东北大学秦皇岛分校本科课程教学大纲

一、课程基本信息

<table>
<tr><td>开课单位</td><td colspan="3">计算机与通信工程学院</td><td>课程代码</td><td colspan="5">3030113086</td></tr>
<tr><td>中文名称</td><td colspan="8">机器学习（双语）</td></tr>
<tr><td>英文名称</td><td colspan="8">Machine Learning (Bilingual)</td></tr>
<tr><td>总学时</td><td>40</td><td rowspan="2">理论学时</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">实验学时</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">上机学时</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">设计学时</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">课外学时</td><td rowspan="2">0</td></tr>
<tr><td>学　分</td><td>2.5</td></tr>
<tr><td>课程类型</td><td colspan="8">☑理论课程　☐理论（含实验）课程　☐实践类课程</td></tr>
<tr><td>课程类别</td><td colspan="8">☐通识类　☐学科基础类　☑专业方向类　☐实践类</td></tr>
<tr><td>适用专业</td><td colspan="8">通信工程</td></tr>
<tr><td>先修课程</td><td colspan="8">高等数学建模</td></tr>
<tr><td>建议开课学期</td><td colspan="8">☐1-1 ☐1-2 ☐2-1 ☐2-2 ☐3-1 ☑3-2
☐4-1 ☐4-2 ☐5-1 ☐5-2 ☐*（代表每学期都开设）</td></tr>
<tr><td>考核方式</td><td colspan="3">☐考试 ☑考查</td><td>成绩分制</td><td colspan="4">☑百分制 ☐五级制
☐二级制</td></tr>
<tr><td>使用教材</td><td colspan="8">邱锡鹏：《神经网络与深度学习》，机械工业出版社，2021。</td></tr>
<tr><td>参考书及教学资源</td><td colspan="8">无</td></tr>
<tr><td>其他说明</td><td colspan="8">无</td></tr>
</table>

二、课程简介

中文描述

机器学习（双语）是通信工程专业本科生的专业方向类课程之一，是一门深入探讨机器学习理论与实践的专业课程。该课程旨在全面介绍机器学习的基础理论、核心算法以及最新技术进展，包括监督学习、无监督学习、强化学习等多种学习方式。学生将深入学习各类机器学习模型，如逻辑回归、决策树、神经网络等，并理解它们在不同应用场景下的优势和局限性。课程还特别强调模型训练、模型评估和模型预测这三个机器学习中的关键环节。学生将掌握如何选择合适的模型进行训练，以及利用交叉验证、准确率、召回率、F1 分数等指标对模型性能进行全面评估，并掌握深度学习模型的构建、训练和调优技巧。课程还会介绍深度学习在图像处理、自然语言处理等领域的应用。通过学习，学生将不仅掌握机器学习模型的设计、训练与评估方法，还将具备运用机器学习技术解决实际问题的能力。这门课程将为学生在大数据、人工智能等前沿科技领域的研究与应用打下坚实的基础，助力他们成为具有创新思维和实践能力的机器学习专家。

通过课程知识讲解，引导学生开展科学研究的兴趣，树立科学学习和终身学习的理念，不断提升自身的科学素养、文化内涵，切实提高个人综合素养。引导学生具备良好的职业道德和社会责任感，遵守学术道德，具有良好的团队协作意识和能力、较强的表达能力和人际交往能力，并激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

English Description

Machine Learning (Bilingual) is one of the specialized courses for undergraduate students in Communication Engeering major, providing a deep exploration of the theory and practice of machine learning in the field of computer science. The course aims to comprehensively introduce the fundamental theories, core algorithms, and the latest technological advancements in machine learning, covering various learning methods such as supervised learning, unsupervised learning, and reinforcement learning. Students will delve into various machine learning models, such as logistic regression, decision trees, neural networks, and understand their advantages and limitations in different application scenarios. The course also emphasizes three key aspects of machine learning: model training, model evaluation, and model prediction. Students will learn how to select appropriate models for training, comprehensively evaluate model performance using indicators such as cross-validation, accuracy, recall, F1 score, and grasp the skills of constructing, training, and tuning deep learning models. The course will also introduce the applications of deep learning in areas such as image processing and natural language processing. Through learning, students will not only master the design, training, and evaluation methods of machine learning models but also gain the ability to apply machine learning techniques to solve practical problems. This course will lay a solid foundation for students in research and application in frontier technological fields such as big data and artificial intelligence, helping them become machine learning experts with innovative thinking and practical abilities.

By explaining course knowledge, students are guided to develop an interest in scientific research, establish the concept of scientific learning and lifelong learning, continuously enhance their scientific literacy and cultural connotation, and effectively improve their overall personal qualities. Students are also guided to possess good professional ethics and social responsibility, abide by academic ethics, have strong teamwork awareness and abilities, excellent communication skills and interpersonal skills, and stimulate their patriotic feelings and mission of serving the country through science and technology.

三、课程目标

1、知识目标：

1-1：掌握机器学习的基本概念，了解其适用范畴；
1-2：掌握机器学习的基本流程，并能应用于实际生活和工业生产中的实际问题；
1-3：掌握常见的模型，如前馈神经网络、卷积神经网络、循环神经网络；
1-4：掌握神经网络优化的方法和原则；
1-5：掌握基于神经网络的注意力机制；
1-6：掌握无监督学习的常见方法；
1-7：掌握模型独立的学习方式。

2、能力目标：

2-1：掌握机器学习的基本流程，能够利用 Python 语言、C++语言或 Java 语言完成机器学习任务的编码、调试和部署等工作；
2-2：会用流行的机器学习工具包，如 Scikit-Learn 等解决基本机器学习问题；会用常见深度学习框架，如 TensorFlow、PyTorch 等设计复杂的深度学习系统；
2-3：熟悉 Numpy、Pandas、Matplotlib 等常见的辅助工具，进行偏底层的、偏业务的开发工作；
2-4：掌握常见深度学习模型的适用场景，能够针对任务需求或存在的瓶颈问题对模型进行改进和创新；
2-5：能够从需要解决的问题中准确地抽象出机器学习问题，并具有系统化分析能力，能够独立解决其中的工程问题，乃至科学问题。

3、**德育/素养目标：**

3-1：具备良好的职业道德和社会责任感，遵守学术道德；
3-2：具有良好的团队协作意识和能力、较强的表达能力和人际交往能力；
3-3：认知提升工程科技人才的创新创业能力、责任意识对提高中国在全球发展核心竞争力的作用。

表 1 课程目标与毕业要求的对应关系

毕业要求	指标点	课程目标	关联性（H/M/L）
3、设计/开发解决方案：能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。	指标点 3-1：具备本专业所需的设计/开发技能，能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的单元或系统。	1-1、1-2、1-3、1-4、1-5、1-6、1-7、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-2、3-3。	H
	指标点 3-2：能够对不同设计方案进行比较和优化，在工作各环节中具有创新意识	1-6、1-7、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-2、3-3。	M
4、研究：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。	指标点 4-1：能够基于科学原理并采用科学方法，在本专业相关理论指导下对复杂工程问题设计实验进行研究	1-1、1-2、1-3、1-4、1-5、1-6、1-7、2-4、2-5、3-1、3-2、3-3	M

四、主要教学内容

（一）理论教学

第一章： 绪论 （支撑课程目标 1-1、1-2、2-1、3-1、3-2、3-3）

【1】知识点：

(1) 机器学习、表示学习、深度学习的基本概念；

(2) 机器学习的核心要素；

(3) 人工神经网络模型；人工神经网络发展历史。

【2】学习目标：

了解： 机器学习的发展史以及学习本课程的目的、意义和要求。

理解： 机器学习理论的进化背景和所面临的挑战。

掌握： 机器学习的知识体系。

【3】重点内容：

机器学习的核心要素；局部表示和分布式表示；端到端学习。

【4】难点内容：

机器学习的核心要素；局部表示和分布式表示。

【5】思政案例：

在“人工神经网络发展历史”的理论教学中，对比我国过去的技术落后和现在的技术飞跃。强调科学技术是第一生产力，激发学生的责任心、自信心，树立为科学奋斗的理想，把我国提升为科技强国，为全世界的科学发展填上浓墨重彩。亚马逊人工智能华人科学家李沐等开发的 MXNet 深度学习框架。我国的百度公司开发的飞桨（PaddlePaddle）也是广受推崇的深度学习框架。

第二章：机器学习概述（支撑课程目标 1-1、1-2、1-3、2-1、3-1、3-2、3-3）

【1】知识点：

(1) 机器学习基本概念；

(2) 机器学习的三个要素：线性模型和非线性模型；常见的学习准则；常见的最优化算法；

(3) 以线性回归为例的参数模型；经验风险最小化、结构风险最小化、最大似然估计、最大后验估计；梯度下降算法；

(4) 偏差-方差分解的数学推理和解释；

(5) 数据的特征表示和抽取；

(6) 评价指标；

(7) 理论和定理：PAC 学习理论；没有免费午餐定理；奥坎姆剃刀原理；丑小鸭定理；归纳偏置。

【2】学习目标：

了解： 机器学习的基本概念；没有免费午餐定理；奥坎姆提到原理；丑小鸭定理。

理解： 机器学习三要素之间的关系；偏差-方差分解；数据的特征表示和抽取；常见评价指标的用法；PAC 学习理论；归纳偏置。

掌握： 线性回归模型；经验风险最小化、结构风险最小化、最大似然估计、最大后验估计；梯度下降算法。

【3】重点内容：

线性回归模型；经验风险最小化、结构风险最小化、最大似然估计、最大后验估计；梯度下降算法。

【4】难点内容：

经验风险最小化和结构风险最小化的差异性；最大似然估计和最大后验估计的区别和联系；梯度

下降算法。

第三章：线性模型（支撑教学目标 1-1、1-2、1-3、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 分类问题中的线性模型、非线性模型；

(2) 线性判别函数和决策边界：二分类、多分类；

(3) 逻辑回归模型：Logistic 回归；Softmax 回归；感知器；支持向量机；

(4) 常见损失函数：平方损失、Hinge 损失、交叉熵损失、感知机损失、0-1 损失。

【2】学习目标：

了解： 分类问题中的线性模型相关概念；

理解： 线性模型和广义线性模型，常见的各种损失函数；

掌握： 熟练掌握 Logistic 回归和 Softmax 回归的模型和学习算法；掌握感知器模型及其学习算法；掌握支持向量机的相关理论和算法，并能解决实际问题。

【3】重点内容：

(1) Logistic 回归模型和学习算法；

(2) Softmax 回归模型和学习算法；

(3) 感知机和支持向量机算法，深刻理解线性感知机、软间隔感知机、核函数；

【4】难点内容：

(1) 感知机和线性支持向量机的基本算法；

(2) 软间隔感知机、核函数的数学推导和算法实现。

【5】德育目标：

(1) 展示本专业在新时代中国特色社会主义建设中的成就和当前要解决的重大课题；

(2) 认知机器学习理论和应用对提升中国工程关键技术及核心竞争力的重要意义；

(3) 认知大国工匠精神的内涵及时代意义，增强专业认同感、民族责任感；

第四章：前馈神经网络（支撑课程目标 1-1、1-2、1-3、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 典型的神经元结构：输入、权重、求和单元、激活函数；

(2) 非线性变换：Sigmoid、Relu、Swish、GELU；

(3) 网络结构：前馈网、记忆网、图网络；

(4) 误差反向传播算法；

(5) 自动梯度计算；

(6) 非凸优化问题。

【2】学习目标：

了解： 记忆网、图网络等网络结构；非凸优化问题；

理解： 前馈网等网络结构；自动梯度计算；

掌握： 典型的神经元网络结构；常见的非线性变换；误差反向传播算法。

【3】重点内容：

(1) 典型的神经元网络结构，以及输入信号如何经过求和单元和非线性单元输入；

(2) 常见的网络拓扑结构，如前馈网；

(3) 常见的非线性变换的优缺点；

(4) 误差反向传播算法。

【4】难点内容：

(1) 误差反向传播算法；

(2) 非凸优化问题。

【5】思政案例：

1943 年，心理学家 W. S. McCulloch 和数理逻辑学家 W. Pitts 建立了神经网络和数学模型，

称为MP模型，从而开创了人工神经网络研究的时代。1949年，心理学家提出了突触联系强度可变的设想。M.Minsky等仔细分析了以感知器为代表的神经网络系统的功能及局限后，于1969年出版了《Perceptron》一书，指出感知器不能解决高阶谓词问题。他们的论点极大地影响了神经网络的研究，加之当时串行计算机和人工智能所取得的成就，掩盖了发展新型计算机和人工智能新途径的必要性和迫切性，使人工神经网络的研究处于低潮。在此期间，一些人工神经网络的研究者仍然致力于这一研究，提出了适应谐振理论（ART网）、自组织映射、认知机网络，同时进行了神经网络数学理论的研究。2006年以后，人工神经网络的研究受到了各个发达国家的重视，并在诸多人们认为困难的问题中取得了亮眼的成果，目前基于人工神经网络的深度学习已经成为机器学习最前沿的方法。这告诉我们，做研究不能拘泥于权威的观点，要大胆假设仔细求证；要夯实基础，积极拓宽思路，保持对所研究的课题的好奇心。

第五章：卷积神经网络（支撑课程目标1-1、1-2、1-3、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 全连接网络的优缺点；参数多而导致的过拟合；保持局部不变性；
(2) 卷积：一维卷积、二维卷积；互相关；卷积的变种；卷积的数学性质；
(3) 卷积神经元网络：卷积替代全连接；卷积层；汇聚层；网络整体拓扑结构；
(4) 参数学习；
(5) 集中典型的卷积神经网络：LeNet-5；AlexNet；Inception网络；残差网络；
(6) 其它卷积方式：转置卷积；空洞卷积。

【2】学习目标：

了解： 在特定场景下，用卷积网络替代全连接网络的背景和原因；
理解： 卷积操作及其数学性质；
掌握： 如何构建一个卷积网络；基于卷积网络的参数学习过程；知名的卷积网络结构；其它卷积方式及其解决的问题。

【3】重点内容：

(1) 全连接网络与卷积网络的比较；
(2) 卷积网络的一般结构；基于卷积网络的学习；知名的卷积网络结构；
(3) 其它卷积方式。

【4】难点内容：

(1) 全连接网络与卷积网络的比较；
(2) 构建卷积网络。

第六章：循环神经元网络（支撑课程目标1-1、1-2、1-3、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 增加记忆力机制：延时神经网络；有外部输入的非线性自回归模型；循环神经网络；
(2) 简单循环网络：循环神经网络的计算能力；
(3) 时序模型：序列到类别模式；同步的序列到序列模式；异步的序列到序列模式；
(4) 参数学习：随时间反向传播算法；实时循环学习算法；
(5) 长程依赖问题及其改进方案；
(6) 基于门控的循环神经网络：长短时记忆网络；LSTM网络的各种变体；门控循环单元网络；
(7) 深层循环网络：堆叠循环神经网络；双向循环神经网络；
(8) 扩展到图结构：递归神经网络；图神经网络。

【2】学习目标：

了解： 为神经网络增加记忆力的方法；
理解： 循环神经网络的动机和实现途径；
掌握： 对比循环神经网络和全连接神经网络、卷积网络；长程依赖问题及其解决方法；基于门控的循环神经网络；深层循环神经网络；图结构网络。

【3】重点内容：

(1) 全连接网络、卷积网络、循环网络之间的比较；

(2) 长程依赖问题的理解和解决方案；

(3) 基于门控的循环神经网络；

(4) 深层循环神经网络。

【4】难点内容：

(1) 全连接网络、卷积网络、循环网络之间的比较；

(2) 长程依赖问题及其解决方案；

(3) 深层循环神经网络。

第七章：网络优化与正则化（支撑课程目标 1-1、1-2、1-3、1-4、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 网络优化：网络结构的多样性；高维变量的非凸优化；神经网络优化的改善方法；

(2) 优化算法：小批量梯度下降；批量大小选择；学习率调整；梯度估计修正；

(3) 参数初始化：批量归一化；层归一化；权重归一化；局部响应归一化；

(4) 超参数优化：网格搜索；随机搜索；贝叶斯优化；动态资源分配；神经架构搜索；

(5) 网络正则化：l_1和 l_2正则化；权重衰减；提前停止；丢弃法；数据增强；标签平滑。

【2】学习目标：

了解： 网络优化的意义；

理解： 超参数优化和参数优化的区别；

掌握： 参数初始化；超参数优化；正则化方法。

【3】重点内容：

(1) 学习率调整、批大小选择；

(2) 参数初始化方法；

(3) 超参数优化方法；

(4) 网络正则化。

【4】难点内容：

(1) 超参数的选择；

(2) 参数的优化方法。

第八章：注意力机制与外部记忆（支撑课程目标 1-1、1-2、1-5、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 注意力机制及其变体；

(2) 自注意力模型；

(3) 记忆增强人工神经网络：端到端记忆网络；神经图灵机；

(4) 基于神经动力学的联想记忆：Hopfield 网络；使用联想记忆增强网络容量。

【2】学习目标：

了解： 引入注意力机制的意义；

理解： 注意力模型的数学形式；

掌握： 硬性注意力，键值对注意力，多头注意力，结构化注意力，指针网络；自注意力模型；记忆增强网络；端到端记忆网络。

【3】重点内容：

(1) 各种注意力模型；

(2) 自注意力机制；

(3) 记忆增强网络；

(4) 端到端记忆网络。

【4】难点内容：

(1) 多头注意力模型；

(2) 自注意力模型。

【5】思政案例：

结合计算机科学与技术专业的专业特点，正确剖析机器学习理论和技术在国家经济建设、社会文明发展中的重要性，帮助学生建立专业自信，树立职业理想，强化党中央精神在学生群体中的舆论导向作用。

第九章：无监督学习（支撑课程目标 1-1、1-2、1-6、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 无监督学习的定义及其分类；

(2) 无监督特征学习：主成分分析，稀疏编码，自编码器，稀疏自编码器，堆叠自编码器；

(3) 概率密度估计：参数密度估计，非参数密度估计。

【2】学习目标：

了解： 无监督学习的定义及其应用价值；

理解： 无监督学习方法的分类及其优缺点；

掌握： 主成分分析，稀疏编码，自编码器，稀疏自编码器，堆叠自编码器；常见的参数密度估计核非参数密度估计。

【3】重点内容：

(1) 主成分分析，稀疏编码，自编码器，稀疏自编码器，堆叠自编码器；

(2) 常见的参数密度估计核非参数密度估计。

【4】难点内容：

(1) 主成分分析，稀疏编码，自编码器，稀疏自编码器，堆叠自编码器；

(2) 常见的参数密度估计核非参数密度估计。

【5】思政案例：

研讨无监督学习的应用场景，提升学生解决工程问题的能力，增强学生的责任担当，加强大学生的大局意识和核心意识。

第十章：模型独立的学习方式（支撑教学目标 1-1、1-2、1-7、2-1、2-2、2-3、2-4、2-5、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 模型独立的学习方式的优缺点；

(2) 集成学习：AdaBoost 算法；

(3) 自训练和协同训练；

(4) 多任务学习；

(5) 迁移学习；

(6) 终身学习；

(7) 元学习。

【2】学习目标：

了解： 模型独立的学习方法的意义；

理解： 不同类型的模型独立的学习方法的优缺点；理解迁移学习，终身学习和元学习方法；

掌握： 掌握集成学习的思想和 AdaBoost 算法；掌握自训练和协同训练的基本思想；掌握多任务学习的思想和学习过程中的共享机制。

【3】重点内容：

(1) AdaBoost 算法；

(2) 自训练和协同训练；
(3) 多任务学习。

【4】难点内容：

(1) AdaBoost 算法；
(2) 自训练和协同训练；
(3) 多任务学习。

【5】思政案例：

介绍模型独立的学习方式，类比保持国家主权独立的重要性，以及积极融入国际合作的重要性。激发学生持续学习、终生学期的意识。要求学生养成认真负责的工作态度、一丝不苟的工匠精神和求真务实的科学精神。

五、教学安排与学时分配

本课程以课堂教学为主，课堂教学围绕本课程的基本理论知识进行授课，并注意结合科技文献实例进行讲解。课程围绕立德树人根本任务，以培养德智体美劳全面发展社会主义建设者和接班人为总目标，以科技文献写作知识为基础，深入讲解科技文献的写作过程及毕业论文各部分写作规范。课程充分利用线下课堂和思政案例开展教学活动，理论联系实际，引导学生开展科学研究的兴趣，具备良好的职业道德和社会责任感，遵守学术道德。线下面授课堂的学时分配如表 3 所示。

表 2 学时分配表

讲课内容		学时				
		讲课	实验	上机	设计	课外
第 1 章	绪论	2	0	0	0	0
第 2 章	机器学习概述	2	0	0	0	0
第 3 章	线性模型	4	0	0	0	0
第 4 章	前馈神经元网络	4	0	0	0	0
第 5 章	卷积神经网络	4	0	0	0	0
第 6 章	循环神经网络	4	0	0	0	0
	期中复习和总结	2	0	0	0	0
第 7 章	网络优化和正则化	4	0	0	0	0
第 8 章	注意力机制与外部记忆	4	0	0	0	0
第 9 章	无监督学习	4	0	0	0	0
第 10 章	模型独立的学习方式	4	0	0	0	0
	期末复习和总结	2	0	0	0	0
小计		40	0	0	0	0
总计	40					

六、教学方法

1、讲授科技文献写作规范，理论联系实际，引导学生开展科学研究的兴趣。
2、采用多媒体课件、网络教学和传统教学相结合的教学方式，赋予课堂生机。
3、理论教学、讨论形式相结合，调动学生的学习积极性，培养学生的自学能力、团队协作能

力和表达能力。

七、成绩评定

本门课程依据全程监控的理念进行考核。课程考核包括 3 个部分，分别为出勤、作业和结课考试。具体要求及评分方法如下：

1、平时表现：本门课程的所有环节均要求学生参与，课堂表现占总成绩的 10%，无故缺勤 1/3 及以上者，取消本门课程的考试资格。

2、作业：本门课程有 4 次课内作业，要求学生必须独立完成并在规定时间提交。作业成绩占总成绩的 20%，每次作业占 5%。未按时提交作业或作业有抄袭（雷同）现象的，该次作业成绩按零分计。

3、结课考试：结课考试占总成绩的 70%。

八、评价及持续改进

1、教学大纲

考核周期：4 年，修订周期：4 年。

改进措施：课程负责人组织课程团队所有教师讨论后提出改进意见，经教研室主任审核后由教学院长批准。

2、成绩评定考核

考核周期：1 学年，评价依据：学生最终成绩综合分析。

改进措施：根据学生最终成绩的分布，进行相应的内容调整和优化，并改进教学方法。

撰写：　　徐长明

审核：　　辛凤鸣

批准：　　史闻博

日期：　　2023.07.05