



双一流新工科背景下交通类通识课程“大数据与智能交通”的多实验教学设计

何庆, 刘震, 马青松

(西南交通大学土木工程学院, 成都 610031)

摘要: 为响应创新驱动发展、“交通强国”等一系列国家战略号召, 实现新工科、双一流教学改革目标, 交通运输领域亟须培养一批实践与创新兼优、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才, 交通运输专业传统课程体系亟待调整。以新型交通类通识课程“大数据与智能交通”为例, 以提升交通运输专业学生实践能力、创新能力、计算机能力等素质为目标, 对课程提出新要求, 为培养交通运输行业需要的高素质复合型新工科人才建立坚实基础。将传统交通运输工程与大数据技术有机结合, 开展多实验教学, 每组实验均采用实际案例, 并使用多源数据, 包括列车旅行时间估计的时空数据、轨道扣件状态分类的二维图像数据以及地铁内噪声的一维音频数据等, 有效提高学生创新实践能力。

关键词: 新工科; 交通运输; 大数据与智能交通; 实验设计

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220464

Multi Experiment Teaching Design of “Big Data and Intelligent Transportation” for Transportation General Course under the Background of Double First-class New Engineering

HE Qing, LIU Zhen, MA Qingsong

(School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: In response to a series of national strategic calls, such as innovation-driven development and “Strong Transportation Country”, and aiming to achieve the goal of reform in new engineering and double first-class teaching, there is a great need in the transportation field to cultivate a group of high-quality composite new technical talents with high practical ability, innovation, and international competitiveness. Therefore, the traditional course of the transportation specialty needs to be adjusted urgently. Taking the transportation general course “Big Data and Intelligent Transportation” as an example, aiming at improving the practical ability, innovation ability, computer ability and other abilities of students majoring in transportation, this paper puts forward new requirements in the course content to lay a foundation for training high-quality composite new engineering talents to meet the needs of the transportation industry. The traditional transportation engineering is combined with the big data technology to carry out the multiple experimental teaching. Each group of experiments adopts actual cases, and uses multi-source data, including space-time data of train travel time estimation, two-dimensional image data of track fastener state classification, and one-dimensional audio data of subway noise, so as to effectively improve students’ innovation and practice ability.

Key words: new engineering; traffic and transportation; big data and intelligent transportation; experiment design

当今, 世界高等工程教育正面临新机遇、新挑战, 我国高等工程教育改革已经站在新的历史起点。

新时代下快速发展的经济需要新工科人才支撑, 需要各大高校面向时代发展、世界格局变化

发展新工科建设, 探索更加高效、个性化的人才培养模式, 培养具有创新创业能力和跨界整合能力的工程科技人才^[1]。新工科是围绕新经济时代的新产业, 要求加快建设和发展人工智能、智能制造、机器人等一批新专业, 同时对传统工科专业

收稿日期: 2022-07-26; 修回日期: 2023-11-08

基金项目: 高铁联合基金重点项目(U1934214); 国家自然科学基金面上项目(51878576)。

作者简介: 何庆(1982-), 男, 博士, 教授, 主要从事交通大数据、公路/铁路选线设计、铁路智能运维决策、轨道不平顺分析与、钢轨伤损检测与分析研究。E-mail: qhe@swjtu.edu.cn

进行升级^[2]。

交通运输工程始终被列为国家经济发展建设的重点,而交通运输工程人才的培养则是国家建设的亟须。站在新工科发展的节点,交通运输工程学科培养应响应国家号召积极转变升级,增设新工科相关课程,开展实际实验,方能接轨国际发展趋势,建立面向未来、具备可持续竞争力的新型工科人才培养模式^[3],从而满足“中国制造2025”对高等院校培养新工科人才的需求定位^[4],为国奉献。

交通运输专业实践性较强,课程改革必须加强其教学实践性,增强课程与实际生活的联系,从多角度开展实验教学。为实现此目标,诸多院校做了许多尝试,如建立虚拟仿真实验教学平台以融合专业理论学习与实践教学^[5];采用经验学习理论和课程建设五要素质量方针指导实践课程教学变革^[6];依据约束因素、“2+2”大类培养模式、专业定位、培养目标设定与毕业要求提出交通运输类人才培养体系顶层设计^[7];创新“课程思政、专业核心、新技术驱动、国际化教学、实践创新”复合资源的模块化设计,建设新形态复合型交通运输类教育教学模块化资源体系,打造开放共享的交通运输类教育教学资源网站平台^[8];引入“SPOC+PBL”教学模式对课程展开改革,设计“三阶段”教学模式和全过程形成性评价方法^[9];提出多元教学方法,分别从课堂教学、实践教学、线上教学和课程思政4个方面进行教学改革^[10];打造课外创新竞赛实施平台,以此为基础形成课外创新竞赛活动长效机制,提高学生竞赛参与度和积极性^[11]。诸如此类,为提高交通运输专业学生学习的主动性和参与度、促进新阶段学科建设与改革同双一流新工科要求充分接轨,诸多高校积极探索寻求教学新方法、新模式、新技术,鼓励学科交叉,成果斐然。

参考以上高校的各类课程改革经验,本课程探索研究了新工科背景下交通运输工程学科课程的实验设计,针对实验教学、创新教学模式、线上教学等方面进行了积极尝试。

1 双一流新工科背景下交通类课程存在的问题

1.1 课程体系缺陷

现有交通运输工程学科课程体系主要由专业

课程和通识类课程构成。参与教育部工程认证的一些院校对课程培养的学生能力制定了详细的准则规范^[12]。但对照双一流新工科要求,该体系尚且存在以下缺陷。

1) 课程要求未与新工科要求充分接轨。按照教育部工程认证标准的13条毕业要求,交通类本科生培养方案未能充分考虑新工科背景下的新要求,一些课程指标设计落伍,培养模式墨守成规。课程体系缺少培养学生新时代能力的新课程,如交通大数据分析。

2) 课程计划培养的学生能力难以形成知识链。面向新工科发展新阶段,现有课程体系有所更改,一部分课程融合其他学科知识成为跨学科课程,另一部分则是完全崭新的课程,如云计算技术。但在缺乏相关基础的情况下,学生学习十分吃力,难以熟练应用。

3) 课程内容更新滞后。突出表现是课程名称改变,但内容没有多少变化^[12]。

4) 缺少相关智能课程,导致学生缺乏数据分析、数据挖掘等能力。伴随信息技术、大数据等新兴技术的发展,交通数据的内核和外延得到了进一步拓展,其体量也大幅增长。如何进一步分析、挖掘和利用数据成为交通研究和实践的热点,交通实践课程体系也应跟上新工科的发展步伐^[13]。

1.2 学科壁垒

交通运输工程学科的工程教育专业化程度极高。此类问题突出表现在本科教学阶段,其课程结构有着明确细致的学科目录和科目划分,学生接受的学科教育领域狭窄,与其他学科领域缺少交叉^[14],传统的交通运输课程教育仍占据主导地位。与此形成鲜明对比,新兴学科、跨学科起步较晚,其教学与评估体系尚不成熟,在课程结构中也多以通识类课程形式呈现。学科壁垒导致交通运输学科人才培养与新工科背景下日新月异的**市场需求不相匹配。

当今的交通行业正朝着智能化方向发展。智能交通系统融合了计算机技术、电子传感技术、大数据技术、信息技术、控制技术、系统集成、数据通信传输技术等众多先进技术,亟须纳入高校交通运输相关专业本科生的学习范畴,为打破学科技术壁垒打下坚实基础。

1.3 校企隔阂

校企之间价值取向的差异、合作机制的缺

陷,使得产业界融入新工科人才培养仍然任重道远^[14],难以形成产学研链条。

智能交通行业属于新兴的高新技术产业,对从业人员的综合能力要求较高,除了必须具备基本专业技能外,还必须深入了解交通管理部门的业务流程和工作标准,同时具备数据分析、数据挖掘等能力。目前国内从事交通运输行业的高级复合型专业人才比较缺乏,而这些人才的培养周期较长,不但竖起了较强的行业准入门槛,也制造了高校人才培养计划与企业人才需求之间的隔阂。

在学科教育知识体系的发展与学科领域相关行业内技术、工艺的更新不相适应的情况下,学校难以为学生打造真实有效的实践学习平台,导致毕业生难以适应新工科发展的需要^[14]。

2 课程设计与课程探索

在新工科背景下,大数据与智能交通课程要注重面向社会的实际需求,与数据科学、人工智能等新工科专业有机结合。如图 1 所示,本文从课程内容、课程模式、课程考核方式 3 个方面考虑,设计构建“大数据与智能交通”多实验教学课程体系,在提升学生的自主学习能力和创新能力的同时扩大学生知识的广度和深度。

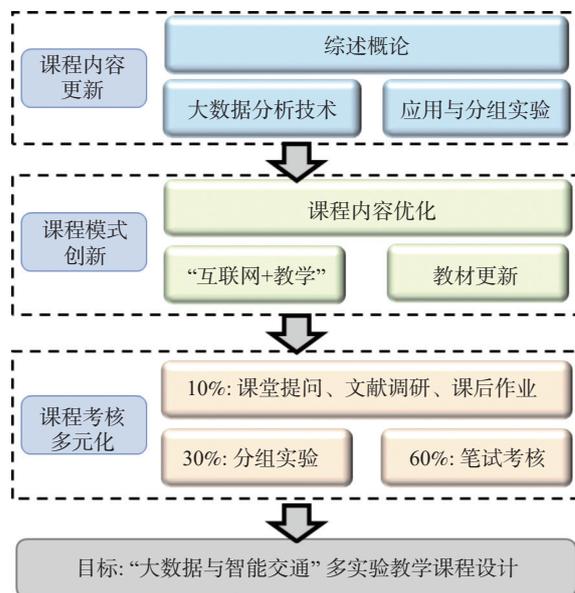


图 1 课程设计思路

2.1 课程内容的推陈出新

新工科建设“复旦共识”的达成、“天大行动”的提出以及“北京指南”的发布,为新阶段我国工程教育改革指明了方向^[15]。大数据与智能交通以传统交通运输课程作为基础,增加了数据处理、深度学习等智能化科学技术,删掉了一部分过时、老旧的内容。具体的教学内容如表 1 所示。

表 1 教学大纲与教学要求

教学内容	教学要求	学时
大数据与智能交通系统综述、交通数据概述	认识智能交通发展的若干问题,掌握智能交通的主要应用领域。了解国际、国内智能交通体系发展现状与趋势	2
Python基础知识介绍、Spyder 编程		
数据预处理与数据清洗		
线性回归		
数据可视化	掌握大数据分析技术的概念、原理,了解大数据在智能交通领域的应用与基本交通数据类型,学习交通数据采集、处理和分析技术	12
数据建模与验证		
数据挖掘基本方法		
深度学习与Pytorch应用、分组课程实验介绍	能够基于交通运输工程相关背景知识,对采集到的数据进行合理分析,开展大数据应用实践和解决复杂工程问题	2

大数据与智能交通课程既要兼顾传统交通运输的理论相关知识,也要包含大数据技术的讲解与应用,它的主要特点在于将理论知识与现实生活中的需要紧密地联系在一起。秉持着循序渐进的原则,在设置教学大纲与教学要求时,首先用 2 个学时对传统交通运输和大数据相关知识进行了简要的介绍,使学生们对课程内容有一个总体的认识。通过教师的教授与指引,引导学生拓展眼

界,敢于大胆想象并勇于求证,从而通过思维沟通激发出学生对大数据与智能交通课程的兴趣。然后,用 12 个学时来介绍大数据中数据分析的相关知识。

随着交通运输行业运营管理和设备维修过程中海量数据的产生,数据的分析运用日渐成为安全生产管理的一项重要工作。课程按照实际需求对讲授内容进行更新,更加重视数据分析、机器

学习等基础理论,让学生将智能交通相关知识与实际相结合,最后,用2个学时来讲解课程实验的相关内容。学生将了解实验的具体流程,并进行分组,讨论实验中可能遇到的问题,然后完成实验。

在教学中,按照实际需求对课程内容进行更新,更加重视数据分析、机器学习等基础理论,让学生将智能交通相关知识与实际相结合,使学生们从被动学习变为主动学习。

2.2 课程模式的创新设计

2015年“互联网+”战略实施,教育部积极推进“教育信息化行动”,“互联网+教育”得到了前所未有的大发展^[16]。在国家对信息化改革的大力支持以及数字化教学设施不断完善的背景下,已经建成高效的、优质的数字化、网络化教学资源。主要体现在以下3个方面。

2.2.1 传统交通类课程内容的优化改造

大数据与智能交通的发展,需要高校培养掌握大数据技术和交通运输相关知识的复合型人才,同时还要求学生了解编程相关知识。把大数据技术与交通运输相关知识融合起来,发展大数据与智能交通技术将是未来的趋势。大数据的教学方法、研究基础及支撑体系,与传统交通运输是不一样的。

在新工科背景下,交通类课程要注重面向社会的实际需求,理论与实际相结合,同时更应该注重提升学生的自主学习能力和创新能力。此外,交通类课程还要与数据科学、人工智能等新工科专业有机结合,扩大学生知识的广度与深度。比如大数据与智能交通课程中介绍了目前非常火的无人驾驶汽车以及电力新能源汽车的相关技术,并结合校内的生产条件与校外企业的实际需求,对相关技术问题开展了教学与研讨。

2.2.2 “互联网+教学”的多元数字化建设

基于“互联网+教育”的指导思想,打造多元数字化精品课程,充分利用互联网的教学优势,建设了线下线上混合式的教学新模式。按“教师讲授、学生探究、实例研究”的课程总体方向,将工程实际案例带入课堂,进行全方位的教学研讨。

MOOC慕课、网易公开课、腾讯课堂和哔哩哔哩等为“互联网+教学”的多元数字化建设提供了稳定的网络平台保障。大数据与智能交通是一

个应用型复合课程,涵盖了大数据技术、传统交通运输、Python编程技术、数据处理技术、图像分析技术和深度学习等内容。为了让学生能高效地了解交叉学科的知识体系,课程内容采用铁路实际案例为导向,最大程度与实际相接轨。在课堂教学中,教师将详细介绍铁路基本知识,同时将Python编程技术与案例相结合,帮助学生了解和掌握智能交通相关的检测算法,确保在最后可以顺利完成案例实践。同时,通过线上线下的混合式教学模式,利用现代互联网技术提供的便利服务,向学生推送计算机科学和交通运输相关知识。这样不仅大大提升了教学的效率,也拓展了学生视野的广度与深度,让学生更积极地参与到学习当中。

2.2.3 新型教材的选择与优化

交通运输的相关部门在进行管理登记车辆和对路网进行维修的过程中产生了大量的数据,这其中包括铁路相关数据、公路运输相关数据和路网维修数据等。海量数据的产生使得传统分析方法难以应对,数据分析与处理相关技术如何实现高效化的相关运用成为生产管理中的一项重要工作。大数据技术能够在快速、准确处理海量数据的基础上,为现代人们生活带来更便捷的出行方式,为企业更好地分析数据、提供更好的发展前景。这就对传统交通运输教材提出了较高的要求。

大数据与智能交通作为国内新兴的交叉学科,高校中还没有合适的指导性教材。所用教材里的现代信息化技术案例较为落后,与现代信息科学发展速度不匹配。特别是近年来广泛采用的深度学习、数字孪生模型、全息仿真技术等,教材中均无相关的论述与案例,往往无法诠释已产生较为广泛社会影响的智能交通示范应用。

针对传统教材的不足,结合课程实际需要,由专人自编教材。新型教材按照实际需求对课程内容进行更新,更加重视数据分析、机器学习等基础理论。让学生将智能交通相关知识与实际相结合,使学生从被动学习变为主动学习。新型教材引入具体的实际案例和问题,要求学生主动参与分析和解决。这会激发学生的好奇心,促使他们积极思考如何应用所学知识解决真实的挑战。面对实际问题,学生不再被动地接受信息,而是开始主动寻求解决方案。

2.3 课程考核的多元化

目前, 各大高校对于交通运输方向的课程还是以笔试考核为主, 只有少量的高校使用实验报告或者文献调研等其他方式进行考核评价。大数据与智能交通这门课程更加贴合实际, 传统的笔试考核难以达到学习的目的。为此建立了多元化的课程评价体系, 包括“课堂提问+文献调研+课后作业+实验+笔试考核”, 这种考核体系有助于对学生学习的成果进行全面的评价, 总体提高教学的质量。考核方式突出了文献调研以及团队协作完成的实验, 不仅提高了学生的自学及查阅资料的能力, 也提高了团队间的交流与协商能力。

每单元课堂教学后, 布置 1 次课后作业, 一共 6 次, 主要观察的是对课堂教师讲授内容的理解程度、掌握情况和对实际应用技巧的复现能力, 以便分析学生的学习进度和随时调整教学内容, 同时, 也促进了学生的实践进步。

最终成绩包括平时作业和课堂表现占总成绩的 10%, 期末笔试 30%(个人考核), 实验中团队合作及综合分析报告 60%(团队考核)。考核的方式相较于传统课程有了较大幅度的改变, 主要体现在两个方面: 一是大幅度加大各个实验团队合作时的考核权重, 增加实验的中期报告检查及教师指导, 及时对学生的理论学习、实验报告和编程代码进行评价, 增加了大数据与智能交通课程与实际相结合的能力, 也提高了考核体系的多元性和专业性; 二是小组选题不同, 选题与工程实际案例相联系, 强化小组成员的自主学习能力, 并要求全体成员全流程参与, 合理进行分工实践。

3 突出交叉学科与团队协作的实践教学

3.1 Python 编程与智能交通的融合

面对日益复杂的交通数据, 传统的数据分析和软件建模存在着不同程度的缺陷, 需要一种强有力的工具来处理分析数据。新兴的大数据技术与传统的交通运输结合起来, 构建新工科背景下的智能交通大数据分析理论与方法, 可以有效解决此问题。

基于 Python 编程, 本课程向学生介绍以下方面:

- 1) 对大数据、智能交通的发展历程, 大数据时代的新机遇、新方向进行深刻的研讨;
- 2) 对 Python 编程语言进行详细介绍, 并举例进行演示;
- 3) 重点对智能交通中的常见算法进行介绍, 包括了线性回归、随机森林、k-近邻等算法。

在课堂教学期间, 教师使得学生对前沿的新兴技术及高科技产业的发展方向有进一步的了解, 为学生提前适应行业需求奠定坚实的基础。

3.2 多实验的团队合作

采用多实验选题的实验设计, 基于轨道交通中不同的数据类型进行分组, 建立与铁路或道路基础课之间的关联, 分组如表 2 所示。实验由老师给出数据, 并讲述基本方法, 小组可自由选择研究方向。之后由组长进行实验的详细分工, 组长可以根据每位同学的兴趣安排任务, 每位同学完成部分实验内容, 全部完成后撰写实验报告。要求全部组员全流程参与实验, 确保对数据、算法等充分了解, 并对自己负责的部分动手实践。

表 2 课程实验信息列表

实验主题	数据类型	教学实践目的
货运铁路旅行时间预测	时空数据	开发预测模型, 以预测单位列车和大型货运列车在目的地的预计到达时间(ETA)。学生将学习使用组合机器学习算法预测ETA
地铁车内噪音信号时-频特性分析实验	一维音频	火车、地铁、轻轨等有轨车辆在行驶时所发出的噪声。学生将学习如何使用Python对其进行分析
铁路轨道不平顺数据分析	时空数据	轨道不平顺是现代机车车辆和轨道设计、养护和质量评估的重要手段。学生将学习使用多指标对轨道不平顺进行分析与评价
轨道扣件状态分类	二维图像	钢轨扣件是指具有刚性扣压件的钢轨与轨枕的紧固装置零件。学生将学习如何通过卷积神经网络识别异常扣件
钢轨伤损数据分析	文本数据	钢轨伤损是指钢轨在使用过程中发生的折断、裂纹及其他影响和限制钢轨使用性能的各种状态。学生将学习通过适合的算法分析相关特征对钢轨伤损的影响

实验报告主要有中期报告和期末报告, 由专人负责每组实验, 要检查 Python 源代码和提问代码的具体功能、能够改进的地方, 包括列

表、矩阵的定义, 各类数据分析库的用法以及函数、类的功能等基本代码问题。同时, 检查学生对实验的基本了解情况和将技巧应用于实

实际案例的能力,也督促学生深入学习课堂讲授的基本内容,将理论联系实际,避免学生存在侥幸心理。

2021年秋季,学院大数据与智能交通课程成功开设,班级人数60人,均为在校大三本科生。学生期末总成绩分布图如图2所示,可以看到总体成绩呈现正态分布,每名学生的总成绩包含了3个部分:作业占比10%,期末考试占比30%,而实验报告(包含中期报告和期末报告)则占比

60%。这种成绩占比更加凸显实际实验的重要性,体现了大数据与智能交通课程与实际紧密相连。大部分学生成绩集中在70~90分区间,基本验证了成绩的真实性,也说明高分学生的数量偏少,大家在大数据方面的能力有待提高。由于传统交通运输与大数据结合较少,本课程也是第一年开设,因此学生们对于相关知识了解较少。通过本课程的学习,相信学生们可以快速了解大数据应用在交通运输中的重要性、便利性。

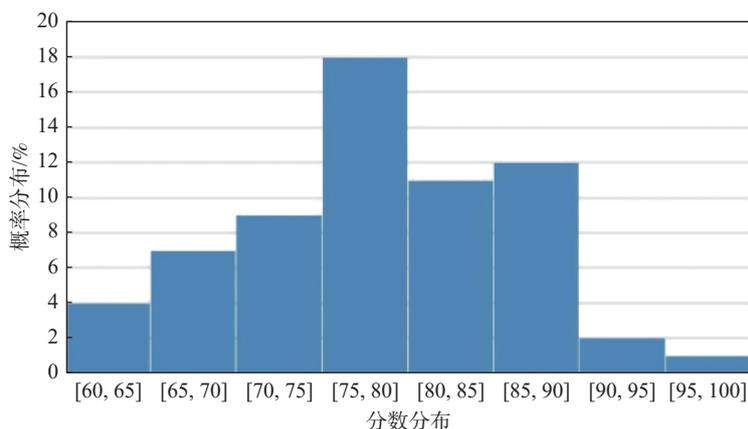


图2 学生总成绩分布图(平均分 78.49)

该教学模式充分调动了学生参与课堂的积极性,使学生带着任务学习,将理论与实际相结合,培养学生的自主学习能力和团队交流能力。学生对智能交通系统中的组成部分和应用场景有了初步了解,同时掌握了智能交通中的各种实际

问题分析方法,包括传感器使用、数据采集、数据清洗,以及主流数据分析方法,包括深度学习等。学生使用目前主流的数据分析软件Python和深度学习框架Pytorch,并使用它来分析实际案例。课程实验的具体评分如表3所示。

表3 课程实验具体评分

组号	最终得分	扣分详情
1	80	该组同学对所给数据集进行了预处理,并用关联规则挖掘了相关信息,数据的预处理方面做得比较好,但在挖掘关联规则中,并没有相关的分析结果,没有在结论部分展示与钢轨重伤有关的关联规则
2	85	基本完成了项目任务书中的任务,也使用了随机森林与神经网络方法来进行预测,但是神经网络代码编写过于简单,数据处理时不够完善
3	85	基本完成了项目任务书中的任务,但相应结果描述与展现不完善,部分功能未提供程序代码
4	95	基本完成了项目任务书中的任务,数据处理方法详细,报告排版较好,但是预测方法只使用了随机森林,较为单一
5	85	该组同学对数据集进行了预处理,选用VGG神经网络模型对扣件状态进行分类,并详细报告了模型的测试结果,但是存在模型效果较差,较为明显的扣件缺失图像无法识别的问题,总体上掌握了基本的图像数据处理方法
6	78	基本完成课程任务,数据处理和TQI计算过程正确,插值没有实现程序化,PSD的计算有误且缺少与标准对比结果
7	75	基本完成了项目任务书中的任务,其中提取音频信号包络线未完成。报告编写质量较差。由于将大部分代码放到了报告中,导致报告可读性不佳。报告中图无相应编号,大都以截图展现,不够正式
8	90	该组同学学习了计算机视觉的Python编程,对所给数据集进行了预处理,自己设计神经网络模型对扣件状态进行分类,并详细报告了与VGG模型对比的测试结果,掌握了基本的图像数据处理方法
9	72	基本完成课程任务,数据处理和TQI计算正确,但程序计算复杂度较高,部分中期问题没有整改,PSD的计算有误且缺少与标准对比结果
10	85	该组同学学习了Python编程,并且对相关的技术背景进行了学习,对数据集中的缺失、重复等数据进行了处理,总体上掌握了基本的数据处理方法,挖掘了钢轨重伤的关联规则,得出了相应的结论,但在编程的整体逻辑框架上还有待提高

从表 3 中可以看出, 各组实验完成度都较高, 但是普遍存在报告的撰写格式问题。学生基本学会应用 Python 软件框架构建交通数据挖掘模型, 并掌握模型评价和选择标准, 利用模型进行数据分析和预测, 初步具备利用大数据技术解决实际交通问题的能力。

在大数据与智能交通课程体系中加入了能够推动学生交流、思考和团队合作的实际实验分析环节。实验的设计与前沿技术相匹配, 并且实验从多方向、多层次和多角度来进行设置。在实验的开展过程中, 指导教师会在开始时引出问题, 由学生独自去学习、思考和解决问题, 这样不仅促进了学生与老师之间的交流和探讨, 也使学生会独自处理问题、解决问题。在实验开展期间, 为每个小组配备一名答疑负责人, 来指导学生遇到的难题, 并负责督促各学生开展工作, 使整个学习过程成为一个创造和实践的过程。

创新能力、实践能力是培养新工科人才的基本素养。大数据与智能交通应用实践能力是工科思维的重要核心, 也表明了新工科人才的培养目标。

4 结束语

在对大数据与智能交通技术现状及社会需求的大量调研基础上, 本文分析了目前传统交通运输专业人才培养上存在的一系列问题, 提出了融入大数据、交叉学科和项目团队合作等改革教学思考。通过对传统交通运输专业培养体系的更改, 如结合人工智能与大数据相关知识更新教材和结合实际案例提供相关教学项目等, 力求提高学校交通运输相关专业的教学质量与效果。

本文立足于国家新工科发展的需要, 就学校目前现有的传统交通课程存在的不足, 进行了有意义的思考与讨论。并提出了开设大数据与智能交通这门课程的设计思路与设计方法, 详细介绍了课程中特色的交叉学科与团队协同的新教学模式。通过对交通课程的改革, 将会培养出更多符合国家发展战略及产业转型需求的专业人才。

参考文献

- [1] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
- [2] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
- [3] 张志红, 周雨青, 赵馨蕊, 等. “新工科”理念和我国工科专业培养的分析与思考[J]. 高等理科教育, 2018(5): 94-102.
- [4] 杜岩, 谢谟文, 刘彩平, 等. 土木工程新工科人才培养探索与实践[J]. 高等理科教育, 2021(5): 81-85.
- [5] 李超, 邬鑫, 贾建林, 等. 新工科背景下基于虚拟仿真技术的地方高校交通工程专业实验教学平台建设[J]. 科技资讯, 2022, 20(12): 164-167.
- [6] 李林波, 吴兵, 王艳丽. 基于经验学习理论的课程设计教学改革探索: 以交通管理与控制课程为例[J]. 大学教育, 2022(4): 109-112.
- [7] 张诗波, 彭忆强, 孙仁云, 等. 交通强国战略背景下交通运输类人才培养模式研究: 以西华大学为例[J]. 高教学刊, 2022, 8(6): 164-167.
- [8] 陈峻, 杨敏, 涂然, 等. 交通运输类专业新形态复合型教育教学资源体系构建探索与实践[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2022, 24(S1): 175-177.
- [9] 柯姜岑, 王林, 郑亚红. 新工科背景下高校SPOC+PBL混合式教学模式研究: 以“交通管理信息系统”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2022(15): 117-120.
- [10] 李晓娟, 菅美英. 新工科背景下交通运输专业多元教学方法改革研究[J]. 中国现代教育装备, 2022(5): 95-98.
- [11] 张晓梅, 张光远, 邓灼志, 等. 以创新能力培养为核心的大学生课外创新竞赛实施平台构建[J]. 实验科学与技术, 2019, 17(3): 157-160.
- [12] 柳伍生, 周和平. 新理念、新技术发展融合下的交通运输类课程体系改造探讨[J]. 高教学刊, 2021, 7(26): 139-143.
- [13] 何英, 段力, 邹志云. 互联网交通大数据应用教学探究平台设计[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(2): 117-121.
- [14] 邱欣, 刘何音, 童卫丰, 等. 新工科背景下交通运输专业人才培养路径研究[J]. 教育教学论坛, 2021(10): 9-12.
- [15] 夏建国, 赵军. 新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 15-19.
- [16] 刘钊. “互联网+教育”背景下“新形态一体化”教材建设研究[J]. 现代商贸工业, 2020, 41(9): 174-175.

编辑 张俊