

**dr inż. Jacek Stanisław TUTAK, inż. Arkadiusz WYŁUPEK**

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki  
Rzeszow University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Department of Applied Mechanics and Robotics

## **SYSTEM DIAGNOSTYKI AKTYWNOŚCI RUCHOWEJ Z ZASTOSOWANIEM SYSTEMU ANDROID**

### **Streszczenie**

**Wstęp i cel:** Celem projektu było zbudowanie systemu do diagnozy aktywności ruchowej osób z wykorzystaniem urządzenia wyposażonego w system *Android*. Przeprowadzona diagnoza nie jest jedynie oparta o wskazania z czujników na pokładzie telefonu. Wraz z nią współpracuje układ odpowiedzialny za pomiar aktywności mięśni.

**Materiał i metody:**

Aplikacja dla systemu *Android* napisana została w języku Java. System uruchamia ją za pomocą maszyny wirtualnej *Dalvik*. Aplikacja została przygotowana w środowisku *Android-Studio* przy pomocy powyższego języka. W artykule omówiono sposób działania systemu z uwzględnieniem pomiaru sygnałów EMG z zastosowaniem zewnętrznego urządzenia *Neurobit Optima*.

**Wyniki:** Wynikiem pracy jest w pełni funkcjonalny prototyp. Przeprowadzono szczegółowe testy potwierdzające poprawność działania opracowanego systemu.

**Wniosek:** Opisany system jest nowatorski z pozytywnymi opiniami przyszłych użytkowników.

**Słowa kluczowe:** Diagnostyka, mechatronika, system *Android*.

(Otrzymano: 23.11.2016; Zrecenzowano: 15.12.2016; Zaakceptowano: 05.01.2017)

## ***DIAGNOSIS OF PHYSICAL ACTIVITY SYSTEM BY USING ANDROID***

### ***Abstract***

***Introduction and aim:*** The article presents the issues of the system to the diagnosis the physical activity of people using the *Android*-based device. The main goal of the project was to create a system responsible for the measurement of activity the muscles and physical movement parameters.

***Material and methods:*** The project has been designed and implemented based on software *Android - Studio* and *Neurobit Optima* for EMG measurements.

***Results:*** The result of work is fully functional prototype assist device.

***Conclusion:*** The method described is innovative with positive test and opinion of future users.

***Keywords:*** Mechatronics, hardware/software system, android, EMG measurements

(Received: 23.11.2016; Revised: 15.12.2016; Accepted: 05.01.2017)

## 1. Wstęp

Aktywność ruchowa to ilość ruchu niezbędna do rozwoju oraz zachowania zdrowia człowieka. We współczesnym świecie aktywność ruchowa jest w coraz większym stopniu minimalizowana, ma na to wpływ zmiana charakteru pracy zawodowej człowieka oraz zmiana codziennego trybu życia. Aby utrzymać poziom aktywności na poziomie, który pozwoli na zachowanie zdrowia człowieka można wspomóc się rozwiązaniami, które pozwolą na monitorowanie jej za pomocą specjalnych urządzeń, takich jak urządzenia do pomiaru czynności życiowych oraz aktywności serca. Alternatywą dla specjalistycznych rozwiązań może być wykorzystanie urządzeń, które nie są bezpośrednio przeznaczone do diagnostyki aktywności ruchowej, a w codziennym życiu pełnią zupełnie inne funkcje. Przykładem takich urządzeń mogą być telefony komórkowe, których główną zaletą jest ich popularność. W większości telefonów można spotkać akcelerometry, czujniki położenia oraz odległości. Są to czujniki wykonane w technologii MEMS [2]. Czujniki występujące w urządzeniach pod systemem Android możemy podzielić ze względu na ich charakter na:

- czujniki fizyczne - to czujniki które przesyłają „surowe” dane z czujników, zazwyczaj jeden czujnik dostarcza jeden charakter danych do systemu,
- czujniki wirtualne (syntetyczne) - tworzą one dodatkową warstwę pomiędzy niskopoziomowymi czujnikami oraz aplikacją. Jej zadaniem jest połączenie danych z kilku niskopoziomowych czujników lub zamiana formy danych z czujnika fizycznego na formę łatwiejszą do wykorzystania.

Kolejny podział jaki możemy utworzyć to podział ze względu na przeznaczenie danych czujników:

- sensory ruchu (czujnik przyśpieszeń, czujnik przyśpieszenia ziemskiego, czujnik żyroskopowy, czujnik przyśpieszeń liniowych, czujnik rotacji),
- sensory pozycji (czujnik pola magnetycznego, czujnik orientacji, czujnik odległości),
- sensory środowiskowe (czujnik temperatury otoczenia, czujnik wilgotności powietrza, czujnik jasności, czujnik ciśnienia) [13].

Niestety ilość oraz jakość sensorów wykorzystanych do budowy urządzenia zależy głównie od producenta.

Po analizie przeglądu literaturowego [4], [8], [9] możemy stwierdzić, że trwają prace nad zwiększeniem stopnia wykorzystania do celów diagnostyki medycznej czujników montowanych w urządzeniach mobilnych. Wśród nich możemy wyróżnić zespoły badawcze, które opracowują stopień przydatności czujników w dziedzinach pomiaru sygnałów oraz telemedycyny. Przedstawione rozwiązania w postaci gotowych aplikacji wykorzystują możliwości telefonu, jednak nie korzystają z żadnych informacji zewnętrznych w celu usprawnienia procesu rehabilitacji. Dane z sensorów umieszczonych na pokładzie telefonu są wyświetlane w postaci graficznej lub zapisywane w postaci archiwum. Natomiast rozwiązania, które wykorzystują pomiar parametrów ruchu i aktywność elektryczną mięśni do celów medycznych jak np. Luna EMG [8] są rozwiązaniami stacjonarnymi. Najciekawszym rozwiązaniem opracowanego przeglądu literaturowego jest Myo [9]. Opaska Myo zapewnia pomiar parametrów ruchu ramienia oraz pomiar aktywności elektrycznej mięśni. Wadą prezentowanego rozwiązania są błędy w uzyskiwanych pomiarach EMG, wynikające z zastosowania elektrod montowanych na powierzchni ze stali nierdzewnej zamiast zalecanych do tego typu pomiarów samoprzylepnych plasterów. Analizując przedstawione w przeglądzie literaturowym rozwiązania, można jednoznacznie stwierdzić, że nie występuje modułowy, przenośny system do pomiaru ruchliwości stawów w połączeniu z zewnętrznym urządzeniem do analizy m.in. aktywności mięśniowej [1], [3], [5], [7], [10]-[12].

## 2. Cel projektu

Celem projektu było zbudowanie systemu do diagnozy aktywności ruchowej osób z wykorzystaniem urządzenia wyposażonego w system *Android*. Przeprowadzona diagnoza nie jest jedynie oparta o wskazania z czujników na pokładzie telefonu. Wraz z nią współpracuje układ odpowiedzialny za pomiar aktywności mięśni. Opracowany system składa się z aplikacji na telefon z systemem *Android*, która spełnia następujące zadania:

- odczyt wskazań z czujników,
- komunikacja z komputerem w celu przesłania wyników pomiarów,
- intuicyjny interfejs użytkownika, odporny na błędy aplikacji oraz błędy użytkownika.

Drugim elementem systemu jest moduł odpowiedzialny za pomiar sygnału EMG. W roli urządzenia odpowiedzialnego za pomiar sygnału aktywności mięśniowej wykorzystano gotowe urządzenie. Pozwoli to na ograniczenie czasu potrzebnego na zbudowanie układu pomiaru EMG oraz zapewni wysoką jakość pomiaru. Wraz z oprogramowaniem pomiarowym istnieje możliwość tworzenia archiwum uzyskiwanych wyników.

Ostatnim komponentem systemu będzie segment odpowiedzialny za porównanie wyników uzyskanych z powyższych części. System ma mieć w założeniach budowę modułową, dzięki czemu zyska on na przejrzystości oraz diagnostyka pracy samego urządzenia stanie się łatwiejsza.

## 3. Projekt oraz budowa systemu do diagnostyki aktywności ruchowej

Aplikacje można podzielić pod względem umieszczonych w niej aktywności. Aktywnością zwykło się nazywać pojedyncze okno aplikacji, które jest odpowiedzialne m.in. za komunikację z użytkownikiem, utworzenie okna aplikacji oraz wchodzących w nie wizualnych elementów. W uproszczeniu jest to klasa w języku *Java*, jednak nie zawsze przyjmuje postaci pojedynczego okna.

Poniżej przedstawiono spis aktywności, które wchodzi w skład aplikacji, natomiast w następujących podpunktach zostanie opisana ich budowa. Aplikację możemy podzielić na następujące aktywności:

- menu,
- pomiar kąta,
- orientacja,
- wysyłanie,
- informacja.

### 3.1. Aktywność menu

Menu spełnia rolę aktywności startowej, więc za każdym razem gdy aplikacja zostanie uruchomiona na urządzeniu zostanie wyświetlona owa aktywność. Jak również, przy naciśnięciu przycisku powrotu podczas pobytu użytkownika w innej aktywności użytkownik zostaje do niej przekierowany. W skład jej pliku układu (*ang. layout*), który jest odpowiedzialny za wygląd aktywności wchodzi liniowy menadżer układu (*ang. linear layout*) natomiast wewnątrz niego znajdują się 4 przyciski. Oprócz menadżera zastosowano pole tekstowe wyświetlające napis „Menu”. Każdy z przycisków pełni jednakową funkcję i jest odpowiedzialny za uruchomienie pojedynczej aktywności. Menadżer układu typu liniowego porządkuje wszystkie obecne w nim elementy w formie listy (pionowej lub poziomej).

Ponieważ opis wyglądu aktywności w postaci pliku układu, nie przedstawiałby całego widoku okna aktywności, dlatego też wygląd aktywności został zaprezentowany na rysunku 1.

### 3.2. Aktywność pomiar kąta

Działanie tej aktywności skupia się głównie na pobieraniu wartości wskazywanej przez sensor, który jest przeznaczony do pomiaru orientacji urządzenia w przestrzeni. Kolejne zadania realizowane przez aktywność to wyświetlanie wykresu przedstawiającego przebieg badanego sygnału oraz zapis danych pomiarowych do pliku tekstowego w postaci archiwum z badania. Graficzna strona aktywności składa się z dwóch przycisków odpowiedzialnych za rozpoczęcie oraz zakończenie pomiaru.

Poniżej przycisków został umieszczony obszar wykresu na którym przedstawiony jest wykres sygnału badanego, a konkretnie pomiaru kąta pochylenia przedramienia. Na rysunku 2 przedstawiony został widok okna aplikacji podczas wykonywania pomiarów.



Rys. 1. Widok aktywności menu  
*Źródło: Opracowanie własne Autorów*  
 Fig. 1. View for the menu activity  
*Source: Elaboration of the Authors*



Rys. 2. Widok okna aktywności pomiaru kąta  
*Źródło: Opracowanie własne Autorów*  
 Fig. 2. Activity window view of the angle measurement  
*Source: Elaboration of the Authors*

### 3.3. Aktywność orientacji

Budowa aktywności Orientacja jest zbliżona do budowy aktywności Pomiar kąta ze względu na wygląd jak i działanie.

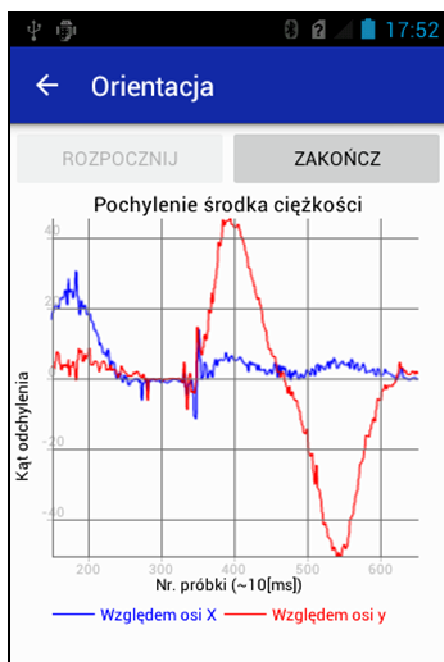
Cele jakie ma spełniać są podobne, jedyne różnice występują w warstwie programowej aplikacji. Ponieważ warstwa programowa aplikacji zawiera w sobie małe różnice względem poprzedniej aktywności, poniżej przedstawiono jedynie rozbieżności pomiędzy dwoma plikami. Mierzonym parametrem w odróżnieniu od poprzedniego przypadku będzie odchylenie względem dwóch osi.

Należy więc utworzyć podwójnie obiekty odpowiedzialne za przechowywanie danych m.in. zmienne przechowujące aktualny stan czujnika, dwie serie danych oraz dwa rendery do serii danych.

Graficzny widok okna aktywności został ukazany na rysunku 3.

### 3.4. Aktywność wysyłania i aktywność infromacja

Aktywność ma za zadanie wybór pliku, który ma zostać przesłany oraz jego transmisję za pośrednictwem technologii Bluetooth (w większości przypadków), wybór sposobu przesłania pliku zostaje nadal w kwestii użytkownika. Strona graficzna składa się z dwóch przycisków, pola tekstowego informującego o aktualnym położeniu w strukturze katalogów oraz listy w której wyświetlane są pliki i katalogi dostępne z wybranej lokacji. Widok listy (*ang. ListView*) został zastosowany w celu umożliwienia wyboru pliku który ma zostać przesłany. Na rysunku 4 przedstawiono obraz okna aktywności.



Rys. 3. Widok okna aktywności podczas wykonywania pomiarów  
Źródło: Opracowanie własne Autorów

Fig. 3. Activity window view of during measurements  
Source: Elaboration of the Authors



Rys. 4. Widok okna aktywności - wysyłanie  
Źródło: Opracowanie własne Autorów

Fig. 4. Activity window view - sending  
Source: Elaboration of the Authors

Aktywność ma za zadanie poinformować użytkownika o autorze oraz w krótki sposób opisać okoliczności powstania aplikacji.

### 3.5. Oprogramowanie

Do obioru danych wykorzystano smartfon z systemem *Android* [6]. Aplikacja dla systemu *Android* napisana została w języku *Java*. System uruchamia ją za pomocą maszyny wirtualnej *Dalvik*. Aplikacja została przygotowana w środowisku *AndroidStudio* przy pomocy powyższego języka. Przygotowana aplikacja cechuje się prostotą obsługi oraz przejrzystością

W celu pobrania wyników z urządzenia do pomiaru sygnałów EMG oraz przedstawienia ich w formie wykresu zastosowano oprogramowanie *BrainBay*. Oprogramowanie to jest przeznaczone do wykonywania pomiarów sygnałów biologicznych oraz budowania systemu biofeedback, opartych na biologicznym sprzężeniu zwrotnym. Oprogramowanie współpracuje z serią urządzeń, które pozwalają na pomiar sygnałów biologicznych oraz tworzą część sprzętową systemu m.in. *Neurobit Optima* lub *MonolithEEG* (open EEG). *BrainBay* pozwala na graficzne projektowanie układów, które mogą pobierać dane, przetwarzać dane oraz wykonywać obliczenia w czasie rzeczywistym. Istnieje możliwość przedstawienia danych w postaci wykresów lub za pomocą sygnałów dźwiękowych.

Jednak istnieje również możliwość wykorzystania danych wynikowych w zaawansowanych systemach związanych z rehabilitacją i biofeedbackiem.

Ponieważ dane z pomiaru kąta nachylenia ramienia oraz z pomiaru aktywności elektrycznej mięśnia występują w postaci plików tekstowych z zapisanymi w nich wektorami lub macierzami danych. Zdecydowano, że najlepszym sposobem na wykonanie porównania wyników będzie wykorzystanie oprogramowania *Matlab*. Autorski skrypt rozpoczyna się od wyczyszczenia przestrzeni roboczej, następnie zostają wczytane dane z pomiaru kąta nachylenia ramienia. Zostaje utworzony pierwszy z dwóch wykresów, który przedstawia wykres zależności kąta nachylenia od czasu. Kolejno zostają wczytane dane pochodzące z pomiaru aktywności elektrycznej mięśnia, zostaje utworzony wektor, który będzie symbolizował czas. W kolejnym kroku zostają wyświetlone wykresy aktywności elektrycznej mięśnia oraz wykres mocy sygnału elektrycznej mięśnia. Dodatkowo ustawiono opisy osi, siatkę na wykresach oraz ustawiono rozmiary wykresów.

### 3.6. Sensory

Fizyczne sensory jakie znajdują się w urządzeniu które było wykorzystywane podczas opracowywania aplikacji oraz podczas testów to:

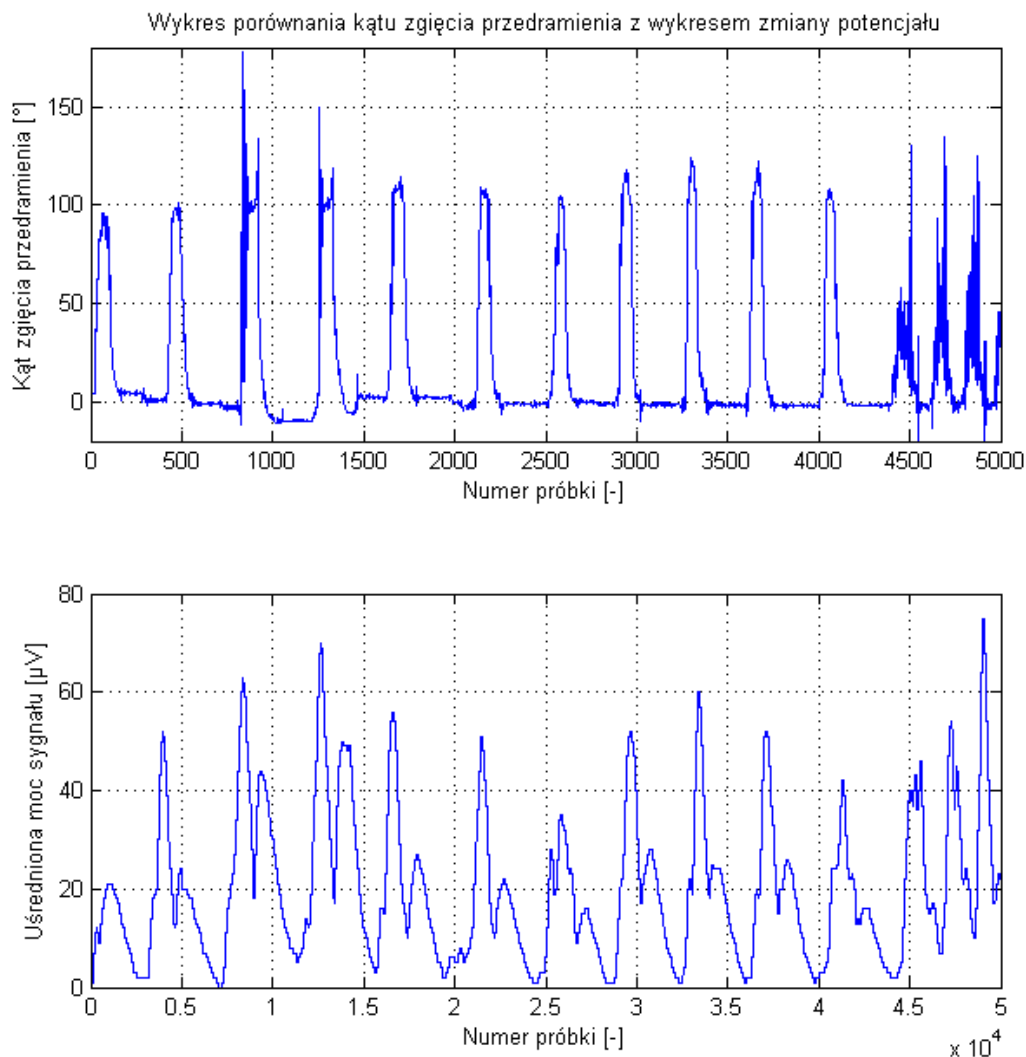
- LIS3DH - trójosiowy, cyfrowy akcelerometr wykonany w technologii MEMS. Charakteryzuje się niskim poborem mocy, przy zachowaniu dużej wydajności. Pozwala na zmianę zakresu pracy od  $\pm 2g$  do  $\pm 16g$ . Komunikacja z układem realizowana jest za pomocą interfejsu I2C [18],
- AK8973 - trójosiowy cyfrowy, układ scalony pełniący funkcję cyfrowego kompasu. Zawiera w swojej budowie czujnik Halla. Komunikacja z układem za pomocą interfejsu I2C [19],
- CM3602 - czujnik odległości wraz z zintegrowanym czujnikiem jasności otoczenia. Zakres pracy czujnika jasności 0-1000 lux [14].

### 3.7. Urządzenie zewnętrzne do pomiaru sygnału EMG

Do pomiaru sygnału EMG zastosowano produkt polskiej firmy Neurobit Systems o nazwie Optima 4. Urządzenie przesyła dane pomiarowe w sposób bezprzewodowy za pomocą technologii Bluetooth, dysponuje wysoką rozdzielczością sięgającą do 16 bit oraz wysoką dokładnością - 1% przy pomiarach napięcia. Optima ma w swoim zakresie możliwość pomiaru różnego typu sygnałów takich jak EEG, EMG, HRV, GST oraz pomiar temperatury skóry i temperaturę powietrza wdychanego oraz wydychanego [15]. Poprzez swoje małe rozmiary (80×120×30 mm), bezprzewodową transmisję danych oraz baterijne zasilanie urządzenie cechuje się dużą mobilnością co było ważnym kryterium przy jego wyborze. Bezprzewodowa łączność oraz zasilanie baterijne ma również wpływ na fakt istnienia izolacji galwanicznej badanej osoby podczas badania. Urządzenie posiada 4 konfigurowalne wejścia, każde z nich może być przeznaczone do pomiaru innego typu sygnału biologicznego. Dane z urządzenia przesyłane są bezprzewodowo do komputera a następnie za pomocą oprogramowania zapisywane do pliku. Wybór badanego sygnału oraz ustawianie parametrów połączenia jest realizowane za pomocą programu producenta, który może być stosowany jako samodzielny program lub stanowić część systemu pomiarowego takiego jak np. *BrainBay*.

## 4. Testy opracowanego systemu

W celu weryfikacji działania zbudowanego systemu wykonano badania na grupie pięciu osób. W celach reprezentacyjnych wybrano wyniki badań osoby w wieku 25 lat, o masie 70 kg oraz wzroście 180 cm. Wybrane wyniki przedstawiono na wykresach umieszczonych na rysunku 5 oraz na rysunku 6.



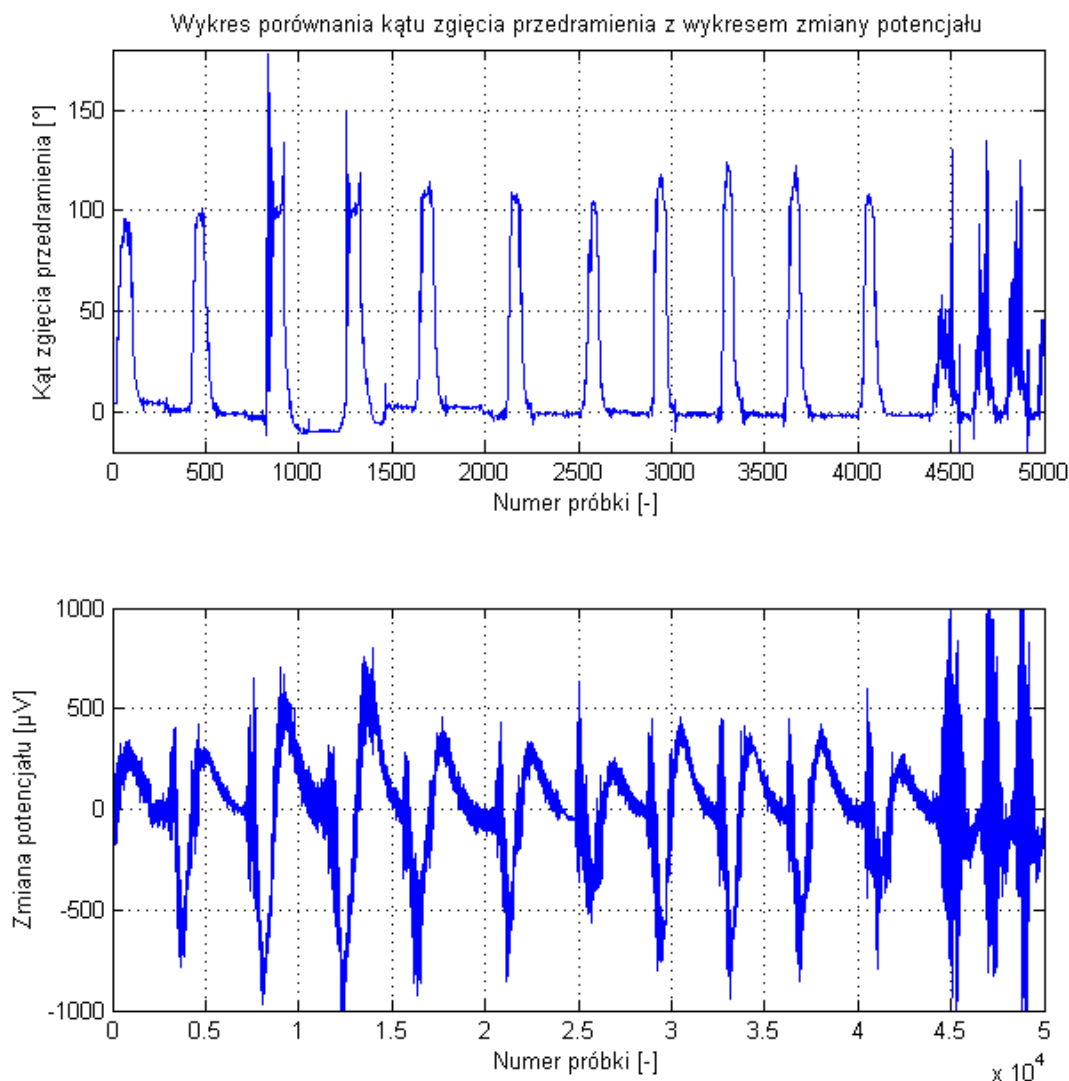
Rys. 5. Porównanie wykresów kąta zgięcia przedramienia oraz uśrednionej mocy sygnału

*Źródło: Opracowanie własne Autorów*

Fig. 5. Comparison of the bending angle graphs of the forearm and the average signal strength

*Source: Elaboration of the Authors*

Po analizie wykresów można stwierdzić, że istnieje bezpośredni związek pomiędzy kątem zgięcia przedramienia, a sygnałem EMG mierzonym na mięśniu dwugłowym ramienia. W zasadzie stosowaną metodą pomiaru jest metoda sEMG czyli metoda powierzchniowego badania aktywności mięśnia, jednak w celu uproszczenia zapisu będzie stosowany zapis EMG. W zależności od stopnia zgięcia zmienia się amplituda sygnału. Analiza czystego sygnału jest problematyczna, dlatego zdecydowano się zastosować blok szybkiej transformaty Fouriera, który pozwolił na uzyskanie przebiegu mocy sygnału w dziedzinie czasu. Analizując wykres mocy sygnału w dziedzinie czasu możemy zaobserwować, że podczas zginania przedramienia następuje nagły wzrost aktywności elektrycznej mięśnia, natomiast w czasie prostowania przedramienia aktywność też jest zauważalna jednak osiąga ona mniejszą wartość. Wykres sygnału podczas ruchu zginania i prostowania składa się z dwóch wzgórz przedzielonych przerwą, która sygnalizuje moment zatrzymania ramienia w stanie zgięcia. Minimalna wartość sygnału w przerwie zależy od czasu zatrzymania przedramienia w danej pozycji.



Rys. 6. Porównanie wykresów kąta zgięcia przedramienia oraz zmian sygnału EMG

*Źródło: Opracowanie własne Autorów*

Fig. 6. Comparison of the bending angle graphs of the forearm and the EMG signal changes

*Source: Elaboration of the Authors*

W momencie, gdy przedramię zostało oparte o stół aktywność mięśnia zanika a razem z nią moc sygnału EMG. W przypadku sztucznego napięcia mięśnia jego elektryczna aktywność nagle rośnie. Widoczne jest to szczególnie wyraźnie w okolicach 4,5 do 5 sekundy gdy amplituda sygnału nagle rośnie, moc sygnału składa się z pojedynczego wzniesienia, który posiada bardzo strome zbocze. Podczas napięcia mięśnia występują drgania, które są zauważalne na wykresie kąta zgięcia ramienia.

Aby aktywność elektryczna ustała należy poddać go relaksacji przez określony okres czasu. Elektryczna aktywność mięśnia ustaje w momencie gdy zostaje on poddany relaksacji przez określony fragment czasu. Wzniesienia występujące na wykresie mocy sygnału mają większą szerokość od tych występujących na wykresie zależności kąta od czasu. Fakt ten świadczy o małej dynamice zmiany sygnału EMG w porównaniu do sygnału kąta zgięcia przedramienia.



## 5. Wnioski

- Opracowany i zbudowany system przeznaczony jest do diagnostyki aktywności ruchowej z wykorzystaniem systemu operacyjnego *Android*. Pozwala on na archiwizację danych oraz porównywanie wyników badań z różnych okresów czasu. Aplikacja mobilna spełnia wymagania co do odporności na błędy użytkownika, posiada budowę modułową oraz jest intuicyjna dla użytkownika. Proces opracowywania i testowania gotowego układu był konsultowany z rehabilitantem. Działanie aplikacji nie jest uzależnione od wersji systemu *Android*. Podczas testów sprawdzano działanie aplikacji na urządzeniach mobilnych firmy Huawei m.in. w wersjach systemu operacyjnego odpowiednio 4.0 oraz 2.3.6.
- Urządzenia były wyposażone w syntetyczny czujnik orientacji, którego wskazania są oparte o wskazania z akcelerometru oraz magnetometru. W przypadku uruchomienia aplikacji na urządzeniu, które nie jest wyposażone w wyżej wymieniony czujnik użytkownik zostaje poinformowany o tym fakcie poprzez wyświetlenie odpowiedniego komunikatu. Modułowa budowa zarówno całego systemu jak i samej aplikacji wpłynęła na ułatwienie edycji jak i rozbudowy obu pozycji.
- Oparcie aplikacji mobilnej o tzw. aktywności, które można traktować jako moduły ułatwia proces jej rozbudowy ponieważ usunięcie jednej z aktywności nie ma bezpośredniego wpływu na drugą. Natomiast w celu realizacji zadań danego modułu systemu może być zastosowany inny równoważny np. pakiet *Matlab* może zostać zastąpiony przez oprogramowanie *Gnuplot* bądź *Scilab*.
- System w ten sposób staje się bardziej elastyczny i odporny na dysfunkcje działania jednego z modułów. Zastosowanie w projekcie łącza Bluetooth niesie ze sobą wiele korzyści m.in. zrezygnowanie ze stosowania przewodów, które ograniczałyby ruch badanej kończyny.
- Autorski kod źródłowy aplikacji po małej modyfikacji może służyć do budowy aplikacji przeznaczonej do pomiaru innych wielkości fizycznych m. in. przyspieszenia bądź odległości. W powodu popularności systemu operacyjnego *Android* w urządzeniach oraz zastosowania podstawowych czujników aplikacja może być stosowana w szerokiej bazie urządzeń.

## Literatura

- [1] Adrian S., Mączak J., Szulim P., Walczak D.: *Wykorzystanie systemu operacyjnego Android do sterowania platformą mobilną*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, Politechnika Warszawska, Warszawa 2014, Zeszyt 2/98, s. 5-16.
- [2] Milette G., Stroud A.: *Professional Android Sensor Programming*, Wyd. John Wiley & Sons, Indianapolis 2012.
- [3] Skublewska-Paszkowska M., Smołka J., Łukasik E., Bandurowicz M.: *Pomiar przyspieszenia w globalnym układzie współrzędnych z użyciem urządzeń mobilnych*, Poznań: Wyd. Instytut Logistyki i Magazynowania. Logistyka 2014, Nr 6, s. 9646-9655.
- [4] Sobota G.: *Elektromiografia i jej zastosowanie w zaburzeniach aparatu żucia*, Katowice: Elamed Media Group. Twój Przegląd Stomatologiczny, 2012 Nr 6, s. 57-61.
- [5] Surtel W., Maciejewski M., Cieślarski M.: *Model aplikacji na urządzenia mobilne z systemem operacyjnym android do zastosowań w monitoringu środowiskowym pacjenta*, Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, Wyd. Centrum Innowacji i Transferu Technologii Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego Sp. z o.o., Lublin 2013, Nr 4, s. 38-40.

- [6] Tutak J.S., Woś T.: *System wspomagający funkcjonowanie osób starszych*. Szczecin: Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna. *Problemy Nauk Stosowanych*, 2016, Nr 4, s. 157-164.
- [7] <http://egzotech.com> (*dostęp wrzesień 2016*).
- [8] <http://innpoland.pl/120833,od-tworzenia-stron-internetowych-po-egzoszkielety-do-fizjoterapii-czlowiek-nigdy-nie-bedzie-tak-dokladny-jak-maszyna> (*dostęp wrzesień 2016*).
- [9] <https://www.myo.com/techspecs> (*dostęp wrzesień 2016*).
- [10] <http://physiotool.blogspot.com> (*dostępu wrzesień 2016*).
- [11] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hyunc.rehatrain.balancecheck>, (*dostęp wrzesień 2016*).
- [12] <https://play.google.com/store/apps/details?id=trv.jmd> (*dostęp wrzesień 2016*).
- [13] [http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_overview.html](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html) (*dostęp wrzesień 2016*).
- [14] <http://www.capellamicro.com.tw/EN/index.php> (*dostęp wrzesień 2016*).
- [15] <http://www.neurobitsystems.com/neurobitoptima.htm> (*dostęp s wrzesień 2016*).