

Elektrokardiografia dla Informatyka Praktyka
Piotr Augustyniak

Słowo wstępne

1. Wprowadzenie

1.A Przetwarzanie sygnałów elektrodyagnostycznych - profesjonalizm i pasja

1.B Jak pozyskiwać sygnały EKG - Internet i własny organizm

1.C Jak prowadzić eksperymenty z algorytmami przetwarzania elektrokardiogramów?

2. Podstawy mechanicznej i elektrycznej aktywności serca

2.A Budowa serca i jego rola w krwiobiegu

2.B Podstawy elektrycznej aktywności komórki żywej

2.C Układ bodźcotwórczo-przewodzący - u źródeł elektrokardiogramu

2.D Jak elektryczna aktywność serca jest rejestrowana na powierzchni ciała?

2.E Nomenklatura w elektrokardiografii

3. Organizacja przetwarzania i przepływu informacji

3.A Przegląd technik informatycznego wsparcia elektrokardiografii

3.A.1. Interpretacja elektrokardiogramu spoczynkowego

3.A.2 System elektrokardiograficzny próby wysiłkowej

3.A.3 Interpretacja zapisu długoczasowego (wykonanego metodą Holtera)

3.A.4 Wbudowany system analizy elektrokardiogramu

3.A.5 System wspierający prace naukowe w elektrokardiografii

3.B Przetwarzanie w czasie rzeczywistym

3.C Interpretacja retrospektywna czy prospektywna?

3.D Dynamiczna konfiguracja struktury oprogramowania

3.E Struktury informacyjne programu

3.F Podsumowanie

3.F.1. Znaczenie organizacji przetwarzania i przepływu informacji

3.F.2. Najczęściej poruszane problemy

3.F.3. Metody realizacji zadania

4. Detekcja uderzeń serca w elektrokardiogramie

4.A W jakim celu wykonywana jest detekcja uderzeń serca?

4.B Metody rozpoznawania uderzeń serca

4.B.1 Metody filtracji i całkowania

4.B.2 Metody dopasowania wzorca

4.B.3 Źródło informacji dla funkcji detekcyjnej

4.B.4 Prognowanie funkcji detekcyjnej

4.C Dla dociekliwych: sprzętowa detekcja uderzeń serca

4.D Detekcja w obliczu zakłóceń

4.D.1 Badanie wpływu artefaktów na jakość detekcji

4.D.2 Monitorowanie jakości sygnału

4.E Korekta położenia punktu detekcji ewolucji serca

4.F Podsumowanie

4.F.1 Rola detekcji ewolucji serca w interpretacji zapisu EKG

4.F.2 Najczęściej poruszane problemy

4.F.3 Metody realizacji zadania

4.G Zadania

5. Klasyfikacja uderzeń serca

5.A Cel klasyfikacji uderzeń serca

5.B Dziedzina klasyfikacji

- 5.B.1 Metryki parametrów czasowych i amplitudowych
- 5.B.2 Metryki parametrów czasowo-częstotliwościowych
- 5.B.3 Metryki wieloodprowadzeniowe
- 5.C Klasyfikator
 - 5.C.1 Klasyfikacja statystyczna
 - 5.C.2 Klasyfikacja za pomocą sieci neuronowych
 - 5.C.3 Mechanizmy heurystyczne oraz inspirowane naturą
- 5.D Projektowanie aplikacji do klasyfikacji zespołów QRS
 - 5.D.1 Klasyfikacja jedno- i wieloprzebiegowa
 - 5.D.2 Reprezentacja klas
 - 5.D.3 Złożoność obliczeniowa i wymagania zasobów
 - 5.D.4 Klasyfikacja ewolucji w czasie rzeczywistym
- 5.E Inne aspekty klasyfikacji w elektrokardiografii
 - 5.E.1 Lokalizacja źródeł pobudzenia
 - 5.E.2 Klasyfikacja załamka P
 - 5.E.3 Klasteryzacja sygnału migotania przedsionków
 - 5.E.4 Klasyfikacja odcinka QT w testowaniu farmaceutyków
 - 5.E.5 Klasyfikacja zapisów w celu grupowania pacjentów
- 5.F Podsumowanie
 - 5.F.1 Znaczenie kliniczne klasyfikacji pobudzeń
 - 5.F.2 Najczęściej poruszane problemy
 - 5.F.3 Metody realizacji zadania
- 5.G Zadania
- 6. Wyznaczenie morfologii poszczególnych ewolucji serca
 - 6.A Informacje zawarte w morfologii ewolucji serca
 - 6.B Identyfikacja morfologii w przestrzeni wielowymiarowej
 - 6.C Narzędzia dyskryminacji ewolucji zatokowych i komorowych
 - 6.D Wyznaczanie morfologii w systemach interpretacji na bieżąco
 - 6.E Podsumowanie
 - 6.E.1 Znaczenie kliniczne morfologii pobudzeń
 - 6.E.2 Najczęściej poruszane problemy
 - 6.E.3 Praktyczne wskazówki do realizacji zadania
 - 6.F Zadania
- 7. Określenie obecności i długości załamków elektrokardiogramu
 - 7.A Znaczenie diagnostyczne położenia granic załamków
 - 7.B Specyfika elektrycznej reprezentacji poszczególnych załamków
 - 7.B.1 Zespół QRS
 - 7.B.2 Załamek T
 - 7.B.3 Załamek P
 - 7.C Narzędzia do wyznaczania granic załamków
 - 7.C.1 Analiza własności sygnału
 - 7.C.2 Analiza czasowo-częstotliwościowej reprezentacji elektrokardiogramu
 - 7.C.3 Metody wykorzystujące modele załamków
 - 7.C.4 Metoda wykorzystująca analizę fazy
 - 7.D Selektywne wyznaczanie granic załamków
 - 7.D.1 Detekcja granic zespołu QRS
 - 7.D.2 Detekcja granic odcinka QT
 - 7.D.3 Detekcja granic załamka P
 - 7.E Przykład implementacji
 - 7.F Podsumowanie

- 7.F.1 Znaczenie kliniczne detekcji granic załamków
 - 7.F.2 Najczęściej występujące problemy
 - 7.F.3 Metody wyznaczania granic załamków
- 7.G Zadania
- 8. Wyznaczanie osi elektrycznych załamków
 - 8.A Znaczenie diagnostyczne osi serca
 - 8.B Koncepcja osi elektrycznej
 - 8.B.1 Oś elektryczna w zapisie wektorkardiograficznym
 - 8.B.2 Oś serca w zapisie elektrokardiograficznym
 - 8.B.3 Przekształcenia zapisów wieloodprowadzeniowych
 - 8.C Implementacja analizy osi serca
 - 8.C.1 Zmiany osi serca spowodowane zawałem
 - 8.C.2 Zmiany osi serca spowodowane oddychaniem
 - 8.C.3 Zmiany osi serca spowodowane ciążą
 - 8.D Podsumowanie
 - 8.D.1 Znaczenie kliniczne osi elektrycznych serca
 - 8.D.2 Problemy wymagające rozwiązania podczas projektowania
 - 8.D.3 Metody wyznaczania osi elektrycznych serca
 - 8.E Zadania
- 9. Detekcja arytmii
 - 9.A U źródeł arytmii
 - 9.B Znaczenie diagnostyczne arytmii
 - 9.C Analiza sekwencji ewolucji serca
 - 9.C.1 Arytmie zatokowe
 - 9.C.2 Arytmie przedsionkowe
 - 9.C.3 Arytmie węzłowe
 - 9.C.4 Arytmie komorowe
 - 9.D Metody detekcji arytmii
 - 9.E Podsumowanie
 - 9.E.1 Znaczenie kliniczne arytmii
 - 9.E.2 Najczęściej poruszane problemy
 - 9.E.3 Metody detekcji epizodów arytmii
 - 9.F Zadania
- 10. Analiza zmienności rytmu serca
 - 10.A Wykorzystanie zmienności rytmu serca w diagnostyce autonomicznego układu nerwowego
 - 10.A.1 Mechanizm sterowania częstością rytmu
 - 10.A.2. Model IPFM
 - 10.B Liniowe metody analizy HRV
 - 10.B.1 Metody statystyczne
 - 10.B.2 Metody geometryczne
 - 10.B.3 Częstotliwościowe metody analizy zmienności rytmu serca
 - 10.C Nieliniowa analiza zmienności rytmu
 - 10.C.1 Koincydencja liniowych i nieliniowych wskaźników HRV
 - 10.C.2 Alternatywne metody analizy zmienności rytmu serca
 - 10.D. Przykładowe testy HRV
 - 10.D.1 Zmienność rytmu serca podczas dojrzwania
 - 10.D.2 Zmienność rytmu serca podczas deprywacji snu
 - 10.D.3 Zmienność rytmu serca podczas wysiłku
 - 10.E Podsumowanie

- 10.E.1 Znaczenie analizy zmienności rytmu
- 10.E.2 Najczęściej poruszane problemy
- 10.E.3 Uwagi praktyczne dotyczące wyznaczania parametrów HRV
- 10.F Zadania
- 11. Detekcja symptomów choroby niedokrwiennej na podstawie analizy wczesnej fazy repolaryzacji
 - 11.A Znaczenie diagnostyczne odcinka ST
 - 11.A.1 Detekcja zmian niedokrwiennych w zapisie próby wysiłkowej
 - 11.A.2 Detekcja zmian niedokrwiennych w zapisie długoczasowym
 - 11.B Analiza wczesnej fazy repolaryzacji
 - 11.B.1 Pomiary odcinka ST indywidualnych ewolucji serca
 - 11.B.2 Detekcja epizodów ST
 - 11.B.3 Analiza zapisu próby wysiłkowej
 - 11.C Metody korekcji pomiarów odcinka ST
 - 11.C.1 Oszacowanie i kompensacja izolinii
 - 11.C.2 Korekcja modulacji oddechowej
 - 11.C.3 Korekcja długości odcinka ST
 - 11.D Parametry ST i co dalej?
 - 11.D.1 Zależność niedokrwienia od rytmu serca
 - 11.D.2 Elektrokardiograficzny nadzór operacji angioplastycznej
 - 11.D.3 Poprawa wiarygodności punktów pomiarowych
 - 11.D.4 Modelowanie w identyfikacji symptomów niedokrwienia
 - 11.E Podsumowanie
 - 11.E.1 Znaczenie analizy odcinka ST
 - 11.E.2 Najczęściej poruszane problemy
 - 11.E.3 Uwagi praktyczne dotyczące wyznaczania parametrów odcinka ST
 - 11.F Zadania
- 12. Analiza konturu elektrokardiogramu
 - 12.A Przyczyny zniekształceń konturu
 - 12.A.1 Zawał serca
 - 12.A.2 Bloki przewodnictwa śródkomorowego
 - 12.A.3 Zespół Wolffa-Parkinsona-White'a
 - 12.A.4 Przerosty komór i powiększenia przedsionków
 - 12.B Aspekty techniczne automatycznej analizy konturu
 - 12.B.1 Kontur jako reprezentacja topologii przewodnictwa
 - 12.B.2 Dodatkowe pomiary w elektrokardiogramie
 - 12.B.3 Kryteria diagnostyczne analizy konturu
 - 12.C Standard kodowania rezultatów diagnostycznych
 - 12.D Alternatywne wykorzystanie analizy konturu
 - 12.E Podsumowanie
 - 12.E.1 Znaczenie analizy konturu elektrokardiogramu
 - 12.E.2 Najczęściej poruszane problemy
 - 12.E.3 Uwagi praktyczne dotyczące analizy konturu
 - 12.F Zadania
- 13. Wyznaczenie dyspersji fazy repolaryzacji komórek
 - 13.A Znaczenie diagnostyczne i własności dyspersji odstępu QT
 - 13.B Sprzężenie interwału QT z interwałem RR
 - 13.C Metody stosowane w ocenie dyspersji QT
 - 13.C.1 Wyznaczanie interwału QT za pomocą transformacji falkowej
 - 13.C.2 Wyznaczanie interwału QT za pomocą filtracji cyfrowej

- 13.C.3 Wyznaczanie interwału QT przy użyciu uśredniania wybiórczego
- 13.C.4 Wyznaczanie interwału QT metodą gradientów
- 13.C.5 Wyznaczanie interwału QT na podstawie lokalnych własności zapisu
- 13.C.6 Wyznaczanie interwału QT za pomocą transformacji długości krzywej
- 13.C.7 Wyznaczanie interwału QT za pomocą modelu sygnału EKG
- 13.C.8 Walidacja metod detekcji końca załamka T
- 13.D Aplikacje
- 13.E Weryfikacja jakości oceny dyspersji QT
- 13.F Podsumowanie
 - 13.F.1 Znaczenie analizy dyspersji fazy repolaryzacji komórek
 - 13.F.2 Najczęściej poruszane problemy
 - 13.F.3 Uwagi praktyczne dotyczące analizy repolaryzacji komórek
- 13.G Zadania
- 14 Detekcja kardiostymulatora i ocena jego pracy na podstawie zapisu holterowskiego
 - 14.A Protezowanie układu bodźcotwórczo-przewodzącego
 - 14.B Detekcja impulsów stymulujących
 - 14.C Analiza funkcji kardiostymulatora
 - 14.D Podsumowanie
 - 14.D.1 Znaczenie analizy funkcji kardiostymulatora
 - 14.D.2 Najczęściej poruszane problemy
 - 14.D.3 Uwagi praktyczne dotyczące analizy funkcji kardiostymulatora
 - 14.E Zadania
- Dodatek A Pozyskiwanie sygnału oddechu z elektrokardiogramu
 - A.1 Zastosowanie diagnostyczne
 - A.1.1 Cel i mechanizm oddychania
 - A.1.2 Powiązanie sercowo-oddechowe
 - A.1.3 Pomiary aktywności oddechowej
 - A.2 Wykorzystanie arytmii oddechowej
 - A.3 Wykorzystanie modulacji amplitudy
 - A.4 Wykorzystanie zmienności pozycji serca
 - A.5 Porównanie metod wyodrębniania sygnału oddechu
- Dodatek B Odmiany technik diagnostycznych stosowanych w kardiologii
 - B.1 Ultrasonografia
 - B.2 Ultrasonografia wewnątrznaczyniowa
 - B.3 Radiografia promieniowania rentgenowskiego
 - B.4 Koronarografia
 - B.5 Tomografia impedancyjna
 - B.6 Reografia impedancyjna
 - B.7 Balistokardiografia
 - B.8 Magnetokardiografia
 - B.9 Fotopletyzmografia i tonometria
- Dodatek C Akty normatywne, procedury i referencje wykorzystywane do oceny oprogramowania interpretacyjnego EKG
 - C.1 Wybrane przepisy FDA
 - C.2 Norma dotycząca jakości elektrokardiografów
 - C.3 Zalecenia dotyczące dokładności granic załamków
 - C.4 Metody testowania poprawności algorytmów automatycznego przetwarzania elektrokardiogramów
 - C.5 Standardowa arytmiczna baza danych EKG (MIT-BIH)
 - C.6 Standardowa wieloodprowadzeniowa baza danych EKG (CSE)

C.7 Physionet QT Database

C.8 Telemetric and Holter ECG Warehouse (THEW)

Dodatek D Problem interoperacyjności - specjalizowane formaty archiwizacji i transmisji danych kardiologicznych

D.1 Normalizacja rekordów medycznych

D.2 Inicjatywa OpenECG

D.3 Standard SCP-ECG

D.4 Standard MFER

Dodatek E To jeszcze nie wszystko o elektrokardiografii...

E.1 Zaburzenia częstości akcji serca

E.2. Późne potencjały komorowe

E.3 Alternans załamka T

E.4 Elektrokardiogram u najmłodszych

E.5 Migotanie przedsionków

Dodatek F To jeszcze nie wszystko o elektrokardiogramie...

F.1 Oszacowanie zniekształceń elektrokardiogramu

F.1.1. Uniwersalne metody oceny zniekształceń sygnału

F.1.2. Ocena zniekształceń elektrokardiogramu z uwzględnieniem zawartości diagnostycznej sygnału

F.1.3. Ocena zniekształceń sygnału na podstawie odchyłek parametrów diagnostycznych

F.1.4 Złożona metryka do wyznaczania odległości elektrokardiogramów

F.2 Kompresja zapisów elektrokardiograficznych

F.2.1 Poszukiwanie redundancji dyskretnej reprezentacji elektrokardiogramu

F.2.2. Kompresja bezstratna

F.2.3. Metody kompresji wykorzystujące całkowitoliczbowy format danych

F.2.4 Kompresja stratna

F.2.5 Zastosowania kompresji sygnału EKG

F.3 Redukcja szumów w zapisach EKG

F.4 Uśrednianie składników elektrokardiogramu

F.5 Symulacje i modelowanie elektrokardiogramu

Literatura

Literatura dodatkowa

Spis rysunków