



AKADEMIA MORSKA  
W SZCZECINIE



Centrum Inżynierii Ruchu Morskiego

# LABORATORIUM METROLOGII

## Ćwiczenie 5

### Analiza statystyczna wyników pomiarów pozycji GNSS

---

Szczecin, 2010

Zespół wykonawczy:

Dr inż. Paweł Zalewski

Mgr inż. Rafał Gralak

## **Cel:**

Celem ćwiczenia jest zaznajomienie studentów ze sposobami analizy dokładności pomiarów pozycji przy pomocy odbiornika systemu pozycjonowania satelitarnego GNSS (na przykładzie symulowanego odbiornika DGPS).

## **Zagadnienia teoretyczne:**

- Układ odniesienia
- Linie pozycyjne w systemach nawigacyjnych
- Miary dokładności

Przed przystąpieniem do ćwiczeń, studenta obowiązuje wstępna znajomość obsługi odbiorników wykorzystywanych podczas zajęć.

## **Część wstępna:**

Część wstępna do ćwiczenia pierwszego powinna zawierać:

- Nagłówek w formie tabeli (Imię, Nazwisko, rok, grupa, numer i temat ćwiczenia, data wykonywania ćwiczenia)
- Cel ćwiczenia
- Opracowanie zagadnień teoretycznych

## **Uwagi dotyczące wykonania:**

- Do wykonania pomiaru należy przystąpić po dokładnym zapoznaniu się z działaniem i elementami obsługi przyrządu.
- Podczas pomiaru należy chronić sprzęt przed uszkodzeniem, w tym urządzeń wskazujących trackball / mysz.

## **Uwagi dotyczące sprawozdania:**

Sprawozdanie powinno składać się z części wstępnej, tabeli pomiarowej, opracowania wyników z wykonanego ćwiczenia oraz brudnopisu z podpisem prowadzącego zajęcia. Termin oddania sprawozdania mija tydzień od daty wykonania ćwiczenia.

## 1. Pomiar pozycji

Panel systemu DGPS służy do odczytu informacji pozycyjnych, zmiany ustawień konfiguracyjnych pracy odbiornika GPS i poprawek różnicowych oraz planowania trasy poprzez wprowadzenie danych punktów drogowych.



Ikona wskaźnika DGPS na panelu mostka zintegrowanego.



Rys. 1. Panel wskaźnika systemu DGPS w systemie Polaris symulatora nawigacyjno-manewrowego statku.

Ograniczenia systemu DGPS w systemie Polaris:

- Liczba tras: 50
- Liczba punktów drogi: 99
- Maksymalny zasięg alarmowania o zbliżającym się punkcie drogi: 99.99 Mm
- CPA limit: maksimum 9.99 Mm
- Alarm odchylenia od kursu: maksymalnie 179,9°
- Prędkość wprowadzona manualnie: maksymalnie 99,9 w
- Alarm kotwiczny: maksimum 2,0 Mm

Instrukcja do urządzenia jest dostępna na stronie domowej Centrum Inżynierii Ruchu Morskiego [www.cirm.am.szczecin.pl](http://www.cirm.am.szczecin.pl) w dokumencie **Doc.no.: SO-0613-K Section 5b – Instrumentation, strona 28.**

### 1.1. Przebieg pomiaru

- 1) Włączyć odbiornik GPS / DGPS poprzez naciśnięcie przycisku **POWER**.
- 2) W celu odczytu szerokości i długości geograficznej z panelu odbiornika DGPS należy wcisnąć przycisk **NAV**.
- 3) Dokonać pomiarów.
- 4) W przypadku potrzeby wykonania innych operacji na panelu odbiornika DGPS należy zapoznać się z instrukcją do urządzenia.

## 2. Wykonanie ćwiczenia

Wykonać serię 40 pomiarów wartości długości i szerokości geograficznej w odstępach co 15 sekund, w formacie prezentowanym na panelu odbiornika DGPS. Pomiaru należy zestawić w tabeli pomiarowej nr 1. Po wykonaniu pełnej serii pomiarów należy obliczyć szereg parametrów wymienionych w punkcie 3. Opracowanie wyników.

## 3. Opracowanie wyników

Dla serii pomiarów długości i szerokości geograficznych obliczyć:

- *średnie arytmetyczne*
- *odchylenia pomiarów od średniej*
- *sumy kwadratów odchyleń (odchylenia kwadratowe pomiarów)*
- *średnie błędy kwadratowe (odchylenia standardowe pomiarów)*
- *średnie błędy średniej arytmetycznej*
- ***błąd kołowy pozycji***

Aby na podstawie otrzymanych wyników pomiarów  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$  oraz  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  obliczyć średnie kwadratowe błędy pomiarów należy postępować według następującego schematu obliczeń (przy założeniu pomiarów z odbiornika stacjonarnego – pozycja anteny nie zmienia się w czasie):

1. *Średnia arytmetyczna pomiarów* (dla  $n$  liczby pomiarów):

- szerokości geograficznej: 
$$\varphi_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n} \text{ [}^\circ\text{] lub [']}, \quad (1.1)$$

- długości geograficznej: 
$$\lambda_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n} \text{ [}^\circ\text{] lub [']}. \quad (1.2)$$

## 2. Odchylenia pomiarów od średniej:

Dla wartości pomiaru i średniej arytmetycznej podanych w minutach [']:

- szerokości geograficznej:  $\Delta\varphi_i = (\varphi_i - \varphi_{sr})$  ['] lub [Mm], (1.3)

- długości geograficznej:  $a_i = (\lambda_i - \lambda_{sr}) \cdot \cos \varphi_{sr}$  ['] lub [Mm]. (1.4)

## 3. Suma kwadratów odchyleń (odchylenie kwadratowe pomiarów):

- szerokości geograficznej:  $\sum_{i=1}^n (\Delta\varphi_i)^2$  [Mm<sup>2</sup>], (1.5)

- zboczenia nawigacyjnego:  $\sum_{i=1}^n (a_i)^2$  [Mm<sup>2</sup>]. (1.6)

## 4. Średni błąd kwadratowy (odchylenie standardowe pomiarów):

Wyznaczany z prawdopodobieństwem (lub na poziomie ufności) 0,683 wynosi dla:

- szerokości geograficznej:  $m_\varphi = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta\varphi_i)^2}{n-1}}$  [Mm], (1.7)

- zboczenia nawigacyjnego:  $m_a = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i)^2}{n-1}}$  [Mm]. (1.8)

Co oznacza, że dla danego parametru prawdopodobieństwo pojawienia się błędu w granicach np. od  $-m_\varphi$  do  $m_\varphi$  wynosi 0,683.

Odpowiednio prawdopodobieństwo pojawienia się błędu w granicach podanych poniżej wynosi:

$-2m$  do  $2m$  ... 0,955

$-3m$  do  $3m$  ... 0,997 (tzw. błąd maksymalny określający graniczną wartość błędów przypadkowych)

## 5. Średni błąd średniej arytmetycznej:

- szerokości geograficznej:  $m'_\varphi = \pm \frac{m_\varphi}{\sqrt{n}}$  [Mm], (1.9)

- zboczenia nawigacyjnego:  $m'_a = \pm \frac{m_a}{\sqrt{n}}$  [Mm]. (1.10)

Na podstawie wyliczonych średnich błędów kwadratowych pomiarów  $\varphi$  i  $\lambda$  można wyznaczyć **błąd kołowy** zwany **błędem średnim pozycji statku (laboratorium)**:

$$M_0 = \sqrt{m_\varphi^2 + m_a^2} \text{ [Mm]} \quad (1.11)$$

Prawdopodobieństwo znalezienia się rzeczywistej pozycji wewnątrz błędu kołowego (jego poziom ufności) jest zmienne w granicach od 0,632 do 0,683 (zależy od stosunku  $m_\varphi$  do  $m_a$ ), średnio przyjmowane jako 0,66.

## 4. Tabele pomiarowe

Tabela pomiarowa nr 1:

Nr	Pomiar $\varphi$	Pomiar $\lambda$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		



Nr	Pomiar $\varphi$	Pomiar $\lambda$
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
Średnia arytmetyczna		
Odchylenia pomiarów od średniej		
Sumy kwadratów odchyłeń		
Błąd średni		
Średni błąd średniej arytmetycznej		
Błąd kołowy pozycji		