

Ewa DZIUBAN, Barbara WILK
POLITECHNIKA RZESZOWSKA, ZAKŁAD METROLOGII I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

Problemy metrologiczne w biopomiarach – Ćwiczenia laboratoryjne dla studentów specjalności Komputerowe Systemy Informacyjno - Pomiarowe

Dr inż. Ewa DZIUBAN

Adiunkt w Zakładzie Metrologii i Systemów Pomiarowych na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej, członek Polskiego Towarzystwa Inżynierii Biomedycznej. Główne zainteresowania w dziedzinie metrologii oraz tematyka publikacji – pomiary biomedyczne, termometria. Ukończyła Wydział Elektroniki Politechniki Warszawskiej. Pracowała w Ośrodku Badań Rozwojowych WSK-PZL Rzeszów, a następnie w Politechnice Rzeszowskiej, gdzie w 1988 roku uzyskała stopień doktora nauk technicznych.



e-mail: edziuban@prz.edu.pl

Dr inż. Barbara WILK

Absolwentka Wydziału Elektrycznego Politechniki Budapeszteńskiej, stopień doktora nauk technicznych uzyskała w Instytucie Technologii Elektronowej Politechniki Wrocławskiej w 1995 r. Obecnie pracuje jako adiunkt w Zakładzie Metrologii i Systemów Pomiarowych Politechniki Rzeszowskiej. Zajmuje się zagadnieniami dotyczącymi przetwarzania i analizy sygnałów biomedycznych.



e-mail: bmwilk@prz.edu.pl

Streszczenie

W artykule krótko scharakteryzowano dwa programy ćwiczeń laboratoryjnych przeznaczonych dla studentów specjalności Komputerowe Systemy Informacyjno-Pomiarowe na kierunku Elektrotechnika w Politechnice Rzeszowskiej, które zostały opracowane do nauczania podstaw inżynierii biomedycznej.

Słowa kluczowe: pomiary wielkości biomedycznych, przetwarzanie i analiza sygnałów biomedycznych

Metrological problems in biomedical measurements – laboratory exercises for students of Computer Information and Measurement Systems

Abstract

This paper describes shortly two programs of laboratory exercises dedicated for students of Computer Information and Measurement System at Rzeszów University of Technology. They are used for teaching the principles of biomedical engineering and biomedical signal processing.

Keywords: measurements of biomedical quantities, biomedical signal processing and analysis

1. Wprowadzenie

Wybrane zagadnienia z podstaw inżynierii biomedycznej są wykładane dla studentów specjalności „Komputerowe Systemy Informacyjno - Pomiarowe” na kierunku Elektrotechnika w Politechnice Rzeszowskiej w ramach dwóch przedmiotów, tj.:

- Techniki pomiarowej w medycynie (w wymiarze 30h wykładu i 15h laboratorium w semestrze IX);
 - Przetwarzania sygnałów w komputerowych systemach pomiarowych (cz. II) (w wymiarze 15h wykładu i 15h laboratorium w semestrze VIII).
- W niniejszym artykule krótko scharakteryzowano programy ćwiczeń laboratoryjnych opracowanych do wymienionych przedmiotów.

2. Technika pomiarowa w medycynie - laboratorium

W ramach przedmiotu” Technika pomiarowa w medycynie” omawiane są (m.in. na podstawie prac [1,2,3]):

- pomiary wielkości biomedycznych opisujących stan i funkcjonowanie układu krążenia, układu oddechowego,
 - podstawy elektrokardiografii,
 - pomiary temperatury,
 - podstawy nowoczesnych technik diagnostycznych (USG, NMR, termografia),
 - źródła zakłóceń w pomiarach wielkości biomedycznych i metody ograniczania ich wpływu,
 - oddziaływanie pól elektromagnetycznych na organizm,
 - zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa pomiarów w medycynie. Zajęcia laboratoryjne z tego przedmiotu umożliwiają studentom posiadającym już zaawansowaną wiedzę na temat sztuki mierzenia wyodrębnienie różnic pomiędzy pomiarem na obiekcie technicznym a żywym.
- Program ćwiczeń laboratoryjnych [5] obejmuje zagadnienia dotyczące:
- pomiaru parametrów spirometrycznych układu oddechowego (definicje parametrów oddechu wysiłonego, zasada działania fizycznego modelu spirometru);
 - badania przepływu krwi metodą termiczną (badania prowadzone na modelu fizycznym przepływu mają za zadanie oświecając odpowiedzi termistora na symulowane zjawiska charakterystyczne dla układu krążenia człowieka np. zmiany przekroju naczynia);
 - pomiaru przepływu krwi dopplerowskim przepływomierzem ultradźwiękowym (zasada pomiaru przepływu krwi, wyznaczanie parametrów opisujących przepływ w różnego typu naczyniach układu krwionośnego);
 - pomiaru ciśnienia tętniczego krwi oraz częstości tętna (poznanie metod stosowanych do pomiaru ciśnienia tętniczego krwi oraz opanowanie metody osłuchowej, wyznaczanie wartości wybranych parametrów fali tętna na podstawie sygnału fotopletyzmoğraficznego);
 - pomiaru temperatury ciała metodą bezdotykową (metoda radiacyjna pomiaru temperatury ciała ludzkiego, badanie wpływu wartości współczynnika emisyjności ϵ na wynik pomiaru temperatury).
- Podczas wykonywania ćwiczeń studenci mierzą *in vivo* wybrane parametry, mają możliwość modyfikowania toru pomiarowego oraz wykorzystują programy specjalnie opracowane (w środowisku LabVIEW) do wizualizacji wyników pomiaru.
- W ćwiczeniach laboratoryjnych szczególną uwagę zwraca się na problemy metrologiczne związane z pomiarem i rejestracją wymienionych wcześniej wielkości biomedycznych, tj.:
- wybór odpowiedniego modelu źródła sygnału (wielkości mierzonej),

- sposób ujęcia sygnału biomedycznego: nieinwazyjny i zabezpieczający organizm przed porażeniem elektrycznym;
- metody ograniczania wpływu zakłóceń i szumów pochodzących od badanego obiektu biologicznego, otoczenia i aparatury pomiarowej;
- odpowiednie kondycjonowanie sygnału pomiarowego, który zwykle zawiera składowe o niskich częstotliwościach, występuje w obecności składowej stałej o stosunkowo dużej amplitudzie oraz cechuje go niski poziom energii;
- formę wizualizacji wyników pomiaru.

Podczas omawiania źródeł błędów i niepewności, znanych studentom specjalności metrologicznej z poprzednich kursów, zwraca się także uwagę na dodatkowe źródła błędów występujące w biopomiarach, które są specyficzne dla obiektów żywych [4]. Są to:

- naturalna zmienność obiektu żywego,
- problemy z przeprowadzeniem procedur kalibracji i opracowaniem wzorców technicznych lub biomedycznych do odtwarzania określonej cechy organizmu żywego,
- czynnik ludzki (wpływ reakcji psychofizycznych na wynik pomiaru, niedostateczna współpraca pacjenta podczas badania).

3. Przetwarzanie i analiza sygnałów biomedycznych - laboratorium

W ramach przedmiotu „Przetwarzanie sygnałów w komputerowych systemach pomiarowych cz. II” omawiane są zagadnienia związane z cyfrowym przetwarzaniem i analizą sygnałów [7], tj.:

- podstawowe zagadnienia dotyczące kompresji licznosci danych,
- metody uśredniania sygnału w dziedzinie czasu,
- podstawy filtracji adaptacyjnej,
- idea modelowania parametrycznego oraz wyznaczanie widma sygnału na podstawie modelu parametrycznego,
- analiza cepstralna,
- krótkoczasowa transformata Fouriera (STFT),

oraz prezentowane są przykłady zastosowania komputerowych systemów pomiarowych w diagnostyce medycznej.

Przedstawiony program stanowi rozszerzenie wcześniejszego kursu (realizowanego w ramach pierwszej części przedmiotu), podczas którego studenci zapoznali się z podstawowymi charakterystykami sygnałów, zagadnieniami dotyczącymi analizy częstotliwościowej za pomocą metod Fourierowskich oraz opanowali zasady projektowania filtrów cyfrowych.

Podczas zajęć laboratoryjnych z tego przedmiotu przetwarzane i analizowane są przede wszystkim sygnały biomedyczne (m.in. sygnały quasi-okresowe związane z pracą serca, tj. EKG, FKG, PPG oraz sygnały o charakterze losowym – szmery serca oraz szmery oddechowe) [1,2,3,6].

Sygnały te są rejestrowane przez studentów z wykorzystaniem profesjonalnej aparatury pomiarowej (sygnał EKG – dostępny na wyjściu analogowym kardiomonitora) lub za pomocą specjalnie w tym celu opracowanych wirtualnych przyrządów pomiarowych (m.in. wirtualnego stetoskopu przeznaczonego do rejestracji tonów i szmerów serca).

Do poszczególnych ćwiczeń przygotowano specjalne aplikacje w środowisku LabVIEW, które umożliwiają testowanie zaimplementowanych metod poprzez interaktywne modyfikowanie ich parametrów.

W ramach ćwiczeń laboratoryjnych studenci:

- zapoznają się z wybranymi metodami kompresji licznosci danych i miarami stosowanymi do oceny algorytmów kompresji (współczynnik stopnia kompresji, błąd rekonstrukcji sygnału oryginalnego);

- na przykładzie sygnału EKG porównują m.in. metody FAN, CORTES, AZTEC i metodę punktów zwrotnych;
- modelują typowe zakłócenia i szumy występujące w sygnale EKG oraz testują różne metody uśredniania sygnału EKG w dziedzinie czasu (uśrednianie koherentne, uśrednianie wagowe w ruchomym oknie czasowym, uśrednianie wykładnicze, filtr medianowy);
- zapoznają się z metodami stosowanymi do parametryzacji sygnału EKG oraz implementują algorytmy do wydzielenia istotnych cech wybranych sygnałów biomedycznych (m.in. wykrywanie zespołów QRS w sygnale EKG, detekcja tonów podstawowych serca w sygnale FKG, wyznaczanie częstości rytmu pracy serca, określanie faz cyklu oddechowego na podstawie analizy szmerów oddechowych);
- zapoznają się z metodami analizy sygnału mowy w dziedzinie czasu, częstotliwości oraz czas-częstotliwość (STFT), a także samodzielnie implementują algorytm do wyznaczania Cepstrum.

Etapy identyfikacji i weryfikacja modelu parametrycznego na przykładzie różnych sygnałów biomedycznych są prezentowane w formie ćwiczenia demonstracyjnego.

Podczas zajęć laboratoryjnych zwraca się szczególną uwagę na wybór odpowiedniej metody stosowanej do analizy sygnału. Metoda ta powinna uwzględniać złożoną strukturę czasowo-częstotliwościową badanego sygnału oraz umożliwić wyodrębnienie jego istotnych cech.

4. Uwagi końcowe

Rozszerzenie programu kształcenia inżyniera metrologa o tematykę obejmującą wybrane zagadnienia z podstaw inżynierii biomedycznej umożliwia studentom zapoznanie się ze specyfiką wykonywania biopomiarów oraz pozwala na włączenie do programu nauczania „pierwiastka humanizmu”.

Wielu studentów specjalności metrologicznej pogłębia wiedzę w zakresie biopomiarów lub metod analizy sygnałów biomedycznych podczas realizacji pracy dyplomowej. Daje to możliwość rozbudowy i modernizacji stanowisk laboratoryjnych wykorzystywanych w dydaktyce.

5. Literatura

- [1] Bronzino I.D. (ed.): The Biomedical Engineering Handbook. Davis University of California CRC Press 2000.
- [2] Torbic W., Filipczyński L., Maniewski R., Nałęcz M., Stolarski E.: Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna 2000. Biopomiary. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2001.
- [3] Augustyniak P.: Przetwarzanie sygnałów elektrodiagnostycznych. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001.
- [4] Juroszek B., Dziuban E.: Measurement of properties of biomedical subject – cognitive targets for students at Technical Universities in Wrocław and Rzeszów, Vol.1. Proceedings of TC-1 Symposium 2002, pp 91-98, Joint IMEKO TC1& MKM Conference 2002, Wrocław, 8-12 Sept. 2002.
- [5] Dziuban E., Wilk B., Potyrański P.: Technika pomiarowa w medycynie – wybrane zagadnienia. Laboratorium. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
- [6] Frankiewicz Z., Łęski J., Pawłowski A.: Wybrane zagadnienia cyfrowego przetwarzania sygnałów biomedycznych – laboratorium. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1993.
- [7] Zieliński T.P.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. WKiŁ, Warszawa 2005.

Artykuł recenzowany