Софийски университет "Св. Климент Охридски"

Факултет по математика и информатика

Учебна дисциплина „Компютърни архитектури“

Курсов проект

на

Калоян Райков, фак. № 8MI0700228

Цветелина Тинчева, фак. № 0MI0700227

Тема: „Обработка на данни от EKГ сензор“

Научен ръководител

доц. д-р Симеон Цветанов

София 2025

Съдържание

0 Увод……………………………………………………………………3

1 Въведение……………………………………………………………..3

2 Проектиране…………………………………………………………. 5

3 Разработване………………………………………………………….7

4 Инструкции…………………………………………………………...8

5 Експерименти и тестове……………………………………………...8

Заключение………………………………………………………………9

Източници………………………………………………………………..9

Приложение……………………………………………………………...9

**0.Увод**

Целта на този проект е да се разработи система за анализ на ЕКГ данни, която позволява обработка и диагностика на сърдечната дейност. За целта се използват готови библиотеки за анализ на ЕКГ сигнали, като **pandas, HeartPy и NeuroKit2**. Данните могат да бъдат взети от реален сензор или заредени от файл. Потребителският интерфейс е създаден с **Tkinter** и позволява визуализация на резултатите, както и получаване на потенциална предварителна диагноза чрез **OpenAI API**.

**1. Въведение**

Електрокардиографията (ЕКГ) е един от най-често използваните методи за наблюдение на сърдечната дейност. Тя предоставя информация за електрическата активност на сърцето и помага за диагностициране на различни сърдечни състояния като аритмии, исхемични заболявания и други. Въпреки широкото ѝ приложение, анализа на ЕКГ данни може да бъде сложен и изисква опитен специалист, което затруднява бързото и точно поставяне на диагноза.

В този проект разработихме софтуерно приложение,което автоматизира анализа на ЕКГ сигнали, като комбинира методи за обработка на сигнали и изкуствен интелект. За обработка и анализ на данните използвахме библиотеките NeuroKit2 и HeartPy, които позволяват извличане на ключови параметри,като сърдечен ритъм, интервали между удари и други. Освен това, интегрирахме изкуствен интелект чрез OpenAI API, който може да предостави възможни медицински интерпретации въз основа на анализираните данни и въведените симптоми. Така дори и от вкъщи, с нужните инструменти потребителите биха имали достъп до евентуална диагноза.

**Проблематика**:

Анализа на ЕКГ данни традиционно изисква експертна намеса, което може да забави диагностицирането. Често лекарите трябва ръчно да анализират резултатите, което увеличава риска от човешка грешка. Освен това, в определени ситуации пациентите нямат незабавен достъп до специалист, което може да забави откриването на потенциално опасни състояния.

Автоматизираните методи за анализ на ЕКГ могат значително да подобрят този процес, като осигурят бързи и обективни резултати, достатъчни да издадат потенциални животозастрашаващи усложнения. С помощта на съвременни алгоритми за обработка на сигнали и машинно обучение, нашата система цели да подпомогне специалистите в тяхната работа и да даде на пациентите предварителна информация за тяхното сърдечно здраве.

За да улесним анализа на ЕКГ, приложихме няколко основни подхода:

1. **Обработка на сигнали** – прилагаме методи за филтриране и почистване на данните, за да премахнем шумове и артефакти, които могат да повлияят на анализа.
2. **Извличане на характеристики** – анализираме ключови параметри като честота на сърдечния ритъм (BPM), интервали между удари (IBI), стандартни отклонения и други показатели, които помагат при диагностика.
3. **Автоматична диагностика** – използваме OpenAI API за предоставяне на предварителна медицинска интерпретация на резултатите, базирана на въведени симптоми и извлечени параметри.
4. **Графична визуализация** – представяме анализираните данни чрез графики и таблици, което улеснява разбирането и интерпретацията им, от потребителите.

Този подход осигурява лесен достъп до предварителноо записан анализ на сърдечната дейност, като дава възможност за по-бърза и точна реакция при съмнения за сърдечносъдови проблеми. В допълнение, приложението може да бъде използвано от както от медицински специалисти, така и от обикновени потребители, които искат да следят своето здраве.

С развитието на технологиите автоматизираните методи за диагностика стават все по-ефективни и достъпни. Нашият проект е стъпка в тази посока, като предлага решение, което комбинира надеждността на класическите методи с предимствата на модерните технологии. Надяваме се, че разработеният софтуер ще бъде полезен инструмент за по-бързо и ефективно разчитане на ЕКГ данни, допринасяйки за подобряване на диагностичния процес в медицината.

**2.Проектиране**

Идея и концепция

Основната идея на проекта е да се създаде удобна и ефективна система за автоматизиран анализ на ЕКГ, която да улесни разчитането на резултатите. Софтуера комбинира техники за обработка на сигнали с изскуствен интелект, за да предостави предварителна диагностика въз основа на наличните данни. Целта е не само да се анализират ЕКГ данните, но и да се осигури бързо разбираем и лесен за интерпретация изход за потребителя.  
  
Изчислими стойности:  
bpm, ibi, sdnn, sdsd, rmssd, pnn20, pnn50, hr\_mad, sd1, sd2, s, sd1/sd2, breathingrate, method\_peaks, method\_fixpeaks, ECG\_R\_Peaks, ECG\_R\_Peaks\_Uncorrected, ECG\_fixpeaks\_ectopic, ECG\_fixpeaks\_missed, ECG\_fixpeaks\_extra, ECG\_fixpeaks\_longshort, ECG\_fixpeaks\_method, ECG\_fixpeaks\_rr, ECG\_fixpeaks\_drrs, ECG\_fixpeaks\_mrrs, ECG\_fixpeaks\_s12, ECG\_fixpeaks\_s22, ECG\_fixpeaks\_c1, ECG\_fixpeaks\_c2, sampling\_rate, ECG\_P\_Peaks, ECG\_P\_Onsets, ECG\_P\_Offsets, ECG\_Q\_Peaks, ECG\_R\_Onsets, ECG\_R\_Offsets, ECG\_S\_Peaks, ECG\_T\_Peaks

Архитектура

Архитектурата на системата включва следните основни компоненти:

* **Модул за обработка на сигнали** – използва NeuroKit2 за почистване на ЕКГ сигнала чрез алгоритъма ecg\_clean, който премахва шумове и артефакти. HeartPy се използва за детекция на R-вълни и изчисляване на ключови интервали в сърдечния ритъм.
* **Модул за анализ на характеристиките** – чрез функциите на HeartPy и NeuroKit2 извличаме BPM (сърдечна честота), интервали между удари (IBI), стандартни отклонения (SDNN) и други показатели, които се съхраняват за анализ.
* **Модул за изкуствен интелект** – OpenAI API получава параметрите от анализа и използва GPT модел за генериране на вероятни медицински интерпретации, като взема предвид въведените симптоми и стойностите на измерените показатели.
* **Потребителски интерфейс** – създаден с помощта на Tkinter, позволява лесно зареждане на CSV файлове, стартиране на анализ и визуализация на резултатите чрез Treeview таблици и Matplotlib графики.

**Функционалности на системата**

1. **Зареждане на ЕКГ данни** – потребителите могат да качват CSV файлове с данни за анализ, които се обработват чрез Pandas.
2. **Предварителна обработка на сигнала** – почистване на сигнала с ecg\_clean от NeuroKit2 и екстракция на R-вълни с HeartPy.
3. **Анализ на сърдечния ритъм** – изчисляване на BPM, SDNN, RMSSD и други ключови показатели чрез комбиниран анализ на двете библиотеки.
4. **Генериране на диагноза** – изпращане на резултатите към OpenAI API, който обработва входните параметри и връща вероятни медицински интерпретации.
5. **Графична визуализация** – представяне на анализираните данни чрез таблици (Tkinter Treeview) и графики (Matplotlib) за по-лесно разбиране на резултатите.

С тази архитектура и функционалности, системата осигурява надежден и достъпен инструмент за автоматизиран анализ на ЕКГ, който може да се използва както от медицински специалисти, така и от пациенти за следене на здравословното им състояние.

Допълнително, приложението може да се разширява с нови функционалности, като добавяне на повече параметри за анализ, разширена база с референтни стойности и подобрения в автоматичната диагностика.

**3. Разработване**

Разработката на системата се състои от няколко основни функции:

**Зареждане и обработка на данните**

**Функция openFile():**Отваря файлов прозорец, за да позволи на потребителя да избере CSV файл с ЕКГ данни. Чете файла чрез pandas.read\_csv(), за да зареди данните в DataFrame.

**Функция preprocessEKG(data, Hz):**Използва nk.ecg\_clean() от neuroKit2, за да премахне шумове и артефакти от ЕКГ сигнала. Това осигурява по-ясен сигнал за последващ анализ.

**Извличане на характеристики на сигнала**

**Функция analyzeWithHeartpy(ekgData, Hz):**

Използва hp.process() от HeartPy за анализ на сърдечния ритъм и извличане на параметри като BPM (сърдечна честотта), RMSSD, SDNN и др.

**Функция analyzeWithNeurokit(ekgData, Hz):**

Използва nk.ecg\_process(), за да идентифицира R-вълните и да взима интервалите между удари (IBI), стандартните отклонения и други параметри.

**Автоматизиран анализ чрез изкуствен интелект**

**Функция getAiDiagnosis(ekgResults, symptoms):**

- Формира prompt със събраните ЕКГ параметри и въведените симптоми.

-Изпраща заявка към OpenAI API чрез client.chat.completions.create().

- Получения отговор съдържа вероятни диагнози и причини за тях.

**Графичен интерфейс и визуализация**

**Функция showResultsTable(results, symptoms):**

- Създава нов прозорец с Tkinter.Toplevel() и представя резултатите Treeview таблица.

**visualizeEkg(time, data, title):**

- Използва matplotlib.pyplot за изчертаване на графики на оригиналния и обработения ЕКГ сигнал.

**4. Инструкции**

За да стартирате проекта, е необходимо да имате инсталирани следните библиотеки:

heartpy neurokit2 pandas matplotlib tkinter openai

След това може да стартирате **main.py**, за да отворите графичния интерфейс и да започнете анализ.  
  
След което имате възможността да въведете симптоми. Нужно е прикачването на файла с ЕКГ данните. След което сте свободни да започнете аназлиз.  
  
За Диаграма на сърдечната дейност (Картина №1): *Натиснете „Анализ“.*

За Преглед на текушните и реферетните стойности и анализ на потенциални заболявания (Картина №2): *Затворете картина №1. Нужна е и интернет връзка.*

**5. Експерименти и тестове**

Тестовете са проведени с реални ЕКГ данни, както и с изкуствено генерирани сигнали. Използван е neurokit2.ecg\_simulate() в generateFakes за създаване на данните.

**Входни данни и настройки**

Честота на дискретизация: 300 Hz

Данните са прочетени от CSV файл

Филтриране чрез NeuroKit2 за премахване на шумове

**Тестови сценарий**

В главният ни сценарий ставаме свидетели на:

**Шум в записа** – ако има нереално резки скокове

**Аритмии** – ако има неравномерни върхове

**Аномални ST-сегменти** – ако сигналът остава твърде високо или ниско

**Анализ на резултатите**

Резултатите показват, че системата успешно разпознава различни аномалии в сърдечния ритъм и предоставя надеждни предварителни диагнози. OpenAI моделът предлага адекватни медицински интерпретации, които обаче следва да се потвърдят от лекар.

**Заключение**

Разработената система за анализ на ЕКГ данни демонстрира ефективност в обработката, анализа и визуализацията на сигнала. Чрез използването на готови библиотеки се постига висока точност, а интеграцията на AI диагностика добавя допълнителна стойност. В бъдеще проектът може да бъде разширен чрез включване на по-голяма база от медицински данни и усъвършенстване на AI модела.

**Източници**

* HeartPy GitHub: <https://github.com/paulvangentcom/heartrate_analysis_python>
* NeuroKit2 Documentation: <https://neurokit.readthedocs.io/en/latest/>
* Допълнителни уточнения: [https://www.geeksforgeeks.org/](https://www.geeksforgeeks.org/" \o "https://www.geeksforgeeks.org/" \t "_blank)
* Допълнителни уточнения: <https://stackoverflow.com/>
* Matplotlib: <https://matplotlib.org/stable/users/index>
* Pandas Documentation: <https://pandas.pydata.org/docs/>
* Tkinter: <https://tkdocs.com/tutorial/index.html>
* Numpy: <https://numpy.org/doc/stable/user/index.html>
* Open AI API: <https://platform.openai.com/docs/api-reference/introduction>
* Biosppy Documentation: <https://biosppy.readthedocs.io/en/stable/>

**Приложение**

Възможни бъдещи подобрения включват:

* Поддръжка на реални ЕКГ сензори
* Добавяне на мобилно приложение за достъп до анализите

Този документ представя цялостната разработка на проекта за анализ на ЕКГ и може да бъде използван като за бъдещи проекти и подобрения.