

Dr Tomasz Szot



# Globalne Systemy Nawigacji Satelitarnej

w działalności  
sportowo-rekreacyjno-turystycznej

## Część 3 Problemy naukowe

maj 2024

Spis treści:

- 10. Pomiar(y) w ujęciu ogólnym
- 11. Pomiar(y) GNSS i ich błędy
- 12. Główny problem naukowy w obszarze GNSS & SPORT
- 13. Ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej:
  - 13.1. prosta
  - 13.2. średniozaawansowana
  - 13.3. zaawansowana

Pomiar(y): definicje

36



### POMIAR

(def. ogólna) zespół czynności wykonywanych w celu ustalenia miary określonej wielkości fizycznej lub umownej, jako iloczynu jednostki miary oraz liczby określającej wartość liczbową tej wielkości (czyli porównywanie wartości danej wielkości z jednostką miary tej wielkości)

(fizyka) proces oddziaływania przyrządem pomiarowym na badany obiekt, zachodzący w czasie i przestrzeni, którego wynikiem jest uzyskanie informacji o własnościach obiektu.

(zarządzanie) wyrażona ilościowo redukcja niepewności oparta na jednej lub więcej obserwacjach

itd. itp.

**Wielkość fizyczna** - właściwość fizyczna ciała lub zjawiska, którą można zmierzyć (określić ilościowo)  
np. czas, długość, masa

**Jednostka miary** - wartość danej wielkości fizycznej, której umownie przyporządkowujemy wartość liczbową równą jedności,  
np. sekunda (s), metr (m), kilogram (kg)

W układzie SI jednostki miary dzielimy na podstawowe (czas, długość, masa, prąd elektryczny, temperatura termodynamiczna, ilość substancji, światłość) oraz pochodne (wyrażane jako iloczyny potęg jednostek podstawowych; niektóre j. pochodne posiadają nazwy i symbole specjalne)

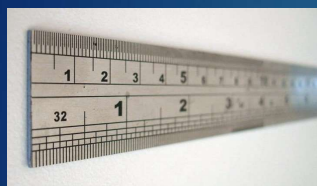
Dopuszczone do stosowania są również jednostki miar nienależące do układu SI (ze względu na powszechność użycia, uwarunkowania kulturowe lub historyczne), np.: minuta, godzina, doba, tona



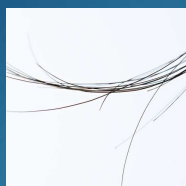
Zainteresowanym tematem polecam wygooglowanie hasła: [history of measurement](https://www.google.com/search?q=history+of+measurement)

oraz przeczytanie dokumentów: <https://www.gum.gov.pl/pl/redefinicja-si/redefinicja-si/2334,Redefinicja-SI.html> oraz

<https://www.gum.gov.pl/pl/redefinicja-si/jednostki-miar/3269,Nowe-tablice-z-ukladem-Jednostek-Miar-SI-po-redefinicji-juz-dostepne.html>



dokładność: 1 mm



Pomiar długości:  $35 \pm 1$  mm

Pomiar grubości: ???



dokładność: 1 s



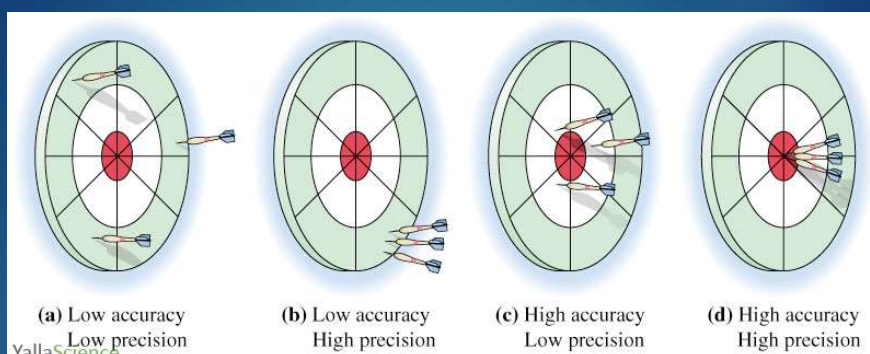
Pomiar czasu:  
 $9 \pm \xi$  s

(pomiar z dokładnością do 0,001 a zapisywany do setnych)

Żaden pomiar nie jest idealnie dokładny ●

Niepewność określamy symbolem  $\pm$  ●

W przyrządzie pomiarowym niepewność jest równa najmniejszej podziałce na przyrządzie ●

**Precyzja pomiaru:**

zbieżność zachodząca pomiędzy wartościami wielkości, otrzymanymi wielu pomiarów

**Dokładność pomiaru:**

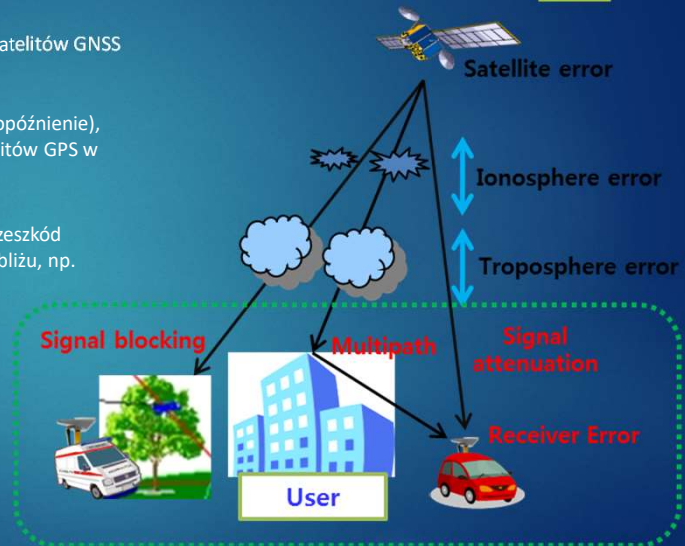
zbieżność zachodząca pomiędzy zmierzoną a prawdziwą wartością wielkości

**Błędy systematyczne:** błąd wynikający z zastosowanej metody pomiaru lub innych przyczyn (np. niedających się wykluczyć, ale znanych zjawisk mających wpływ na pomiar; przykład: niewłaściwe skalibrowanie przyrządu, który do czasu następnej kalibracji będzie jednostronnie zniekształcał pomiar)



**Błędy przypadkowe:** niepewności doświadczalne nie wynikające z czynników systematycznych, powtarzalnych. Nie można z góry przewidzieć wartości błędu przypadkowego w kolejnych pomiarach, natomiast informację na temat skali występowania tego błędu można uzyskać po wykonaniu serii pomiarów i wyliczeniu wybranej miary zróżnicowania rozkładu, np. odchylenia standardowego, przedstawienia w postaci histogramu itp. (przykład: wahania temperatury, ruch powietrza w pobliżu przyrządu pomiarowego).

- **błędy efemeryd satelitów** – błędy pozycji satelity na orbicie przekazywane użytkownikowi w depeszy
- **błędy zegara satelity** – wynikają z synchronizacji czasowej satelitów GNSS względem wzorcowego czasu
- **błędy wynikające z oddziaływania jonosfery i troposfery** (opóźnienie), związane ze zmiennymi warunkami propagacji sygnału satelitów GPS w momencie przechodzenia sygnału przez te warstwy.
- **błędy wielodrogowości** – odbicie sygnałów satelitów od przeszkód terenowych (budynków, powierzchni znajdujących się w pobliżu, np. listowia) zanim trafią one do anteny odbiornika
- **błędy instrumentalne odbiornika** – czynniki techniczne, które wpływają na dokładność wyznaczenia pozycji przez urządzenie (spowodowane zakłóceniami, jakością podzespołów, szumem, dokładnością oprogramowania itp.)



Czy wiemy, jaka jest dokładność odbiornika sportowego, którym monitorujemy lokomocję człowieka-sportowca?

(czy nadaje się on do pomiaru tej wielkości, którą chcemy mierzyć w tej aktywności, którą zamierzamy monitorować?)

## Prosta ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: pomiar wielkości X pozyskanej podczas aktywności Y (przydatność w wybranej aktywności)

## Prosta ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: pomiar wielkości X pozyskanej podczas aktywności Y (przydatność w wybranej aktywności)

Dokładność zegarków sportowych z GPS w pomiarze dystansu podczas ultramaratonu biegowego

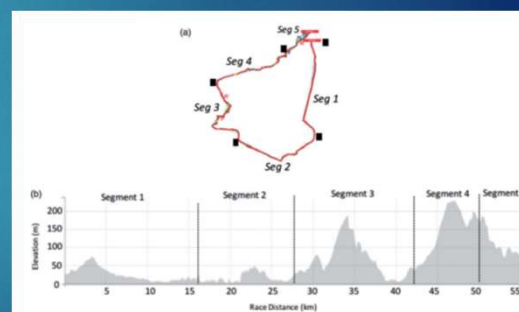
Research note

International Journal of Sports Science & Coaching  
2020, Vol. 15(2) 212-219  
© The Author(s) 2020  
Article reuse guidelines:  
sagepub.com/journalsPermissions  
DOI: 10.1177/1749561119899880  
journals.sagepub.com/home/ijsc  
SAGE

### Accuracy of GPS sport watches in measuring distance in an ultramarathon running race

Rebecca E Johansson , Steffen T Adolph, Jeroen Swart and Mike I Lambert

**Abstract**  
**Purpose:** The aim of the study was to determine the accuracy of various global positioning system (GPS) sport watches in measuring distance throughout a 56 km running race.  
**Methods:** The measured distance between timing mats was compared to the reported distance of GPS devices at the 2017 Two Oceans Marathon. Runners ( $n = 255$ ) were divided into eight different categories based on GPS sport watch brand and model. The difference between distance measured by GPS and race markers was represented in metres (m) and as a relative error (%).  
**Results:** The Garmin Fenix and cell phone categories had higher errors in measuring distance from the 16 km to finish (56 km) point compared to all other devices, except for activity watches.  
**Conclusions:** The GPS sport watches in this study have an accuracy of  $0.6 \pm 0.3\%$  to  $1.9 \pm 1.5\%$  (median  $\pm$  interquartile range) in reporting distance covered. This indicates that GPS sport watches are a valid and feasible method for sport scientists and coaches to measure performance and track training load. However, the small error associated with each brand needs to be considered when data are interpreted.



Badane: różnego rodzaju naręczne odbiorniki GPS oraz smartfony (por. dystansu)

Prosta ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej:  
pomiar wielkości X pozyskanej podczas aktywności Y (przydatność w wybranej aktywności)

45

Dokładność i niezawodność 5-Hz urządzeń GPS w pomiarach nieliniowych dystansu i prędkości w kolarstwie



ISSN 1750-9823 (print)  
International Journal of Sports Science and Engineering  
Vol. 07 (2013) No. 01, pp. 011-016

### Validity and Reliability of 5 Hz GPS for Measurement of Non-Linear Cycling Distance and Velocity

Howard T Hurst, Jonathan Sinclair

Division of Sport, Exercise and Nutritional Sciences, University of Central Lancashire, Preston, PR1 2HE, UK.

(Received October 1, 2012, accepted December 9, 2012)

**Abstract.** This study aimed to determine the validity and reliability of a 5 Hz GPS system for recording distance and velocity during non-linear cycling activity. One trained male cyclist (age 37 yrs; stature 172.4 cm; body mass 74.2 kg) took part in the study. Two non-differential GPS units (Minimax X3, Catapult) were attached securely into the rear pocket of a cycling shirt at approximately the T11-12 vertebrae. The participant performed 3 laps at each velocity of 10, 20 and 30 km.h<sup>-1</sup> on a tarmac track. GPS distance was contrasted to that recorded by a calibrated trundle wheel and cycle computer (COMP) (S710, Polar), whilst GPS velocity was compared simultaneously with the COMP. GPS and COMP velocities were strongly correlated at 10 km.h<sup>-1</sup> ( $r = .997$ ,  $R^2 = .993$ ,  $p < .05$ ) and 30 km.h<sup>-1</sup> ( $r = .955$ ,  $R^2 = .913$ ,  $p < .05$ ) and moderately correlated at 20 km.h<sup>-1</sup> ( $r = .539$ ,  $R^2 = .290$ ,  $p > .05$ ). No significant differences were revealed for distance between trundle wheel, GPS and COMP ( $p > .05$ ,  $\eta^2 = .152$ ) or GPS distance at different velocities ( $p > .05$ ,  $\eta^2 = .238$ ). Overall intra and inter-unit reliability for distance were 1.83 % and .90 % respectively, whilst overall intra and inter-unit reliability for velocity were 2.53 % and 2.03 % respectively. This study showed GPS provides a valid and reliable means of monitoring distance and velocity during non-linear cycling activity across a range of velocities.

Badane: odbiorniki Catapult Minimax X3  
(ocena dystansu, prędkości)

The participant performed a 10 min self-paced cycling warm up followed by 5 min of dynamic stretching. The participant then performed 3 laps of the course at each of three velocities, 10, 20 and 30 km.h<sup>-1</sup>. Post testing, data were downloaded to a personal computer where mean velocity and distance for each lap were determined for the GPS units using the systems proprietary software (Logan Plus V4.6.1, Catapult, Australia)

Prosta ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej:  
pomiar wielkości X pozyskanej podczas aktywności Y (przydatność w wybranej aktywności)

46

Rzetelność i niezawodność urządzeń GPS w pomiarze ruchów w sportach zespołowych

Badane: odbiorniki GPSports SPI Elite, SPI-10 oraz WISPI (por. dystansu)



Available online at www.sciencedirect.com  
ScienceDirect  
Journal of Science and Medicine in Sport 13 (2010) 133–135

Journal of  
Science and  
Medicine in  
Sport  
www.elsevier.com/locate/jaams

Original paper

### Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports

Aaron J. Coutts<sup>a,\*</sup>, Rob Duffield<sup>b</sup>

<sup>a</sup> School of Leisure, Sport and Tourism, University of Technology Sydney, Australia

<sup>b</sup> School of Human Movement Studies, Charles Sturt University, Bathurst, Australia

Received 15 July 2008; received in revised form 18 September 2008; accepted 21 September 2008

#### Abstract

There is limited information regarding the validity and reliability of global positioning system (GPS) devices for measuring movement during team sports. The aim of this study was to assess the validity and intra-model reliability of different GPS devices for quantifying high-intensity, intermittent exercise performance. Two moderately trained males each completed eight bouts of a standard circuit that consisted of six laps around a 128.5-m course involving intermittent exercise. Distance and speed were collected concurrently at 1-Hz using six GPS devices (2 SPI-10, 2 SPI Elite and 2 WISPI, GPSports, Canberra, Australia). Performance measures were: (1) total distance covered for each bout and each lap; (2) high-intensity running distance (>14.4 km h<sup>-1</sup>, HIR); very high-intensity running distance (>20 km h<sup>-1</sup>, VHIR) during each bout. Peak speed was also measured during a 20-m sprint at the start of each lap of the circuit ( $N = 192$ ). Actual distance was measured using a measuring tape. Mean ( $\pm$ SD) circuit total distance was significantly different between each of the GPS devices ( $P < 0.001$ ); however, all devices were within 5 m of the actual lap distance and had a good level of reliability (coefficient of variation (CV) <5%). The CV for total distance (3.6–7.1%) and peak speed (2.3–5.8%) was good-to-moderate, but poor for HIR (11.2–32.4%) and VHIR (11.5–30.4%) for all GPS devices. These results show that the GPS devices have an acceptable level of accuracy and reliability for total distance and peak speeds during high-intensity, intermittent exercise, but may not be provide reliable measures for higher intensity activities.

© 2008 Sports Medicine Australia. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

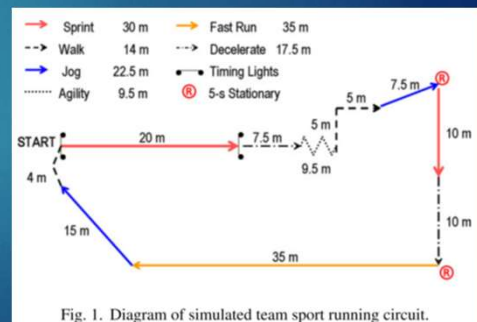


Fig. 1. Diagram of simulated team sport running circuit.

Prosta ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej:  
pomiar wielkości X pozyskanej podczas aktywności Y (przydatność w wybranej aktywności)

47

**ORIGINAL INVESTIGATIONS**

*International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2010, 5, 448-458  
© 2010 Human Kinetics, Inc.

**The Validity and Reliability of 1-Hz and 5-Hz Global Positioning Systems for Linear, Multidirectional, and Soccer-Specific Activities**

**Matthew D. Portas, Jamie A. Harley, Christopher A. Barnes, and Christopher J. Rush**

**Purpose:** The study aimed to analyze the validity and reliability of commercially available nondifferential Global Positioning System (NdGPS) devices for measures of total distance during linear, multidirectional and soccer-specific motion at 1-Hz and 5-Hz sampling frequencies. **Methods:** Linear (32 trials), multidirectional (192 trials) and soccer-specific courses (40 trials) were created to test the validity (mean  $\pm$  90% confidence intervals), reliability (mean  $\pm$  90% confidence intervals) and bias (mean  $\pm$  90% confidence intervals) of the NdGPS devices against measured distance. Standard error of the estimate established validity, reliability was determined using typical error and percentage bias was established. **Results:** The 1-Hz and 5-Hz data ranged from 1.3%  $\pm$  0.76 to 3.1%  $\pm$  1.37 for validity and 2.03%  $\pm$  1.31 to 5.31%  $\pm$  1.2 for reliability for measures of linear and soccer-specific motion. For multidirectional activity, data ranged from 1.8%  $\pm$  0.8 to 6.88%  $\pm$  2.99 for validity and from 3.08%  $\pm$  1.34 to 7.71%  $\pm$  1.65 for reliability. The 1-Hz underestimated some complex courses by up to 11%. **Conclusions:** 1-Hz and 5-Hz NdGPS could be used to quantify distance in soccer and similar field-based team sports. Both 1-Hz and 5-Hz have a threshold beyond which reliability is compromised. 1-Hz also underestimates distance and is less valid in more complex courses.

Rzetelność i niezawodność 1-Hz i 5-Hz urządzeń GPS w liniowych, wielokierunkowych oraz charakterystycznych dla piłki nożnej aktywnościach ruchowych

Badane: odbiorniki GPS Catapult MinimaxX (por. dystansu, prędkości)



Figure 2 — Motion maps for soccer-specific trials.

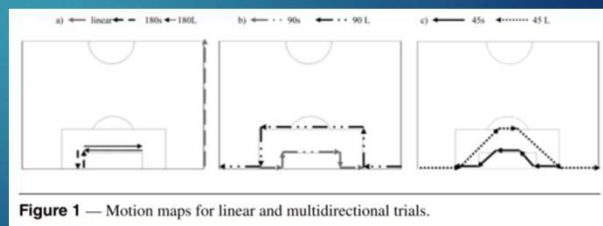
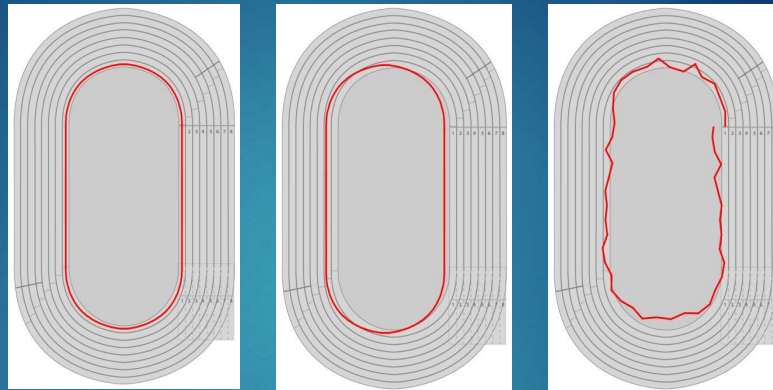


Figure 1 — Motion maps for linear and multidirectional trials.

Prosta ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej:  
pomiar wielkości X pozyskanej podczas aktywności Y (przydatność w wybranej aktywności)

48

Dlaczego te wymienione przed chwilą, najprostsze badania dokładności nie są najlepszym sposobem na ocenę jakości sportowych odbiorników GNSS?



Przykłady zapisu biegu zawodnika na dystansie 400 m (za każdym razem zmierzono 400 m): po lewej – idealnie, blisko lewej krawędzi pierwszego toru, w środku – prawie idealnie, ale przesunięte w bok, po prawej – punkty zapisu współrzędnych poprzysuwane w różnych kierunkach. Wnioski...?

W ocenie przydatności odbiornika nawigacji satelitarnej w monitorowaniu parametrów poruszania w pierwszej kolejności istotne są **współrzędne** wyznaczone przez odbiornik, bo dopiero na ich podstawie wyliczane są wielkości typu dystans czy prędkość

## Średniozaawansowana ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: pomiar błędów (odchyleń) od trajektorii (lub pozycji) wzorcowej

## Średniozaawansowana ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: pomiar błędów (odchyleń) od trajektorii (lub pozycji) wzorcowej

IOP Publishing Measurement Science and Technology  
 Meas. Sci. Technol. 31 (2020) 044006 (12pp) <https://doi.org/10.1088/1361-6601/ab7502>

### Testing GNSS receiver accuracy in Samsung Galaxy series mobile phones at a sports stadium

Cezary Specht<sup>1,4</sup>, Tomasz Szot<sup>2,4</sup>, Paweł Dąbrowski<sup>1,4</sup> and Mariusz Specht<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Department of Geodesy and Oceanography, Gdynia Maritime University, Gdynia, Poland  
<sup>2</sup> Department of Physical Culture, Gdańsk University of Physical Education and Sport, Gdańsk, Poland  
<sup>3</sup> Department of Transport and Logistics, Gdynia Maritime University, Gdynia, Poland  
<sup>4</sup> Authors contributed equally to this work.

E-mail: [tomasz.szot@aw.gda.pl](mailto:tomasz.szot@aw.gda.pl)

Received 13 December 2019, revised 26 January 2020  
 Accepted for publication 12 February 2020  
 Published 3 April 2020

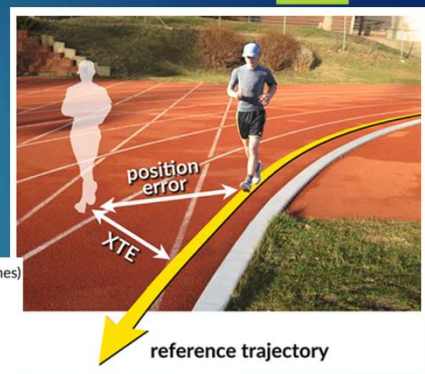


**Abstract**  
 For many years, global navigation satellite systems (GNSSs) have been used in professional navigation, land surveying and transport. The last decade has been a period of extending the area of their use to social applications, including those related to sports and recreation. Nowadays, both handheld receivers and mobile phones equipped with GNSS modules are widely used in fitness. Moreover, due to the popularisation of jogging, a mobile phone has become one of the essential navigational instruments which enables, *inter alia*, the determination of the distance covered by an amateur athlete, the duration of completing the route and the athlete's speed. However, each of satellite-based solutions is characterised by a different positioning accuracy and positioning availability, which have a decisive influence on the reliability of the parameters being measured. The article proposes a new measure of positioning accuracy, the stadium cross track error (SXTES) with a confidence level of 95% and 68%, as a universal comparison criterion for satellite sport receivers. The application of the method is presented with the example of receivers used in nine Samsung Galaxy series mobile phones. The method uses an athletics stadium that meets the International Association of Athletics Federation's standard for the running track length (400 m). The study demonstrated significant differences in positioning accuracies of particular GNSS receivers in Samsung Galaxy series mobile phones while allowing their accuracy to be unambiguously assessed.

**Keywords:** validation methodology, positioning accuracy, GNSS, receiver testing, Stadium Cross Track Error, SXTES95, SXTES68

(Some figures may appear in colour only in the online journal)

Badanie poziomej dokładności smartfonów na bieżni lekkoatletycznej (błędy odchyleń XTE w stosunku do wzorcowej trajektorii znanej z urządzeń geodezyjnych)



location of GNSS receivers (smartphones)



virtual running line



## Średniozaawansowana ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: pomiar błędów (odchyleń) od trajektorii (lub pozycji) wzorcowej

51

Sports Engineering (2024) 27:1  
<https://doi.org/10.1007/s12283-023-00443-3>

### TECHNICAL NOTE

#### Global navigation satellite systems' receivers in mountain running: the elevation problem

Tomasz Szot<sup>1</sup> · Marcin Sontowski<sup>2</sup>

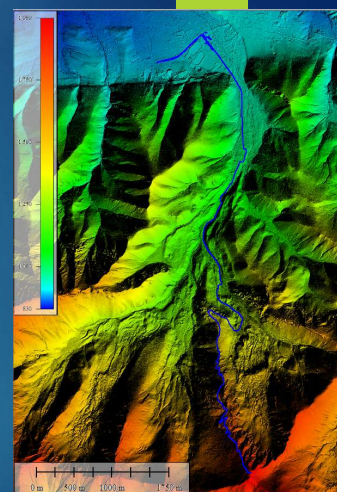
Accepted: 11 November 2023  
 © The Author(s) 2023

#### Abstract

The popularity of sports and recreational receivers of the global navigation satellite systems is steadily increasing and provides athletes, coaches, and scientists with a wealth of information on movement occurring both horizontally and vertically. Under mountainous conditions, considering the effort put in by the athlete as well as their safety, the elevation parameter appears to be particularly relevant. The aim of the study was to propose a methodology for assessing sports receivers in terms of their determination of the elevation component based on digital elevation models while paying attention to the appropriate measures for testing these devices. The methodology was applied for wrist-worn global navigation satellite systems' receivers used by the participants of an uphill running event. In terms of elevation determination, the most accurate three receivers (same model) were those supported by the barometric altimeter, in which the Root Mean Square result obtained ranged from 3.6 to 4.1 m. The majority of receivers underestimated the total elevation gain, the mean value of which was -3.8%, which does not appear to be affected by the reception of two global navigation satellite systems or the use of a barometric altimeter. The error characteristics were common within the group of receivers of a particular manufacturer.

**Keywords** Wearables · Sports · GPS · GLONASS · Galileo · Testing methodology · DTM · DEM

Badanie wyznaczeń składowej wysokościowej (tylko tej). Wysokości referencyjne ustalone na podstawie cyfrowego modelu terenu z dokładnością rzędu 15 cm. Testowane urządzenia: różnego rodzaju odbiorniki biegowe, dane zebrane od uczestników biegu górskiego typu alpejskiego (uphill run) Biegu na Kasprowy 2021.



52

Zaawansowana ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: dla każdego punktu wyznaczenia współrzędnych pozycji odbiornika testowanego, wyznaczany jest (w tym samym momencie czasu) punkt wzorcowy

Zaawansowana ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: dla każdego punktu wyznaczenia współrzędnych pozycji odbiornika testowanego, wyznaczany jest (w tym samym momencie czasu) punkt wzorcowy

53

**PLOS ONE**

RESEARCH ARTICLE  
**Comparative analysis of positioning accuracy of Samsung Galaxy smartphones in stationary measurements**

Tomasz Szot<sup>1\*</sup>, Cezary Specht<sup>1\*</sup>, Mariusz Specht<sup>2\*</sup>, Paweł S. Dabrowski<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Natural Sciences, Gdansk University of Physical Education and Sport, Gdansk, Poland, <sup>2</sup> Department of Geodesy and Oceanography, Gdynia Maritime University, Gdynia, Poland, <sup>3</sup> Department of Transport and Logistics, Gdynia Maritime University, Gdynia, Poland, <sup>4</sup> Institute of Maritime Technology, Gdynia, Poland

\* These authors contributed equally to this work.  
 \* [tszot@wp.pl](mailto:tszot@wp.pl)

**Abstract**

Achieving single meter positioning accuracy by portable mobile devices still poses a major challenge to the satellite signal receivers constructors, despite gradual constellation completing process and the progress achieved in last decades. Nowadays popular smartphones are multifunctional devices that serve also as a personal navigation tool in navigation and sport activities using the global navigation satellite systems (GNSS) receivers installed. It would seem that introducing newer models to the global market would cause constant progress in the accuracies obtained, however, the study results do not confirm that. This study focused on Galaxy series smartphones of Samsung, one of the leading manufacturers worldwide, to examine its technological progress. The aim was to verify the thesis using statistical models and analyses to compare succeeding generations of smartphones on use devices from the series. The authors conducted two synchronous stationary measurement campaigns of 24 and 12 hours with one-second interval in obstacle-free environment which provided 72000s and 36000s statistical samples of position measurements. The reference values of true smartphones coordinates were determined by means of state-of-the-art precise surveying instruments and geodetic calculations. The results indicate that two newest generations of the Galaxy series included in the research, namely S6 and S7, obtained lower accuracies than their predecessors. Against the backdrop of lack of public availability of smartphones technical parameters, the conducted research results are relevant especially to smartphones positioning service users community.

**OPEN ACCESS**

Citation: Szot T, Specht C, Specht M, Dabrowski P (2019) Comparative analysis of positioning accuracy of Samsung Galaxy smartphones in stationary measurements. PLoS ONE 14(4): e0215882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215882>

Editor: Nuno Amorim, Northwestern University, UNITED STATES

Received: May 6, 2018  
 Accepted: March 12, 2019  
 Published: April 18, 2019

Copyright: © 2019 Szot et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Testowanie STATYCZNE - Punkt wyznaczony przez urządzenie GNSS RTK z poziomą dokładnością rzędu 10 cm. Testowane odbiorniki: smartfony Samsung Galaxy serii S. Zbieranie danych: dwie sesje 24 oraz 12 godz.

Zaawansowana ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: dla każdego punktu wyznaczenia współrzędnych pozycji odbiornika testowanego, wyznaczany jest (w tym samym momencie czasu) punkt wzorcowy

54

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**ScienceDirect**

ADVANCES IN SPACE RESEARCH (a COSPAR publication)

**Comparative analysis of positioning accuracy of GNSS receivers of Samsung Galaxy smartphones in marine dynamic measurements**

C. Specht<sup>a</sup>, P.S. Dabrowski<sup>b,c</sup>, J. Pawelski<sup>d</sup>, M. Specht<sup>e</sup>, T. Szot<sup>f</sup>

<sup>a</sup> Department of Geodesy and Oceanography, Gdynia Maritime University, Szulbkiego 19, 81-547 Gdynia, Poland  
<sup>b</sup> Department of Ship Operation, Gdynia Maritime University, Jana Pawła II 3, 81-223 Gdynia, Poland  
<sup>c</sup> Department of Transport and Logistics, Gdynia Maritime University, Marksa 64/7, 81-223 Gdynia, Poland  
<sup>d</sup> Department of Social Sciences, Gdansk University of Physical Education and Sport, Kasimierza Górskiego 1, 80-336 Gdansk, Poland

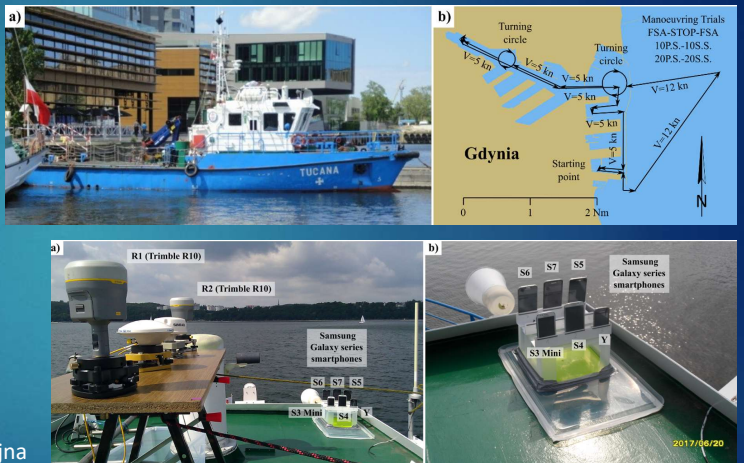
Received 29 November 2017; received in revised form 8 May 2018; accepted 19 May 2018  
 Available online 22 May 2018

**Abstract**

One of the most popular functions of modern mobile phones is determining the coordinates of the device using built-in GNSS receivers. By using map images extensively available on the Internet, today's smartphones have become basic navigation devices of the average user. Mobile devices with built-in GNSS receivers are primarily used in land navigation. However, marine sailing, tourism and recreation are fields where the use of mobile phones as navigation devices is also very common. The average position errors of GNSS receivers mounted on smartphones decisively influence the ability and accuracy of navigation based on those devices. This publication analyzes the accuracy of the dynamic positioning of six Samsung Galaxy smartphones during vessel manoeuvring. As part of the parallel tracking studies, the telephone positions were compared to those of precise GNSS receivers, using corrections from an active geodesic network with an accuracy of 2.7 cm (p = 0.95). As a result of the 48 measurements, the accuracy statistics for each of the phone models were defined based on approximately 10,000 positions. Studies indicate that there are significant differences in the accuracy of positioning as performed by the models in question.

© 2018 COSPAR. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

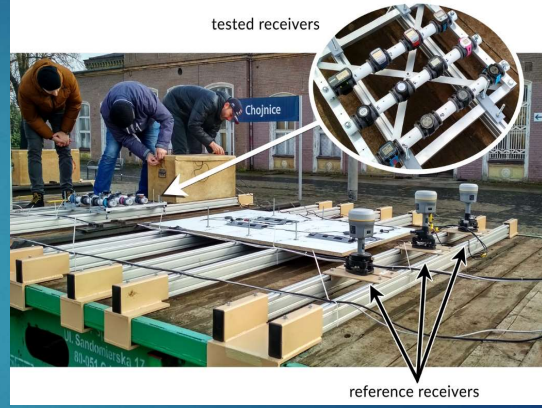
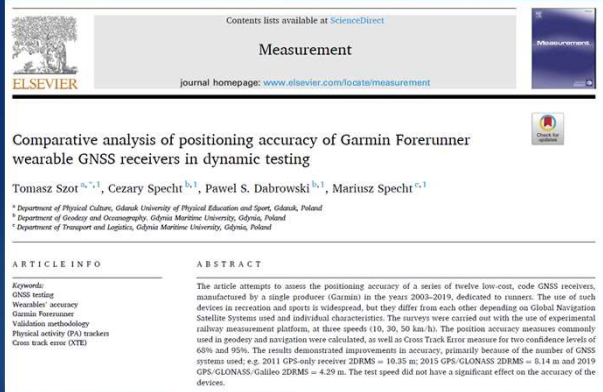
**Keywords:** Position accuracy; Samsung smartphones; GNSS receivers; Dynamic satellite measurements



TESTOWANIE DYNAMICZNE - Trajektoria referencyjna wyznaczana w czasie rzeczywistym przez odbiorniki geodezyjne z dokładnością rzędu 10 cm. Testowane odbiorniki: smartfony Samsung Galaxy serii S.

Zaawansowana ocena dokładności sportowo-rekreacyjnych odbiorników nawigacji satelitarnej: dla każdego punktu wyznaczenia współrzędnych pozycji odbiornika testowanego, wyznaczany jest (w tym samym momencie czasu) punkt wzorcowy

55



TESTOWANIE DYNAMICZNE: Trajektoria referencyjna wyznaczana w czasie rzeczywistym przez odbiorniki geodezyjne z dokładnością rzędu 2-3 cm.  
 Testowane urządzenia: seria odbiorników biegowych Garmin Forerunner z całego okresu produkcji (2002-2019)  
 3 przedziały prędkości (10, 30, 50 km/h)



Pytania?

XX

