

## 基于 CDIO-OBE 模式的本科深度学习课程建设研究

于 营<sup>1,2</sup> 杨博雄<sup>1,2</sup> 贾树文<sup>3</sup>

1 三亚学院 信息与智能工程学院, 海南 三亚 572000

2 三亚学院 陈国良院士团队创新中心, 海南 三亚 572000

3 三亚学院 盛宝金融科技商学院, 海南 三亚 572000

**[摘要]** CDIO 与 OBE 是国际工程教育改革的指导思想和重要理念。当前深度学习课程在本科阶段开设的较少, 针对深度学习课程特点, 结合 CDIO-OBE 工程教育理念, 对在本科阶段开展深度学习课程的教学目标、教学方法和教学实验内容进行了研究。首先, 根据《华盛顿协议》中的毕业指标明确本课程的教学目标, 然后, 根据 OBE 准则的预期产出目标制定课程能力指标, 进而, 确定符合 CDIO 标准的教学方法和实验内容, 对实验课程进行了全新设计, 运用实验巩固课堂知识, 对本科深度学习课程建设具有积极意义。

**[关键词]** CDIO; OBE; 人工智能; 深度学习; 课程建设

DOI: 10.33142/fme.v3i2.6083

中图分类号: G63

文献标识码: A

### Research on the Construction of Undergraduate Deep Learning Curriculum Based on CDIO-OBE Model

YU Ying<sup>1,2</sup>, YANG Boxiong<sup>1,2</sup>, JIA Shuwen<sup>3</sup>

1 School of Information and Intelligence Engineering, University of Sanya, Sanya, Hai'an, 572000, China

2 Chen Guoliang Academician Team Innovation Center, University of Sanya, Sanya, Hai'an, 572000, China

3 Saxo Fintech Business School, University of Sanya, Sanya, Hai'an, 572000, China

**Abstract:** CDIO and OBE are the guiding ideology and important ideas of international engineering education reform. At present, there are few in-depth learning courses in the undergraduate stage. According to the characteristics of in-depth learning courses and combined with the CDIO-OBE engineering education concept, this paper studies the teaching objectives, teaching methods and teaching experiment contents of in-depth learning courses in the undergraduate stage. Firstly, the teaching objectives of this course are defined according to the graduation indicators in the "Washington Agreement", and then the curriculum ability indicators are formulated according to the expected output objectives of OBE standards. Then, the teaching methods and experimental contents in line with CDIO standards are determined, and the experimental courses are newly designed. The use of experiments to consolidate classroom knowledge is of positive significance to the construction of undergraduate in-depth learning courses.

**Keywords:** CDIO; OBE; artificial intelligence; deep learning; curriculum construction

### 引言

众所周知, 人工智能(AI)正在改变世界。与此同时, AI 相关课程也越来越受学生喜欢。许多最初为研究生水平设计的 AI 课程; 如机器人学、模式识别; 深度学习等; 如今在本科生中大受欢迎。根据 IT 行业的变化和人才培养需求; 智能科学与技术专业和大数据科学与大数据技术专业分别于 2004 年和 2016 年开始招收本科生。深度学习 (Deep Learning) 作为以上两个专业的核心课程; 是学科知识体系中的重要组成部分; 在大数据数据分析与处理、智能商业应用等领域有着广泛的应用。

### 1 CDIO 和 OBE 工程教育理念

CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate, 构思-设计-实现-操作) 是 2004 年由美国麻省理工学院和瑞典皇家工学院等 4 所大学提出的工程教育理念, 符合现代工程技术人才的培养目标和成长规律, 为“新工科”建设提

供了具体方向。CDIO 强调工程基础, 提出了系统开发与实现过程中以构思、设计、实现、运行为目标的工程设计思想, 要求学生具备专业技术知识和思维, 职业能力和态度, 社会交往能力, 以及解决问题的实际能力。这些要求覆盖了一个工程师应该具备的相关知识、能力和素质, 使工程教育改革具有更加明确的方向性和系统性, 并使工程教育改革具体化、可操作、可测量, 对学生和教师都具有重要指导意义。

OBE (Outcome-Based Education, 成果导向教育) 在 1997 年成为美国工程教育认证标准, 在此后的发展中形成了完整的理论体系, 并在 2003 年得到《华盛顿协议》成员的一致认可, 现已成为国家教育改革的主流理念。OBE 理念核心是“学生中心, 产出导向, 持续改进”, 强调以学习成果的产出驱动整个教学体系, 以学生为中心制定能力培养方案。不再根据教师想教什么来决定教学目标, 相

反地,是由最终需要达到的教学目标来决定如何开展教学。

根据 OBE 理念确定教学目标和成效,根据 CDIO 理念指导教学活动实施方案,将两种科学、有效的理念相结合,以学习效果产出驱动整个实验教学建设,这种 CDIO-OBE 组合模式可以快速、有效地推动工程实验课程建设。

## 2 深度学习课程概述

### 2.1 教学内容

深度学习课程主要介绍神经网络的基本构成和常用的网络模型,包括神经网络基本框架和工作原理,并使用 TensorFlow 框架及 Keras 库构造复杂的深度学习模型。深度学习本科教育的教学内容主要为:

(1) 人工智能概述及前沿应用成果介绍:神经网络的发展,神经网络在模式识别、自然语言处理等领域中的应用等;

(2) 神经网络原理:包括人工神经网络的类型、特点、学习机制等;

(3) 卷积神经网络原理及 TensorFlow 实现:卷积和池化的算法思想及其 TensorFlow 实现,经典卷积神经网络如 AlexNet、VGG、GoogleNet、ResNet、MobileNet 等模型的结构、优点及其 TensorFlow 实现;

(4) 循环神经网络原理及项目实战:词嵌入、RNN、LSTM 及其 TensorFlow 实现。

### 2.2 课程目标

通过学习与实践,使学生具备构建数据预处理、数据分析、数据展示为主线的数据处理流程的能力;掌握经典神经网络模型的特点、学习机制等理论;具备综合应用理论知识解决实际问题能力和跨学科综合能力。通过知识讲授、案例演示、实训拓展等教学方法,培养学生具备初步的大数据处理能力和概率模型下深度学习的数据处理思想,培养学生的知识发现和创新意识,期望学生成为具有数据科学素养的专业应用人才,具备大数据分析技术在商业智能上应用能力。本课程的教学目标具体概括为以下几点:

(1) 了解深度学习的应用领域和发展方向,对深度学习学科有概览性的认识;

(2) 掌握神经网络工作原理和主流模型,能够对问题进行定义,并能够根据实际问题的需要选择并实现相应的算法;

(3) 能够独立编程完成深度学习典型应用实例,具备解决实际问题的能力;

(4) 团队合作完成深度学习训练项目,并进行展示与交流。

## 3 课程目标与毕业指标

《华盛顿协议》是高等工程教育专业认证的国际性协议。根据《华盛顿协议》中的 OBE 准则,结合我国工程教育认证标准,以及深度学习课程的特点,制定教学预期产出目标,并分析课程目标与毕业要求指标点之间的关系,

如表 1 所示。毕业指标决定了课程目标的规格、程度和结构,而毕业指标的达成又建立在课程目标达成度的基础上。

表 1 “深度学习”课程目标与毕业要求的对应关系

课程目标	毕业要求	毕业要求指标点
了解深度学习的应用领域和发展方向,对深度学习学科有概览性的认识	6 工程与社会	6-1 能够基于计算机工程相关背景知识,分析和评价计算机工程实践的经济与社会效益
	12 终身学习	12-2 能够追踪计算机领域发展动态和行业需求,有不断学习和适应发展的能力
掌握神经网络工作原理和主流模型,能够对问题进行定义,并能够根据实际问题的需要选择并实现相应的算法	1 工程知识	1-1 掌握数学知识,能将其用于计算机复杂工程问题的建模和求解
	2 问题分析	2-1 能够运用数学和自然科学知识,对计算机系统复杂工程问题进行分析、识别、条件假设、建模和知识表达
		2-4 能够通过文献研究,对特定需求计算机复杂工程问题解决方案进行分析和验证,以获得有效结论
	3 设计/开发解决方案	3-2 具有基本的程序设计和算法分析能力;能够根据需求进行程序模块设计与实现,体现创新意识,并考虑文化和环境等因素
		3-5 能够针对特定需求,对复杂工程问题进行分解和细化,体现创新意识,具有软件系统的设计、实现和集成能力
	4 研究	4-1 能够基于计算机学科相关原理和方法,选择研究路线,设计可行的实验方案
		4-2 能够根据实验方案构建实验系统,进行实验
		4-3 能够正确采集和整理实验数据,对实验结果进行分析和解释,并通过信息综合得到合理有效的结论
	8 职业规范	8-3 具有工程实践经历,形成良好的计算机工程职业素养
	能够独立编程完成深度学习典型应用实例,具备解决实际问题的能力	5 使用现代工具
团队合作完成深度学习训练项目,并进行展示与交流	9 个人和团队	9-2 能够理解个人及负责人在团队中的角色划分,且胜任相应的角色职责。
	10 沟通	10-1 具有沟通交流的基本素养
		10-2 能够就计算机领域复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令

## 4 基于 OBE 准则的教学方法

根据 OBE 的 12 条准则和深度学习课程的教学目标,结合人工智能研究热点和社会需求,有针对性地设置教学

环节。OBE 工程教育认证标准定义了如何科学、有效地解决复杂工程问题。以 OBE 标准为指导制定灵活多样、以学生为中心的教学方法，贯穿于整个教学过程。

首先，将课程目标进一步明确为可度量的能力指标，如表 2 所示，以便进行教学设计。

表 2 “深度学习”课程能力指标

预期产出目标	能力指标
工程知识	能掌握深度学习课程所需的数学基本知识
	能理解图像表示与处理基础知识
	能掌握逻辑回归、线性回归等机器学习基本算法原理
	能理解主流神经网络模型工作原理及其特征（优、缺点）
	能理解过拟合、欠拟合的定义和解决方法
问题分析	能根据数据集特征和掌握的工程知识，选择适当的神经网络模型，调整参数，解决实际问题
设计/开发解决方案	能正确处理数据，如数据归一化处理、数据增强等操作
	会使用 TensorFlow 构建神经网络模型
	会使用训练集对构建好神经网络进行编译与拟合
	会使用测试集对训练的模型进行评估
复杂工程问题研究	能理解神经网络工作原理，包括 MP 模型、BP 模型、卷积运算、池化运算、激活函数、梯度下降等，能对以上模型进行正确的数学建模，并通过调整参数优化创新
使用现代工具	会使用 Python 进行数据处理和展示
	会使用 TensorFlow 和 Keras 库构建神经网络模型
工程与社会	能正确理解深度学习技术的未来发展和目前的局限性，以及对社会的影响
职业规范	能具备良好的工作和编程习惯
	能了解深度学习应用领域及相关行业的发展趋势
	能理解使用神经网络提供解决方案时的常见问题及处理方法
个人与团队&沟通	能掌握工程过程，及每个环节的具体工作内容
	能与团队有效沟通和交流，完成个人在团队中承担的任务
终身学习	能通过多种渠道关注国际前沿论文、咨询等，以保持知识的先进性

上述能力指标需要支撑多种能力培养的教学环节和过程来保障。结合深度学习课程特点，知识点讲授通过知识引入、案例讲解、总结归纳的过程展开，其中，案例讲解是核心。通过案例说明知识点涉及的概念、原理、技巧，并采用 TensorFlow 实现案例。将案例实现设置为课后实验，通过课后实验不仅可以进一步巩固知识掌握情况，同时提升学生的代码能力和工程实现能力，从而支撑上述能力目标的达成。

课堂讲授不再照本宣科，将教师在前沿科学的研究与

学生对未知领域的探索结合起来，引导学生积极思考，通过分析和探索获得工程问题的有效结论。课后实验是保证教学目标达成的重要手段。实验环节应紧扣课堂内容且具有一定复杂性，既能够验证和巩固课堂上知识点，又可以提升学生对知识的综合运用能力，实验设计要保持科学性和趣味性，并在课堂教学的基础上有所延伸，从而保证学生的学习积极性。

根据能力指标和教学方法，反向设计深度学习教学内容与实验，使教学内容与实验内容能够贴合培养目标。

### 5 基于 CDIO 理念的实验内容设计

深度学习是一门兼有理论与实践的课程，教学内容与实验设计相辅相成，互相支撑。通过梳理知识点将实验内容规划为 2 个设计性实验、9 个验证性实验和 2 个综合性实验，实验设置如表 3 所示。2 个综合性实验主要面向学生分析能力、系统方案设计能力和编程实现能力的培养，与理论授课环节共同支撑课程目标。

表 3 “深度学习”课程实验

理论	实验	实验类型
——	PyCharm + Anaconda + TensorFlow + Keras 实验环境准备	——
线性回归	1 颜值打分	设计型
逻辑回归	2 性别区分	设计型
卷积神经网络 LeNet-5	3 手写数字识别	验证型
卷积神经网络 AlexNet	4 中文字体识别—隶书与行楷	验证型
卷积神经网络 VGG	5 加利福尼亚理工学院鸟类数据库分类	验证型
Batch Normalization 与 Data Augmentation	6 猫狗分类	验证型
卷积神经网络 GoogleNet	7 花的分类	验证型
卷积神经网络 ResNet	8 花的三分类问题	验证型
卷积神经网络 DenseNet	9 性别区分 II	验证型
卷积神经网络 MobileNet	10 狗的分类	验证型
迁移学习	11 猫狗分类 II	验证型
词嵌入、RNN、LSTM	12 机器作诗	综合型
字典、Encoder 与 Decoder (seq2seq)	13 机器翻译	综合型

实验涉及深度学习在图像分类、自然语言处理领域的常见问题，对这些常见问题给出解决方案和实施步骤，在这个过程中完成 CDIO 的“构思-设计-实现”，完成分析实施与目标确认。

以“中文字体识别——隶书与行楷”为例，首先需要（1）通过代码将图像数据集读入内存，并使用 matplotlib 展示图像；（2）使用 ImageDataGenerator 构造数据生成器 train\_generator 与 validation\_generator，以便完成图像的增强处理和分批

表4 “深度学习”课程实验与预期学习成果产出匹配矩阵

实验	工程知识	问题分析	设计/开发 解决方案	复杂工程问 题研究	使用现代工 具	工程与社会	职业规范	个人与团队 &沟通	终身学习
1 颜值打分	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
2 性别区分	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
3 手写数字识别	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
4 中文字体识别—— 隶书与行楷	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
5 加利福尼亚理工学 院鸟类数据库分类	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
6 猫狗分类	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
7 花的分类	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
8 花的三分类问题	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
9 性别区分 II	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
10 狗的分类	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>
11 猫狗分类 II	L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>		L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>
12 机器作诗	L <sub>5</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>
13 机器翻译	L <sub>5</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>

训练，这就完成了图片数据的处理；（3）使用 Keras.layers 构建 AlexNet 神经网络模型的卷积层、池化层、全连接层等，使用 Keras.Model 完成建模；（4）指定损失函数、优化器和性能评估指标，编译模型，并对模型进行训练。

这些实验涵盖了基础理论应用与综合技能应用，教学内容由简入繁，与之对应的是，实验层层递进，构成了相互衔接的实验课程体系。布鲁姆教育目标分类法将认知领域的教育目标从低到高分为知道、领会、运用、分析、综合和评价六个水平，分别用 L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>、L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>、L<sub>6</sub> 表示。根据布鲁姆教育目标分类法，建立深度学习课程实验与预期学习成果产出之间的匹配矩阵，如表 4 所示。

## 6 结语

本文以 CDIO 与 OBE 理念作为指导思想，根据新工科建设对工程教育改革提出的新要求，对深度学习课程的教学目标和实验设置进行探索与实践。教学目标与《华盛顿协议》中规定的毕业指标相对应，明确目标后，反向制定教学方法和实验内容。对实验课程进行全新设计，运用实验巩固课堂知识，项目驱动提升学生综合能力，培养具有实践能力和创新精神的人工智能本科人才，对本科深度学习课程教学建设具有一定的积极意义。

基金项目：海南省高等学校教育教学改革研究重点项目（Hnjg2020ZD-38）；海南省高等学校教育教学改革项目（Hnjg2022-98）。

## [参考文献]

[1] 彭义春, 金宝慧, 喻学才. 工程教育认证背景下的数据库原理课程教学改革 [J]. 计算机教育, 2021(11): 128-133.

[2] 余军霞, 董永权. OBE 课程教学设计与实践——以数据结构与算法课程为例 [J]. 软件导刊, 2021, 20(10): 219-224.

[3] 李伟. "新工科"理念下项目化学习推动课堂教学实践 [J]. 高等工程教育研究, 2021, 11(11): 3-6.

[4] 王汉生. 深度学习: 从入门到精通 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2021.

[5] 杨博雄. 深度学习理论与实践 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2020.

[6] 教育部. 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知 [EB/OL], 2017. 2.

[7] 江家宝, 刘拥, 陈丽萍. 新工科建设中地方应用型高校计算机课程实践教学模式探究 [J]. 计算机教育, 2020(9): 150-153.

[8] 宋晴. CDIO 工程教育模式的分析研究 [J]. 课程教育研究, 2019(8): 7-8.

[9] 杜睿山, 田枫, 刘志刚, 等. 面向工程教育专业认证的计算机类课程精准教学模式探究 [J]. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 2021(10): 119-121.

[10] 史梦安, 任艳, 叶倩, 等. 应用型本科数据科学与大数据技术专业建设研究 [J]. 软件导刊, 2021, 20(11): 235-239.

作者简介：于营（1990-）女，硕士，三亚学院信息与智能工程学院副教授，研究方向为模式识别、自然语言处理；杨博雄（1975-）男，博士，三亚学院信息与智能工程学院教授，研究方向为人工智能；贾树文（1981-）男，硕士，三亚学院盛宝金融科技商学院高级工程师，研究方向为图形图像处理、多媒体技术。本文通讯作者：于营。