

工业工程专业基础课程虚拟教研室 建设实践与探索

(工业工程虚拟教研室, 公共事业及技术管理类协作组)

王琛 刘俊驿 邓婉璐 赵磊 张燕晓 侯琳

清华大学工业工程系及统计学研究中心

一、引言

工业工程专业致力于解决与效率、质量、成本和安全相关的系统性优化问题, 迄今已有百余年的历史。清华大学工业工程系作为教育部高等学校工业工程类专业教学指导委员会主任单位, 肩负引领全国工业工程类专业发展的责任。为加强全国工业工程专业教研组织建设, 深化专业课程改革, 全面提高人才培养质量, 清华大学工业工程系牵头组织南京理工大学、清华大学、山东工商学院、四川大学、西安交通大学、西北工业大学、浙江工业大学、郑州航空工业管理学院八所高校共建“工业工程专业基础课程虚拟教研室”(以下简称“教研室”), 于2022年2月15日入选教育部首批虚拟教研室建设试点, 首批建设“运筹学”和“概率与统计”课程群。

教育部《高等学校人工智能创新行动计划》指出, 要强化人工智能基础理论研究, 促进以算法为核心、以数据和硬件为基础的人工智能技术体系的构建, 形成从数据到知识, 从知识到决策的能力。作为数据科学和人工智能的理论和算法基础, “运筹学”与“统计学”课程建设将服务于国家战略需求的技术与研究型人才培养, 为人

工智能相关领域的创新发展提供核心动力。

二、建设目标、预期成果及组织架构

本节介绍教研室的建设和预期成果, 以及八所共建高校、两个课程组教师形成的组织架构。

1. 建设目标和预期成果

秉承“夯实理论基础、拥抱时代变化”的理念, 教研室预期依据全国工业工程专业的教学需求和学情特点, 形成体系化、模块化、分级架构的知识体系, 共享优质教学资源, 形成教学发展共同体(图1)。

2. 组织架构

教研室由八所共建高校的“运筹学”和“概率与统计”教师组成, 申报初期包括30人, 现已增至47人。各高校明确负责人与联络人, 形成责任明确、交流畅通的组织架构。教研室在教育部高等学校工业工程类专业教学指导委员会的指导和协调下, 精诚合作、紧凑有序地开展教学研究和讨论工作。

三、建设路线

教研室建设路线如图2所示。

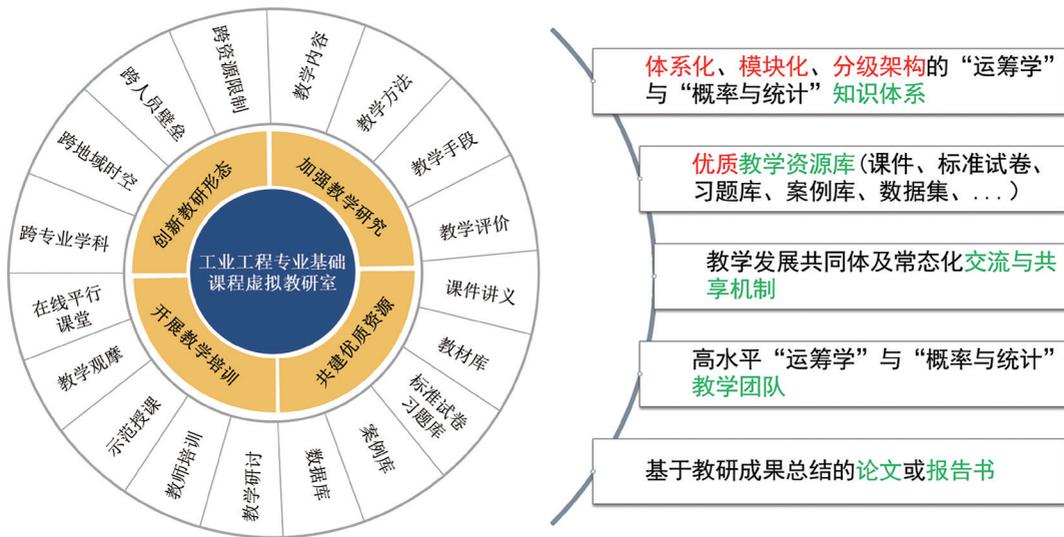


图1 教研室建设目标和预期成果

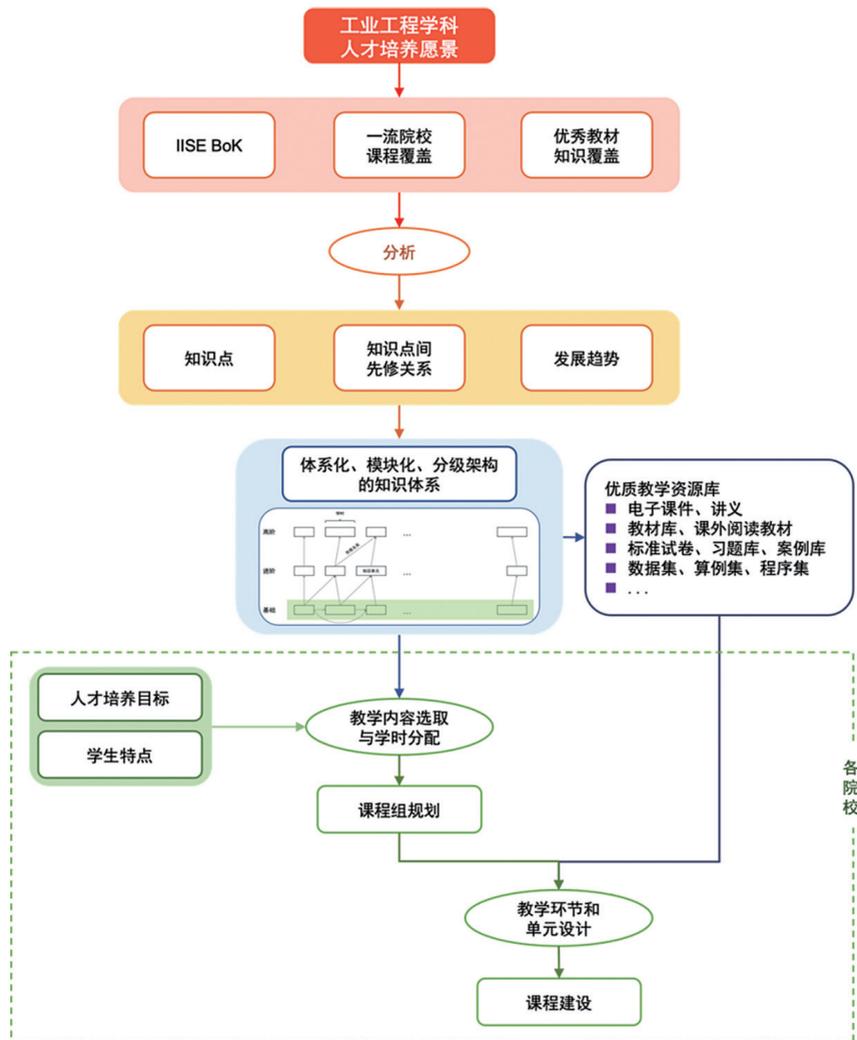


图2 教研室建设路线图

1. 构建体系化、模块化、分级架构的知识体系

教研室根据工业工程专业的人才培养愿景，参考国际工业与系统工程师学会发布的《工业与系统工程知识体》(IISE BoK^[1])，对标世界一流工业工程院系的培养方案，分析了“运筹学”和“概率与统计”的知识覆盖策略。对比了各对标院校教学覆盖知识点与 IISE BoK^[1] 的关联与差异(图 3)，划分了基础、进阶和拓展知识模块。“运筹学”方面，依据《Introduction to Operation Reserch》国际优秀教材等^[2]，将各模块知识点(knowledge)细化为原子知识点(atom knowledge)，并根据“概念-模型-理论-算法-应用-实践”分类，明确原子知识点之间的先修关系。“概率与统计”方面，梳理了从 IISE BoK^[1] 到工业工程知识点，到概率论原子知识点，到概率论知识领域的对应关系(见图 2)。

2. 调研国内各共建高校学情，按需推广课程建设

教研室面向共建高校开展了多轮教学需求和学情调研。调研汇总了各高校的课程教学情况和

共性挑战。例如：学生缺乏学习主动性，缺乏丰富的实例，理论教学与思政教育的结合不够充分等。教研室还以部分核心知识点切入，调研了各共建高校的具体课程安排和教学难点，并以此为基础设计不同层级的教学方案，增强课程建设的可定制化与可推广性。

3. 开发共建优质教学资源库、探索教学方法、提升教学手段、开发多元化教学评价

教研室结合国家重点领域需求和教育前沿，探索适合当代学生群体的教学方法，加强学生的批判性思维、综合分析建模能力和工程实践能力。通过教研室全体会议以及“运筹学”和“概率与统计”研讨例会，针对教学内容和方法深入交流，协同共建课件、案例和习题集，建设资源共享机制。

四、建设成效与特色

参与教研室共建的八所高校中，已有七所高校的工业工程本科专业获批国家级一流专业建设点。各共建高校均开设特色的“运筹学”和“概

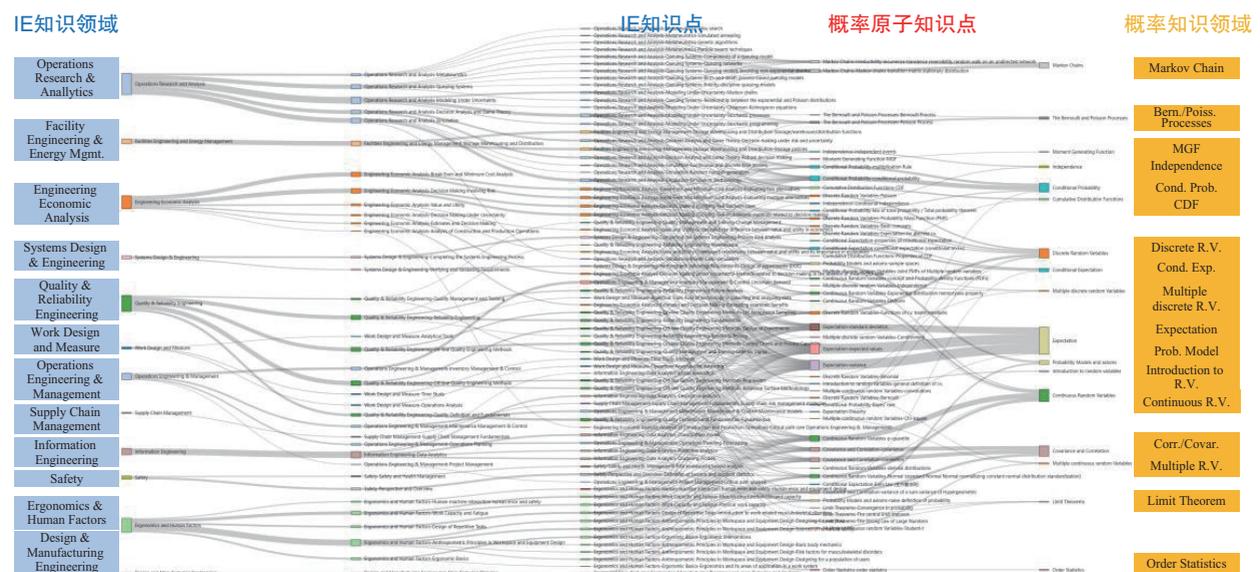


图 3 概率论知识点分析思路示意图

率与统计”课程，其中包括国家级一流本科课程。基于优势的教学团队和资源基础，所有共建高校形成合力，建设具有时代特色、符合中国国情、且有示范推广性的精品课程群，稳步提升工业工程专业学生的理论基础和工程实践能力。

通过参考“运筹学”和“概率与统计”领域的知识体（例如 IISE BoK^[1]、Data Science BoK^[3]）、系统调研世界一流院校的教学方案和优秀教材，梳理分析基础、进阶、拓展（含发展趋势预判）的知识点及之间的先修关系并统计教学时数，对课程知识体系及教学大纲进行模块化梳理。例如，“概率论”部分调研了哈佛大学、麻省理工学院、北京大学数学学院等6个国内外一流统计学专业的概率论课程，伯克利大学、康奈尔大学等16个国内外一流工业工程专业的“概率论”相关课程，以及《Introduction to Probability》^[4]等12本优秀教材，筛选出以伯克利大学 Stat 140: Probability for Data Science^[5]等3门课程为代表的前沿发展趋势。进一步，结合对八所共建高校的调研结果，形成知识体系的分级架构。

“运筹学”课程组调研了佐治亚理工大学、斯坦福大学、康奈尔大学等14所国际一流高校的运筹学课程教学内容与特点，进一步结合经典运筹学教材^[2]与八所国内高校的三轮学情调研，初步形成了“线性规划”知识体系的分级架构。基于上述工作，“体系化、模块化、分级架构的‘运筹学’和‘概率与统计’知识体系梳理”入选2023年度虚拟教研室建设专家组公布的典型教研方法名单。

教研室基于“三位一体”教育理念和调研总结出的知识体系，提出了体现“知识是能力的载体，知识和能力是价值的载体”的“知识、能力、价值”三层知识图谱。利用有向无环图、以节点表示知识点、知识点间有方向的边表示先后

修关系、节点大小体现知识点的层级，“概率与统计”课程组已完成“概率论”部分知识层的知识图谱构建，并初步设计出三层知识图谱雏形。

“概率与统计”课程组重点建设教学样例设计，以核心知识点为例，展示如何设计教案来体现“兴趣引导、透彻说理、实践融合”的特色，并通过显示体现能力培养和价值塑造来展示如何实践“三位一体”的教育理念。同时，配合知识图谱体现“体系化、模块化、分级架构”的知识体系，并尝试融入学科发展新趋势。“概率与统计”两部分分别选择了“数学期望”和“简单线性回归”两个核心知识点作为代表，基于上述规范化的教案模板，形成了基本达到设定目标的教案，并在教研室全体大会进行展示和说明，与参与高校相应课程的负责教师们进行深入探讨，为后续教案的撰写提供了范本和指导。其后，课程组持续推进，目前已完成五个核心知识点的教案。

教研室组织了多次全体会议，各共建高校积极参加和承担组织工作，并向全国工业工程专业辐射。疫情期间，教研室于2022年4月和11月召开了线上启动会和线上全体会议。2023年5月和12月分别由四川大学和西安交通大学成功举办两次线下全体会议（图4）。2023年的会议采用了线上线下多渠道形式，邀请了川渝及西北地区的师生参加。各共建高校的一线教师针对专业课程的整体建设、具体课程的建设思路和教学方法、知识点的教学技巧、课堂组织的挑战与思考等做了详实的专题分享。报告内容通过视频方式公开发布，引发了全国工业工程专业的广泛关注。会议还组织了圆桌讨论，由经验丰富的教师和青年教师共同讨论，极大地调动了教学研究的热情。目前，已确定由郑州航空工业管理学院和山东工商学院举办2024年两次线下会议。教研



图4 教研室全体会议(4次)

室提供了信息化时代背景下凝聚共识、交流协作的平台,各高校在各自课程特色、学情特点和教学资源基础上取长补短、共享共赢,引领和推动全国工业工程专业教育教学的发展。

参考文献:

- [1] IISE BoK. IISE Body of Knowledge [EB/OL]. (2023-12-10) [2024-03-05]. <https://www.iise.org/Details.aspx?id=43631>.
- [2] Hillier F S, Lieberman G J. Introduction to Operations Research[M]. New York: McGraw-Hill Education, 2021.
- [3] IABAC. Data Science Body of Knowledge (EDSF-DSBOK) Release 2 [EB/OL]. (2024-01-01) [2024-03-05]. <https://iabac.org/g-standards/IABAC-EDSF->

DSBOK-R2.pdf.

- [4] Bertsekas D. P., Tsitsiklis J. N. Introduction to Probability [M]. Second edition. Athena Scientific, 2008.
- [5] University of California, Berkeley. Stat 140: Probability for Data Science [EB/OL]. (2024-02-21) [2024-03-05]. <http://prob140.org/>.

作者简介:

全部作者均为清华大学工业工程系及统计学研究中心教师。

张燕晓(通讯作者),清华大学工业工程系,电子邮件: zhangyanxiao@tsinghua.edu.cn。

(责任编辑:曹斌照)