



東北大學

# 第十八批大学生创新训练项目 申请书

项目名称: 基于深度学习及神经接口的便携式多功能医疗监测臂环

项目负责人: 袁敬博

学院年级专业: 机器人科学与工程学院 2022 级机器人工程专业

联系电话: 17361639080

电子信箱: 2321901849@qq.com

创新创业学院项目部

填表日期: 2023 年 11 月

## 填 表 须 知

一、项目申请表要按照《东北大学大学生创新创业训练计划项目管理办法》（东大学创字[2023]3 号）和东北大学第十八批“大学生创新创业训练计划”项目申报通知的相关要求，逐项认真填写。填写内容必须实事求是，表达明确严谨，语言简洁明了。

二、格式要求：表格中的正文字体应为小四号宋体，22 磅行距，打印输出；需签字部分由相关人员以黑色钢笔或水笔签名。**均用 A4 纸双面打印，于左侧装订成册，单页面总体不超 8 页，双页面不超过 4 页。**

三、项目申请表填写内容应言简意赅，思路清晰，论证充分，字迹清楚，一律用计算机输入打印。

四、团队申报的成员由核心成员和预备成员组成，其中核心成员由 1-2 人组成（含项目负责人），预备成员 1-3 人。

五、学生申请课题须自行联系确定指导教师。项目申请表由项目负责人填写，经项目组成员和指导教师签字后，申请表交到各学院教学办，软件学院交至院团委，RAL、EPM 和流程工业综合自动化重点实验室交到各实验室办公室。

六、院级评审后，各单位将评审汇总后的项目资料统一上报创新创业学院，创新创业学院将组织现场答辩（资助项目）或者书面评审（自筹项目）确定项目名单。

七、申报表以学院、实验室为单位统一报送。

八、如填表有不明事宜，请致电创新创业学院项目部 83677206。

项目基本情况

项目名称					
申请团队情况	核心成员	姓名	学号	所在学院专业	联系电话
		袁敬博	20227853	机器人学院机器人工程	17361639080
		于子博	20227813	机器人学院机器人工程	18504399965
	预备成员	夏诗雨	20227861	机器人学院机器人工程	19940672108
		刘禹彤	20237853	机器人学院机器人工程	15940377698
		衣姝馨	20237849	机器人学院机器人工程	13074154793
指导教师 <small>（交叉学科项目最多可为2名指导教师）</small>	姓名	职称/职务	所在学院	联系电话	
	王斐	教授	机器人科学与工程学院	13940058702	
项目所属学科		与东北大学大学生创新创业管理系统选择保持一致			
项目类别		<div><div><input type="checkbox"/> 学术创新类</div><div><input checked="" type="checkbox"/> 技术创新类</div><div><input type="checkbox"/> 竞赛储备类</div></div> <div><div><input type="checkbox"/> 成果转化类</div><div><input type="checkbox"/> 科学普及类</div><div><input type="checkbox"/> 校企合作类</div></div>			
资金来源 <small>（自筹项目无须答辩）</small>		<div><input checked="" type="checkbox"/> 资助项目      <input type="checkbox"/> 自筹项目</div> <div>（选择资助项目均需要提交答辩PPT，获优直推和科普节直立项目除外）</div>			
如未获得资助，是否申请转自筹？		<div><input checked="" type="checkbox"/> 是      <input type="checkbox"/> 否</div> <div>如选择否，学院评审未获得推荐校级资助项目答辩的将直接淘汰；如选择是，学院评审后将以自筹项目推荐到学校参加校级书面评审。</div>			
是否为如下项目？（单选） <div><div><input type="checkbox"/> 获优直推项目</div><div><input type="checkbox"/> 科普节直立项目</div><div><input type="checkbox"/> 中国医科大学合作项目</div><div><input type="checkbox"/> 大学生创新基地项目</div><div><input checked="" type="checkbox"/> 学生创新团队项目</div><div><input type="checkbox"/> 三级以上教授指导项目</div></div>					

起止时间	2023 年 12 月-2025 年 3 月
------	------------------------

## 申报书正文

### 一、项目摘要

根据世界卫生组织调查，全球目前已有近十亿残疾人，而大多数残疾人都处在社会的边缘地带，由于幸存者偏差而不被注意到。本项目旨在改善残障人士的治疗程序，我们通过对各类传感器嵌入式开发为各个臂环模块，利用肌电信号处理算法及基于深度学习框架的分析评估算法，并编写相关 app 且建立电或振动的反馈，从而达到在复杂环境稳定检测病人身体及运动情况的便携式智能环带。预期申请专利 1-2 项。并且可以扩展至养老，育儿等领域。

### 二、项目的特色与创新之处

本项目与舞指科技有限公司合作，在实验室成果的基础上，规定了以下方向：

2.1. 通常病人康复时需要通过贴片挂载传感器，本项目通过硬件开发，将传感器集成为多模块、多功能、积木式的一体化臂环，在实际应用中，可以通过病人自身情况定制，从而方便数据采集，降低操作难度，节省成本，使系统便携化。

2.2. 通过开发相应的手机 APP，当病人在室外进行康复活动时，可以通过手环采集 IMU、肌电等信息并实时传输至 app，使医疗监测便携化、可视化、实时化。

2.3. 相较于静息态，在运动状态下采集数据时，信号易受外部环境或内部因素（汗液、心电）等干扰，本项目通过优化滤波算法，去除特定干扰，并搭建深度学习模型实时感知病人的运动意图，结合 IMU 信息对患者的康复状况进行综合评定，实现生理-物理信息层面上患者的全方位医疗监测。

2.4. 当病人进行康复时，在本项目肌体向手环单向神经输入的基础上，适当建立基于振动或电的反馈，即手环反馈感觉给穿戴者，形成穿戴者-环境交互闭环。

在前期得到基础的情况下，还可以扩展至更广阔的领域，例如育儿，养老等。

### 三、立项背景

#### 3.1. 研究意义

根据世界卫生组织的调查，全球现在已经有接近 10 亿的残障人士。而对残障人士的康复治疗过程中，大部分数据的监测都需要残障人士保持静息状态，以避免外界的干扰，进而得到所需要的稳定数据。此方案所需成本高、效率低，而且增加了康复系统的复杂程度，因此，寻找一种切实有效的方式来改变残障人士康复治疗过程中的数据监测方法，具有重要意义。

#### 3.2. 国内外研究现状及趋势

在美国机构式康复人均费用为 100 美元，仅覆盖 20%的康复对象，而社区

康复服务人均费用仅 9 美元，却覆盖 80%的康复对象。急性期患者出院后转入护理之家的占 15%—30%，转入家庭 的占 35%—60%，由此可见，患者在急性期之后，回归家庭或转入护理之家者占绝大多数。

而在我国，社区康复是 2015 年初步实现残疾人“人人享有康复服务” 目标的重要手段，它具有低投入、广覆盖、可及性强的特点，但 是目前只有 16.7% 有康复需求的患者能得到康复服务，康复服务与康复需求之间存在着相当大的差距。此外，我国的康复医疗依然集中于综合医院，社区医院中开展康复科的不足一半。有学者报道，社区医疗卫生场所中 56%没有设立康复科，一年中只有 25% 的康复人员参加过康复培训，远不能满足人们对康复医疗的需求。

在此背景下，开发出一款集成式的产品来减少医疗系统目前负担的压力，是有必要且能起到巨大作用的。项目指导教师王斐教授实验室，在医疗机器人方向深耕多年，实验室内有大量机械臂、外骨骼装置可为项目的测试提供帮助。

本课题组将以嵌入式开发为基础，通过对多种传感器的集成处理，通过开发，着重解决我国医疗行业中康复服务不足的问题，产出的专利成果及产品将有效改善残障人士的生活质量，为国计民生做出自己的一份贡献。

### **3.3. 其他有关背景材料**

#### **3.3.1 基于肌电信息的运动评估技术及应用**

基于肌电信息的运动评估的关键环节是通过肌电信号精确识别出人体运动意图，该技术的实现过程一般是：1) 采集肢体运动时相关肌肉的 sEMG；2) 对 sEMG 进行 去偏置/噪声预处理后，提取特征；3) 利用 sEMG 特征样本离线训练运动模型；4) 利用训练的模型处理在线生成的新样本，识别运动意图；5) 以识别结果作为决策输入，控制假肢执行相应运动[1]。

#### **3.3.2 通过 EMG 信号进行力估计的研究方法**

Sidek. S. N 等通过使用人工神经网络(ANN)来执行基于不同力和拇指配置的 EMG 信号分类，并验证了人工神经网络对力估计进行信号分类的有效性[3]。Chen X 等提出并实现了一种基于快速正交搜索（FOS）方法结合分解算法的新框架，通过表面肌电图(sEMG)进行高精度肌肉力估计[2]。Hashemi J 研究发现使用 PCL 建模进行力估计能大大减少估计误差，动态收缩的力估计结果也显着提高。

### **3.4. 参考文献**

[1] 丁其川，熊安斌，赵新刚，韩建达. 基于表面肌电的运动意图识别方法研究及应用综述， 42(1):13-25, 2016.

[2] Sidek S N, Jalaludin N A, Shamsudin A U. Surface electromyography (sEMG)

-based thumb-tip angle and force estimation using artificial neural network for prosthetic thumb[J].Procedia Engineering,2012, 41:650-656.

#### 四、研究内容及技术路线

为高效实现运动障碍人士和残疾人士在康复期中的信息采集工作，我们基于机械设计软件集成传感器后，实现病人在连续运动状态下时肌电采集信号的滤波，建立对处理后的肌电采集信号的运动意图识别模型，之后基于各类传感器数据及深度学习模型评定病人的康复状况，进行相应的软件开发，最后基于信息分析结果，对使用者给予振动或电的反馈刺激，形成一个闭环。

##### 4.1 通过机械设计软件集成传感器的硬件开发

为实现采集流程的便捷化，降低成本，我们可以将相关传感器模块化集成在一个手环上，利用 solidworks 等机械设计软件及嵌入式相关知识，将每个模块封装后打包，从而在实际应用中，通过病人数据采集需要，用“搭积木”的方法，自行配置装置内的传感器，以达到减轻重量且节省成本的硬件开发目的。

##### 4.2 病人在复杂连续运动状态下肌电采集信号的滤波

本技术是为实现复杂状况的肌电信号处理与分析，手环采集 sEMG 信号之后，由于汗液，心电等因素影响，首先要进行滤波，流程为：首先采用 50Hz 陷波器去除工频干扰，然后利用 4 阶 10Hz 高通巴特沃斯滤波器去除低频漂移，采用 40Hz 巴特沃斯低通滤波器去除高频成分，保留与运动最直接相关的成分，这样可以有效地去除肌电信号中的噪音和干扰，实现病人的肌电信号的精确采集。

##### 4.3 建立基于深度学习的高精度运动识别模型

我们采用深度学习的方法从原始肌电数据中提取高层抽象特征，实现端到端的人体运动意图识别。本研究采用循环神经网络（RNN）来提取其中的时序信息。其中的 RNN 层采用双向 LSTM 作为基本单元。双向 LSTM 能够同时利用过去的样本的信息和未来的样本信息同时预测当前输出，能够更好的发掘时序信息，实现高精度的识别。通过深度学习框架及大量的肌电信号数据的训练，学习肌电信号的特征和模式，建立识别模型[2]，进而实现对病人康复训练状况的综合评估。

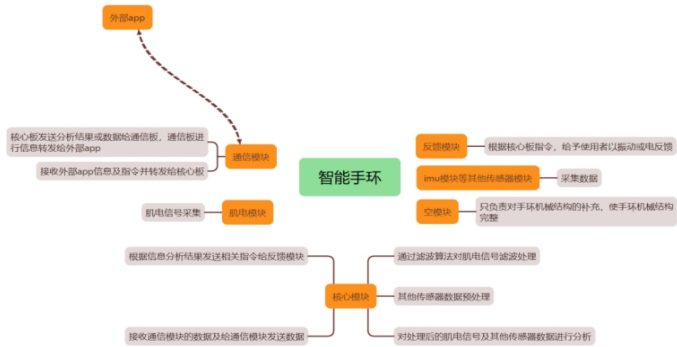
##### 4.4 通过各类传感器数据及深度学习评定病人的康复状况的软件开发

利用表面肌电信号（sEMG）的处理技术，我们可以感知用户的运动意图，利用 imu 等模块，我们可以掌握病人的运动细节，用 i2c 等协议进行通信将数据发至核心板，然后核心板通过深度学习进行数据处理分析后，将结果通过网络将发送到 app，app 进行数据二次分析，以实现评定病人康复状况的功能。

##### 4.5 基于信息分析结果的振动或电的反馈刺激

臂环接受肌电信号及 imu 传感器等传感器的数据后，经处理与分析后，我们可以基于信息处理结果及外界实际情况，建立相关反馈机制，给予使用者不同的振动刺激或者电刺激，形成一套“采集-处理-传输-反馈”网络，进而形成穿戴者-环境交互闭环系统。

技术路线



五、项目研究预期成果

- 5.1. 完成手环机械结构及电路结构的开发，并申请 1-2 项专利
- 5.2. 完成与手环控制接口及手环数据处理相关的 app 开发，并申请软件著作权
- 5.3. 根据手环实际情况，优化肌电信号处理算法及肌电信号分类模型，构建基于肌电信号分析结果的的反馈机制，进而构建一套“采集-处理-分析-反馈”网络

六、研究基础

指导教师: 王斐，男，工学博士，博士生导师，现任机器人科学与工程学院智能机器人研究中心副主任。长期致力于研究和解决智能机器人领域中生机电一体化、多模态感知与认知和人机交互等关键科学理论和技术难题。项目负责人袁敬博，获中国机器人大赛 fira 仿真组国家二等奖，有嵌入式项目开发经验。核心成员于子博，擅长 Python，有大创项目基础。预备成员衣姝馨，擅长 solidworks，有 c 语言基础。预备成员刘禹彤，擅长 solidworks，有 c 语言基础。预备成员夏诗雨，有 c 语言基础，多次参加学校科技比赛。

实验设备: 目前采用的主要信号采集设备为臂环。我们的实验室拥有足够的臂环进行实验，另外还配备有肌电采集工具，imu 传感器等设备。

实验场地: 本项目依托于东北大学机器人学院实验室，实验设施良好且完备。拥有完整的计算机实验环境，满足本项目的实施需要，能够为本项目的开发与实施提供良好的实验和技术验证环境。

七、经费使用计划（不支持设备费，成果费用与项目类别对应）

序号	支出项目	金额（元）	依据或理由
1	办公费（打印纸、电脑配件等）	1000	（不超过项目总经费 8%）
2	专用材料费	14000	
3	测试、化验、加工费		（不超过项目总经费 20%）
4	差旅费（外出调研等）		
5	资料版面费（论文版面、书费等）		
6	交通费（打车票）		
合 计		15000	

### 承诺书

本项目全体成员郑重作出如下承诺：

- 1. 申报材料内容及附件资料全部真实，涉及的项目数据、研究成果及所引用的资料文献、图标、注释合法，无重复申报的行为。
- 2. 参与申报的全体项目成员学有余力，在创新创业活动中无失信、违反伦理道德行为。
- 3. 遵守项目管理相关规定，按时完成项目立项、中期和结题验收等相关环节，按项目研究进度利用课余时间（包括寒暑假）完成各项任务。
- 4. 保证项目所提供的任何有关知识和技术均不侵犯他人的知识产权（专利），任何人不得将属于校方的知识产权私自交于对方或第三者，若因此产生法律责任与经济纠纷，由违者承担全部责任。

项目负责人及项目组成员（签字）：

袁敬博 李子博

夏诗雨 刘禹彤 衣妹馨

2023年      11月      15日