

《脑机智能原理与方法》课程教学大纲

课程英文名	Brain-Machine Intelligence Principles and Methods				
课程代码	B0501660	课程类别	专业课	课程性质	专业选修
学 分	2		总学时数	32	
开课学院	计算机学院		开课基层教学组织	智能信息处理课程组	
面向专业	计算机科学与技术、智能计算与数据科学(计算机科学与技术)		开课学期	第 6 学期	

注：课程类别是指学科基础课/专业课/实践环节/通识公共课/公共基础课/其他；

课程性质是指通识必修/通识选修/学科必修/专业必修/专业选修/实践必修/实践选修。

一、 课程目标

本课程属计算机科学与技术专业与相关专业的选修课，也是人工智能专业的重要前沿知识。通过本课程的学习，让学生在学习期间掌握脑机智能的基本原理以及相应的信号处理和机器学习实现方法，了解实验设计方案是否切实可行，学习脑机接口系统的开发流程，利用信息传输率等指标评估系统性能。结合新时代中国特色社会主义建设的背景，深入了解我国在脑机智能领域的优势和不足，增强学生爱国情怀，激发学生历史使命感，树立利用脑机智能技术造福社会的志愿，投身于中国梦的伟大工程。重点掌握运动想象、P300 脑机接口及其计算方法，通过该课程的学习能独立采用信号处理和机器学习的技术来建立模型进而构建脑机接口系统，为学生今后从事相关领域的工作打下较坚实的基础。

通过本课程各项教学活动的实施，达到以下课程目标：

课程目标 1：掌握脑机智能的基本原理,包括脑机智能常见范式、信号的时-空特征处理、机器学习等实现原理、算法与技术。并明确我国在此领域的进展和战略需求，树立强烈的爱国主义使命感与责任心；

课程目标 2：能够开发面向脑机智能系统的信号处理与机器学习模型，并提出经典算法的优化方案；

课程目标 3：能够初步设计分自发式（运动想象）和诱发式（P300）脑机智能系统，并运用相关的评价指标对系统进行优化评价；

课程目标 4：具备对实验结果进行分析与解释并推导出有效结论的能力；

课程目标 5：以小组为单位协作完成实验项目时，能够承担个体、团队成员及负责人的角色；

课程目标 6：学生在项目上机验收、撰写设计报告时能清楚分析并阐述其设计思路的合理性及正确性。

二、 课程目标与毕业要求对应关系

本课程的课程目标与相关专业的毕业要求及其指标点的对应关系如表 1、2 所示。

表25 课程目标与计算机科学与技术专业的毕业要求对应关系

毕业要求	指标点	课程目标
------	-----	------

毕业要求 1：工程知识：能够掌握数学、自然科学、工程基础、计算机软件系统和计算机硬件体系知识，并应用在计算机相关领域的复杂工程问题的解决方案中。	1-2 能够对模型进行分析，并利用模型解决问题。	2
	1-4 掌握计算机系统、物联网、人工智能、大数据、网络安全等某个专业领域的知识，并用于解决计算机领域的复杂工程问题	3
毕业要求 4：研究：具有基本的科学素养和研究意识，能够采用科学方法研究计算机相关领域的复杂工程问题，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。	4-2 能够针对特定的计算机复杂工程问题设计实验。	3
	4-3 能够收集、分析与解释数据，并通过信息综合得到合理有效的结论。	4
毕业要求 5：使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。	5-2 能够开发、选择和使用恰当的技术和资源对计算机相关领域复杂工程问题进行预测与模拟。	3
毕业要求 6：工程与社会：能够基于计算机工程相关背景知识进行合理分析、认识和评价计算机工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律及文化的影响，并理解应承担的责任。	6-1 能够基于计算机工程相关背景背景知识，合理分析与评价计算机工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律及文化的影响。	1
毕业要求 9：个人和团队：具备团队协作的意识和能力，能够在多学科背景下的团队中承担不同的角色。	9-2 能够在团队合作中承担个体、团队成员及负责人的角色。	5
毕业要求 10：沟通：具备一定的国际视野和跨文化沟通能力，能够就专业领域的复杂工程问题与业界同行及社会公众有效沟通，包括文字表达和语言交流。	10-1 能够就计算机复杂工程问题撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。	6
	10-2 了解计算机技术国际研究前沿，能够就计算机领域的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。	1

表26 课程目标与智能计算与数据科学（计算机科学与技术）专业的毕业要求对应关系

毕业要求	指标点	课程目标
毕业要求 1：工程知识：能够掌握数学、自然科学、工程基础、计算机软硬件知识、人工智能、智能计算和数据科学的基础理论及专业知识，并应用在人工智能、智能计算和大数据专业领域及其他相关交叉领域的复杂工程问题的解决方案中。	1-2 掌握计算机科学核心知识与理论，能够针对计算机领域复杂工程问题建立模型，并利用模型解决问题。	2
	1-4 掌握人工智能、智能计算、大数据等某个专业领域的知识，并用于解决计算机领域的复杂工程问题。	3
毕业要求 4：研究：具有基本的科学素养和研究意识，能够采用科学方法研究	4-2 能够针对特定的计算机复杂工程问题设计实验。	3

人工智能、智能计算和大数据专业领域及其他相关交叉领域的复杂工程问题，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。	4-3 能够收集、分析与解释数据，并通过信息综合得到合理有效的结论。	4
毕业要求 5：使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。	5-2 针对计算机领域的复杂工程问题，能够开发、选用符合特定需求的技术、资源和现代工具，实现分析、计算或设计，并进行模拟和预测。	3
毕业要求 6：工程与社会：能够基于人工智能、智能计算和大数据工程相关背景知识进行合理分析、认识和评价工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。	6-1 能够基于计算机工程相关背景知识，合理分析与评价计算机工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律及文化的影响。	1
毕业要求 9：个人和团队：具备团队协作的意识和能力，能够在多学科背景下的团队中承担不同的角色。	9-2 能够在团队合作中承担个体、团队成员及负责人的角色。	5
毕业要求 10：沟通：具备一定的国际视野和跨文化沟通能力，能够就专业领域的复杂工程问题与业界同行及社会公众有效沟通，包括文字表达和语言交流。	10-1 能够就计算机复杂工程问题撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。	6
	10-2 了解计算机技术国际研究前沿，能够就计算机领域的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。	1

三、 课程目标与教学内容和方法的对应关系

《脑机智能原理与方法》教学内容对课程目标的支撑关系、教学方法如表 3 所示：

表27 课程目标与教学内容、教学方法的对应关系

教学内容	教学方法	课程目标
1. 脑机接口概述	课堂讲授、课后自学、文献查阅	1、2
2. 脑机接口常用范式	课堂讲授、课堂讨论、文献查阅	1、3
3. 信号处理：时-频-空信息处理	课堂讲授、课后自学、课内习题	1、2、4
4. 机器学习	课堂讲授、课堂讨论、课内上机、文献查阅	1、2、4
5. P300 脑机接口	课堂讲授、课堂讨论、课内上机、文献查阅	3、4、5、6
6. 运动想象脑机接口	课堂讲授、课堂讨论、课内上机、文献查阅	3、4、5、6

课程教学的详细内容与要求如下：

1. 脑机接口概述

(1) 教学内容：

- 脑机接口基本原理和概念；常见脑信号采集方法；脑信号的特点
- 脑机接口的现状与挑战；

- 脑机接口的开发流程、应用和面临的问题。

(2) **教学重点：**脑机接口的原理和概念，脑信号的特点，脑机接口开发流程、应用和面临的问题。

(3) **教学难点：**脑机接口开发面临的问题，解决问题的思路。

(4) **教学要求：**了解脑机接口的原理与开发过程，对脑机接口能够解决的问题和解决问题的思路有清晰的认识。

思政融合点 1：作为国际竞争热点，美国已将脑机接口列入拟禁运技术清单，中国在十三五期间，将“脑科学与类脑研究”列为《科技创新 2030 重大项目》且在“十四五”时期，在《“十四五”规划纲要和 2035 年远景目标纲要》中再一次明确了以脑认知原理解析为首的脑科学与类脑研究中的五大前沿攻关重点。其中都着重部署了脑机接口方向，脑机接口将满足神经康复等一系列关系到国计民生的重大需求，具有重要的意义。引导学生了解我国在基于脑机接口改善人民生活方面的应用和成就，通过中美之间在科技领域的竞争，激发学生的爱国主义热情、自豪感与使命感。

2. 脑机接口常用范式

(1) **教学内容：**

- 稳态视觉诱发的原理、分析方法、应用与研究进展；
- P300 成分的原理、分析方法、应用与研究进展；
- 感觉运动节律的原理、分析方法、应用与研究进展；

(2) **教学重点：**常用范式的原理与分析方法。

(3) **教学难点：**常用范式的重要性和必要性。

(4) **教学要求：**能够对特定的目的采用合理的范式。

思政融合点 2：在该部分内容讲解过程中，会重点讲述范式原理及应用，尤其在社会、健康等领域，增强学生分析脑机接口的影响及工程伦理意识。

3. 信号处理：时-频-空信息处理

(1) **教学内容：**

- 时域分析；
- 频域分析；
- 时频分析；
- 空间滤波；
- 伪迹去除。

(2) **教学重点：**脑信号时频分析，空间滤波和伪迹去除。

(3) **教学难点：**时频分析和空间滤波

(4) **教学要求：**了解脑信号时域分析和频域分析；掌握经典信号处理方法及算法实现。

思政融合点 3：学生在以小组为单位协作完成信号处理项目时，需要组员间充分沟通交流、紧密协作才能高质量完成，从而培养学生的团队协作精神、沟通交流能力、诚信友善的职业素养。

4. 机器学习

(1) 教学内容:

- 脑信号特征工程方法;
- 各种典型的分类学习方法;
- 深度学习方法-CNN 和 LSTM。

(2) 教学重点: 掌握常用的脑信号特征提取和特征变换基本原理及算法, 包括复杂度、功能性脑连接等方法; 了解典型的分类学习方法, 包括线性判别、支持向量机和极限学习机及其在二分类、集成分类和多分类中的拓展; 熟悉深度学习方法原理及实现, 重点掌握 CNN 和 LSTM 技术。

(3) 教学难点: 常用脑信号的特征工程方法原理与算法。

(4) 教学要求: 要求掌握常用脑信号特征提取和特征变换基本原理及算法; 了解典型分类学习方法, 并熟悉典型深度学习技术原理。

课程思政融合点 4: 学生在学习面向于脑机接口的机器学习原理过程中, 必须深入理解算法原理并能够通过上机实践进行调试程序问题, 从而培养学生严谨的工作态度、精益求精的工匠精神、系统性思维能力。

5. P300 脑机接口

(1) 教学内容:

- P300 脑机接口实验设计;
- P300 脑机接口数据采集;
- P300 脑机接口信号处理与机器学习方法;
- P300 脑机接口性能评估。

(2) 教学重点: P300 脑机接口系统开发。

(3) 教学难点: P300 脑机接口数据采集与信号处理。

(4) 教学要求: 掌握 P300 脑机接口系统开发流程, 掌握信号处理和机器学习如何变成实现。

思政融合点 5: 引导学生利用 P300 脑机接口, 设计可以改善人民生活的拼写和拨号系统, 培养学生的创新精神和科学精神, 引导学生积极思考如何让知识和技术发展有益于人民、有益于国家。

6. 运动想象脑机接口

(1) 教学内容:

- 运动想象脑机接口实验设计;
- 运动想象脑机接口数据采集;
- 运动想象脑机接口信号处理与机器学习方法;
- 运动想象脑机接口性能评估。

(2) 教学重点: 运动想象脑机接口系统开发。

(3) 教学难点: 运动想象脑机接口数据采集与信号处理。

(4) 教学要求: 掌握运动想象脑机接口系统开发流程, 掌握信号处理和机器学习如何变成实现。

思政融合点 6: 引导学生积极参加世界机器人大赛-BCI 脑控机器人大赛, 培养学生的竞争意识,

同时，理解运动想象脑机接口自发性的特点，设计可以改善运动障碍患者、康复训练的系统，引导学生如何用所学知识解决生产生活等实践难题。

四、 实践环节及要求

课程包含 16 学时的上机，其中 4 学时为实验数据采集，见表 4。在课堂中讲授上机任务的要求为主，学生在课内（课外）上机时完成特定的脑机接口机器学习问题。通过布置的任务作业，巩固所学知识，使得学生能够开发、选择和使用恰当的数据分析方法，完成脑机接口的系统开发，培养学生独立分析问题、解决问题的能力。

表28 课内上机安排

序号	实验项目	时数	每组人数	内容提要	实验要求
1	P300脑机接口实验设计和数据采集	4学时	1~5	给出实验目的，进行合理的实验设计，并实际采集2-3名被试数据。	编程实现
2	特征工程和分类及在P300脑机接口的应用	4学时	1~5	实现复杂度、脑网络等特征提取，并使用典型分类学习模型进行分析。	编程实现并可 可视化结果
3	运动想象脑机接口实验设计和数据采集	4学时	1~5	给出实验目的，进行合理的实验设计，并实际采集2-3名被试数据。	编程实现
4	特征工程和分类及在运动想象脑机接口的应用	4学时	1~5	实现能量等特征提取，并使用典型分类学习模型进行分析。	编程实现并可 可视化结果

五、 与其它课程的联系

先修课程：数据结构、程序设计、数据库原理及应用、机器学习（建议）

后续课程：无

六、 学时分配

总学时为 32 学时，讲课学时 16，课内上机 16 学时，16 学时课外上机和自学时数，如表 5 所示。

表29 学时分配表

教 学 内 容	讲课学时	实验学时	实践学时	课内上机 学时	课外上机 学时	自学学时
1. 脑机接口概述	4					
2. 脑机接口常用范式	2					
3. 信号处理：时-频-空信息处理	3					4

4. 机器学习	3					4
5. P300 脑机接口	2			8	4	4
6. 运动想象脑机接口	2			8	4	4
合 计	16			16	8	16
总 计	32 计划学时+24 自学学时					

七、 课程目标达成途径及学生成绩评定方法

1. 课程目标达成途径

各个课程目标的达成途径如表 6 所示，但不仅限于此。

表30 课程目标与达成途径

课程目标	达成途径
课程目标 1： 掌握脑机智能的基本原理,包括脑机智能常见范式、信号的时-空特征处理、机器学习等实现原理、算法与技术。并明确我国在此领域的进展和战略需求，树立强烈的爱国主义使命感与责任心；	以引导式、启发式和总结式教学方法为主，通过重点/难点内容讲解、进行随堂提问、课后自学、文献查阅、课堂讨论等各种方式等模式，帮助学生学习相关知识，建立树立强烈的爱国主义使命感与责任心。
课程目标 2： 能够开发面向脑机智能系统的信号处理与机器学习模型，并提出经典算法的优化方案；	通过重点/难点内容讲解、进行随堂提问、课后自学、文献查阅、课堂讨论、分析对比、总结报告等各种方式等模式，帮助学生学习相关知识及编程能力。
课程目标 3： 能够初步设计分自发性（运动想象）和诱发性（P300）脑机智能系统，并运用相关的评价指标对系统进行优化评价；	通过课内上机的任务体现：首先完成实验设计和数据采集，提出实验目的，学生按要求编程完成信号处理和机器学习，实现具体脑机接口系统开发。帮助学生运用所学知识处理实际问题。
课程目标 4： 具备对实验结果进行分析与解释并推导出有效结论的能力；	对每个脑机接口范式的程序，应在多种条件下运行，并对各种运行结果（包括出错信息等）进行分析和解释，进而推导出合理有效的结论。
课程目标 5： 以小组为单位协作完成实验项目时，能够承担个体、团队成员及负责人的角色；	实验项目中有两个项目要求学生以小组为单位协作完成，每个小组设置一名组长，负责本小组任务分工及进度协调，各成员在完成项目的过程中需相互协作、沟通交流，以完成整个项目设计任务。
课程目标 6： 学生在项目上机验收、撰写设计报告时能清楚分析并阐述其设计思路的合理性及正确性。	对每个实验项目，教师将对每个学生进行上机验收，并要求学生撰写设计报告。在这个过程中，学生需要清楚分析并阐述方案中实验设计、数据分析及实现技术的设计思路的正确性及合理性。

2. 学生成绩评定方法

本课程为考查课程。课程采用形成性评价与终结性评价相结合的评价方法，学期总评成绩由三部分构成：平时成绩占比 20%；上机实验及报告占比 50%；期末报告的成绩占比 30%。各部分的具体评价环节、关联课程目标、评价依据及方法和在总成绩中的占比，如表 7 所示。

表31 课程考核与成绩评定方法

考核项目	考核内容	考核关联的课程目标	占平时成绩比例	考核依据与方法	占总评成绩的比重
平时表现 1	课程思政实践	(1)	10%-20%	以小组为单位完成的资讯报告介绍我国在数据挖掘和应用近期取得的进展。	50%
平时表现 2	课堂表现	(1) (2) (3)	35%-45%	课堂表现包括随堂提问和上机时互动的表现。	
课内上机	上机实验实验报告	(2) (3) (4) (5) (6)	35%-45%	以小组为单位，分组完成，按小组完成的实验报告（以及程序）作评价，根据结果完整性和准确性给分。	
期末项目报告	课程项目报告	(4) (5) (6)		报告根据格式规范、语句通顺、报告内容完整，数据详实。	50%
总评成绩					100%

八、 教学资源

表32 课程的基本教学资源

资源类型	资源
教材	贾花萍、赵俊龙,《脑电信号分析方法与脑机接口技术》,科学出版社,2016 Bernhard Graimann, Brendan Allison, Gert Pfurtscheller著,伏云发、郭衍龙、张夏冰、李松等译,脑-机接口--革命性的人机交互,国防工业出版社,2020
参考书籍或文献	[1] Rajesh P.N. Rao, 张莉、陈民铀 译. 脑机接口导论,机械工业出版社,2016. [2] 田银等. 脑电与认知神经科学,科学出版社,2021. [3] 李颖洁,邱意弘,朱贻盛. 脑电信号分析方法及其应用,科学出版社,2009. [4] 冯成志. E-Prime 从入门到精通,北京师范大学出版社,2017.
教学文档	无

九、 课程目标达成度的定量评价

在课程结束后,需要对每一个课程目标(含思政课程目标)进行达成度的定量评价,用以实现课程的持续改进。

课程目标达成度的定量评价算法:

- 1、使用教学活动(如课程思政报告、上机实验和报告,课程项目报告,演讲、课堂讨论、互

- 动等等)成绩的得分率作为评价项目,来对某个课程目标进行达成度的定量评价;
- 2、为保证考核的全面性和可靠性,要求对每一个课程目标的评价项目至少选择 2 种;
 - 3、根据施教情况,评价项目可以由教师自行扩展,权重比例可以由教师自行设计;
 - 4、对某一个课程目标有支撑的各评价项目权重之和为 1;
 - 5、使用所有学生(含不及格)的平均成绩计算。

本课程的课程目标达成度的定量评价算法建议,如表 9 所示,教师可根据授课方式及考核内容适当调整:

表33 课程目标达成度定量评价方法

课程目标	课程目标达成评价方法
课程目标 1: 掌握脑机智能的基本原理,包括脑机智能常见范式、信号的时空特征处理、机器学习等实现原理、算法与技术。并明确我国在此领域的进展和战略需求,树立强烈的爱国主义使命感与责任心;	课堂讨论: 0.4 课后作业: 0.2 课程思政实践: 0.4
课程目标 2: 能够开发面向脑机智能系统的信号处理与机器学习模型,并提出经典算法的优化方案;	课后作业: 0.3 课堂讨论: 0.2 期末项目报告: 0.5
课程目标 3: 能够初步设计分自发式(运动想象)和诱发式(P300)脑机智能系统,并运用相关的评价指标对系统进行优化评价;	课后作业: 0.2 课堂讨论: 0.4 期末项目报告: 0.4
课程目标 4: 具备对实验结果进行分析与解释并推导出有效结论的能力;	课后作业: 0.1 课堂讨论: 0.4 期末项目报告: 0.5
课程目标 5: 以小组为单位协作完成实验项目时,能够承担个体、团队成员及负责人的角色;	课后作业: 0.2 课堂讨论: 0.3 期末项目报告: 0.5
课程目标 6: 学生在项目上机验收、撰写设计报告时能清楚分析并阐述其设计思路的合理性及正确性。	课后作业: 0.2 课堂讨论: 0.3 期末项目报告: 0.5

十、 说明

本大纲规定了杭州电子科技大学计算机科学与技术专业、智能计算与数据科学(计算机科学与技术)的《脑机智能原理与方法》的教学目标、教学内容、教学方法、教学要求以及考核评价方法等,承担该课程的教师必须遵照本大纲安排授课计划、实施教学过程,完成学生各个阶段与各方面的学习成果考核与评价;在学期末,需对课程目标进行达成度评价。

本课程大纲自 2021 级开始执行,生效之日原先版本均不再使用。

十一、 编制与审核

表34 大纲编制与审核信息

工作内容	责任部门或机构	负责人	完成时间
编制	智能信息处理课程组	朱莉	2022.2
审核	智能信息处理课程组	彭勇	2022.3
审定	计算机学院教学工作委员会	黄孝喜	2022.5