

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 611.1; 519.25

Нгуен Ван Бась

Обработка и анализ видеоизображений лица в пространственно–временной
области

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-36 80 08 «Инженерная геометрия и компьютерная графика»

Научный руководитель
Борискевич Анатолий Антонович
доктор технических наук
профессор кафедры ИКТ

Минск 2023

ВВЕДЕНИЕ

Пульс человека представляет собой ритмичные колебания сосудов, которые соответствуют сокращениям сердца и является одним из важнейших показателей, помогающих отследить, все ли с сердцем в порядке. Традиционное определение частоты сердечных сокращений в основном использует два временных сигнала: электрокардиограф (ЭКГ) и контактную фотоплетизмографию (сPPG) на основе датчиков. Из-за ограничений методов сPPG особенно важно изучить метод бесконтактного определения ЧСС. Было доказано, что rPPG (дистанционная фотоплетизмография) лучше, поскольку она не требует вмешательства. Он может быть пригоден для непрерывного измерения частоты сердечных сокращений (ЧСС) во многих случаях, таких как мониторинг новорожденных в отделении интенсивной терапии (отделение интенсивной терапии), жертвы ожогов, оценка состояния водителя, онлайн-обучение, анализ эмоций, мониторинг здоровья животных, улучшение существующего алгоритма компьютерного зрения. для обнаружения живой кожи человека, предоставления недорогих решений для приложений мониторинга здоровья, еще одно применение rPPG в мониторинге здоровья включает картирование перфузии крови и мониторинг эффективности регионарной анестезии. Хотя этот вид методов может быть не таким точным, как электрокардиограмма (ЭКГ), они могут обеспечить долгосрочный мониторинг ЧСС, не вызывая дискомфорта у пациентов. Эти технологии могут быть очень полезны в расширяющихся областях, таких как телемедицина, где удобство использования является ключевым фактором.

Извлечение частоты сердечных сокращений из видео лица – сложный процесс, состоящий из нескольких этапов. Первым шагом является обнаружение лица, при котором область лица идентифицируется в видеокдрах. Следующим шагом является выделение области интереса (ROI), которое включает в себя определение области лица, где можно извлечь импульсный сигнал. Как только ROI идентифицирована, импульсный сигнал может быть извлечен из нее с помощью анализа цветового канала. Суть шага заключается в преобразовании сигнала 2D ROI в сигнал 1D ROI. Извлеченный сигнал затем обрабатывается и фильтруется для удаления шума. Наконец, частота сердечных сокращений оценивается с использованием таких методов, как обнаружение пиков или частотный анализ. Наше исследование сосредоточено на этапе извлечения импульсного сигнала и вычислении спектра мощности сигнала 1D ROI. В то время как большинство подходов rPPG извлекают импульсные сигналы путем усреднения по всем пикселям кожи в

ROI, мы предлагаем другие алгоритмы, которые позволяют извлекать импульсные сигналы из ROI для повышения точности оценки ЧСС.

Наш вклад можно резюмировать следующим образом:

- метод мониторинга сердечного ритма человека, основанный на комбинированной пространственной и частотно–временной обработке видеокадров лица и взаимосвязи между моделью видеокадра лица в пространственной и частотной областях;

- извлечение импульсных сигналов из видеокадра ROI на основе гармонического среднего пикселя и дискретного косинусного преобразования;

- удаление выбросов из видеокадра на основе метода Z–оценки.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации:

Бесконтактный метод определения частоты сердечных сокращений является актуальной проблемой для непрерывного мониторинга частоты сердечных сокращений в случаях, когда контактные методы трудно реализуемы (оценка состояния пациентов, пострадавших от ожогов, оценка состояния водителя, онлайн-обучение и т.д).

Степень разработанности проблемы

Мы предлагаем алгоритмы, которые позволяют повысить точность оценки частоты сердечных сокращений на открытых наборах тестовых видео данных. Теоретическое исследование методов определения частоты сердечных сокращений и обнаружения области интереса на лице видео изображений.

Цель и задачи исследования:

Повышения точности оценки частоты сердечных сокращений по видеоизображению лица.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- анализа методов определения частоты сердечных сокращений;
- Разработка алгоритма оценки сердечных сокращений по видео изображению лица;
- Моделирование разработанного алгоритма на базе тестовых видео изображений.

Объект исследования: видео изображения лица.

Предмет исследования: свойства видео изображения лица для определения частоты сердечных сокращений.

Научная новизна: формирование пульсовых сигналов посредством вычисления гармонического среднего и дискретного косинусного преобразования, фильтрации выбросов.

Магистерская диссертация выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиата». Процент оригинальности составил 81,53%. Заимствования, самоцитирования и цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке литературы».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Анализ взаимосвязи между моделью видеокadra лица в пространственной и частотной областях.
2. Алгоритм обнаружения области интереса на видео изображении лица.
3. Метод мониторинга частоты сердечных сокращений человека на основе комбинирования пространственной и частотно-временной обработки видео изображений лица.

Апробация диссертации и информации об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на международный научно-технический семинар «Технологии передачи и обработки информации» кафедры инфокоммуникационных технологий БГУИР 2023.

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации представлены в статье в периодическом научном журнале.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четыре главы с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе рассматриваются методы определения частоты сердечных сокращений.

Во второй главе представлен анализ взаимосвязи между моделями видеокadra лица в пространственной и частотной областях.

В третьей главе проведен анализ процедуры обнаружения области интереса лица на видео изображении.

В четвертой главе предложен метод мониторинга частоты сердечных сокращений человека на основе моделей видео изображения лица в пространственной и частотной областях.

В пятой главе проведены результаты моделирования разработанного метода оценки сердечных сокращений по видео изображения лица.

Общий объем диссертации составляет 56 страниц включая 26 иллюстраций, 2 таблицы, библиографический список из 22 наименований, список собственных публикаций соискателя из 1 наименования и 3 приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлено применение дистанционная фотоплетизмография для измерения частоты сердечных сокращений.

В первой главе рассматриваются методы определения частоты сердечных сокращений. Непрерывный мониторинг частоты сердечных сокращений очень важен для оценки здоровья человека. В настоящее время на практике используется несколько различных методов измерения частоты сердечных сокращений. Большинство общие методы на практике описаны в этом разделе.

Во второй главе представлена анализа взаимосвязи между моделью видеокadra лица в пространственной и частотной областях. Из закона Бера–Ламберта можно доказать что среднее значение всех значений постоянного тока всех блоков пропорционально интенсивности отраженного света и модель видеокadra лица эквивалентна как в пространственной, так и в частотной областях.

В третьей главе проведено процесс обнаружение области интереса. Обнаружение лиц является важным этапом предварительной обработки для методов rPPG (дистанционная фотоплетизмография) для измерения частоты сердечных сокращений. Как и предыдущий шаг в определении ROI, его точность напрямую влияет на точность определения частоты сердечных сокращений.

В четвертой главе рассматриваются предлагаемый метод мониторинга частоты сердечных сокращений человека на основе видеомодели лица в пространственно–частотной области. Метод основан на выполнении следующей последовательности операций: обнаружение лица человека на цветном изображении; выделение области интереса (ROI); генерируют импульсный сигнал 1D ROI на основе предложенной модели видеокadra; обработка импульсного сигнала 1D ROI; вычисление спектра мощности импульсного сигнала 1D ROI; полосовая фильтрация; оценка частоты сердечных сокращений человека.

В пятой главе проведено результаты исследования разработанного метода. В нормальных условиях наш подход может повысить точность оценки частоты сердечных сокращений на 1,14 удара в минуту с точки зрения MAE по сравнению с известными методами. Однако в физических условиях усреднение по всем пикселям кожи в ROI дает наилучшие результаты, поскольку удаление выбросов не повышает точность оценки, когда ЧСС сильно различается.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый метод основан на модели ROI видеокадра лица для генерации одномерного импульсного сигнала, удаления выбросов, устранения тренда сигнала и оконного дискретного преобразования. Это позволяет улучшить оценку сердечного ритма человека за счет использования комбинированной пространственной и частотно–временной обработки цветных и полутоновых видеокадров. Установлено, что использование среднего арифметического и среднего гармонического пикселей области интереса, а также 2D DCT–преобразования для выделения пульсового сигнала дает практически одинаковый уровень точности оценки ЧСС. Определено, что низко–, средне– и высокочастотные составляющие пространственно–частотного спектра, полученные с помощью DCT, не следует использовать, так как они снижают точность расчета ЧСС. Результаты экспериментов показывают, что точность оценки ЧСС человека по MAE составляет около 5 уд/мин в диапазоне от 48Гц до 180Гц. Экспериментальные результаты показывают, что наш подход способен повысить точность оценки ЧСС на 1,14 уд/мин по MAE по сравнению с известными методами, основанными на выделении импульсных сигналов путем усреднения по всем пикселям кожи в ROI. При предполагаемом времени вычисления около 0,7 секунды на скользящее окно для расчета значения ЧСС алгоритм гарантированно работает в режиме реального времени.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1] N.V. BACH, I.A. BORISKIEVIC. Human heart rate monitoring based on facial video processing / N.V. BACH // Сборник материалов международного научно-технического семинара «Технологии передачи и обработки информации» кафедры инфокоммуникационных технологий, март - апрель 2023 г. – Минск: БГУИР, 2023. – С. 34 – 38.