

# 华中科技大学

## 大学生创新创业训练 中期结题报告

项目名称：基于多模态大模型的肺栓塞患者溶栓风险智能诊断

指导老师：程骋/朱红玲

项目负责人：尹荷

所在院系：人工智能与自动化学院

报告日期：2024-11-25

实施时间：2024.05 - 2024.11

联系电话：19839916279

目录

目录

1 项目研究内容.....2

1.1 肺栓塞疾病简介 .....2

1.2 相关论文调研 ..... 3

2 项目研究进展.....4

3 阶段性成果 .....5

3.1 ECG心电图数据预测 .....5

3.2 基于EHR数据三分类（正常、死亡、出血）预测 ..... 5

4 存在问题 .....8

5 下阶段工作计划 .....8

6 资金使用情况 .....9

## 1 项目研究内容

本项目针对我国目前肺栓塞诊断费用昂贵，溶栓风险大，溶栓成功率低的现状，研究基于深度学习的肺栓塞诊断及溶栓风险预测模型，通过患者的电子健康记录（HER）和心电图（ECG）数据，快速预测溶栓风险，为临床医疗决策提供辅助支持。在项目的前期，我们主要进行了肺栓塞疾病相关知识了解，相关方法、论文的调研，并初步实现了通过ECG数据诊断肺栓塞，通过EHR数据进行溶栓风险（死亡、出血）预测。

### 1.1 肺栓塞疾病简介

肺栓塞（Pulmonary Embolism, PE）是指由内源性或外源性栓（最常见的是血栓）堵塞肺动脉或其分支血管引起肺循环障碍的临床和病理生理综合征。

全身溶栓治疗是血流动力学不稳定的肺栓塞患者的标准治疗方法，通过静脉注射溶栓药物来溶解已经形成的血栓，从而迅速恢复肺动脉的血流，减轻症状，降低肺动脉压力，并提高血氧饱和度。尽管有一定风险，但整体上提高了生存率。但是对于血流动力学稳定的患者来说，溶栓治疗的益处可能并不明显，而且出血和死亡的风险显著增加。因此在使用溶栓治疗时，医生需要对患者溶栓的风险进行个体化评估，制定最适合的治疗计划。

由于肺栓塞表现出的症状和现有的临床决策规则缺乏特异性，因此其诊断的不确定性仍然很高，通常需要进行计算机断层扫描肺血管造影术（CTPA）来确定肺栓塞的明确诊断。尽管CTPA被认为是肺栓塞早期诊断的金指标，但它仍然是一种昂贵、具有放射性和侵入性的检测方法，并且据估计，在所有肺血管CTPA检查中，约有三分之一是可以避免的，这造成了医疗资源巨大的浪费。相比之下，心电图是一种低成本、快速且广泛使用的检测方法，可用于肺栓塞诊断。本次研究提供了一个通过心电图（ECG）波形检测肺栓塞的模型，该模型能够在患者接受肺血管CTPA检查之前，提供较为精确的诊断信息，有效避免非

必要的检查程序，使得有限的医疗资源得以优先分配给那些最为需要的患者群体。

## 1.2 相关论文调研

在肺栓塞检测领域，深度学习已经得到了普遍的使用。

Silva等开发了一种基于人工智能的模型，专注于利用12导联心电图信号来预测急性肺栓塞。与传统的临床预测规则（如Wells和Geneva评分）相比，该AI模型展现出了100%的特异性和50%的敏感性，显著提高了对肺栓塞的检测能力。

Somani 等的研究提供了一种创新的方法，通过结合ECG信号和电子健康记录（EHR）数据来检测肺栓塞。这项研究开发了一个深度学习模型，该模型利用常规收集的ECG波形数据和临床数据，通过融合模型框架来预测急性肺栓塞的可能性。研究结果显示，融合模型（AUROC为 $0.81 \pm 0.01$ ）在性能上优于仅使用ECG波形数据的模型（AUROC为 $0.59 \pm 0.01$ ）和仅使用EHR数据的模型（AUROC为 $0.65 \pm 0.01$ ）。该研究表明，深度学习模型能够从ECG波形中提取对临床医生不明显的微妙信号，并通过与传统临床变量的协同作用，显著提高了对至少具有中等肺栓塞怀疑的患者肺栓塞检测的特异性。

Zhi 等提出了一种创新的多模态融合模型，旨在通过结合EHR数据和CT图像来提高肺栓塞的诊断准确性。该模型基于多层感知器（MLP）和二维卷积神经网络（2DCNN），并通过多维缩放（MDS）算法对EHR数据进行特征降维以去除无效信息，通过对600名患者的EHR数据和CT图像进行实验，结果表明该模型在准确性、F1分数和计算效率方面均优于现有方法，特别是，多模态融合模型相较于单一输入模型展现出更佳的性能，其中仅使用EHR数据的模型准确率达到69.2%，仅使用CT图像的模型准确率为95.3%，而多模态融合模型的准确率则高达97.3%，这一发现强调了结合临床信息和影像数据在提高肺栓塞诊断中的重要性。

至于肺栓塞患者的溶栓出血风险评估研究则相对匮乏，目前已有的研究主要集中在其它疾病。因此，开展专门针对肺栓塞患者溶栓后出血风险分层的研究显得尤为重要。这些研究者们整合了ECG信号、EHR数据以及CT图像等多种模态的数据，以期对疾病更为精准的预测与诊断。利用深度学习模型的多层抽象表示能力，能够有效地从原始数据中提取出有助于肺栓塞检测和溶栓风险预测的关键信息。研究者们或使用单一模态数据，或将不同模态的数据整合到预测框架中，从而克服单一模态分析可能带来的局限性。

## 2 项目研究进展

项目研究的具体时间线如下：

2024.04~2024.05：对项目相关内容进行调研，确定并完成了大创项目的申报，明确了该项目的大致内容、探讨了项目的大体思路与技术路线。学习了机器学习、神经网络的基础知识以及python语言。

2024.06~2024.07：学习了相关肺栓塞诊疗方面的医学知识，查询与肺栓塞溶栓治疗出现的不良后果方面的资料，寻找适合作为数据集的相关肺栓塞治疗数据，与同济医学院的老师进行沟通学习。学习了目标检测的基本方法，初步地完成了肺栓塞诊断模型框架的搭建。调研了肺栓塞诊断方法的相关论文。

2024.08~2024.09：调研了神经网络相关算法基本思路与方法并进行实践。搭建神经网络并基于肺栓塞和正常人的ECG数据进行训练和调整，得到预期的基于ECG数据对肺栓塞患者的预测模型。

2024.10~2024.11: 在预测肺栓塞的基础上着手处理EHR数据，探索XGBoost多分类模型在肺栓塞溶栓风险方面的预测，搭建基于EHR数据对肺栓塞患者溶栓死亡和出血风险的预测。与此同时，讨论下阶段工作计划，完成中期检查报告的撰写。

## 3 阶段性成果

### 3.1 ECG心电图数据预测

肺栓塞预测结果，模型展现出了 67.45% 的准确率。特异性为 0.854，敏感性为 0.419，阳性预测值为 0.668，阴性预测值为0.677， F1分数为0.515。模型在测试集上的 AUC 为 0.722。模型的 ROC 曲线以及 AUC如下。

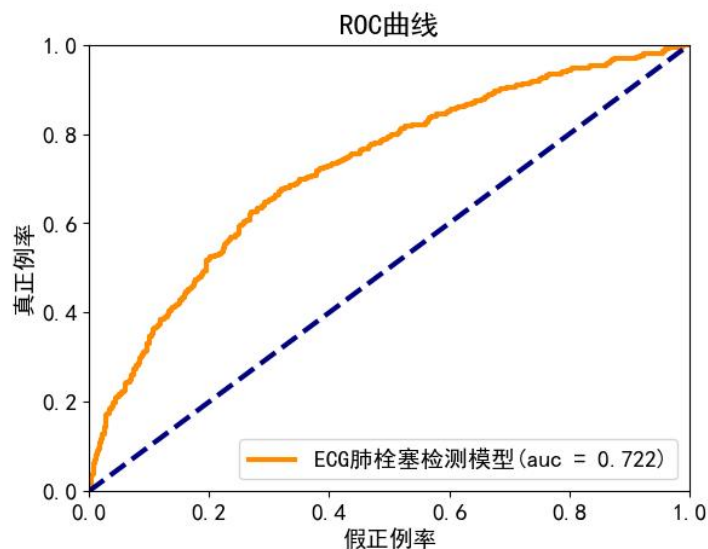


图3.1 肺栓塞检测模型的ROC 曲线和 AUC 值

### 3.2 基于EHR数据三分类（正常、死亡、出血）预测

我们对于EHR数据，使用MissForest算法进行填补后，再将其按照8：2的比例分为训练集和数据集，对训练集通过smotenc和clustercentroids混合采样得到新的训练集，最后通过使用xgboost模型来进行预测。

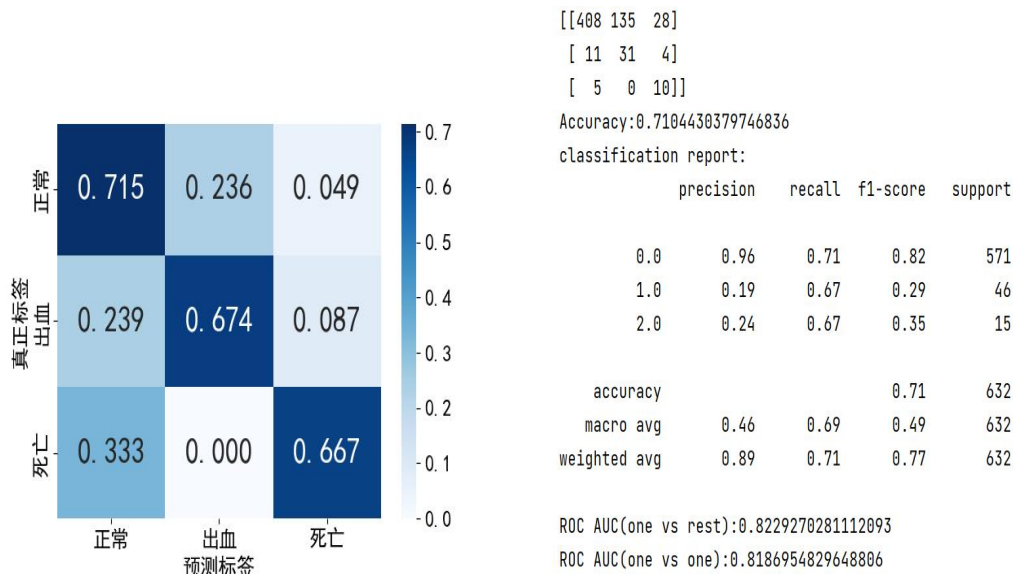


图3. 2. 1 三分类预测的混淆矩阵和预测结果

测溶栓后三分类模型的shap图特征如下：

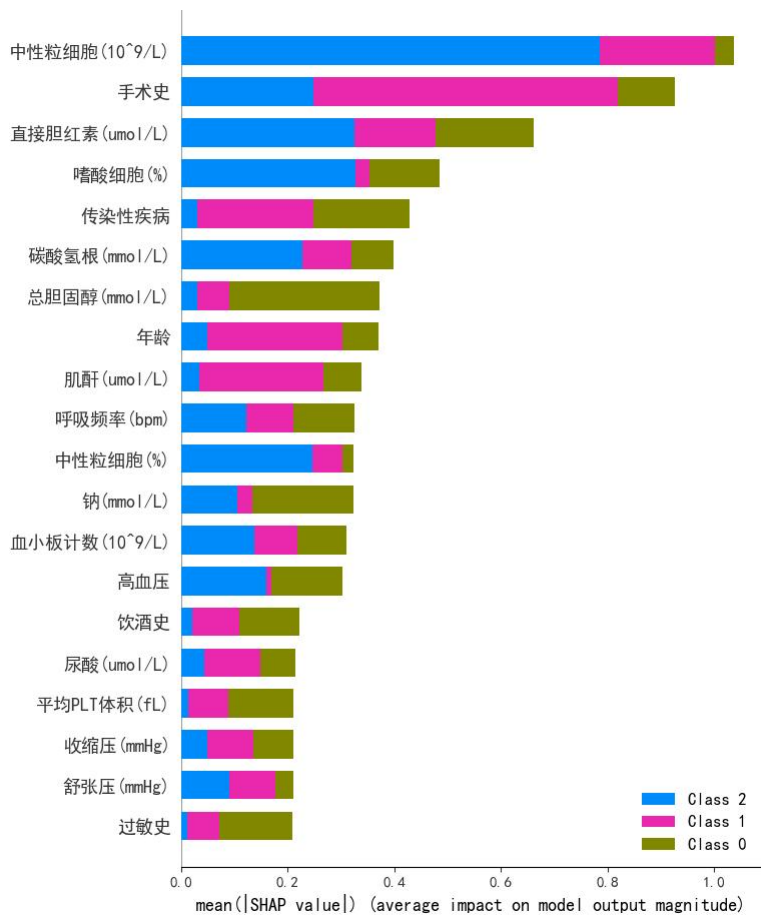


图3. 2. 2 三分类shap图特征结果

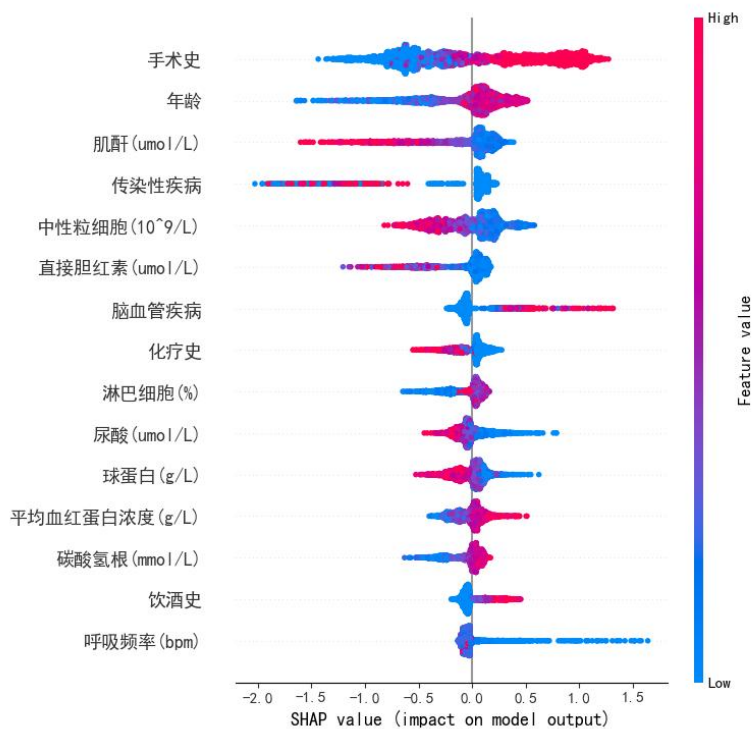


图3.2.3 出血风险重要性排名前二十特征

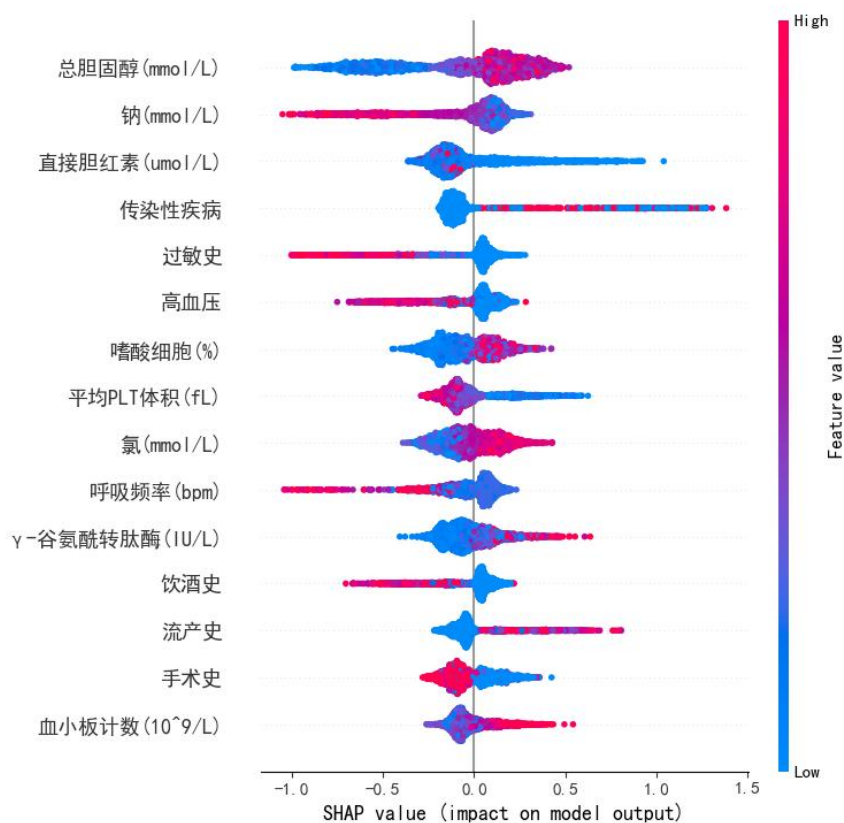


图3.2.4 死亡风险重要性排名前二十特征



## 4 存在问题

### 4.1 硬件设施缺乏

我们组的问题主要集中在硬件设施的问题，由于缺乏GPU算力资源，有许多很好的深度学习算法无法使用，很多都只能采用传统的机器学习算法，这对我们当初构建模型的实现提出了很大的挑战。

### 4.2 数据集缺乏

由于是医学相关的研究，可以使用的数据集比较有限且不全面。缺乏数据也一直是困扰我们组的问题。导致训练模型的结果与预期还存在些差距。

### 4.3 医学知识缺乏

由于是非医学专业，我们组只能通过和同济老师沟通来进行一些模型合理性和准确性的分析，导致模型调参效果不高。另外我们还有做预测溶栓并发症的想法，但是对于并发症判定标准还有待探究。

## 5 下阶段工作计划

整体上，我们想要先实现通过ECG数据和EHR数据对肺栓塞患者的溶栓风险进行融合预测，然后在此基础上进行进一步的研究，构建肺栓塞溶栓诊疗及风险预测综合系统。具体的时间线安排如下：

2024.11~2024.12: 优化肺栓塞对死亡和出血的预测，使其预测结果更加精确、更加贴合医学实际，并在此基础上尝试加入对应患者的ECG数据对模型进行改进。完成预期的融合预测模型，并对效果进行检验。

2025.01~2025.03: 在完成基于ECG数据和EHR数据对肺栓塞患者的溶栓风险进行融合预测的基础上，综合结果，构建肺栓塞溶栓诊疗及风险预测综合系统。

2025.04~2025.05, 完善研究内容，优化参数，提高系统预测的稳定性与准确率，分析总结研究结果，准备结题。

## 6 资金使用情况

该项目资金报销5000元，我们使用资金申请了一项专利。