



天津工業大學
TIANGONG UNIVERSITY

本科生毕业设计答辩

基于TOI的心率血压测量方法研究

学号：1910920606

汇报人：李伯乾

指导老师：唐春晓



目录

CONTENTS

- 01 研究背景及目的
- 02 国内外研究现状
- 03 任务要求
- 04 解决方案
- 05 实验结果
- 06 总结与展望

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

总结展望



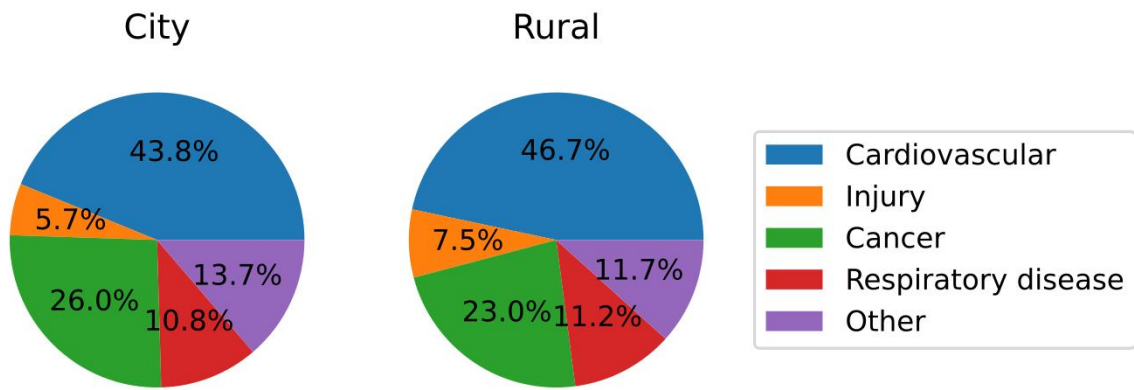
一. 心血管疾病患病情况

现实背景

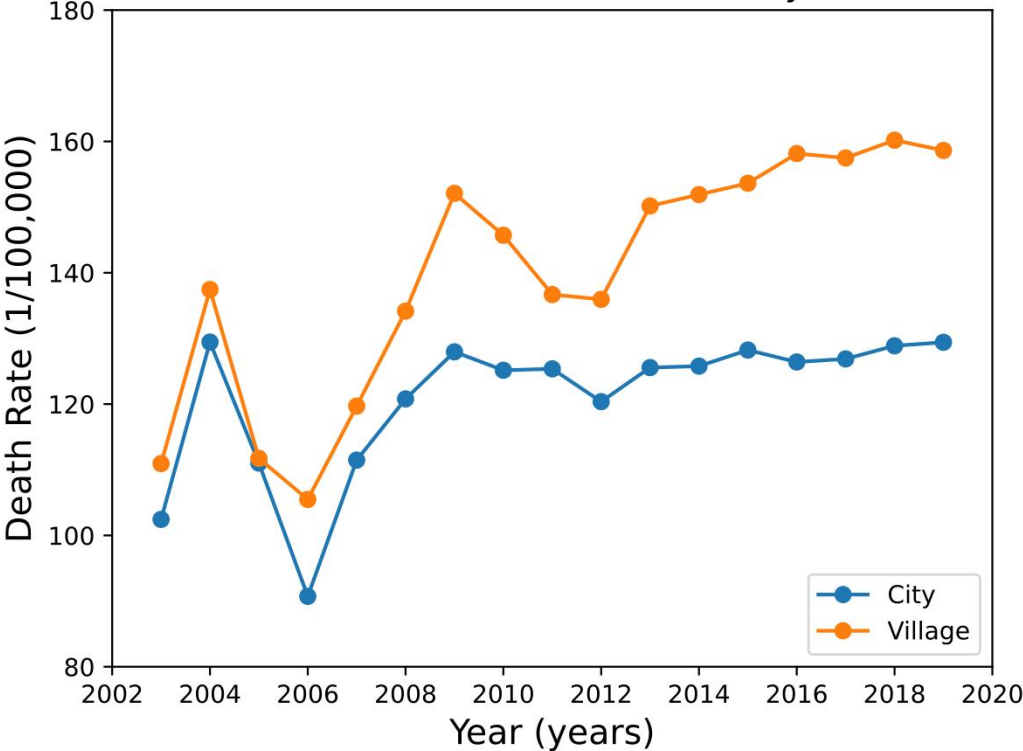
心血管疾病是指影响心脏和血管系统的一类疾病，包括冠心病、高血压、心肌梗死、心力衰竭、中风等。这些疾病对人类健康造成了重大威胁，是全球范围内最常见的疾病之一。

根据《中国心血管健康与疾病报告2021》的数据，心血管疾病是中国城乡居民主要的死因之一。心血管疾病也是导致残疾和健康负担的主要原因之一。而且，随着整个社会的生活节奏都在加快，低龄化趋势日益明显。目前，心血管病成为城乡居民总死亡原因的首位，早治疗才能尽快遏制病情。

Composition of the main causes of mortality of diseases in China for 2018



Trends in cardiovascular risk mortality in China



研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

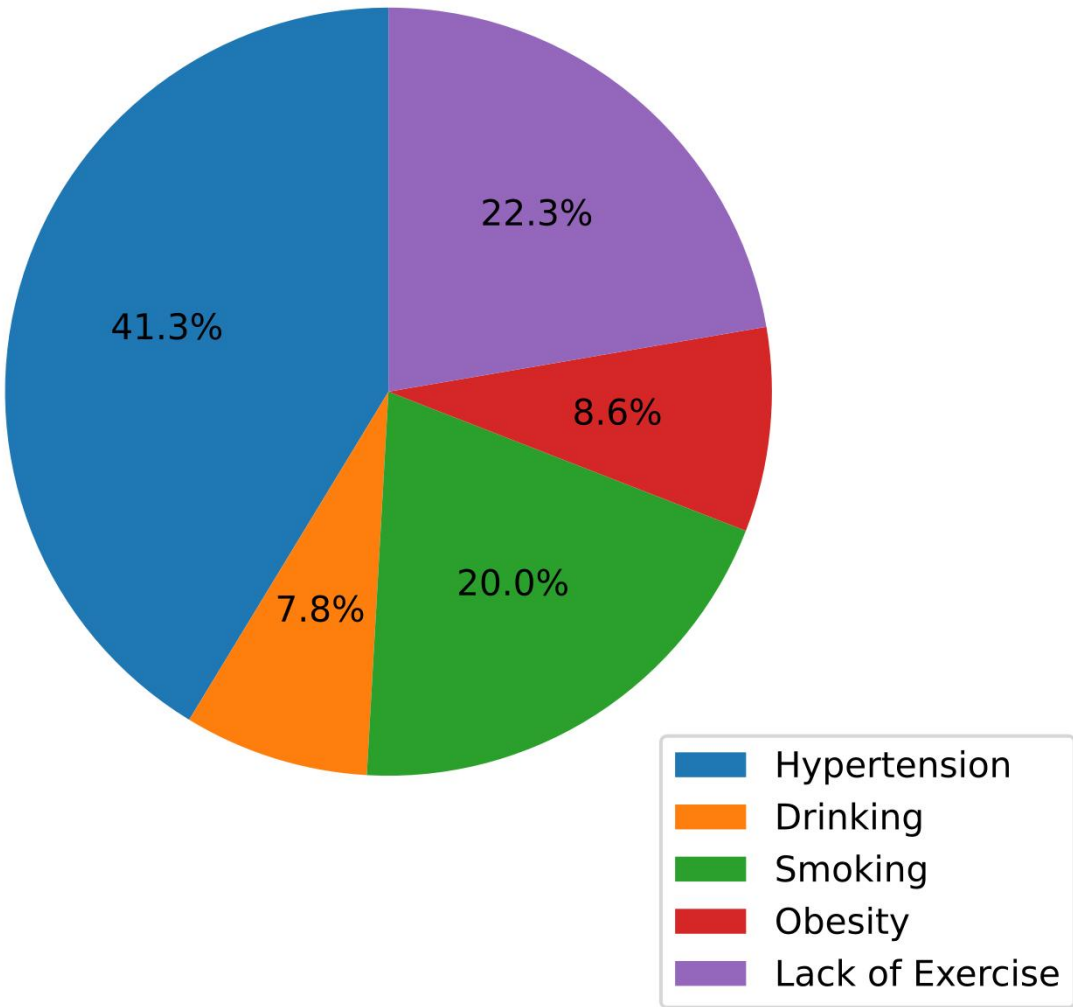
总结展望



一. 生理参数监测的必要性



Causes of Cardiovascular Diseases (Pie Chart)



心率和血压是监测心血管疾病的主要指标之一。根据2021年相关调查结果，在国内心血管疾病患者中，约有41.1%的患者患有高血压。因此，血压成为监测心血管疾病的主要指标之一。

然而，传统的血压监测方法在高血压的监测和管理方面表现并不尽如人意，尤其是初诊高血压患者的配合度较低，因此，越来越多的人开始寻求更加方便和有效的血压监测方法。这不仅可以为高血压的早期发现提供一定的参考价值，而且血压作为生命体征的一项重要生理指标，在病理诊断、疗效观察以及病情判断方面具有积极的应用价值。

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

总结展望

致谢



一. 生理参数采集方法概述

● 接触式测量方法

接触式血压测量是指将测量设备直接接触到人体的皮肤或组织上，通过检测皮肤表面压力的变化等特征来测量血压的方法。常见的接触式血压测量方法包括传统的手动血压测量法、自动电子血压计、连续无创血压监测(CNAP)和有创血压监测。接触式方法准确性高，但存在不适感、操作技巧要求高、便捷性低和使用限制等缺陷。因此，虽然接触式血压测量方法可满足专业测量需求，但在某些情况下存在局限性。



● 非接触式测量方法

非接触式血压测量方法是指可以在不直接接触人体皮肤或组织的情况下测量血压的方法。常见的非接触式血压测量方法包括基于图像的远程光电式测量、超声波多普勒方法和红外线热成像法。这些方法利用不同的原理和技术来推断血压值。尽管非接触式血压测量具有便捷性和舒适性等优点，但其测量精度和可靠性仍需要进一步研究和验证。在选择使用非接触式血压测量方法时，需要考虑测量对象的特点和测量要求，并结合实际情况进行判断和选择。



研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

总结展望

致谢



二. 国内外研究现状



Verkruysse 等

首次提出使用远程光电容积脉搏波描记(rPPG)技术进行生理指标测量

2008



De Haan 等

提出了颜色空间投影分解算法，利用不同颜色空间信号的互补性，消除头部运动所带来的影响。

2013



Yu 等

使用3D卷积网络来训练端到端的心率估计模型。

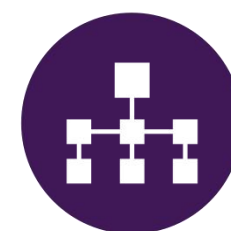
2019



Poh 等

首先提出这一假设并成功使用独立成分分析分离出脉搏波信号，取得了鲁棒的生理指标测量结果

2011



Li 等

首次，使用皮肤分割的方法来获取感兴趣区域。使用面部关键点裁剪出固定的面部皮肤区域

2014

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

总结展望

致谢



一. 任务要求

1.

利用手机上的相机拍摄面部视频，同时利用电子血压计获取心率和血压的真实值。

3.

设计实验，对预测模型的性能和准确性进行评估。

2.

根据文献中的TOI原理，在MATLAB平台上开发视频处理算法，从面部视频中提取出心率和血压信息。

4.

改变拍摄视频时的光照、是否使用自动白平衡、室内和室外等因素，对比心率和血压的测量值与真实值之间的差异，研究基于TOI的心率血压测量方法准确度、精度和误差影响因素。



研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

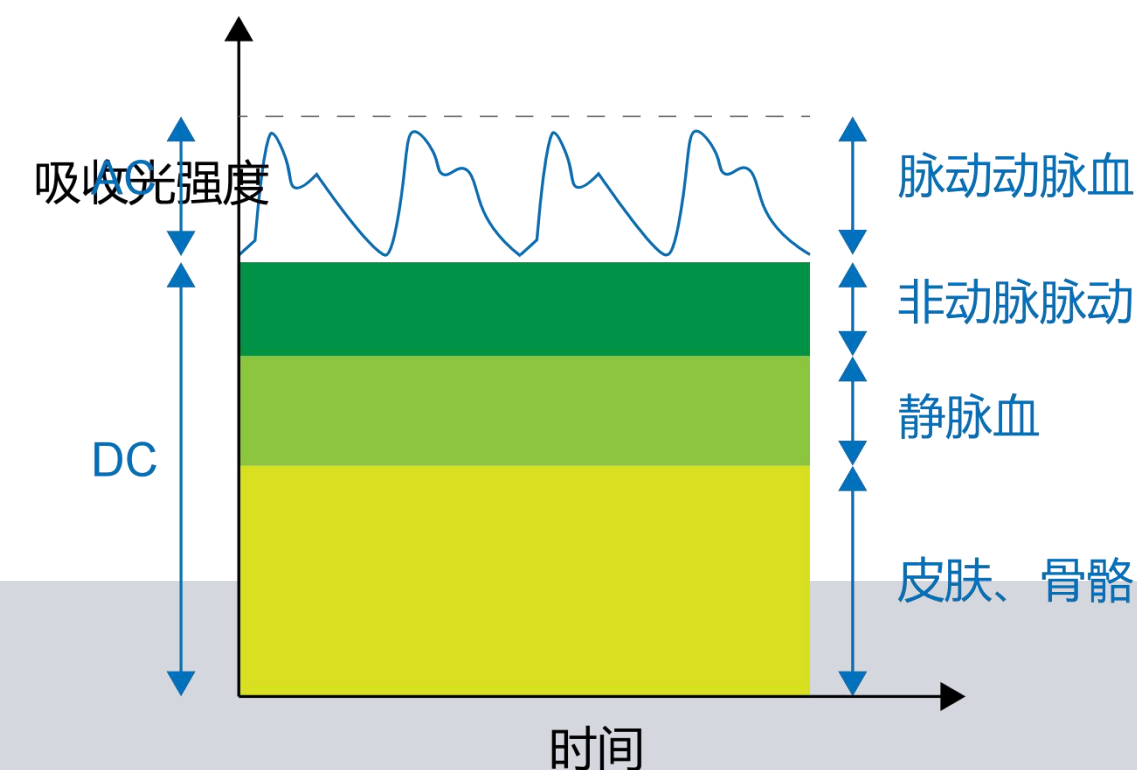
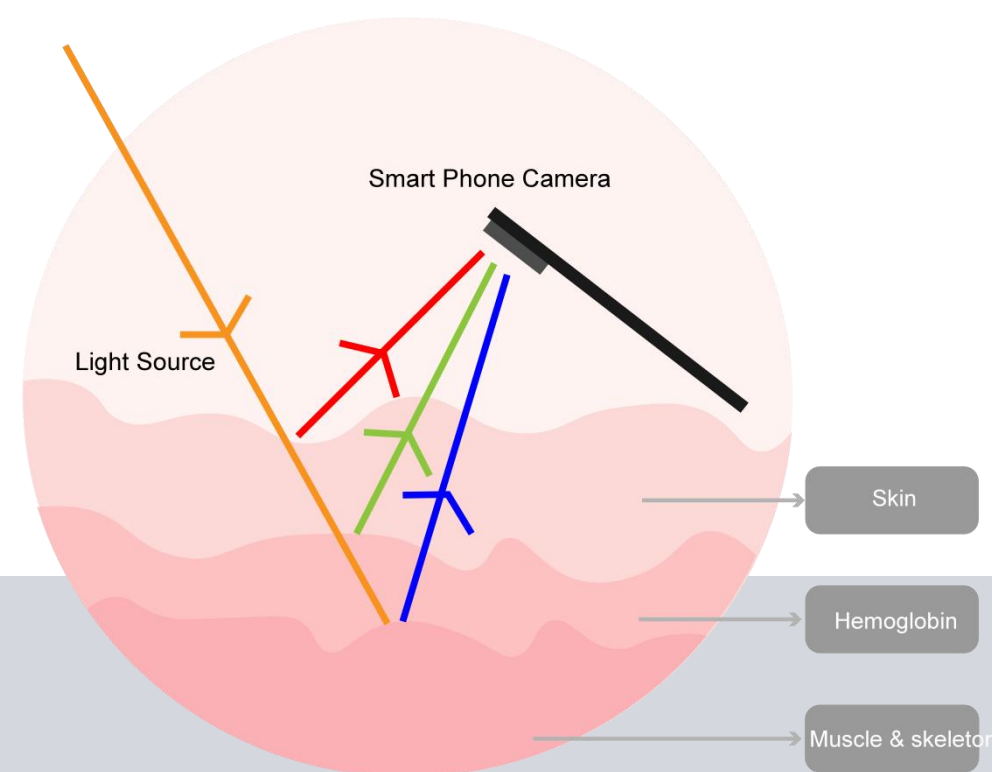
实验结果

总结展望

致谢



一. TOI原理



由于面部表皮的半透明性，环境光可以穿透表皮并到达下面的组织，一部分光线被皮下组织吸收，还有一部分光线散射到皮肤外部。其中，血液中的血红蛋白的数量和各种皮下组织（如肌肉、骨骼等）蛋白共同决定了从皮肤散射回来的光的颜色。每种吸光蛋白的都有不同的特征，因此可以根据这两种吸光蛋白的不同吸光特性将主要含有血红蛋白信息的反射光信号单独提取出来。

皮肤血红蛋白信号可以反应与血压变化相关的特征。例如，心血管输出量和脉搏波速度等，通过这些特征可以推断出血压的变化。此外，脉搏波的波形特征也包含着一些血压信息。

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

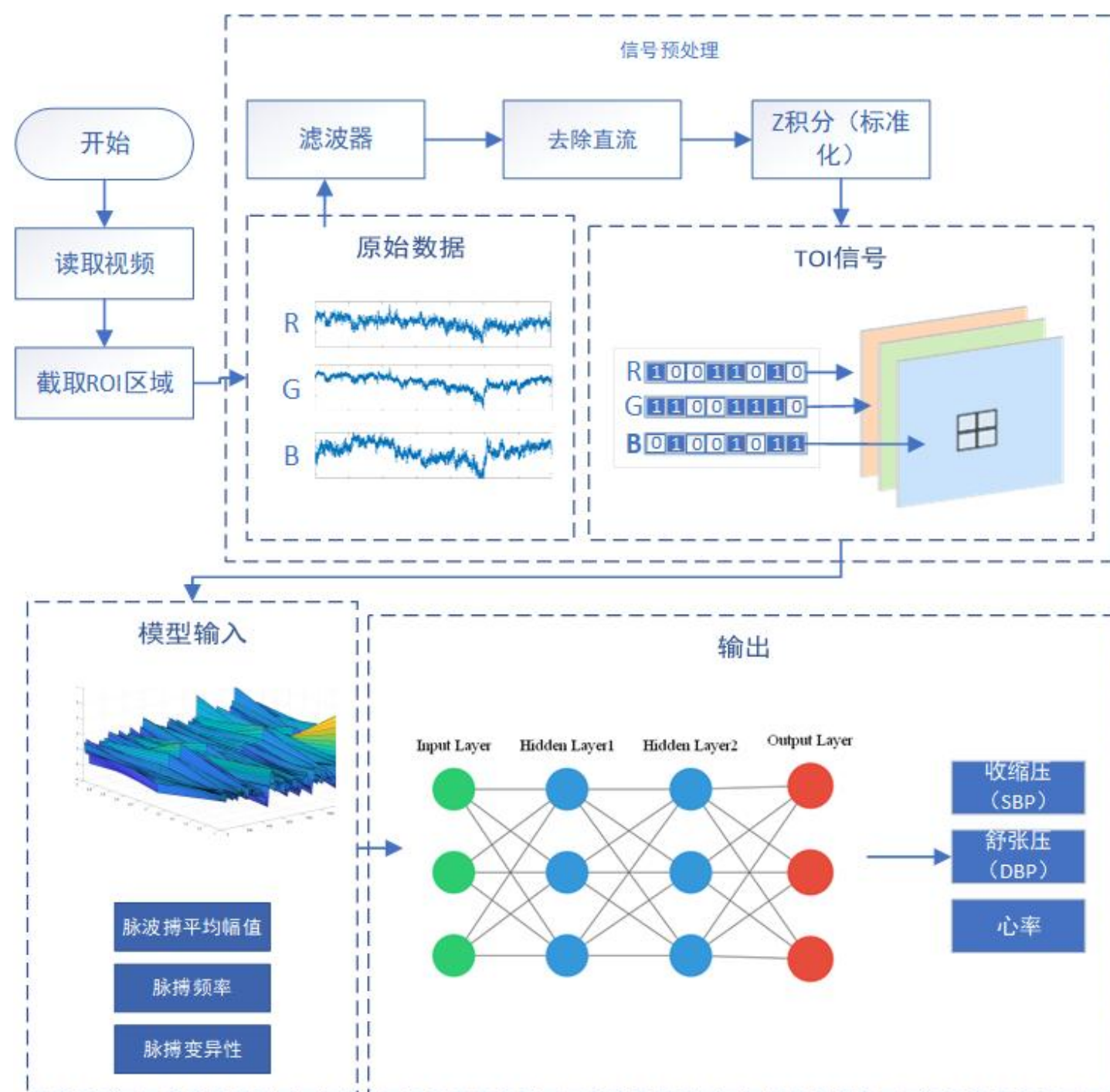
实验结果

总结展望

致谢



二. 测量系统概述



主要流程

首先读取通过手机拍摄的视频文件，程序将按照设定好的要求自动截取面部感兴趣区域。下一步为信号与预处理阶段，主要通过带阻滤波、带通滤波、标准化处理等方法，最终从原始信号中提取出皮肤血红蛋白信号。接下来，利用信号处理和机器学习算法对这些特征进行分析和提取，以获得与血压变化相关的特征。

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

总结展望

致谢



三. 数据处理方法

● 脉冲平均振幅

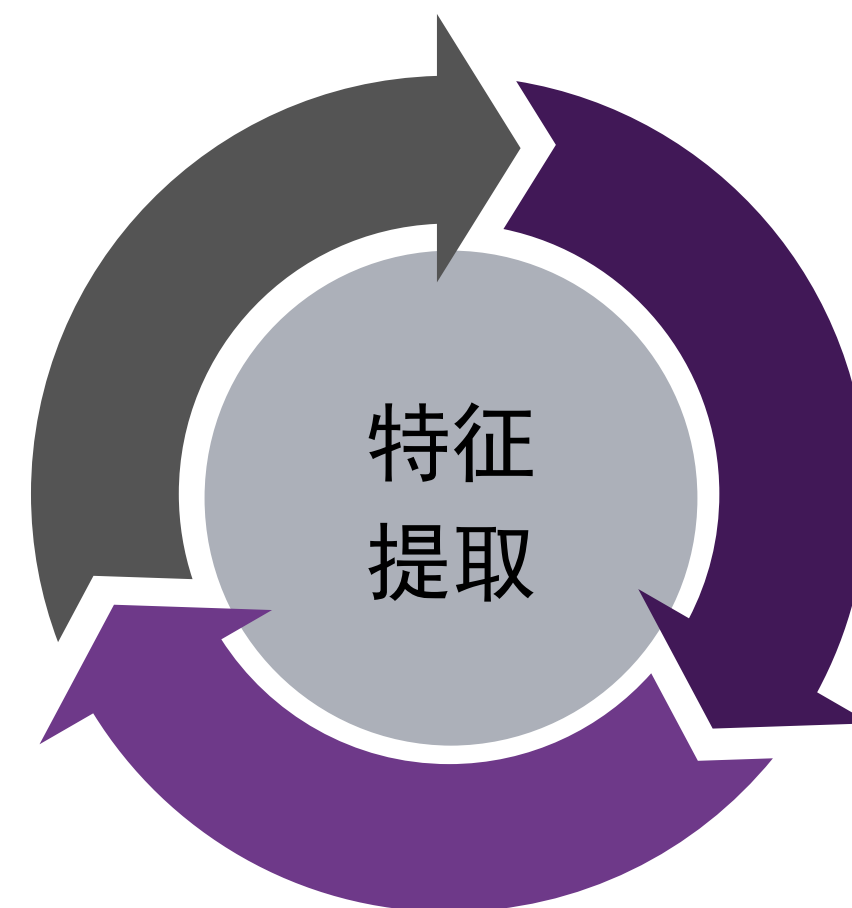
首先选择了适合的感兴趣区域。接下来，对这些感兴趣区域的信号进行Z-Score标准化处理，并对它们进行求和。设计滤波器滤除0.7至2Hz之外的信号。最后，利用计算信号的平均幅值。

● 脉冲频率特征

首先对感兴趣区域中的每个区域的TOI信号进行了标准化处理。然后，使用带通滤波器将每个信号过滤，仅保留0.7至2赫兹的频率范围。然后，对每个信号进行求导，并根据振幅的标准差进行加权运算。最后，合并来自所有感兴趣区域的信号，产生一个单一的脉冲频率信号。

● 脉搏形状变化率

首先，通过对所有感兴趣区域的平均脉搏频率信号进行求导，得到脉搏频率变化率，即脉搏频率的变异性。然后，对信号进行z-score标准化。接下来，将标准化信号使用20个中心频率从0.01 Hz到0.39 Hz的椭圆带通滤波器对信号进行处理。这些滤波器的，每个滤波器的带宽为0.02 Hz。



研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

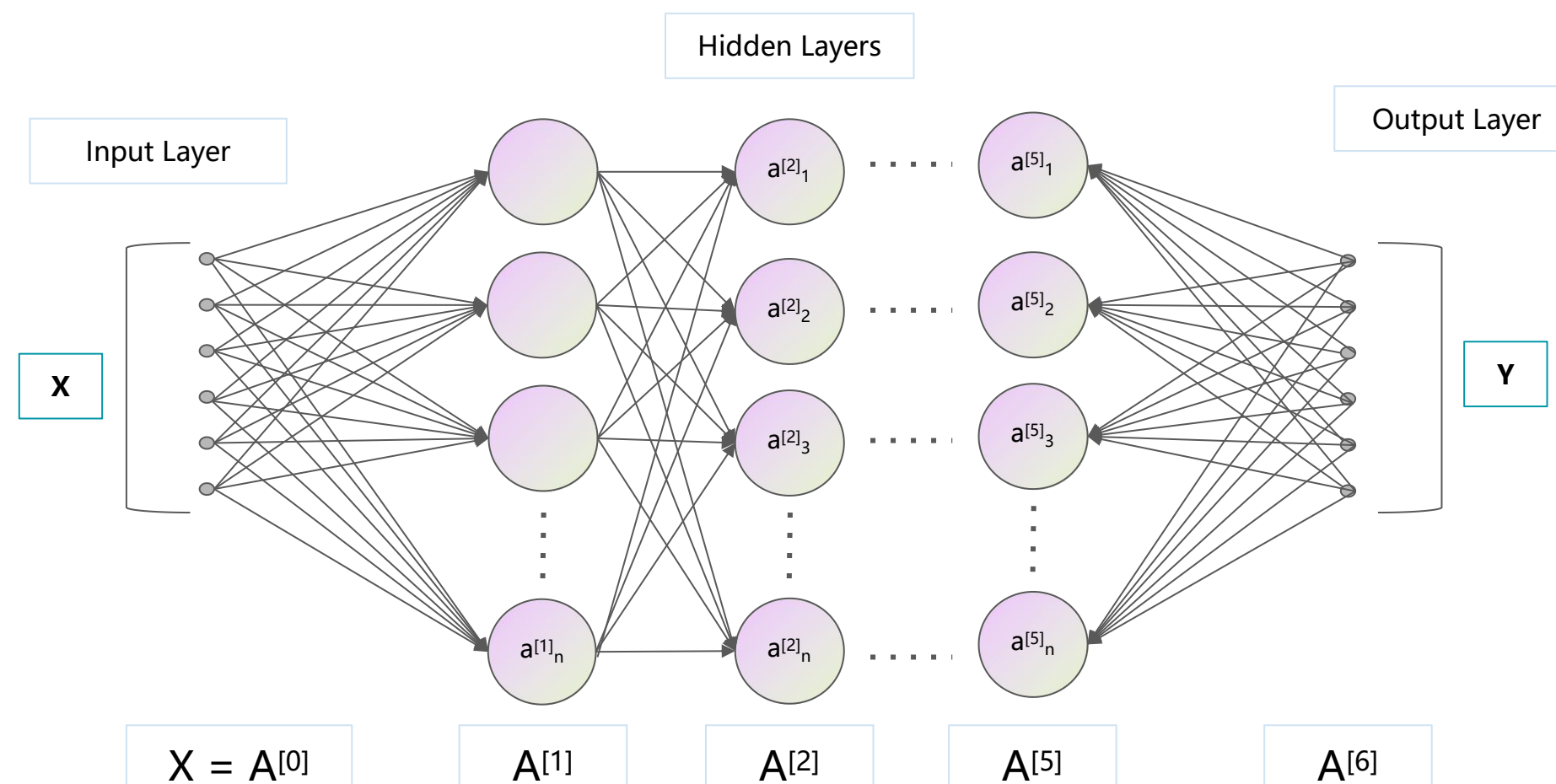
实验结果

总结展望

致谢



四. 预测模型的建立



输入层

在本文的研究中，选择脉搏波的平均幅值、脉冲频率特征、脉搏形状变化率、年龄、性别和身体质量指数（BMI），共6个特征作为输入层神经元。

隐藏层

共有五层隐藏层，每层有10个神经元。

输出层

输出层有三个神经元，分别为收缩压（SBP）、舒张压（DBP）以及心率。

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

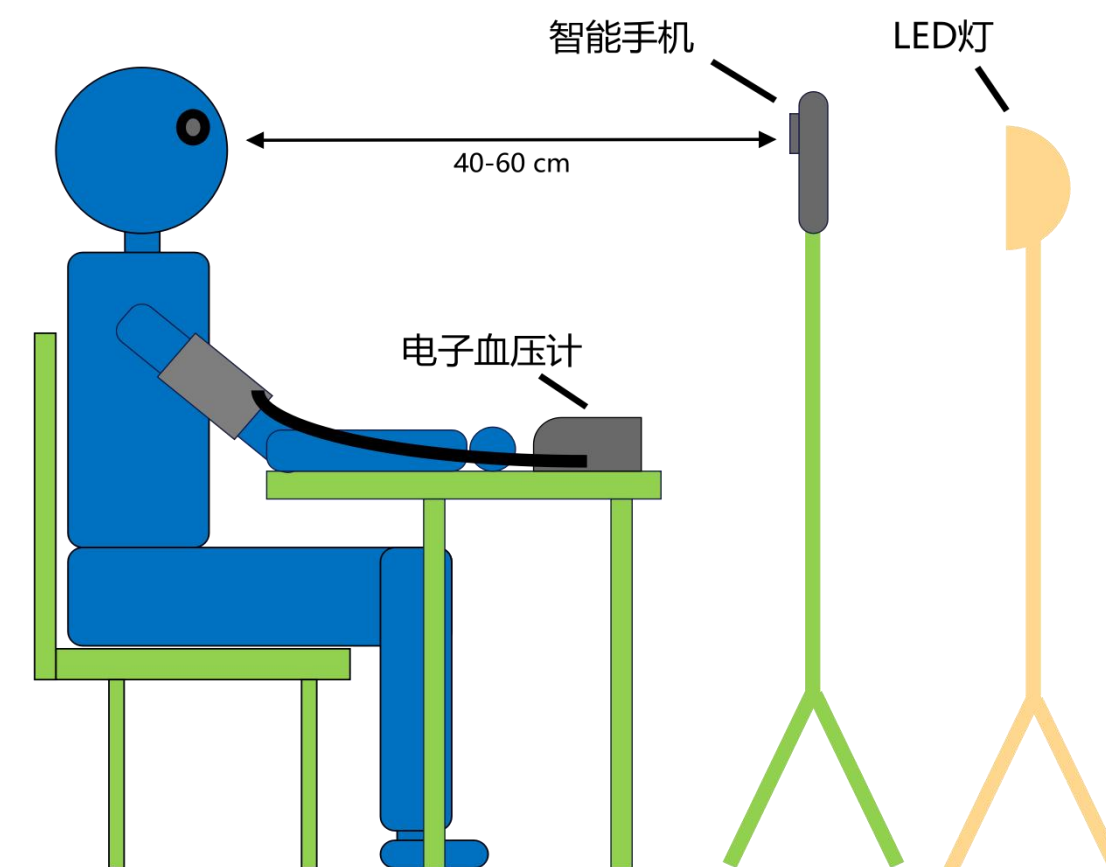
总结展望

致谢



一. 实验方法

数据采集的设备包括一部智能手机，用于拍摄包含TOI信号的视频；LED照明光源，用于在视频录制过程中均匀地照亮受试者的面部；一个可调节高度的座椅，用于将受试者置于摄像头前的适当高度和距离；一张桌子，受试者在测量血压时可将手臂放在上面；以及一个电子血压计，用于测量基准血压以及心率。



研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

总结展望

致谢



二. 误差分析

评价指标

本文选择平均绝对误差(MAE)、均方根误差(RMSE)和Bland-Altman图作为评价指标。

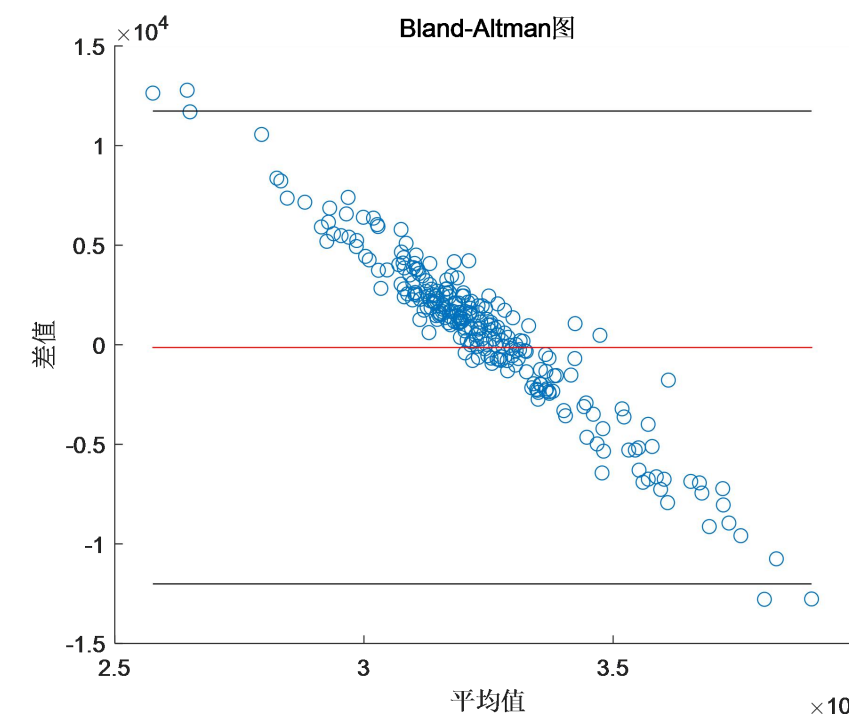
均方根误差和平均误差

通过计算得出，均方根误差 (MAE) 为：49.6905，占样本数的平均误差 (RMSE) 为：34.0334。因此，本文的使用的多层感知机方法具有一定的可行性。

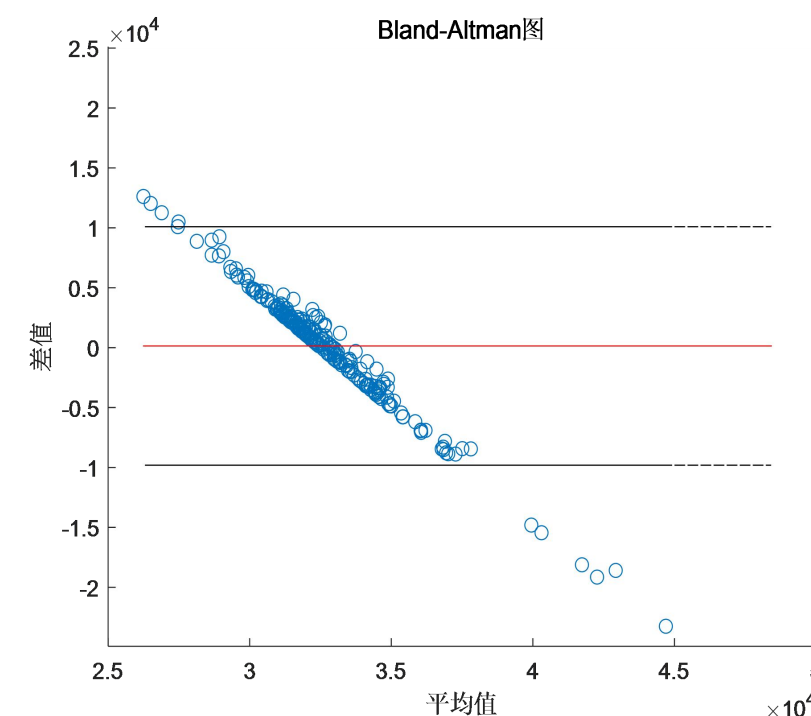
Bland-Altman图

使用Bland-Altman图可视化预测值和观测值的一致性状况，比较血压预测方法的精确度。

多层感知机预测方法在预测SBP和DBP时，其预测值和观测值之间的一致性达到了96%以上。实验结果表明，基于TOI的多层感知机预测方法在血压预测中具有较高的一致性，能够有效实现对SBP和DBP的预测。



SBP 的Bland-Altman图



DBP 的Bland-Altman图

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

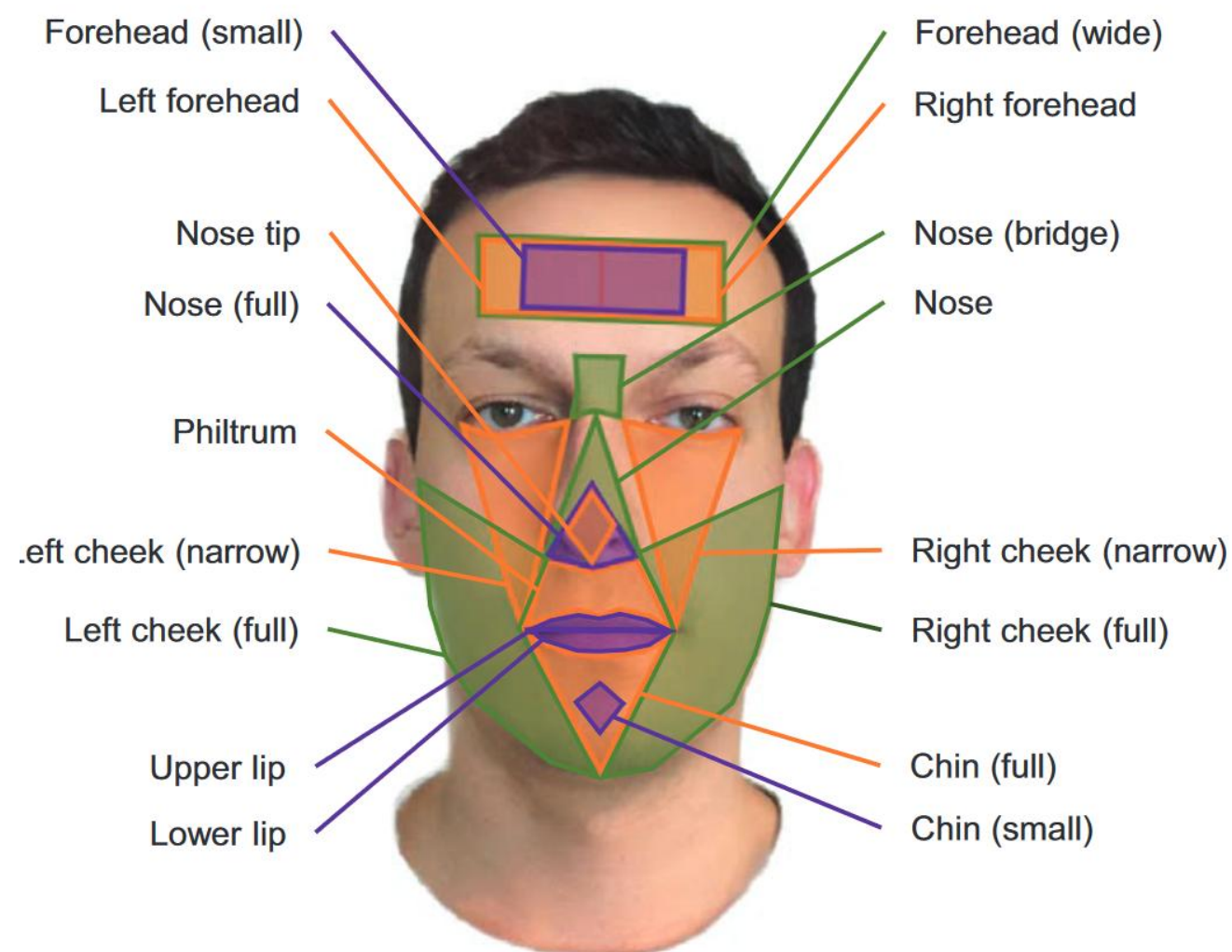
实验结果

总结展望

致谢



三. 感兴趣区域



感兴趣区域的选择

TOI技术一般将血管分布丰富并且比较裸露的皮肤区域作为测量系统中的ROI区域，比如人的手掌和脸部等。本文共选择了整个面部、左脸颊、右脸颊、额头四个感兴趣区域。

评估结果

通过比较不同感兴趣区域的误差值，可以发现局部区域（如额头、左右脸颊）的误差相对较小，而面部整体的误差相对来说比较大。因此，在血压测量中，选择合适的感兴趣区域进行测量也是非常重要的。

研究背景
研究目的
研究现状
任务要求
解决方案
实验结果
总结展望
致谢



四.其他影响因素分析

评价指标

本文选择使用多元线性回归（MLR）评价预测模型的准确性的影响因素。

在这个模型中，三个自变量中只有光照强度的p值小于0.05，且t检验大于1.5，说明光照强度可能对血压预测值与真实值的误差有显著影响，而体重指数和年龄则没有显著影响。因此可以确定光照条件是预测结果产生误差的主要影响因素，且应该在拍摄受测者面部视频时保证充足且均匀的光照。

影响因素	Estimate	SE	tStat	pValue
体重指数	0.002761	0.10083	0.027383	0.97821
光照强度	0.1643	0.10061	1.633	0.10574
年龄	0.057897	0.10083	0.57422	0.56716

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

实验结果

总结展望

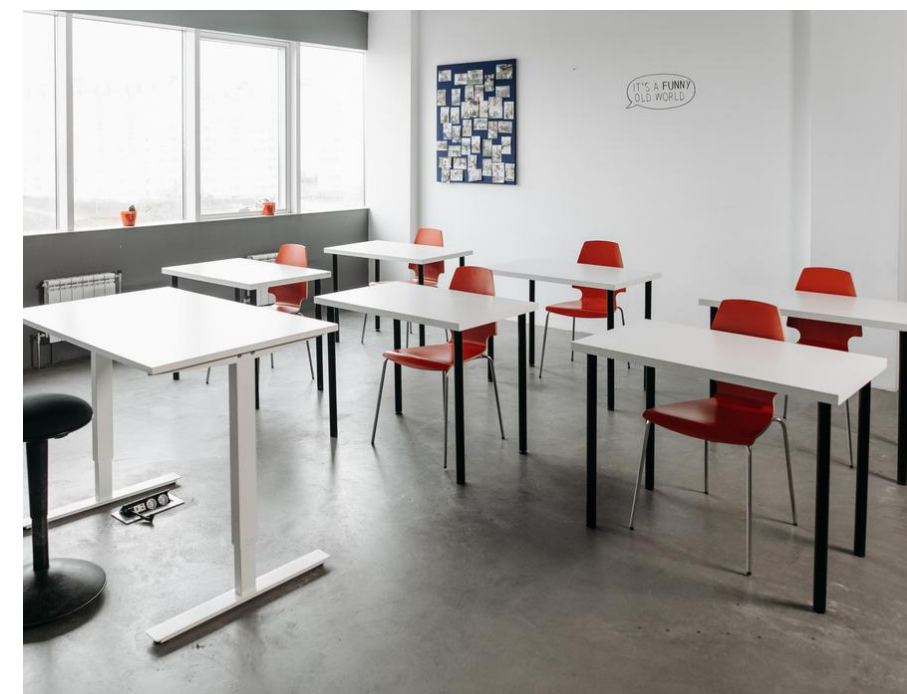
致谢



一. 工作总结



本文验证了所提出的血红蛋白变化信号提取方法的准确性。通过比较不同面部ROI区域的血红蛋白信号强度差异，发现在脸颊周围的皮肤区域的信号强度变化最为明显，因此该部位更适合进行心率测量。



阐述了PPG技术和TOI测量系统的原理，介绍了TOI测量系统的系统组成与影响测量准确性的主要因素。



本文在MATLAB平台上编写了心率血压预测程序。通过使用LED灯作为光源，可以采集脸部原始视频，并选择ROI区域，对各个位置的心率信号强度进行分析。

研究背景

研究目的

研究现状

任务要求

解决方案

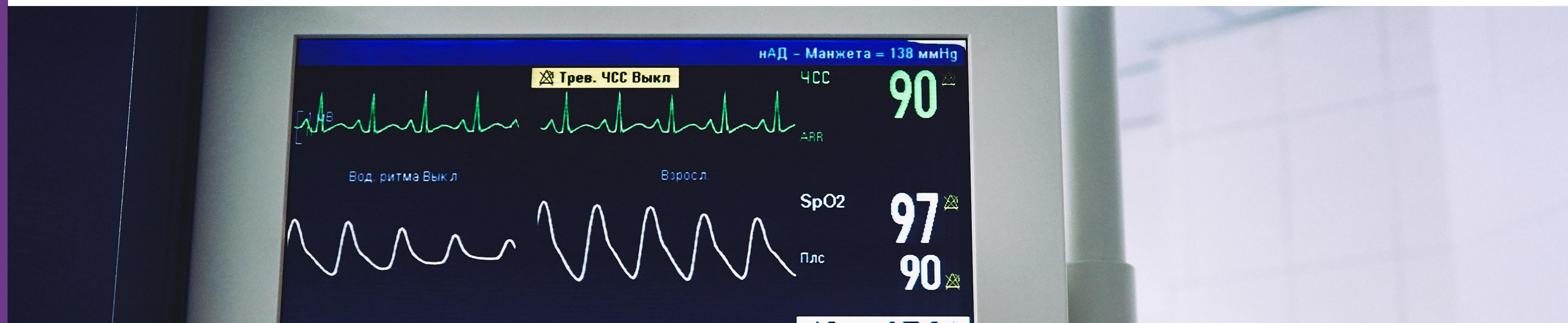
实验结果

总结展望

致谢



二. 后续工作展望



虽然本文设计的预测模型在测量心率和血压方面效果较为准确，并且对影响测量结果准确性的因素进行了研究，但还是有一些不足和有待改进的地方。

改进数据采集方法

为了保证测量的准确性，需要被测者尽量保持相对静止。下一步可以重点研究如何在被测者运动的情况下进行心率测量。

提高普适性

本文所采用的数据集未考虑存在特殊心脏疾病的人群。因此，血压估计模型可能存在局限性。为提高血压估计的准确性，进一步改进机器学习模型。

其他生理参数的提取

本文只是从中提取了血红蛋白变化信息并通过机器学习预测心率和血压，后续的研究可以对提取更多生理参数这一问题展开研究。

致谢

本课题在唐春晓老师的悉心指导和严格要求下已完成，从课题选取、方案论证到具体设计和调试，无不凝聚着唐春晓老师的心血和汗水。

本课题能够顺利的完成，也归功于和我一起合作并给予帮助的同学，正是有了他们的悉心帮忙和支持，才使得实验顺利完成，在此向大家表示由衷的谢意。



天津工业大学
TIANGONG UNIVERSITY

班级：通信H1902

感谢观看

恳请各位导师批评指正

学号：1910920606

汇报人：李伯乾

指导老师：唐春晓