

## Ekstrakcja wiedzy kardiologa metodą ukrytej ankiety

Piotr Augustyniak

Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*august@agh.edu.p*

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia metodologię pozyskiwania wiedzy o zachowaniu kardiologa zdeterminowanym jego doświadczeniem i nawykami motorycznymi podczas wzrokowej interpretacji zapisu EKG. Wiedza taka pozyskana w pomiarze nie obciążającym badanego obiektu jest niezwykle istotna dla ustalenia powiązań stanu pacjenta z kolejnymi krokami diagnostycznymi i może być wykorzystana w systemie automatycznej adaptacji oprogramowania monitorującego. Opisany sposób obserwacji kardiologa polega na śledzeniu jego decyzji podejmowanych w interakcji z oprogramowaniem interpretującym, a dotyczących zawartości i priorytetów informacji diagnostycznych w raporcie końcowym w kontekście diagnozy.

**Abstract:** This paper presents a new methodology for acquisition of knowledge about cardiologist behavior determined by his expertise and motoric habits during the visual interpretation of ECG record. This knowledge gathered in result of a unbiased measurement is of particular importance for exploration of relationships between patient status and subsequent diagnostic steps, and may be used as a background in an auto-adaptive monitoring software. Presented methodology consists in following and recording of any decision interactively taken in response to the interpreting software proposal and concerning the content and diagnostic data priority in the final report in context of the diagnosis.

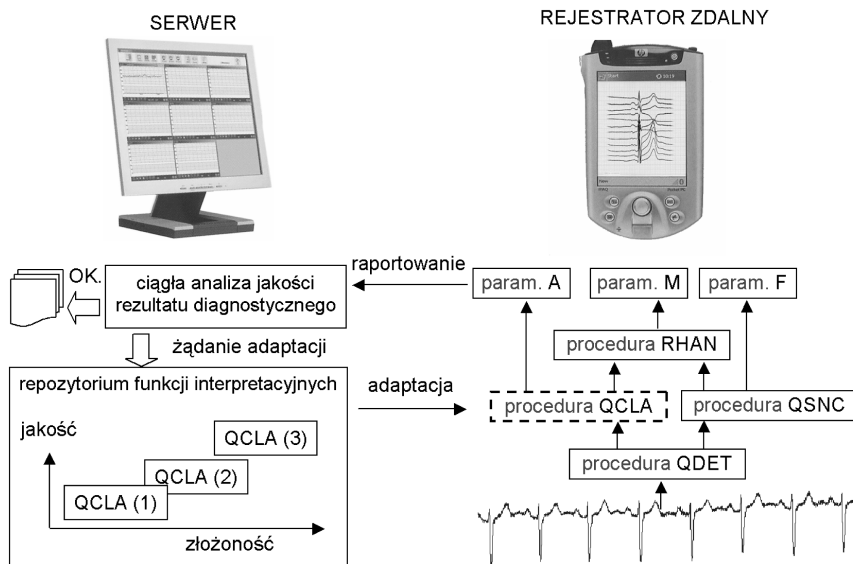
*Słowa kluczowe: automatyczna interpretacja EKG, telemedycyna, systemy autoadaptacyjne*

### 1. Wprowadzenie

Telemedyczne systemy diagnostyczne, szczególnie rozpowszechnione w nadzorze kardiologicznym, zawierają standardową procedurę automatycznej interpretacji sygnału [3]. Ponieważ stosowanie jednolitego oprogramowania niezależnie od cech osobniczych i stanu pacjenta, a także celu diagnostycznego jest przyczyną niskiej wiarygodności parametrów diagnostycznych, prowadzone obecnie prace badawcze stawiają sobie za cel opracowanie systemu adaptacyjnego [1]. Jego podstawowym założeniem jest nadzorowanie, uaktualnianie i wymiana procedur automatycznej interpretacji sygnału prowadzona zdalnie w oparciu o dynamikę stanu pacjenta oraz wiedzę o schematach postępowania kardiologicznego [2]. Obecnie dostępne technologie informatyczne i telekomunikacyjne już dostarczają narzędzi umożliwiających adaptacyjne przetwarzanie sygnału EKG i niejednorodne raportowanie o stanie pacjenta. Podstawową zaletą takiego podejścia jest znacznie wierniejsza symulacja obecności i postępowania kardiologa, natomiast podstawową trudnością - brak standardów i wzorców postępowania. Obecne standardy (np. [4]) precyzują symptomy schorzenia i metodologię postępowania terapeutycznego po ich wystąpieniu, brak natomiast wskazówek dotyczących optymalnego opisu diagnostycznego pacjenta w stanie dynamicznym. Z rozważań tych wynika cel postawionego zadania badawczego: jest nim obserwacja dynamiki postępowania diagnostycznego podczas rozwoju choroby i przypisanie każdemu parametrowi diagnostycznego nowych atrybutów reprezentujących ich medyczną istotność oraz pożądaną częstość uaktualniania w kontekście bieżącego stanu pacjenta. Zagadnienie hierarchizacji w zestawie parametrów diagnostycznych zostało przedstawione w niniejszym artykule.

### 2. Cele i metody badawcze

Przedstawiona metodologia została zaproponowana w celu ustalenia zestawu i hierarchii parametrów diagnostycznych elektrokardiogramu w najczęściej występujących patologich kardiologicznych. W projektowanym telemedycznym adaptacyjnym systemie nadzoru kardiologicznego wykrycie każdego symptomu implikuje przewartościowanie oczekiwań dotyczących dalszej diagnostyki, czego technicznym skutkiem jest wymiana procedur interpretacyjnych o większym znaczeniu na dokładniejsze i przydzielenie im większej ilości zasobów kosztem pozostałych, a także wzrost częstotliwości i priorytetu raportowania parametrów diagnostycznych o większym znaczeniu kosztem pozostałych parametrów. Współpraca zdalnego rejestratora z serwerem centralnym opiera się na sprzężeniu zwrotnym - rys. 1, którego działanie uzależnione jest od medycznej istotności parametrów diagnostycznych.



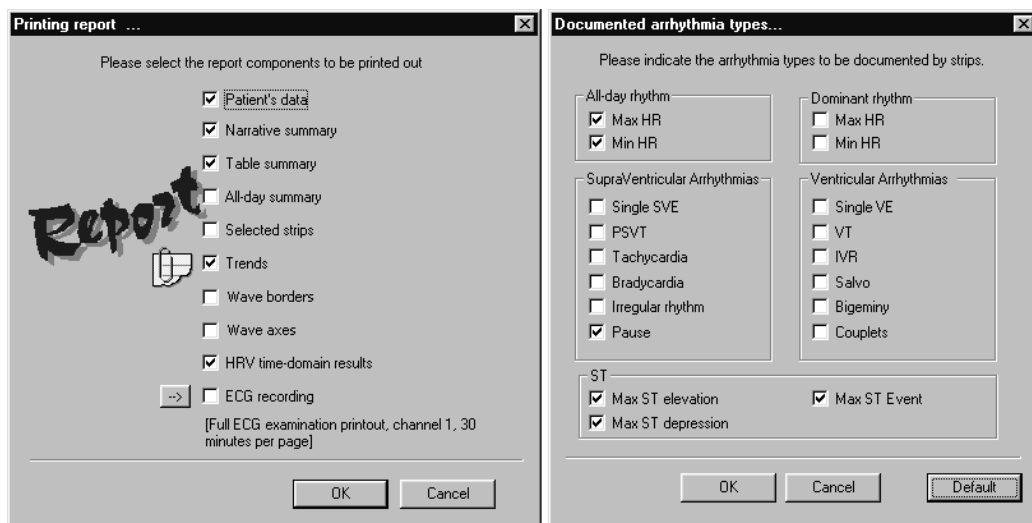
Rys. 1. Dynamiczna wymiana procedur diagnostycznych na podstawie hierarchicznej analizy jakości rezultatów diagnostycznych

Badanie postępowania kardiologów metodą ankiety jawnej wprowadza trudne do zaakceptowania obciążenie procesu pomiarowego. Kardiolog, którego zachowanie jest przedmiotem pomiaru, byłby dodatkowo obciążony procesami związanymi ze zrozumieniem pytań i formułowaniem odpowiedzi. Pomimo wahań natury etycznej, zdecydowano się zatem na zastosowanie ankiety ukrytej jako metody pozyskiwania informacji o postępowaniu kardiologa, a osoby badane nie były uprzedzane, że ich postępowanie jest monitorowane przez oprogramowanie. Przedmiotem monitorowania były czynności związane z formatowaniem raportu końcowego w badaniu holterowskim.

### 2.1. Narzędzia obserwacji zachowań eksperta

Producent oprogramowania przeprowadza standardową końcową procedurę walidacyjną wprowadzanego oprogramowania w wybranych gabinetach lekarskich. Przedmiotem testów jest m. in. funkcjonalność interfejsu - ten test okazał się bardzo dobrym pretekstem do przeprowadzenia ukrytej ankiety i rejestrowania decyzji kardiologa dotyczących zawartości raportu w kontekście stanu pacjenta. Wprowadzono modyfikację polegającą na wyświetlaniu ekranu wyboru składowych części raportu końcowego w przypadkowej kolejności i z losowo zaznaczonymi polami wyboru - rys. 2. Interakcja specjalisty z oprogramowaniem była zapisywana w pliku - każdej decyzji przyporządkowano rekord zawierający: rodzaj decyzji (zaznaczenie, odznaczenie), numer decyzji, numer pola odpowiadającego elementowi raportu oraz podstawowe parametry diagnostyczne i numer klasyfikacyjny końcowej diagnozy.

W pierwszej kolejności obserwowany lekarz poszukiwał najważniejszej części raportu i zaznaczał wybór, w następnej kolejności zaznaczane lub odznaczane były informacje o malejącej istotności diagnostycznej. Wybrane elementy pojawiały się w końcowym raporcie w kolejności zaznaczenia. Zaznaczenie każdego z elementów powodowało przyrost wskaźnika kosztu, którego wartość końcowa była limitowana uniemożliwiając zaznaczenie wszystkich opcji i prowokując wybór elementów najistotniejszych. W niezależnej bazie danych, niedostępnej dla użytkownika systemu rejestrowane były: wybrane elementy według kolejności zaznaczenia i końcowa diagnoza lekarska. W opisany sposób przeprowadzono ankietę ukrytą w 1730 przypadkach analizy EKG, co pozwoliło śledzić wybór kardiologa w 12 najczęściej spotykanych jednostkach chorobowych w ilości od 16 do 323 przypadków, uprawniającą do wnioskowania statystycznego. Otrzymano ponadto zapisy dla 17 innych patologii, jednak ich występowanie w populacji, którą diagnozowali obserwowani lekarze było zbyt rzadkie dla potrzeb generalizacji wniosków.



Rys. 1. Przykładowy ekran wyboru zawartości raportu końcowego - po modyfikacji oprogramowania elementy raportu wyświetlane są w losowej kolejności i z losowym zaznaczeniem wyboru.

## 2.2. Metody statystyczne i interpretacja zapisów

Przetworzenie statystyczne hierarchii wybranych elementów raportu końcowego pozwoliło na ustalenie uporządkowanych list najbardziej pożądanych parametrów diagnostycznych indywidualnie dla każdej jednostki chorobowej, co było celem przeprowadzonych badań. Oprócz wartości średniej reprezentującej przeciętne oczekiwania zawartości raportu interesujące były także wahania pozycji poszczególnych parametrów w rankingach. Jest to informacja przydatna do wielokryterialnej optymalizacji procesu interpretacji i opisu pacjenta uwzględniającego także zróżnicowaną objętość parametrów, złożoność obliczeniową algorytmów użytych do ich wyliczenia oraz wzajemną zależność pomiędzy parametrami.

## 3. Rezultaty

Na podstawie pozyskanych zapisów postępowania ekspertów sporządzono macierz hierarchii parametrów diagnostycznych  $p$  dla każdego z obserwowanych stanów pacjenta. Po uwzględnieniu względnej częstotliwości  $F$  zajmowania przez parametr  $p$  pozycji  $L$ :

$$F = \frac{\sum C : L_c = L}{\sum (C \cdot |L - L_c|) : L_c \neq L} \quad (1)$$

Istotność diagnostyczna jest w macierzy reprezentowana przez współczynnik wagowy  $W_p$ , uwzględniający pozycję parametru na liście oraz  $F$ :

$$W_p = \frac{F}{L} \quad (2)$$

Na zakończenie, przeprowadzono normalizację współczynników wagowych, tak aby:

$$\sum_p W_p = 1 \quad (3)$$

Format macierzy hierarchii, której wycinek przedstawiony jest w tabeli 1 umożliwia bezpośrednio jej wykorzystanie do ważenia odchyłek wartości uzyskanych z rejestratora zdalnego od wartości referencyjnych podczas analizy jakości rezultatu diagnostycznego - patrz rys. 1. W przypadku stwierdzenia, że uzyskany opis pacjenta nie jest optymalny w jego obecnym stanie na podstawie macierzy hierarchii generowane jest żądanie adaptacji oprogramowania rejestratora zdalnego, które faworyzuje procedury dostarczające najistotniejszych parametrów. Ponadto modyfikowana jest zawartość raportu generowanego przez rejestrator zdalny.

Tabela 1: Wycinek macierzy hierarchii parametrów diagnostycznych w zależności od stanu pacjenta; przedstawione są znormalizowane wartości współczynników wagowych  $W_p$ .

parametr diagnostyczny	przestrzeń stanów pacjenta				
	111 rytm zatokowy miarowy	163 napadowy częstoskurcz nadkomorowy	508 obniżenie ST niedotlenienie mięśnia serca	.....	.....
częstość akcji serca (HR) [1/min]	0,15	0,35	0,22	.....	.....
udział ośrodka dominującego [%]	0,25	0,21	0,07	.....	.....
odstęp PQ [ms]	0,12	0,17	0,03	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....

#### 4. Dyskusja i wnioski

Uzyskana wiedza pozwala określić zależność treści optymalnego opisu pacjenta w zależności od jego stanu. Jest ona podstawą adaptacji procesu interpretacji prowadzonego przez rejestrator przenośny o ograniczonych zasobach oraz podstawą modyfikacji zawartości raportu i częstotliwości raportowania poszczególnych parametrów poprzez bezprzewodowy kanał łączności, którego koszt jest funkcją objętości informacji. Dzięki informacjom o skupieniu uwagi kardiologa na wybranych parametrach diagnostycznych elektrokardiogramu możliwa jest adaptacja oprogramowania naśladująca dynamiczne zmiany skupienia uwagi z wykorzystaniem technik dynamicznie dołączanych bibliotek funkcji oraz priorytetów strumieni informacyjnych i niejednorodnego próbkowania parametrów diagnostycznych.

Nowością przedstawioną w niniejszym artykule jest także metodologia badania umożliwiająca rejestrację aktywności operatora podczas interakcji z oprogramowaniem w celu analizy jego wiedzy i doświadczenia. Aby pomiar nie obciążał źródła informacji, co jest podstawowym założeniem metrologicznym, zastosowano metodę ankiety ukrytej. Ekspertki uczestniczący w eksperymencie testowali nową wersję oprogramowania i zgodzili się na to dobrowolnie, ale nie zostali uprzedzeni, że ich interakcja z programem jest rejestrowana.

#### 5. Podziękowania

Praca finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych nr grantu 3T11E00127. Autor składa podziękowania firmie Aspel za zgodę na modyfikację i wykorzystanie komercyjnej wersji oprogramowania interpretacyjnego EKG.

#### 6. Literatura

- [1] Augustyniak P., Content-Adaptive Signal and Data in Pervasive Cardiac Monitoring, *Computers in Cardiology*, vol. 32, 825-828, 2005
- [2] Augustyniak P., Tadeusiewicz R. Modeling of ECG Interpretation Methods Sharing Based on Human Experts Relations, *Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference* New York City, 4663-4669, 2006
- [3] Fayn J. et al., Towards New Integrated Information and Communication Infrastructures in E-Health. Examples from Cardiology, *Computers in Cardiology*, vol. 30, pp.113-116, 2003
- [4] Polskie Towarzystwo Kardiologiczne *Standardy postępowania w badaniu Holterowskim*. Warszawa, nakładem PTK, 1997.