身的特点和学校人才培养目标的定位相适应,既不能脱离实际、又不能偏离《精品资源共享课建设工作实施办法》中引领性的大方向。我校计算机专业以社会需求为导向,充分调研国内同类院校的情况,结合自身专业建设特点,确立

作者简介:李冬梅,北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院,副教授, lidongmei@bjfu.edu.cn;

陈志泊,北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院,教授, zhibo@bjfu.edu.cn;

王建新,北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院,教授, wangjx@bjfu.edu.cn;

徐艳艳,北京市海淀区清华东路35号北京林业大学信息学院,副教授, xuyanyan@bjfu.edu.cn。

资助项目:北京林业大学教育教学研究重点项目“资源共享课——数据结构”(BJFU2015JG028);北京林业大学教育教学研究教学名师项目“计算思维模式下的计算机问题求解系列课程建设与实践”(BJFU2017MS011)。

九、教学研究项目

近 5 年来主持教改项目情况

序号	立项时间	课题名称	级别	经费	主持人
1	2025 年	华为产学合作协同育人项目： “数据结构（仓颉语言版）” 课程建设	教育部	10 万	李冬梅
2	2024 年	数据结构课程，北京林业大学人工智能示范课程试点建设项目	校级	无	李冬梅
3	2024	2024 年教育部第一批产学合作协同育人项目：基于头歌平台的“数据结构”课程教学改革探索，	教育部	5 万	李冬梅
4	2023 年	基于教科产融合的计算机类专业实践课程思政创新研究 —— 以《数据结构》课程为例	北京市	无	李冬梅
5	2023 年	新工科背景下“数据结构”新形态立体化教材建设	校级	10 万	李冬梅
6	2022 年	“德为先，人为本，材为重” 计算机国家一流本科专业建设的探索与实践	校级重点	2 万	李冬梅
7	2021 年	2021 年教育部第一批产学合作协同育人项目：数据结构课程教学改革与创新探索	教育部	5 万	李冬梅
8	2021 年	基于 OBE 理念的数据结构教学改革创新研究	北京市	3 万	李冬梅
9	2021 年	教材建设资助项目-《数据结构习题解析与实验指导（第 2 版）》	校级	4 万	李冬梅
10	2020 年	课程思政教研教改专项课题-数据结构 A	校级	0.5 万	李冬梅
11	2020 年	精品在线开放课程-数据结构 A	校级	4 万	李冬梅

十、“红绿相间”思政案例示例

基于模式匹配算法的树种病毒检测

（一）案例描述

如图 4.1 所示,植物双生病毒作为全球范围内广泛分布的一类单链环状 DNA 病毒,对多种植物种类造成了毁灭性的影响。这种病毒对农业生产构成了严重威胁,进而影响到粮食安全和生态系统的稳定性。在生态文明和绿色可持续发展的背景下,植物病毒的防控和研究显得尤为重要。近年来,随着技术的发展,研究人员不断从多种多年生树种中检测到新的双生病毒。为了快速检测出树种是否感染某种双生病毒,将树种的 DNA 和病毒 DNA 均表示成由一些字母组成的字符串序列,然后检测某种双生病毒的 DNA 序列是否在该树种的 DNA 序列中出现过,如果出现过,则此树种感染了病毒,否则没有感染。树种的 DNA 序列是线性的,而病毒的 DNA 序列是环状的。基于模式匹配的病毒检测系统可以从树种中快速检测到新的双生病毒,模式匹配算法效率的高低决定了病毒检测系统的性能。

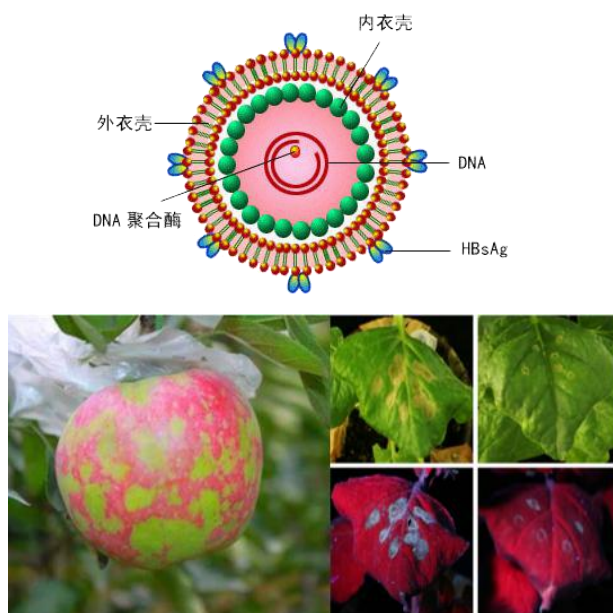


图 4.1 植物双生病毒

（二）思政目标

1. 以双生病毒检测作为案例,引入字符串模式匹配算法,向学生传递绿色

科技创新的理念,培养学生的问题解决和分析能力,运用专业知识解决实际问题,使学生具有家国情怀和科技报国的社会责任感。

2. 讲解字符串模式匹配算法 BF 算法,通过分析 BF 算法的时间效率,提出 KMP 算法的改进思路,引导学生在固有的知识体系上开拓创新思维,启迪学生进行知识的再发现,培养学生的工匠精神和创新精神。

(三) 教学过程

1. 双生病毒检测案例引入(借助图片和视频,教师主讲)

基于课前在头歌平台发布的双生病毒检测的相关图文资料,通过对双生病毒及其对多种植物造成毁灭性危害的介绍,引入基于字符串模式匹配算法对病毒进行检测,培养学生的问题解决和分析能力。运用专业知识解决实际问题,使学生具有家国情怀和科技报国的社会责任感。

2. BF 算法的实现(借助算法演示动画,提问引导学生思考)

讨论模式匹配算法的含义和合适的存储结构,指明除了双生病毒检测,模式匹配算法另有广泛的应用,如在网络入侵检测、搜索引擎、拼写检查等应用中,都需要进行串匹配。使用 BF 算法检测树种是否感染双生病毒,若感染,则输出“YES”,否则输出“No”。例如,双生病毒的 DNA 序列为 baa,树种 1 的 DNA 序列为 aaabbba,树种 2 的 DNA 序列为 babbbba,则可以判断树种 1 感染了双生病毒,而树种 2 未感染。结合图 4.2 所示的 BF 算法动态演示的动画,讲解 BF 算法的算法步骤和实现代码。

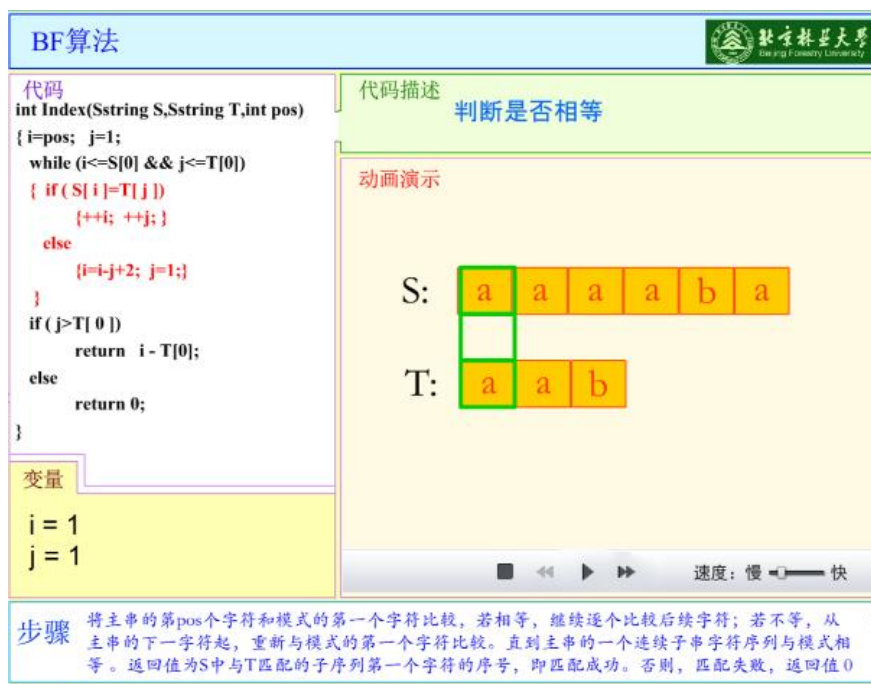


图 4.2 BF 算法动态演示动画

3. BF 算法的分析（借助板书公式推导，提问引导学生思考）

BF 算法的匹配过程易于理解，且在某些应用场合效率也较高。在匹配成功的情况下，考虑最好和最坏两种极端情况。综合最好和最坏的情况，BF 算法虽然思路直观简明，但算法时间复杂度高，为 $O(n*m)$ 。BF 算法属于暴力求解法，这种方法是其他算法的基础，通常具有改进的空间。基于暴力法的思想，引导学生在学习生活中应该怀揣梦想拟目标，脚踏实地勇往前。

4. BF 算法的改进—KMP 算法（借助算法演示动画，引导学生讨论）

引导学生分析讨论 BF 算法时间复杂度高的原因，思考可改进之处，引出高效的模式匹配算法 KMP 算法，结合图 4.3 所示的 KMP 算法动态演示的动画，讲解 KMP 算法的算法步骤，算法原理和代码实现留作课后预习，待下节课讲授。基于 KMP 的改进思路，培养学生的创新精神。

KMP算法

代码

```

int Index_KMP(SString S, SString T, int pos)
{
    i=pos; j=1;
    while(i<=S.length && j<=T.length)
    {
        if(j==0 || S.ch[i]==T.ch[j]){++i; ++j;}
        else j=next[j];
    }
    if(j>T.length) return i-T.length;
    else return 0;
}

```

变量

i=

j=

代码描述

利用模式串T的next函数求T在主串S中第pos个字符之后的位置；其中，T非空， $1 \leq \text{pos} \leq \text{S.length}$

动画演示

acabaabaabcacac

abaaabcac

j	1	2	3	4	5	6	7	8
模式串	a	b	a	a	b	c	a	c
next[j]	0	1	1	2	2	3	1	2

速度：慢

快

步骤

① 分别利用计数指针i和j指示主串S和模式T中当前正待比较的字符位置，i的初值为pos，j的初值为1。

② 如果两个串均未比较到串尾，即i和j均分别小于等于S和T的长度时，则循环执行以

图 4.3 KMP 算法动态演示动画

5. KMP 算法的改进—BM 算法（给出 BM 算法的参考文献，建议学生课后阅读）

教材中没有讲解的 BM 算法是对 KMP 算法的改进。针对 KMP 算法存在的问题，提出 BM 算法的改进思路，同时上传 BM 算法的参考文献至头歌教学平台，建议学生课后阅读拓展知识面，激发学生终身学习的意识。

7. 学习小结（借助板书，引导学生共同思考并讨论总结本节内容）

本节课知识、能力、素质相融合的教学目标小结如图 4.4 所示。

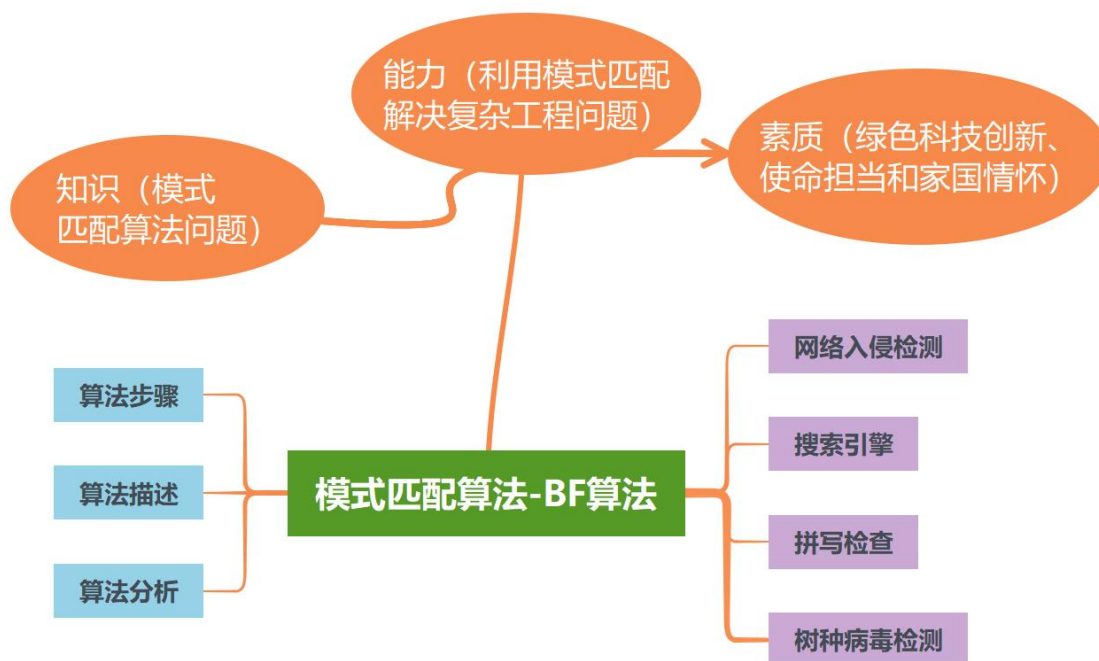


图 4.4 知识、能力、素质相融合的教学目标小结

6. 课后作业（借助教学服务系统和在线评测系统线上完成）

（1）在头歌教学平台上发布客观题测试，要求学生完成以巩固本节课所学基本理论和算法思想。

（2）在头歌教学平台发布模式匹配算法的相关实训题目，要求学生完成以深刻理解算法，加强代码调试和代码实现的基本功，提升解决复杂工程问题的实践能力，培养学思结合的实践能力。同时，以小组为单位进行讨论与思考，使学生深刻理解绿色科技创新的理念，培养学生的问题解决和分析能力，运用专业知识解决实际问题，激发起他们对于科技创新的热情，以及为国家和社会做出贡献的决心，共同努力创建一个更加绿色、和谐、可持续发展的未来。

十一、科教融合案例示例

案例三 哈夫曼树在 Word2Vec 中的应用

3.1 Word2Vec 简介

Word2Vec 是由 Google 的研究员 Mikolov 在 2013 年提出的一种革命性的词嵌入技术，极大地推动了自然语言处理领域的发展。Word2Vec 的出现标志着词嵌入技术的重大进步，提供了一种有效的方式来表达文本数据，它证明了单词可以有效地表示为连续的向量，通过这些向量能够捕捉到单词的语义关系。这种思想和技术对于后续的深度学习模型和自然语言处理的发展具有重大意义。

Word2Vec 的主要思想是通过人工神经网络将单词转换成向量（即一系列数字），这些向量能够捕捉单词在语境中的意义和用法，使得语义上相似的单词在向量空间中距离相近。它通过训练神经网络来预测给定单词的上下文（Skip-Gram 模型）或使用上下文来预测中心词（CBOW 模型），从而学习不同单词之间的相似性。简单来说，Word2Vec 就像是给每个单词一个独特的“指纹”，这样计算机就能理解单词之间的关系。通俗来讲，单词就像有特定属性的“小人”，它们在句子中的出现有一定的“朋友圈”。Word2Vec 通过观察这些“朋友圈”，来学习每个单词的数字特征，就像给每个单词拍一张“数字照片”。这样，计算机就能理解单词之间的相似性，比如“数据结构”和“考研课程”在数字特征上会很接近。这个过程就像是通过单词的“社交活动”来了解它们的“性格”，从而让计算机更好地处理和理解自然语言。

Word2Vec 训练单词向量的过程中，借助哈夫曼树优化了模型，同时节省了存储空间和计算资源。

3.2 Word2Vec 的实现过程

下面以句子“数据结构非常重要，是计算机专业的一门考研课程”为示例，说明 Word2Vec 的实现过程和哈夫曼编码在其中的应用。

步骤一：分词（Tokenization）

首先，将自然语言句子分解成单个的单词或标记（tokens）。

[“数据结构”, “非常”, “重要”, “, ”, “是”, “计算机”, “专业”, “的”, “一门”, “考研”, “课程”]

步骤二：清洗（Cleaning）

去除单词表中的标点符号和停用词（如 “, ” 、 “的” ），得到干净的单词列表。

[“数据结构”, “非常”, “重要”, “是”, “计算机”, “专业”, “一门”, “考研”, “课程”]

步骤三：构建窗口（Window）

对于每个单词，定义一个上下文窗口，这个窗口内的其他单词将被视为该单词的上下文。

例如，如果窗口大小为 3，那么对于单词 “数据结构”，其上下文可能包括 “非常” 、 “重要” 和 “是” 。

步骤四：训练前的准备

在开始训练之前，我们需要为每个单词分配一个初始的随机向量。

步骤五：统计词频并构建哈夫曼树

1. 统计每个单词在文本中出现的频率；
2. 根据频率构建哈夫曼树。在哈夫曼树中，每个叶子结点代表一个单词，频率高的单词在树中的路径较短。例如，如果 “数据结构” 是高频词，则在哈夫曼树中靠近根结点；而 “一门” 如果是低频词，则在树中较深的位置。

步骤六：分配哈夫曼编码

为哈夫曼树中的每个叶子结点（即每个单词）分配一个唯一的二进制编码。高频单词的编码较短，低频单词的编码较长。

步骤七：训练 Word2Vec 模型

使用 Skip-Gram 或 CBOW 模型进行训练，以下是 Skip-Gram 模型的简化说明：

1. 对于句子中的每个单词（例如“数据结构”），使用其向量来预测上下文窗口中的单词（例如“非常”、“重要”等）；
2. 在神经网络模型的输入层，使用哈夫曼编码来表示单词，使得高频单词的编码向量更简洁。这样，高频单词的编码会更快地通过网络，减少计算量；

3. 通过前向传播计算预测结果, 并通过反向传播更新单词向量和神经网络的权重。

步骤八：迭代优化

重复上述训练过程, 通过多次迭代来优化单词向量, 直到模型收敛。

通过这种方式, 哈夫曼树帮助 Word2Vec 更高效地训练单词向量, 同时节省了存储空间和计算资源。