《医用机器人》（理论）教学大纲

（授课对象：智能医学工程专业）

第一章 课程基本信息

课程代码：Z2205008002

课程名称： 医用机器人

学时/学分： 32/2

学时分配：授课： 32 上机： 0 实验： 0 实践： 0 实践（周数）： 0

适用专业： 智能医学工程

授课学院： 医学部医学科学与工程学院

先修课程： 康复医学与工程导论

同修课程： 无

教材及主要参考书：

1) Springer handbook of robotics. Siciliano, Bruno, and Oussama Khatib, eds. Springer, 2016.

2) 机器人学建模、控制与视觉，熊有伦等编著，华中科技大学出版社， 2020.

3） 医疗外科机器人，王田苗、刘达、胡磊主编， 科学出版社， 2013.

4）仿人型假手及其生机交互控制，刘宏、杨大鹏、姜力、赵京东主编，哈尔滨工业大学出版社， 2017.

5） 医疗机器人建模与制造(机器人学译丛)，上田淳、栗田雄一主编， 晁飞 译， 机械工业出版社， 2017.

6） 护理机器人,胡志刚，张晓兰，杜喆等编著，电子工业出版社， 2015.

7） 机器人世界-医学和科学中的机器人(科普类丛书)， 史蒂夫·帕克，机械 工业出版社， 2017.

第二章 课程简介

本课程是智能医学工程专业本科生的专业选修课程；该课程在智能医学工程本科专业大四上学期讲授，故注重基础知识讲授的同时，重视实际科研案例的介绍，围绕机器人的应用，紧扣智能医学工程课程讲授的主题，分别从机器人基本组成、机器人学基本理论、启发式机器人设计、控制意图编解码、感觉建立与控制、脑控机器人神经重塑机制和机械设计理论等7个章节展开，在课程开展的前、中、后期分别布置3个课程设计任务，鼓励学生能将知识应用于实际，提升科学研究和技术创新能力。

第三章 课程目标

课程目标与毕业要求的关系矩阵

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 毕业要求 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.素质要求 | | | | 2.能力要求 | | | | 3.知识要求 | | | | | | |
| 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 |
| 课程目标1 |  |  | √ |  |  | √ |  |  |  |  | √ |  |  |  |  |
| 课程目标2 |  |  | √ |  | √ |  |  |  |  |  | √ |  | √ |  |  |
| 课程目标3 |  |  |  |  |  | √ |  |  |  |  | √ |  | √ |  |  |
| 课程目标4 |  |  | √ |  |  |  | √ |  |  |  |  | √ |  |  |  |

通过本课程的学习，学生应达到以下目标：

一、掌握医用机器人的基本概念、医用机器人的分类与特点、机器人学基础理论知识以及医用服务机器人、医疗外科机器人、医用康复机器人的系统结构和关键技术。（支撑毕业要求指标点1.3.3，2.2.1，3.3.3，3.3.1）

二、能够应用机器人学基础理论知识对医用机器人实际工程问题进行分析，并通过文献检索，研究分析医用机器人实际工程问题，并获得有效结论。（支撑毕业要求指标点1.3.3，2.1.3，3.3.3，3.5.3）

三、了解机器人基本组成，掌握机器人开发的电机、减速器选型，了解人体运动启发的实验设计方法，机器人运动传递机构设计理论，运动控制编解码，感知觉建立，脑控机器人的神经重塑原理。（支撑毕业要求指标点2.2.3，3.3.3，3.5.3）

四、能够根据实际工程需求，设计机器人运动传递机构，设计机器人控制算法，选用感觉传感器通过电刺激建立人工神经机器人通路，了解脑控机器人神经重塑实验设计方法与数据处理，能够根据医用机器人系统设计与控制需求，进行团队合作，承担个体、团队成员以及负责人的角色，合作完成既定的任务。（支撑毕业要求指标点1.3.1，2.3.3，2.5.3，2.3.4）

第四章 基本要求

一、本课程具有跨学科知识领域特点，该课程不仅涉及到了机器人学、自动 控制、 计算机视觉与智能医学图像处理等领域相关理论基础，与医用服务、 医疗 外科、智能假肢、康复治疗等方面应用密切相关，具有很宽的应用背景和很强的 实用性。

二、教学过程中要注意与先修课程基础知识的联系， 掌握机器人学基础理论 知识、 医用机器人的基本概念， 了解医用服务机器人、医疗外科机器人、智能假 肢机器人、康复治疗机器人的系统结构和关键技术。 在教学中尽可能使用相关领 域国际一流机器人的工作视频，尽可能直观地演示其功能能力，极大地激发学生 的学习兴趣和热情。

三、在课程教学过程中， 注意培养学生理论与实际相结合的能力， 结合科研 和成果实例和研究生实际课题研究内容， 应用机器人学理论、机构创新设计、编 解码控制、感知觉重建、神经重塑机制相关专业知识，让学生能够体会提出问题、 解决问题的过程。

第五章 教学内容

第一节 授课内容

一、绪论

（一）机器人的基本概念

（二）医用机器人的分类与特点

（三）医用服务机器人的特点与发展

（四）医疗外科机器人的特点与发展

（五）康复机器人发展的特点与发展

本章重点：

①. 明确医用机器人基本概念；②. 了解各类医用机器人的发展动态和趋势，激发学生对医用机器人的学习热情。

教学模式：

课堂授课、课后复习，指导学生查阅相关文献。

知识点：

医用机器人的类型、概念、关键技术。

能力：

指导学生进行文献检索能力的训练。

 二、机器人的基本组成与创新

（一）驱动器

（二）减速器

（三）传感器（视觉、触力觉、力位传感）

（四）机构（曲柄滑块、四连杆、五连杆、欠驱动）

本章重点：

①. 了解机器人的基本组成；②. 掌握机器人动力传动原理，特别是电机与减速器选型方法；③. 掌握机器人运动传递典型机构与设计要求。

教学模式：

课堂授课、课后复习，课后作业。

知识点：

机器人的组成；机器人动力传递原理；典型机构与设计要求。

能力：

能够实际分析机器人系统的基本组成，深入认识机器人系统。

 三、机器人学基本理论

（一）位姿描述与齐次变换

（二）机器人运动学

（三）刚体速度与静力

（四）机械臂的雅克比矩阵

（五）机器人灵巧性测度

（六）机械臂动力学

（七）机器人轨迹生成与控制

（八）3.8 机器人的力控制与协调控制

本章重点：

①. 位姿的空间描述与齐次变换；②. 机器人运动学；③. 机器人动力学；④. 机器人轨迹生成与控制；⑤ 机器人力控；⑥. 双臂协同拟人运动生成。

教学模式：

课堂授课、课后复习，课后作业。

知识点：

齐次变换，传递矩阵，雅克比矩阵，拉格朗日方程，牛顿-欧拉动力学方程、灵巧性椭球、双臂协同拟人运动生成。

能力：

能够了解机器人学基础理论知识。

四、启发式机器人设计理论

（一）人类双手精准运动能力建模与启发设计理论

（二）人体运动能力建模与启发设计理论

本章重点：

①. 明确手部精准运动捕捉的实验设计与数据处理；②. 明确人体运动能力建模的实验设计与数据处理；③学习怎样层层分析一个笼统的概念问题，并通过实验设计客观量化描述。

教学模式：

课堂授课、课后复习，课后作业。

知识点：

人体运动功能，手部灵巧运动。

能力：

能够了解运动捕捉分析、启发式设计的基本方法，了解运动捕捉设备与数据处理方法，揭示科学问题。

五、机器人控制意图编解码

（一）脑电、肌电、IMU信号采集原理

（二）脑电、肌电、IMU信号特征提取

（三）模式识别的运动意图的编解码方法

（四）多自由度在线控制的运动控制

本章重点：

①. 明确脑电、肌电、IMU信号采集原理；②. 了解脑电、肌电、IMU信号特征提取方法； ③. 了解运动意图模式识别与在线控制的国际前沿研究方向与应用现状。

教学模式：

课堂授课、课后复习，课后作业。

知识点：

 生物信号采集、特征提取方法、编解码方法。

能力：

能够了解人体运动意图的编解码方法和领域内应用现状。

六、机器人的感觉重建与控制

（一）人类感觉生成过程

（二）电刺激对感觉的模拟原理

（三）电刺激模拟感觉生成全过程机制

（四）在机器人中的应用介绍（反射控制）

本章重点：

①. 明确人类感觉生成过程；②. 了解电刺激对感觉的模拟原理；③. 电刺激模拟感觉生成全过程机制；④. 在机器人中的应用介绍。

教学模式：

课堂授课、课后复习，课后作业。

知识点：

感知觉生成原理，电刺激模拟感觉生物学原理。

能力：

能明确机器人感知觉建立与反馈控制的基本方式。

 第7章 脑神经重塑机制分析

（一）神经重塑基本原理

（二）实验设计背景

（三）实验设计目的

（四）实验数据分析与结果

（五）未来应用畅想

本章重点：

①. 明确神经重塑基本原理；②. 了解脑控机器人神经重塑的主要研究方向和数据处理方法。

教学模式：

课堂授课、课后复习，课后作业。

知识点：

神经重塑，假设检验，方差分析，网络分析。

能力：

明确脑控机器人神经重塑的主要应用。

 第8章 运动能力复现的机械设计理论

（一）姿势协同原理

（二）姿势协同运动分机械结构

（三）姿势协同机构的小型集成化设计原理

（四）上肢设计

（五）下肢设计

本章重点：

①. 明确姿势协同原理与机械结构；②. 了解姿势协同机构的小型集成化设计原理；③. 了解在上肢设计中的应用；④. 了解在下肢设计的应用。

教学模式：

课堂授课、课后复习，课后作业。

知识点：

姿势协同原理，机械优化设计，机构创新设计与优化。

能力：

明确势协同原理与机械结构，了解在上肢和下肢设计的应用案例。

1. 课程设计

实训一：机器人工作空间的计算

实训二：脑控机器人的脑神经重塑

实训三：设计一个医用机器人系统

第六章 教学计划表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **学习内容** | **理论学时** | **实验学时** | **是否自主学习内容（学时）** |
| **1** | 绪论 | **2** |  |  |
| **2** | 机器人的基本组成与创新 | **4** |  |  |
| **3** | 机器人学基本理论 | **6** |  |  |
| **4** | 启发式机器人设计理论 | **4** |  |  |
| **5** | 机器人控制意图编解码 | **2** |  |  |
| **6** | 机器人的感觉重建与控制 | **2** |  |  |
| **7** | 脑神经重塑机制分析 | **2** |  |  |
| **8** | 运动能力复现的机械设计理论 | **4** |  |  |
| **9** | 考核（启发式机器人设计） | **2** |  |  |
| **10** | 考核（脑神经重塑机制） | **2** |  |  |
| **11** | 考核（设计一款医用机器人） | **2** |  |  |

第七章 考核与评价方式及标准

一、考核与评价方式及成绩评定

平时成绩占40%：包括出勤、上课表现、课堂小测验及课后作业。

课程设计占60%：包括设计说明书、口头报告（PPT）与答辩。

课后作业和课程设计汇报考核与评价标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 评价指标 | 指标说明 | 权重 |
| 理论基础 | 能体现出学生扎实、准确地康复机器人理论基础知识水平。 | 20% |
| 独立完成 | 独立完成，不得抄袭或委托他们代做。 | 20% |
| 应用能力 | 能将调研和所学的理论知识应用到医用机器人的实际问题中。 | 20% |
| 正确性 | 构思合理，建立在理论学习和文献调研基础上。 | 20% |
| 工作量 | 工作量饱满。 | 10% |
| 创新性 | 具有自主获取知识能力，大作业能体现个人观点，具有一定创新性。 | 10% |

注：该表格中权重为大作业成绩所占成绩比例。按照大作业成绩所占权重，六项得分满分分别是：20、20、20、20、10、10合计100分。

二、课程目标达成考核与评价方式及成绩评定

课程目标达成考核与评价方式及成绩评定

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 考核与评价方式 | | | | | |
| 平时表现 | 课程实验 | 课程设计 | 大作业 | 课程考试 | 其它 |
| 课程目标1 | 支撑毕业要求1.3 | √ |  | √ | √ |  | √ |
| 支撑毕业要求2.2 | √ |  | √ | √ |  | √ |
| 支撑毕业要求3.3 |  |  |  |  |  |  |
| 课程目标2 | 支撑毕业要求1.3 | √ |  | √ | √ |  | √ |
| 支撑毕业要求2.1 |  |  |  |  |  |  |
| 支撑毕业要求3.3 |  |  |  |  |  |  |
| 支撑毕业要求3.5 | √ |  | √ | √ |  | √ |
| 课程目标3 | 支撑毕业要求2.2 | √ |  | √ |  |  | √ |
| 支撑毕业要求3.3 |  |  |  |  |  |  |
| 支撑毕业要求3.5 | √ |  | √ |  |  | √ |
| 课程目标4 | 支撑毕业要求1.3 | √ |  | √ |  |  | √ |
| 支撑毕业要求2.3 |  |  |  |  |  |  |
| 支撑毕业要求3.4 | √ |  | √ |  |  | √ |