

基于三螺旋模型的应用型工业大数据人才培养策略

吕品

上海电机学院电子信息学院, 上海 201306

于文兵

上海电机学院高职院校, 上海 201306

摘要 针对新一轮科技革命和产业变革的时代背景, 分析了基于三螺旋模型培养应用型工业大数据人才的必要性; 从人才培养实施者的角度, 提出了基于三螺旋模型的应用型工业大数据人才培养策略。最后, 以数据科学与大数据技术专业的机器学习课程为案例, 通过详细的教学设计和教学评价实践, 探索了人才培养中校企“双主体”的作用, 验证了基于三螺旋模型的应用型工业大数据人才培养是解决高校人才培养的“最后一公里”问题的有效策略。

关键字 三螺旋模型, 应用型工业大数据人才, 校企“双主体”

Training Strategy of Applied Industrial Big Data Talents Based on Three Spiral Model

Lyu Pin

School of Electronic Information
Shanghai Dianji University
Shanghai 201306, China
lvp@sdju.edu.cn

Yu Wenbing

Vocational College
Shanghai Dianji University
Shanghai 201306, China
yuwb@sdju.edu.cn

Abstract—In view of the changes in the environment, path, connotation, characteristics and constraints of the training of applied industrial big data talents triggered by the fourth industrial revolution, this paper analyzes the necessity of training applied industrial big data talents based on the three spiral model for the deep integration of China's digital economy and the real economy. From the perspective of talent cultivation implementers, this paper puts forward the applied industrial big data talent cultivation strategies based on the three spiral model, and analyzes the respective tasks of schools, colleges and majors. Taking machine learning course teaching as a practical case, this study explores how to integrate enterprise resources into course teaching, enhance students' enthusiasm and initiative in participating in course learning and professional practice, and cultivate application-oriented industrial big data talents that meet the requirements of enterprises and industry positions.

Keywords—Three spiral model; Applied industrial big data talents; School-enterprise "Double Subjects"

1 引言

加快发展数字经济, 促进数字经济和实体经济深度融合, 打造具有国际竞争力的数字产业集群是党的二十大报告的重要内容之一^[1]。这表明在新一轮科技革命和产业变革的大势下, 我国经济社会的发展急需大量应用型工业大数据人才。这些人才不仅要具备大数据技术应用的能力, 还应具备理解产业需求的能力。为达到这一目标, 提出了基于三螺旋模型的应用型工业大数据人才培养策略。充分发挥企业在高校人才培养中的主动性是该方法的核心。以企业岗位需求为纽带, 围绕知识和技术在高校与企业之间的互动, 在企

业和高校之间的叠加, 解决企业对人才岗位需求与高校人才培养的“最后一公里”问题。

2 什么是三螺旋模型

三螺旋模型^[2]是一种用于刻画生物体的发育不仅受其本身的影响, 还要受其基因和环境影响的模型。生物体、生物体的基因和生物体所处的环境这三者之间既相互独立, 又相互制约, 宛如螺旋体一样绑在一起。任何一个发生变化, 都会影响其他两个的变化。1995年, 美国哥伦比亚大学计算机科学系教授Etzkowitz和荷兰经济学者Leydesdorf用该模型研究产教融合育人中大学、产业与政府三者之间的相互影响^[3]。人才培养是高校三大职能中最重要的“基因”, 高校培养的人才是否符合社会需求, 受其所处的经济环境和行业市场的影响。即, 政府作为政策和制度的制定者, 企业作为市场环境中的经济组织对高校是否能培养出符合社会需求的人才产生至关重要的作用。

*基金资助: 上海机学院; 项目名称: 2021年“人工智能时代基于能力发展循环圈的应用型人才培养研究与实践”重点教研教改项目、电子信息学院“机器学习”课程建设; 项目号: G2-20-7201-003-05-039。

3 基于三螺旋模型培养应用型工业大数据人才的必要性

3.1 环境与路径的变化

第四次工业革命正重塑全球创新格局和世界产业链、供应链形态,全方位影响着“两个大局”的走向和我国社会主义现代化建设进程^[4],应用型工业大数据人才的培养环境与路径发生了前所未有的变化,主要体现在:1)智能化成为驱动未来产业发展的核心力量;2)多学科交汇成为突破复杂工程问题的创新源泉;3)多主体交融成为创新人才^[5]培养的重要支撑。这些发展变化迫使高校必须要打破围墙,主动融入社会,在人才培养过程中积极贯通企业,才能让学生复杂的数据工程问题中的解决中掌握最前沿的科技。

3.2 内涵与特征的变化

党的二十大报告明确提出将“大国工匠”和“高技能人才”纳入国家战略人才行列^[1]。这意味着服务国家发展战略急需、驾驭未来科技创新、引领未来产业发展需要从如下三个方面重新理解应用型工业大数据人才的内涵与特征:1)从培养层次的角度,需要定位在本科教育层次。需要凸显企业对高技能人才培养的需求,让学生能在真实的企业环境中培养实践能力,并获得专业的文化熏陶和高水平实践训练;2)从实践能力培养的角度,需要凸显技术应用创新能力,让学生能在解决复杂的数据工程问题的实践中掌握发现问题、解决问题的高阶能力。3)从培养所需知识的角度,需要凸显多学科交叉的知识结构,能够运用最新的大数据技术手段,在更高层面、更宽领域思考复杂的数据工程问题,能在传统产业转型升级和战略性新兴产业创新发展中发挥作用。通过以上分析可知,要体现上述应用型工业大数据人才的内涵与特征,人才培养的关键是将企业的资源引入高校,并联合企业打造一流的课程教学。

3.3 制约因素

从制约因素来看,当前地方应用型高校在人才培养过程中缺乏主动融入产业已成为影响新时代人才强国战略实施的主要问题。这一问题突出表现在:1)人才培养与企业需求未对接,即课程体系需要根据产业发展需求优化,课程内容需要与企业岗位能力需求匹配;2)创新创业能力培养不足,即提供学生实践能力的综合实验内容未吸收企业项目资源,反映学生创新创业能力培养的任务极少^[6];3)产教融合能力的教师缺乏,即人才的工匠精神教育迫切需要教师克服学术本科培养的惯性、善于解决复杂工程问题的教师队伍需要进一步提升。通过制约因素的分析可知,要培养出满足发展强国战略的“大国工匠”和“高技能人才”,

要充分调动并发挥企业的积极性,让其参与到高校人才培养的全程过程中。

4 基于三螺旋模型的应用型工业大数据人才培养策略

4.1 学校对接区域经济生态系统(三螺旋中的政府)

学校对接区域经济生态系统是指学校高层管理者要根据学校办学特色,在充分解读地方政府关于区域经济发展相关政策的情况下,与地方政府共同做好本校人才培养的顶层设计,为地方区域经济发展输送高质量应用型人才。

上海电机学院地处临港,是一所面向先进制造业及现代服务业的地方高校,主要为临港新片区国际智能制造示范区输送人才。作为三螺旋模型中的地方政府,积极为临港地区高校创造良好的人才培养外部环境,促进临港企业与临港高校联合创新起到了积极的引导作用。自2020年临港新片区开启深入推进国家产教融合试点核心区建设以来,已有45家临港集团园区企业入选产教融合型企业建设培育试点,占上海市总数的25%。2022年学校与临港产业集团共建产教融合工作站。学校在工作站中承担的主要职责是下沉园区合作企业,摸排企业在人才、技术和服务方面的需求,形成企业需求动态数据库,为各二级学院对接临港企业培养高质量应用型人才架设桥梁。

4.2 学院对接产业和企业(三螺旋中的企业)

学院对接产业和企业的目的是彰显应用型人才培养模式有别于学术型人才的培养模式。如果没有产业界的积极参与,人才培养无法体现其“应用性”的本质。因此,应用型工业大数据人才的培养离不开校企合作。

应用型工业大数据人才是电子信息学院数据科学与大数据技术专业的人才培养定位。学院基于数据科学与大数据技术专业的办学特色,先从企业需求动态数据库中寻找与人才培养匹配的技术开发、技术转让、技术服务、技术咨询、合作研究、委托测试等方面的项目信息,然后与企业通过科研合作引领的方式,将企业资源引入到专业建设中。近五年来,数据科学与大数据技术专业已从学院提供的企业资源中,与临港地区企业共建了10个应用型工业大数据人才培养基地,达成了共建产教融合型师资队伍,共同为临港新片区培养应用型工业大数据人才的协同育人目标。

4.3 专业对接企业岗位(三螺旋中的高校)

专业对接企业岗位指的是专业根据具体的科学研究合作企业,结合企业的岗位能力需求对接专业课程内

容。企业为专业提供企业教学资源，帮助教师提升实验实践教学水平。专业教师联合企业共同开发课程资源。

通过引入企业的岗位需求，专业与企业一起从课程体系的宏观角度，共同制定本专业的课程综合化顶层设计。综合化顶层设计就是指以企业实际问题形成的项目为单位，将每一个项目包含的岗位能力元素进行分解，融入到不同专业课程中，由教师与企业工程师共同承担课程教学。由于学生的学习内容是结合企业岗位需求开展的，学生由学校和企业共同培养，学生在不同的课程学习中可以扮演不同的角色（例如：项目管理者，系统设计、项目开发人员、技术文档管理等），从而丰富学生在扮演不同角色过程中创新能力、实践能力、职业素养、工匠精神等的培养。人才培养的职业导向、实践导向和学生个性化发展润物细无声地融入课程教学，从而可以有效解决高校人才培养与企业用人之间的“最后一公里问题”。

数据科学与大数据技术专业从人才培养方案中选择了 14 门专业必修课，将其教学内容分别与 6 家产学研合作企业进行了探讨，形成了应用型工业大数据人才的产教融合课程体系，如表 1 所示。并与企业共同探讨了不同类型的专业课程的产教融合课程实施方式。表 2 和表 3 分别展示了理论课程和综合实验课程开展产教融合的实施步骤。无论是哪一种类型的课程，开展产教融合的关键是要与企业负责人共同讨论课程目标和教学内容，并在教学中引入优质的企业项目资源。

表 1 应用型工业大数据人才的产教融合课程体系

专业模块	课程门数	课程
大数据平台规划	8	工业大数据架构与应用 工业大数据架构与应用实验 云计算与云平台 故障预测与健康综合实验
大数据技术应用	7	分布式编程 分布式编程实验 工业大数据智能应用综合实验
大数据分析 与可视化	13	数据仓库项目管理 数据仓库项目管理 实验 机器学习 机器学习实验 大数据与领域建模综合实验
大数据管理 与运维	4	数据存储与优化 数据存储与优化实验

5 案例实践

5.1 课程主体的职责分工

以机器学习课程教学为例，探索了基于三螺旋模型的应用型工业大数据人才培养策略的可行性实践。

课程负责人与企业负责人沟通机器学习课程的课程目标、课程内容、学时，学生情况以及专业人才培养特色，企业根据这些条件选用与专业合作的项目“工业设备零部件故障诊断”作为课程教学案例，解决智能制造领域中工业预测性维护问题。企业工程师与课程

表 2 理论课程实施产教融合的步骤

实施步骤	实施内容
1	课程负责人与企业负责人沟通课程目标、课程内容、学时，学生情况和专业人才培养特色，企业根据这些条件和课程要解决的面向服务问题确定适合于课程教学的项目。
2	企业工程师先基于企业项目设计产教融合方案，然后与课程负责人沟通项目拆解方式和学校需要提供的设施，确定教学案例的呈现形式。
3	企业工程师基于项目研发所需能力，列出学生需要掌握的知识与技能，并与课程负责人沟通开展案例式教学时这些知识与技能的组织顺序和授课方式。
4	企业工程师以新员工一个月的工作量设计实践综合项目的团队规模，并设计综合项目的最终产出形式和评价标准。
5	针对学生实践能力的提升问题，企业负责人与课程负责人协商企业工程师进课堂的时间、授课内容和授课方式，企业工程师从企业用人单位的角度对学生的实践能力进行考核。
6	在课程实施过程中，根据学生实践能力培养需求确定企业工程师授课学时。课程负责人主要负责案例教学中的理论知识，企业工程师负责学生案例教学中的实践部分，并设计一些拓展实践作业。拓展作业体现本课程的高阶性。
7	企业组建课程实践综合项目答疑平台，收集学生课外学习数据以支持企业对学生实践能力的过程性考核。

负责人共同拆解项目的功能模块，并将各功能模块涉及的知识与技能划分到不同层次的教学内容中，以项目开发流程组织授课内容、开发成案例，并开展新教学模式的探索。课程负责人与企业工程师共同对企业项目进行二次开发，形成本一个项目式作业。课程负责人主要讲授理论知识，企业工程师主要讲授理论知识在项目中的应用。课程教学学时为 48，课程负责人授课学时 32 学时（教室完成），企业工程师授课学时为 16 学时（实验室完成），指导学生完成企业项目的案例实现，为学生完成本课程大作业奠定实践基础。

针对企业岗位能力需求，课程负责人与企业工程师共同制订课程考核方式与评价标准。本课程的考核方式：过程性评价（实践能力与项目能力、个人素养与基本能力）和量化评价（理论学习效果）。

表 3 综合实验课程实施产教融合的步骤

实施步骤	实施内容
1	与企业负责人沟通课程目标、课程内容、学时, 学生情况和专业人才培养特色, 企业根据这些条件和课程要解决的面向服务问题确定适合于课程教学的项目。
2	企业工程师准备项目资料, 包括项目开发流程、各功能模块、所需设施。
3	企业工程师与课程负责人共同讨论项目的功能模块, 与课程负责人共同开发课程授课教案。
4	课程负责人向企业工程师反映授课对象的特点, 企业工程师对每一个功能模块(授课内容)的需求进行改进, 在形成本课程需要完成的考核项目时, 进一步体现对学生高阶思维、创新性和挑战性的训练。
5	课程负责人与企业工程师共现制订课程考核方式与评价方式。
6	第1周安排学生学习项目。授课主体是企业工程师, 课程负责人辅助企业工程师完成项目讲解和学生的当场实践中存在的问题。
7	企业在保证信息安全和企业核心技术的前提下, 为学生完成课堂内容和考核项目提供真实产教融合场景(企业以云服务的形式向学校提供; 企业与学校建设联合实验室)。
8	第2周安排学生完成考核项目, 以新员工一个月的工作量设计考核项目的团队规模。采用线上(企业工程师)与线下(课程负责人)相结合的方式指导学生。学生完成项目时, 企业工程师与课程负责人共同组织学生答辩。

过程性评价用于企业对学生岗位能力的评判; 量化评价用于学校对学生知识与技能掌握情况的评价。

企业为专业建设的工业大数据学习平台是本课程教学的真实产教融合场景。

5.2 基于企业项目的教学设计

机器学习课程的服务面向是为临港新片区智能制造产业发展培养人才的数据分析能力。学生通过本课程的学习, 能熟练运用机器学习模型解决机械、航空、航天、船舶等重点装备领域的面向装备全生命周期的数字孪生系统工程, 能实现装备的预测性维护与健康维护。基于课程的服务面向与需要解决的问题, 将“工业设备零部件故障诊断”项目设计了教学案例, 如图1所示。

在案例引入及分析阶段, 紧扣本专业人才培养特色, 以预测性维护为工业应用场景, 将案例实现过程分解为由下至上的5个部分:

(1) 工业设备零部件故障诊断案例实现的基本技术。

- (2) 不同故障诊断模型。
- (3) 工业时序数据处理。
- (4) 故障诊断模型训练。
- (5) 工业设备零部件故障诊断应用。将完成每一部分工作所需学习的知识与掌握的技能转换为6个不同层次的教学的知识点。

例如:

(1) 工业设备零部件故障诊断案例实现的基本技术对应于信号处理相关知识和深度学习框架的使用。

(2) 不同故障诊断模型对应于三种深度学习模型 CNN、LSTM 和 GRU 的学习;

(3) 工业时序数据处理对应于数据预处理技术的掌握。

(4) 故障诊断模型训练对应于模型超参数的选择技术。

(5) 数据集切分和各种不同的模型性能评价标准。

(6) 工业设备零部件故障诊断应用对应于模型过拟合和欠拟合的解决技术的掌握。



图 1 工业设备零部件故障诊断项目教学案例

5.3 课程的教学模式创新

工业设备零部件故障诊断是一个复杂工程问题。完成此案例需要有编程语言、信号处理、机器学习、深度学习和开发环境等广泛的知识 and 多学科背景。有限的课堂学时难以完成。在教学过程中采用了捕鱼式教学法^[7], 目的是促进真实场景下的真学真做、重塑课程教学新形态。在真学阶段, 通过教师与企业工程师“搭伙”教学, 即教师先讲解案例的总体目标, 然后企业工程师讲解完成该案例所需的工业数据集和数据预处理的方法和完成该案例的相关示例, 一方面, 让学生掌握捕鱼方法, 另一方面, 教师以“伙伴”身份学习企业工程师的实践经验和本领, 提高自身的“工匠”素质和能力, 为培养学生的“工匠”素质提供后续保障。在真做阶段, 采用三种不同的教学手段, 让学生通过自我引导完成捕鱼。这三种不同的教学手段

分别是：1) 模仿任务法：学生用真学阶段学到的方法与技术，完成与真学阶段案例相似的拓展任务；2) 补全任务法：学生需要通过反复观察、记录和分析案例拓展任务的功能与效果，并根据要求对拓展任务的功能和效果进行改进；3) 常见任务法：放手让学生参考一系列外部资源，包括科技论文、深度学习模型开发技术文档、智能故障诊断应用场景等，独立完成案例需要考核的功能部分。

5.4 课程资源建设

在机器学习课程教学中，以工业设备零部件故障诊断项目为导向，校企共同精心设计了知识、能力、素质同步培养的一体化课程教学资源。企业负责企业项目标准、案例导学、案例、项目指导书等教学资源的编写。教师负责课程教案、课件、微视频、考核资料和学习指导等教学资源的编写与整理。学生学习该课程的过程性评价数据和形成性评价数据由线下和线上 2 部分构成。学生线下学习投入情况由教师和企业工程师在课堂教学中记录，线上学习的投入情况由企业为专业建设的工业大数据教学平台记录。

基于学生线上线下学习情况数据，教师能及时发现问题并了解学生的学习动机是表层式（即学习基于外部动机）、深层式（即学习基于内部动机）或是成就式（即学习基于成就动机），以此帮助学生培养良好的学习方式，为职业发展奠定良好自主学习意识。

5.5 课程考核评价

依据企业用人标准，教师和企业工程师一起针对课程特点制定了 3 项评价指标：

- (1) 个人专业素养和基本能力；
- (2) 实践能力与项目能力；

(3) 理论学习投入。这 3 项评价指标分别在教学实施的知识理解、知识提升、案例拓展和综合实践等学生的学习过程中，依据设置的考核方式进行评价。对第 1 点和第 2 点评价指标实行等级制评分。当学生达到某一个量化的考核目标，就可以获得与之相对应的等级评价。对第 3 点评价指标进行量化打分。

5.6 人才培养效果

以 2021 年春季学期数据 1911 和 1912 班共 71 位学生为授课对象，以阿里巴巴 1+X 大数据分析职业技能等级证书（中级和高级）的考证情况分析通过了本课程的学习后学生的职业导向，调查发现，71 名学生中有 49 名学生获得了阿里巴巴 1+X 大数据分析职业技能等级证书（中级），占比为 69%。26 名学生获得了阿里巴巴 1+X 大数据分析职业技能等级证书（高级），占比为 37%。2021 年暑假约有 56 名学生拿到了大数据相关公司的实习岗位，占比约为 80%。

根据企业的反馈，学生在数据分析开发岗上有快速的适应能力，加快了企业数据产品研发的步伐；企业将部分研发项目的内容以大作业形式布置给学生，有效降低企业研发项目的成本；校企共建的课程资源成为了企业提升新员工素质的培训课程，促进了企业的创新发展。由此可见，以基于三螺旋模型的应用型工业大数据人才培养策略为指导，在专业课程教学中引入企业资源，可以实现人才培养的校企双赢局面。

6 结束语

课程是人才培养的核心要素。新时代背景下，培养满足企业和产业岗位需求的应用型工业大数据人才与课程教学密切相关。从人才培养实施者的角度，分析了学校如何与地方政府对接，充分发挥好地方政府作为人才培养的引导者、协调者和保障者的作用；学院如何对接产业与企业，充分发挥企业作为人才培养支撑主体的作用。最后，以机器学习课程教学为实践案例，在教学中引入企业项目案例、企业工程师的技术、共建专业实验室等企业主动参与人才培养全过程活动，让学生通过解决复杂数据工程问题提高人才质量，促进学校人才培养与产业需求的充分融合。实践效果表明，基于三螺旋模型培养应用型工业大数据人才才能有效地促进学生实践能力和职业素养的提升，能有效解决企业对人才岗位需求与高校人才培养的“最后一公里”问题。

参考文献

- [1] 十九届中央纪律检查委员会向中国共产党第二十次全国代表大会的工作报告. [EB/OL]. (2022-10-27) [2023-03-24]. http://www.news.cn/politics/cpc20/2022-10/27/c_1129083550.htm.
- [2] 亨利·埃茨科威茨. 国家创新模式：大学、产业、政府“三螺旋”创新战略[M]. 周彦彦, 译. 北京：东方出版社, 2014:6-7.
- [3] Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. The Triple Helix of University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economic Development[J]. *EASST Review*, 1995, 14(1):11-19.
- [4] 严建华, 包刚, 王家平, 韦巍, 薄拯, 卜佳俊. 浙江大学高水平产教融合培养卓越工程师的实践与探索[J]. *学位与研究生教育*, 2022, 7:13-18.
- [5] 王彤, 陈景柱. 面向新工科的计算机类专业软硬件协同创新实践教学模式探索[J]. *计算机技术与教育学报* 2022, 10(5):102-109.
- [6] 张婧, 张武, 解红霞, 曹峰. 基于 OBE 理念的应用型本科院校创新创业教育探索与实践[J]. *计算机技术与教育学报* 2022, 10(3):70-723.
- [7] 吕品, 于文兵. 捕鱼式学习：提升应用型人才获得感的终身学习能力培养新方法[J]. *计算机教育*, 2022(09):40-43, 48.