

《神经信号处理与数据分析》教学大纲

一、课程基本信息

课程名称/英文名称	神经信号处理与数据分析/Neural Signal Processing and Data Analysis	课程代码	BME2111
课程层次 ¹	本研一体课程	学分/学时	3/48
主要面向专业 ²	生物医学工程，生物科学，电子信息工程，计算机科学与技术	授课语言	中英双语
先修课程 ³		建议先修说明 ⁴	多元微积分、线性代数、概率统计
开课单位	生物医学工程学院	课程负责人	李远宁

二、课程简介

本课程是生物医学工程智能医学方向的专业选修课。本课程作为计算神经科学和神经工程的入门课程，适合于有志从事神经工程、计算神经科学等相关方向研究的研究生以及高年级本科生。本课程将分为理论教学与课程项目实践两部分：1) 理论教学为 2 学分 32 学时课堂讲授内容，主要介绍现代统计信号处理和机器学习及人工智能技术在神经科学中的运用，特别是如何记录和描述神经信号，如何建立针对不同规模实验数据的统计模型，如何运用统计和机器学习方法分析神经数据，进而分析神经系统的特性，并结合信号处理与控制的技术实现对神经系统、认知行为、神经与精神疾病等的解码分析与调控。2) 课程项目为 1 学分 48 学时实践内容，主要以开放选题的研究项目为主，项目将以实验采集或开源神经数据为基础，应用课程所学的数据分析方法，完成神经编码、解码、运动控制和语言脑机接口等临床和工程研究与应用中的实践项目。

通过本课程学习使学生了解并初步掌握神经科学中常用的数据分析的理论与方法，为从事脑科学、神经工程、计算神经科学、人工智能等相关方向研究奠定基础。

三、课程教学目标

知识认知能力：掌握神经系统的基本概念，神经信号采集和预处理的基本原理，信号模型的基本概念，包括多元随机变量、时间序列、点过程等。掌握神经数据分析的基本方法和原理，包括：信号的无监督分析方法，如降维、聚类、隐变量模型等；信号的有监督分析方法，包括神经编码和神经解码模型，分类和回归等；动态系统模型；贝叶斯推断等。通过本课程学习掌握基本的神经科学与工程实验的数据建模、分析与解读能力。

实践应用能力：本课程将通过项目实践锻炼和培养实际临床、工程和科研中数据建模、分析和综合应用能力。

综合素质能力：培养科学精神和素养，具备科技报国的家国情怀和使命担当；能进行团队协作，具备合作精神和人际沟通能力。

四、课程教学方法

课堂讲授与讨论：本课程知识点基本以课堂讲授为主，在讲解基本知识点的基础上，关注课程重点难点内容的讲授，尤其是具体分析算法的讲解与推导证明过程，采用启发式教学方法，引导学生对问题展开思考和讨论，使学生从线性空间和多元统计的视角出发，理解神经科学和神经工程的相关问题。本课程采用中英双语教学，课堂授课使用中文，幻灯片及课程教材为英文。

演示实验与案例教学：通过神经工程，如脑机接口、神经调制系统的演示实验或工程实际案例的讲解，使学生在掌握课程基本理论和方法的同时，理解课程知识在神经工程中的实际应用，激发学生的研究兴趣，启迪学生创新思维。

课程项目实践：本课程将设置实践项目。项目允许 3-4 人合作完成，设置中期考核和结题答辩。每队提交的报告必须独立撰写。提交项目报告后，课程将安排项目的课堂陈述和讨论。通过项目实践锻炼和培养实际临床、工程和科研中数据分析和应用能力。

五、课程教学内容与安排

（可按**教学周**或**章节名称**两种方式进行课程教学内容安排，列出主要知识点和教学方法。）

以章节名称方式安排教学内容

章节名称	主要教学内容 (主要知识点)	教学周	学时安排	教学方法 (仅列名称)
神经科学与工程基础简介	1. 介绍神经科学的基本概念; 2. 主要实验记录方法, 神经信号的主要类型与特点; 3. 神经工程的应用场景与典型实例。	1-3	6	课堂讲授与讨论 案例教学
	项目选题, 提交开题报告	4		
神经元与序列模型	1. 介绍神经元的生物及物理模型; 2. 神经脉冲的概念与机制; 3. 如何描述脉冲序列: 直方图, 调制曲线, 泊松过程等。	4-5	4	课堂讲授与讨论
分类与神经解码	1. 介绍常用分类模型, Naïve Bayes, LDA, SVM, 神经网络等; 2. 介绍分类模型与神经解码的应用场景。	6-7	3	课堂讲授与讨论 案例教学
图模型与隐变量	1. 介绍图模型的基本概念, 如何描述统计分布; 2. 介绍隐变量模型、混合模型与 EM 算法、变分自编码器等	7-8	3	课堂讲授与讨论
	项目中期报告	8		
聚类	1. 介绍主要聚类方法, K-means, Gaussian mixtures 等; 3. 介绍聚类在 spike-sorting 中的应用。	9	2	课堂讲授与讨论 案例教学
期中考试	期中考试	10	2	
降维	1. 介绍主要数据降维方法, 主成分分析, 因子分析等; 3. 介绍降维在 spike-sorting、状态空间可视化等场景的应用。	11	2	课堂讲授与讨论 案例教学
参数估计与模型选择	1. 介绍模型参数估计, 最大似然方法; 2. 介绍模型选择的主要方式, AIC, BIC, cross-validation 等。	12	2	课堂讲授与讨论
有监督模型-回归与神经编码	1. 介绍多元线性回归模型, 最小二乘法; 2. 介绍高维场景下的回归方法, lasso 与 ridge 回归; 3. 回归模型与神经编码模型。	13-14	4	课堂讲授与讨论 案例教学
	项目期末答辩	14		
动态系统	1. 介绍动态系统模型, 自回归模型, 卡尔曼滤波等; 2. 介绍脑机接口的应用场景。	15-16	4	课堂讲授与讨论 案例教学

期末考试	期末考试	17-18		
------	------	-------	--	--

六、考核方式和成绩评定方法

（成绩评定方法需符合《上海科技大学课程考核及成绩管理办法（试行）》文件要求。）

本课程重视过程考核，围绕重要教学目标开展考核，书面考试主要考察理论知识掌握情况，包含客观题(选择题)和主观题(简答及计算证明题)。

项目实践的选题和目标将由学生结合课程学习内容和个人科研兴趣（与所在的课题组导师协商）设定，并须由本课程的教师审核通过。项目将设置中期考核和结题答辩。项目允许 3-4 人合作完成并撰写报告。提交项目报告后，课程将安排项目的课堂陈述和讨论。

考试:期中(30%) 期末 (30%)

平时成绩:5%

项目实践:35% （包括开题 5%、中期 10%和期末 20%报告及答辩）

七、教材和参考书目

（需符合《上海科技大学教材选用管理办法》文件要求）

（一）推荐教材（说明：书名、作者、出版社、出版年月、ISBN 为必填项；译者为选填项）

推荐教材 1:

*书名: Analysis of Neural Data	*作者: Robert E. Kass, Uri T. Eden, Emery N. Brown	译者:	*ISBN: 978-1493940783
*出版社: Springer	*出版年月: 2014	*版次: 1	

（二）参考书目

参考书目 1:

书名: Principles of Neural Science	作者:	译者:	ISBN: 978-0071390118
-------------------------------------	-----	-----	-------------------------

	Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell		
出版社： Elsevier	出版年月： 2012	版次：5	

参考书目 2:

书名： Theoretical Neuroscience: Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems	作者： Peter Dayan and Laurence F. Abbott	译者：	ISBN： 978-0262541855
出版社： MIT Press	出版年月： 2001	版次：1	

参考书目 3:

书名： Pattern Recognition and Machine Learning	作者： Christopher M. Bishop	译者：	ISBN： 978-0387310732
出版社：Springer	出版年月：2006	版次：1	

(参考书目信息可复制以上表格依次添加)

八、学术诚信教育

本课程高度重视学术诚信，严禁抄袭、作弊等行为。

“在学习、科研、实习实践等活动中，学生应恪守学术道德，坚守学术诚信，保护知识产权，坚持勇于创新、求真务实的科学精神，努力培养自己严谨求实、诚实自律、真诚协作的科学态度，成为良好学术风气的维护者、严谨治学的力行者、优良学术道德的传承者。”