

WERYFIKACJA METODY ROZPOZNAWANIA RODZAJU RUCHU WYKORZYSTUJĄCEJ SENSORY URZĄDZEŃ MOBILNYCH

Streszczenie

Urządzenia mobilne wyposażone w wydajne procesory i szereg czujników zyskują wiele nowych zastosowań. W przypadku transportu jedną z możliwości jest rejestrowanie trasy pokonywanej przez firmowe pojazdy, a także wykrywanie kolizji. Aby wspomniane zadania realizować automatycznie niezbędna jest metoda służąca do rozpoznawania rodzaju ruchu użytkownika urządzenia mobilnego. W artykule przedstawiono wyniki testów zaproponowanej i zaimplementowanej wcześniej metody przeprowadzone na większej niż poprzednio liczbie osób oraz samochodów. Przedstawiono również skorygowaną wersję kryteriów, charakteryzujących się większą uniwersalnością / skutecznością.

WSTĘP

Według badań firm IDC [3] oraz Gartner [1] urządzenia mobilne zdobywają coraz większą dużą popularność. Praktycznie wszystkie te urządzenia posiadają szereg wbudowanych czujników, takich jak akcelerometr, magnetometr, żyroskop (wykorzystywane również z profesjonalnych systemach akwizycji ruchu [2]) czy moduł GPS. Ponadto urządzenia te są bardzo wydajnymi, przenośnymi komputerami. Daje to szereg nowych możliwości. Smartfon kierowcy może rejestrować trasę pokonywaną przez firmowy pojazd lub też automatycznie wezwać pomoc w przypadku wykrycia kolizji [10]. Aby takie rozwiązanie było niezawodne i wygodne aplikacja realizująca to zadanie powinna uruchamiać się i kończyć automatycznie. Niezbędna jest do tego metoda automatycznego rozpoznawania rodzaju ruchu. Metodę taką autorzy zaproponowali w [8] a zaimplementowali w [9].

Poniżej przedstawiono wyniki testów zaimplementowanej metody przeprowadzonych na większej niż w [8] oraz [9] liczbie osób oraz samochodów. Do zaproponowanej wcześniej metody wprowadzono korekty zwiększające jej uniwersalność i skuteczność.

1. BADANE KRYTERIA ROZPOZNAWANIA RODZAJU RUCHU

W [8] zaproponowano (na podstawie wykonanych wcześniej pomiarów) kryteria rozpoznawania rodzaju ruchu użytkownika na podstawie wartości rejestrowanych przez sensory wbudowane w urządzenie mobilne, które ma przy sobie. Uwzględniono chód, bieg oraz jazdę samochodem. Algorytm rozpoznawania rodzaju ruchu wykorzystuje: wartości przyspieszenia w pionie (obliczaną na podstawie wartości przyspieszeń rejestrowanych w układzie współrzędnych telefonu oraz wartości rejestrowanych przez magnetometr), prędkość poruszania się (rejestrowaną przez moduł GPS) [4,5,6,7,8]. Przyspieszenie pionowe będzie nazywane przyspieszeniem w osi Z w dalszej części artykułu.

W [9] przedstawiono implementację aplikacji pomiarowej i dostosowane, ze względów praktycznych, kryteria (np. wprowadzono dodatkowo rozpoznawanie spoczynku). Przytoczono je w tabeli 1. Warto dodać, że aplikacja pomiarowa sprawdzając spełnienie poszczególnych warunków bierze pod uwagę wartości z ostatnich 10 sekund pomiarów (na bieżąco oblicza statystyki - aktualizuje minimalną / maksymalną wartość przyspieszenia w osi Z, wariację przyspieszenia w osi Z, maksymalną zarejestrowaną prędkość w

ostatnich 10 sekundach). Identyfikacja rodzaju ruchu odbywa się na zasadzie głosowania. Spełnienie kryterium maksymalnej wariacji oznacza przyznanie dwóch punktów na rzecz danego rodzaju ruchu. Spełnienie pozostałych kryteriów oznacza przyznanie jednego punktu. Rodzaj, który otrzyma najwięcej punktów jest wynikiem identyfikacji. Liczba punktów jest miarą jakości rozpoznania. Więcej szczegółów na temat szczegółów działania metody można znaleźć w [9]. Dotychczasowe próby prowadzono dla jednej osoby, wykorzystywano również jeden samochód. W kolejnych punktach przedstawiono wyniki weryfikacji wykonane na większej grupie osób i samochodów.

Tab. 1. Weryfikowane kryteria rozpoznawania rodzaju ruchu

	Maksymalna wariacja przyspieszenia wzdłuż osi Z [m^2/s^4]	Wartość minimalnego i maksymalnego przyspieszenia [m/s^2]	Maksymalna prędkość [m/s]
Spoczynek	do 0,02	od -0,25 do 0,25	0,1
Jazda samochodem	do 3	od -5 do -0,25; od 0,25 do 5	1,5
Chód	do 12	od -6 do -5; od 5 do 7	3,5
Bieg	powyżej 12	od -14 do -6; od 7 do 43	38,9

2. WYNIKI WERYFIKACJI KRYTERIÓW ROZPOZNAWANIA RODZAJU RUCHU

2.1. Przeprowadzone próby

W celu weryfikacji kryteriów przeprowadzono szereg prób. Wybrane wyniki przedstawiono w dalszej części artykułu. Pomiar wykonano wykorzystując autorską aplikację pomiarową oraz smartfon Nexus 4 działający pod kontrolą systemu Android 5.1.1. Wartości przyspieszenia były rejestrowane z częstotliwością 5Hz (w aplikacji pomiarowej istnieje możliwość zwiększenia częstotliwości jednak wcześniejsze próby wykazały, że nie ma to znaczącego wpływu na wyniki). Wartości rejestrowane przez GPS były odświeżane raz na sekundę. Aplikacja pomiarowa dwa razy w ciągu sekundy aktualizuje statystyki z ostatnich 10 sekund (aby zmniejszyć obciążenie procesora i zużycie energii).

Poniżej na wykresach znajdują się wartości (minimalne i maksymalne przyspieszenie, wariacja przyspieszenia, maksymalna prędkość) obliczone dla fragmentów wybranych nagrań. Skupiono się na fragmentach, w których występowały problemy z prawidłową identyfikacją rodzaju ruchu. Wybrano fragmenty danych zarejestrowanych po ustaleniu się parametrów ruchu. Oprócz statystyk przedstawiono również miarę jakości rozpoznania

zidentyfikowanego rodzaju ruchu. Wartości przyspieszenia i jego wariacji, ze względu na zbliżone wartości przedstawiono na tej samej skali. Podobnie postąpiono z prędkością i uzyskaną jakością.

Rejestrowano wartości w trakcie chodu, biegu i jazdy samochodem. Próbom poddano 4 różne osoby oraz 4 różne samochody. W trakcie chodu / biegu telefon znajdował się wewnętrznej kieszeni marynarki / kurtki. W trakcie jazdy samochodem telefon znajdował się w uchwycie samochodowym.

2.2. Rozpoznawanie biegu

Tab. 2. Wartości minimalne i maksymalne badanych parametrów zarejestrowane w czasie biegu

Bieg	Osoba 1	Osoba 2	Osoba 3	Osoba 4	Wszystkie osoby
$a_{z\text{-min}}$ [m/s ²]	-13,97	-12,54	-12,99	-16,15	-16,15
$a_{z\text{-max}}$ [m/s ²]	29,85	16,20	26,47	29,33	29,85
σ^2_{min} [m ² /s ⁴]	120,18	36,41	82,38	26,46	26,46
σ^2_{max} [m ² /s ⁴]	189,99	90,46	143,57	153,76	189,99
v_{max} [m/s]	4,75	2,75	3,75	3,50	4,75

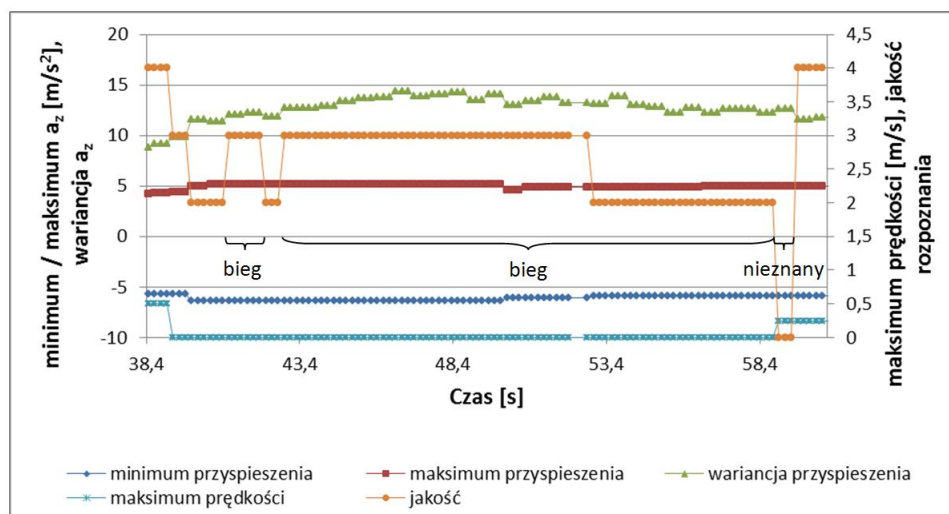
Rozpoznawanie biegu nie stanowi problemu. Wynika to z faktu, iż rejestrowane wartości przyspieszenia w osi pionowej (Z) jak i jego wariacja znacznie przekraczają wartości rejestrowane w trakcie innych rodzajów ruchu. Tabela 2 przedstawia wartości ekstremalne zarejestrowane dla poszczególnych osób. Dodatkowo zawiera również wartości ekstremalne wyznaczone dla wszystkich.

2.3. Rozpoznawanie chodu

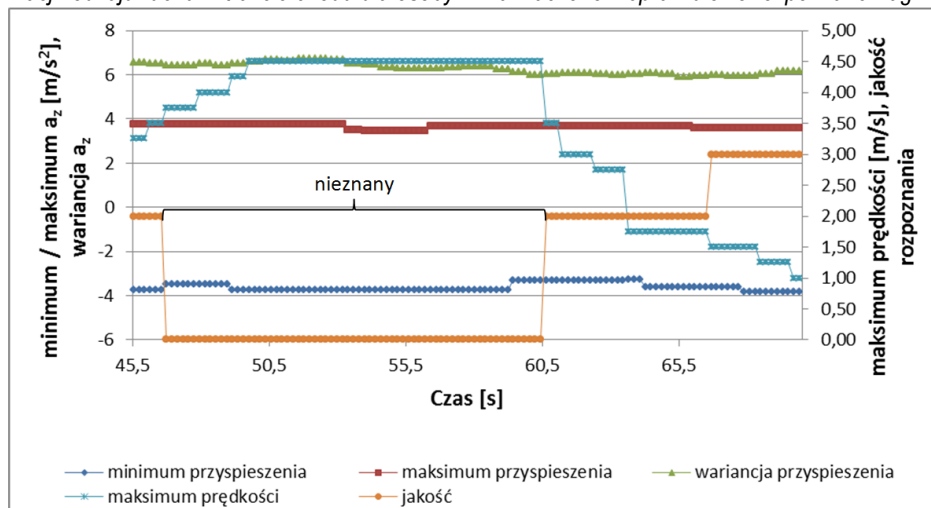
Tab. 3. Wartości minimalne i maksymalne badanych parametrów zarejestrowane w czasie chodu (pogrubioną czcionką zaznaczono wartości, które spowodowały problem z prawidłowym rozpoznaniem rodzaju ruchu)

Chód	Osoba 1	Osoba 2	Osoba 3	Osoba 4	Wszystkie osoby
$a_{z\text{-min}}$ [m/s ²]	-6,71	-3,87	-4,29	-7,04	-7,04
$a_{z\text{-max}}$ [m/s ²]	5,54	4,08	4,80	7,85	7,85
σ^2_{min} [m ² /s ⁴]	7,50	2,89	2,54	3,75	2,54
σ^2_{max} [m ² /s ⁴]	14,38	6,72	5,81	14,91	14,91
v_{max} [m/s]	1,25	4,25	1,41	1,25	4,25

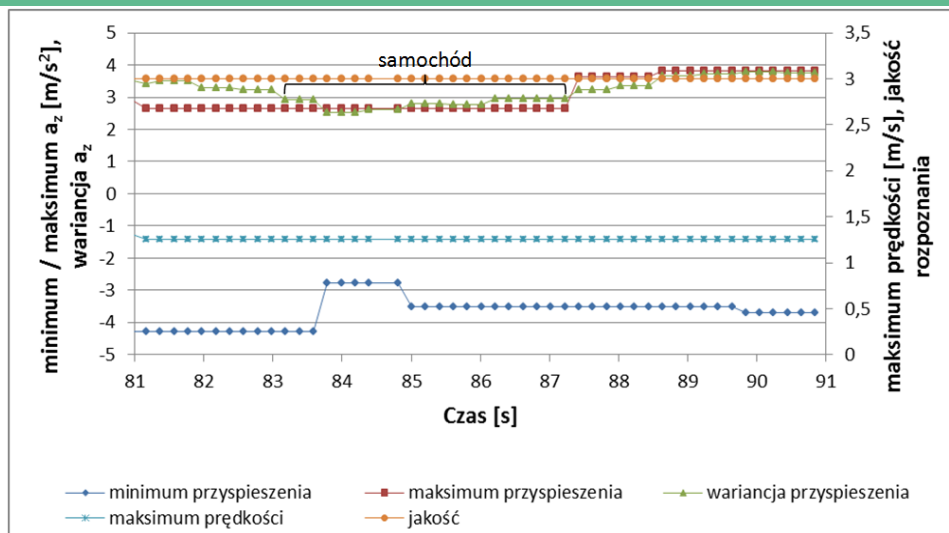
W przypadku chodu wystąpiło najwięcej problemów z identyfikacją. Na rysunkach przedstawiono wykresy obliczonych statystyk. Wybrano fragmenty, w których występowały problemy z identyfikacją. W tabeli 3 podobnie jak dla biegu zestawiono wartości ekstremalne dla poszczególnych osób oraz podsumowanie dla wszystkich. Pogrubioną czcionką zaznaczono wartości, które powodowały problemy z identyfikacją lub obniżały jej jakość. Dla dwóch osób minimalna wariacja była mniejsza niż zakładana w kryteriach, dla dwóch pozostałych z kolei wartość maksymalna wariacji przekroczyła zakładaną wartość. W przypadku wszystkich osób pojawił się problem polegający na tym, że przynajmniej jedna z wartości - maksimum lub minimum przyspieszenia przekroczyła założony próg. Maksymalna prędkość wynosząca 4,25 m/s dla osoby 2 wynika prawdopodobnie z błędnych odczytów modułu GPS i zostanie pominięta w dalszych rozważaniach.



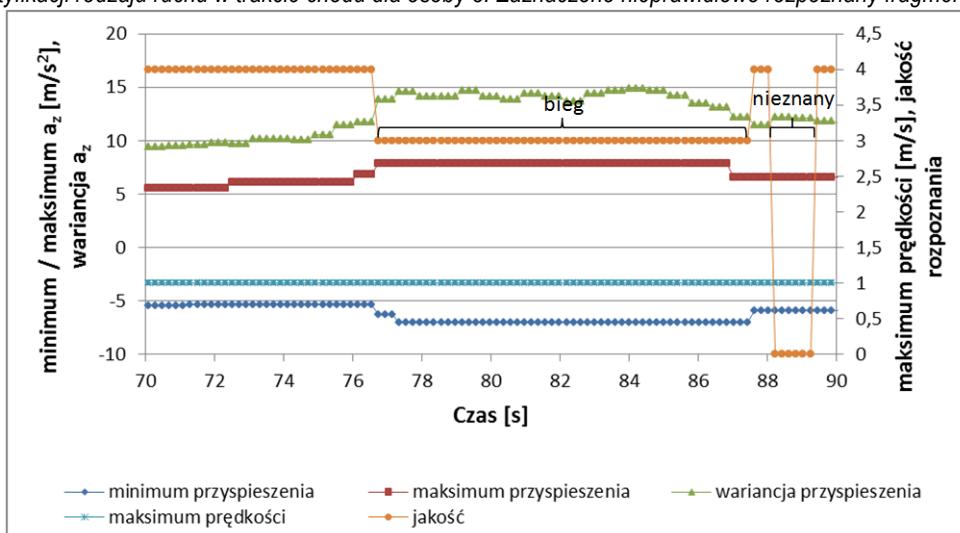
Rys 1. Wyniki identyfikacji rodzaju ruchu w trakcie chodu dla osoby 1. Zaznaczono nieprawidłowo rozpoznane fragmenty.



Rys. 2. Wyniki identyfikacji rodzaju ruchu w trakcie chodu dla osoby 2. Zaznaczono nieprawidłowo rozpoznany fragment.

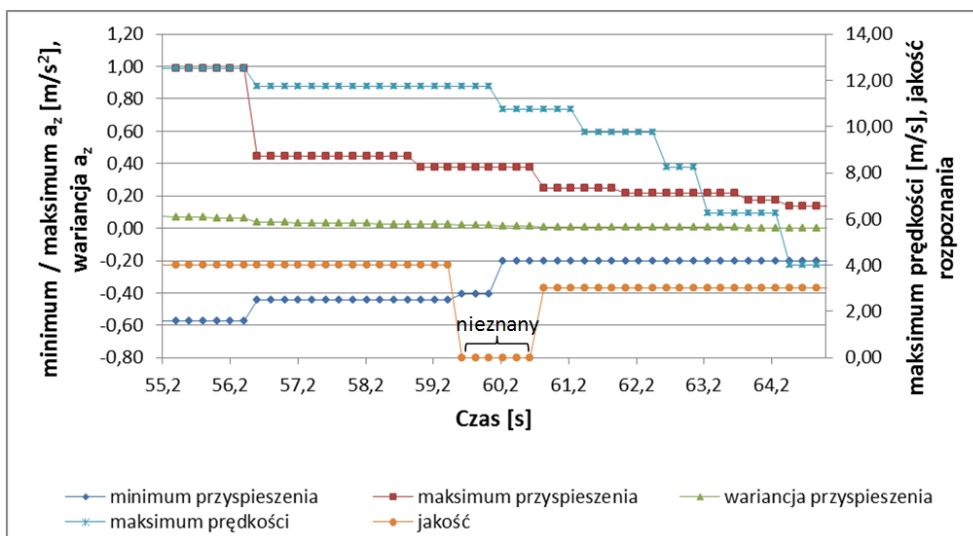


Rys 3. Wyniki identyfikacji rodzaju ruchu w trakcie chodu dla osoby 3. Zaznaczono nieprawidłowo rozpoznany fragment.

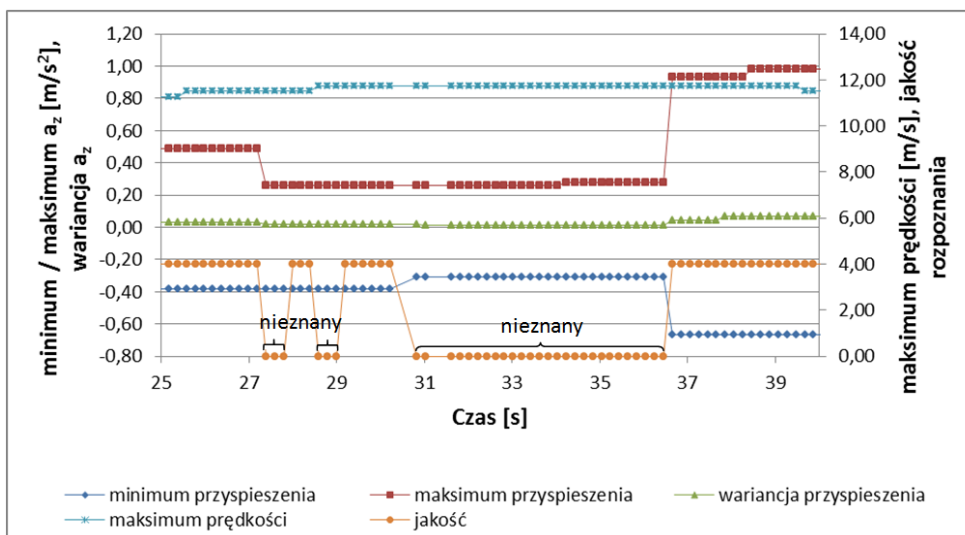


Rys 4. Wyniki identyfikacji rodzaju ruchu w trakcie chodu dla osoby 4. Zaznaczono nieprawidłowo rozpoznane fragmenty.

2.4. Jazda samochodem – równa nawierzchnia



Rys 5. Wyniki identyfikacji rodzaju ruchu w trakcie jazdy po równej nawierzchni (Renault Kangoo). Zaznaczono nieprawidłowo rozpoznany fragmenty.



Rys 6. Wyniki identyfikacji rodzaju ruchu w trakcie jazdy po równej nawierzchni (Peugeot 307). Zaznaczono nieprawidłowo rozpoznane fragmenty.

Tab. 4. Wartości minimalne i maksymalne badanych parametrów zarejestrowane w czasie jazdy samochodem po równej nawierzchni (pogrubioną czcionką zaznaczono wartości, które spowodowały problem z prawidłowym rozpoznaniem rodzaju ruchu)

Chód	Dokker	Golf	Kangoo	Peugeot	Wszystkie
a_{z-min} [m/s ²]	-1,22	-1,08	-0,93	-1,79	-1,79
a_{z-max} [m/s ²]	1,70	1,72	0,99	1,03	1,72
σ^2_{min} [m ² /s ⁴]	0,05	0,004	0,019	0,010	0,004
σ^2_{max} [m ² /s ⁴]	0,15	0,15	0,11	0,18	0,18
V_{max} [m/s]	12,75	11,75	12,75	11,75	12,75

W trakcie prób jazdy samochodem wykorzystano następujące modele: Dacia Dokker, Volkswagen Golf, Renault Kangoo oraz Peugeot 307. Przejazdy testowe wykonano na ulicy Narutowicza w Lublinie. Fragment ulicy został poddany remontowi dzięki czemu nawierzchnia jest bardzo dobrej jakości. Pozostała część znajduje się w złym stanie i występują na niej znaczące nierówności. Dzięki temu możliwe było sprawdzenie działania aplikacji rozpoznającej rodzaj ruchu dla znacznie różniących się warunków.

W tabeli 4 przedstawiono wartości ekstremalne obliczone na podstawie pomiarów wykonanych w trakcie przejazdów testowych. Pogrubioną czcionką zaznaczono wartości, które nie pasują do

sprawdzanych kryteriów i powodowały problemy z identyfikacją. Okazuje się, że w trakcie jazdy po równej nawierzchni wariacja przyspieszenia w osi pionowej może być tak niska, że spełnia kryteria dla spoczynku.

2.5. Jazda samochodem – nierówna nawierzchnia

Tab. 5. Wartości minimalne i maksymalne badanych parametrów zarejestrowane w czasie jazdy samochodem po nierównej nawierzchni

Chód	Dokker	Golf	Kangoo	Peugeot	Wszystkie
a_{z-min} [m/s ²]	-3,70	-2,14	-3,48	-1,82	-3,70
a_{z-max} [m/s ²]	4,28	2,01	3,43	2,86	4,28
σ^2_{min} [m ² /s ⁴]	0,14	0,07	0,32	0,09	0,07
σ^2_{max} [m ² /s ⁴]	2,49	0,68	2,05	0,91	2,49
V_{max} [m/s]	10,75	10,25	11,00	12,00	12,00

W tabeli 5 przedstawiono wartości ekstremalne obliczone na podstawie pomiarów wykonanych w trakcie przejazdów testowych

po nierównej nawierzchni. W przypadku tej próby nie wystąpiły problemy z rozpoznaniem rodzaju ruchu. Wynika to z tego, że rejestrowane wartości przyspieszeń są przekraczają te dla spoczynku jednak są mniejsze niż w przypadku chodu.

3. SKORYGOWANE KRYTERIA ROZPOZNAWANIA RUCHU

W tabeli 6 znajdują się kryteria skorygowane w wyniku przeprowadzonych badań. Zmiany polegały na przesunięciu przedziałów, do których muszą należeć obliczane statystyki, przypisane do poszczególnych rodzajów ruchu. Najważniejsze są zmiany dotyczące wariacji przyspieszenia pionowego (ponieważ jest to główne kryterium). Obniżono wartość wariacji odpowiadającej spoczynkowi (bardzo niskie wartości mogą być rejestrowane w trakcie jazdy samochodem). Obniżono również maksymalną wariację odpowiadającą jeździe samochodem (aby uniknąć błędnego rozpoznawania chodu). Przesunięto w górę granicę pomiędzy chodem a biegiem. Dodatkowo dostosowano przedziały do których mają należeć minimalna i maksymalna wartość przyspieszenia (w celu poprawienia pewności rozpoznania) a także zmniejszono maksymalną prędkość dla chodu (prędkości poniżej 3,5 m/s występują w trakcie biegu)

Tab. 6. Weryfikowane kryteria rozpoznawania rodzaju ruchu

	Wariacja przyspieszenia wzdłuż osi Z [m ² /s ⁴]	Wartość minimalnego i maksymalnego przyspieszenia [m/s ²]	Maksymalna prędkość [m/s]
Spoczynek	do 0,004	od -0,25 do 0,25	0,1
Jazda samochodem	do 2,5	od -4 do -0,25; od 0,25 do 4	1,5
Chód	do 20	od -7 do -4; od 4 do 8	2,75
Bieg	powyżej 20	od -17 do -7; od 8 do 43	38,9

WNIOSKI

Zaproponowana w [8] i zaimplementowana w [9] metoda rozpoznawania rodzaju ruchu okazuje się skuteczna gdy parametry ruchu są ustalone. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki weryfikacji metody na większej grupie osób i kilku samochodach. Badanie miało na celu sprawdzenie czy wartości używane w kryteriach będą odpowiadały statystykom obliczanym w trakcie ruchu innych osób/samochodów. Z przeprowadzonych prób wynikło, że o ile przez zdecydowaną większość czasu rodzaj ruchu był rozpoznany prawidłowo to zdarzały się sytuacje, w których identyfikacja nie

była prawidłowa. Te sytuacje przedstawiono na wykresach powyżej. Po przeanalizowaniu otrzymanych danych przedstawiono skorygowane – bardziej uniwersalne - kryteria rozpoznawania ruchu. Powinny one rozwiązać większość problemów z poprawną identyfikacją ruchu w przypadku różnych osób/samochodów. Dalsze prace nad rozwojem metody mogą dotyczyć: weryfikacji działania metody na jeszcze większej liczbie osób, weryfikacji działania metody na różnych urządzeniach (ewentualnie dostosowania jej do konkretnego urządzenia), rozpoznawania sytuacji przejściowych (pomiędzy rodzajami ruchu), uwzględnienia dodatkowych rodzajów ruchu (np. jazda na rowerze), uwzględnienia sytuacji specjalnych (np. wchodzenia po schodach), poszukiwanie dodatkowych parametrów pozwalających na rozróżnienie rodzajów ruchu (np. w przypadku sprawiającego największe trudności chodu)

BIBLIOGRAFIA

1. Gartner Says Worldwide Traditional PC, Tablet, Ultramobile and Mobile Phone Shipments to Grow 4.2 Percent in 2014 <http://www.gartner.com/newsroom/id/2791017> [2014-09-24]
2. Kopniak P.: Budowa, zasada działania i zastosowania systemu rejestracji ruchu firmy Xsens, Logistyka 03/2014, str. 3049-3058, 2014
3. More Smartphones Were Shipped in Q1 2013 Than Feature Phones, An Industry First According to IDC <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24085413> [2014-09-24]
4. Sensors overview, Android Developers,
5. http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html [2014.8.28]
6. Sensor coordinate system, Windows Phone | Dev Center,
7. https://dev.windowsphone.com/en-US/OEM/docs/Driver_Components/Sensor_coordinate_system [2014.8.28]
8. SensorManager, Android Developers
9. <http://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager.html> [2014.9.24]
10. Smółka J., Skublewska-Paszowska M., Badurowicz M., Łukasik E.: Urządzenia mobilne jako rejestratory przyspieszenia, Informatyka, automatyka, pomiary w gospodarce i ochronie środowiska – praca przekazana do druku
11. Smółka J., Skublewska-Paszowska M.: Rozpoznawanie rodzaju ruchu na podstawie odczytów sensorów urządzeń mobilnych, Logistyka 6/2014, str. 9713-9721
12. Smółka J., Skublewska-Paszowska M., Łukasik E., Implementacja rozpoznawania rodzaju ruchu na podstawie wskazań sensorów urządzenia mobilnego, Logistyka 4/2015, str. 5704-5713
13. Smółka J., Łukasik E., Skublewska-Paszowska M., System automatycznego wykrywania kolizji wykorzystujący urządzenia mobilne, Jakub Smółka, Edyta Łukasik, Maria Skublewska-Paszowska, Logistyka – w druku

sensors is increasing. With transport and logistics the possible applications include company vehicle tracking or collision detection. To accomplish this an automatic motion type detection method is needed (to distinguish driving from other typical activities of the smartphone user). The paper presents the test results of a motion type detection method proposed and implemented by the authors previously. The tests were carried out on a larger group of people and cars. The paper also presents corrections introduced to the method as a result of the tests. The corrections improve the method's flexibility / efficiency

Autorzy:

Smółka Jakub - Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Informatyki, 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36b, Tel: 81-538-4354, jakub.smolka@pollub.pl

Skublewska-Paszowska Maria - Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Informatyki, 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36b, Tel: 81-538-4354, maria.paszowska@pollub.pl

Łukasik Edyta - Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Informatyki, 20-618 Lublin; ul. Nadbystrzycka 36b, Tel: 81-538-4354, e.lukasik@pollub.pl

VERIFICATION OF MOTION TYPE DETECTION METHOD USING MOBILE DEVICE SENSORS

Abstract

The number of applications of mobile devices equipped with powerful processors and an array of