



CGG.054.10.2019

Warszawa, 2019-01-03

PROTOKÓŁ Z BADANIA SYSEMU SMARTSENS

W dniach od 1.08.2018 do 30.11.2018 przeprowadzono badanie systemu pomiarów przemieszczeń SmartSens tworzonoego w POLSERVICE Geo Sp. z o.o., ul. Tytusa Chałubińskiego 8, 00-613 Warszawa w ramach projektu finansowanego przez NCBiR. Badany system ma budowę modułową i składa się z następujących modułów:

1. MODUŁ AKWIZYCJI DANYCH – głównym elementem modułu stanowią odbiorniki GNSS (odbiorniki U-BLOX oraz anteny L1 firmy Ashtech model ASH111660). Rejestrowane dane przesyłane są poprzez transiver, zaprojektowany specjalnie dla systemu SmartSens, do modułu gromadzenia danych
2. MODUŁ INTERPRETACJI DANYCH odpowiedzialny za:
 - a. parowanie plików obserwacyjnych z urządzeń pomiarowych o różnych adresach o tej samej dacie i godzinie wykonania pomiaru, spośród których jedno z urządzeń przyjęte jest jako referencyjne;
 - b. konwersja plików z typu binarnego na uniwersalny format wymiany danych GNSS zwany RINEX (Receiver Independent Exchange System);
 - c. wyliczenie współrzędnych wektorów dla wybranych par punktów na podstawie plików RINEX;
 - d. wyliczenie wartości przemieszczeń punktów.
3. MODUŁ WIZUALIZACJI – stanowi moduł dostępowy, umożliwiający użytkownikom wyświetlenie wyników pomiarów za pomocą przeglądarki internetowej WWW.

Celem badania było określenie dokładności oraz wiarygodności wyznaczanych przez system SmartSens przemieszczeń. W tym celu jako punkty monitorowane wykorzystano punkty Długościowej Bazy Łamanej w Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznym Borowa Góra, na których zainstalowano odbiorniki. W okresie badań system wykonywał automatyczny pomiar trzech współrzędnych punktów z interwałem dobowym.

W celu sprawdzenia wiarygodności wyników przemieszczeń poziomych systemu SmartSens, wykorzystano pomiary odległości pomiędzy punktami Łamanej Bazy Długościowej. Wartości odległości z 18 lipca 2018 r. przyjęto za wyjściowe a zmiany długości odcinków bazy obliczono jako różnice długości pomiędzy wartościami wyjściowymi a wartościami pomierzonymi w kolejnych dniach.

W celu sprawdzenia wiarygodności wyznaczenia przemieszczeń pionowych przy użyciu systemu SmartSens, wykonano czterokrotnie pomiary niwelacji precyzyjnej na punktach

monitorowanych. Jako przemieszczenia pionowe przyjęto zmiany wysokości obliczone względem wysokości z pierwszego pomiaru niwelacyjnego.

Na podstawie zapisanych w systemie wartości zmian współrzędnych (N, E, Up) obliczono statystyki otrzymanych wyników (tabela 1).

Tabela 1.

| Zestawienie wartości odchyłeń standardowych przemieszczeń z systemu SmartSens dla każdej ze składowych [mm] | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| | P0B | P09 | P07 | P05 | P04 | P03 | średnia |
| N | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| E | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |
| Hz | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | <u>0.9</u> |
| Up | 1.2 | 0.8 | 0.7 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | <u>1.2</u> |

Średnia dokładność wyznaczenia przemieszczeń poziomych wynosi 0.9 mm zaś średnia dokładność wyznaczenia przemieszczeń pionowych wynosi 1.2 mm.

W celu sprawdzenia otrzymanych dokładności przemieszczeń horyzontalnych systemu SmartSens wykorzystano pomiary kontrolne zmiany długości odcinków łamanej Bazy Długościowej. Obliczono długości pomiędzy odpowiednimi punktami mierzonymi przez system SmartSens, oraz wyznaczono linię trendu jako wielomian 3 stopnia z przebiegu zmian obliczonych długości. Używając współczynników otrzymanej krzywej, obliczono wartości zmian długości odcinków na epoki pomiarów kontrolnych, a następnie różnice pomiędzy wartościami z pomiaru a wartościami obliczonymi na podstawie parametrów linii trendu. W tabeli 2 przedstawiono zestawienie otrzymanych wartości porównania.

Tabela 2. Zestawienie wyników kontrolnych dla przemieszczeń horyzontalnych

| Data pomiaru kontrolnego | Odcinek kontrolny 1 | | | Odcinek kontrolny 2 | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|
| | Pomiar kontrolny Δd [mm] | Wartości Δd z l. trendu systemu SmartSens [mm] | Różnice Δd [mm] | Pomiar kontrolny Δd [mm] | Wartości Δd z l. trendu systemu SmartSens [mm] | Różnice Δd [mm] |
| 2018-07-18 | 0.0 | 0.79 | -0.79 | 0.0 | 0.96 | -0.96 |
| 2018-08-07 | 0.7 | 0.90 | -0.20 | -0.9 | 1.24 | -2.14 |
| 2018-09-11 | -1.1 | 0.74 | -1.84 | 0.4 | 0.95 | -0.55 |
| 2018-10-16 | -0.9 | 1.17 | -2.07 | 1.2 | 0.89 | 0.31 |
| 2018-11-06 | -0.6 | 2.23 | -2.83 | -1.0 | 1.55 | -2.55 |
| Statystyka różnic Δd [mm] | | | | | | |
| | Odcinek kontrolny 1 | | | Odcinek kontrolny 2 | | |
| Średnia wartość | -1.5 | | | -1.2 | | |
| Odchylenie standardowe | 0.9 | | | 1.0 | | |

Współczynnik korelacji pomiędzy pomiarami kontrolnymi a linią trendu SmartSens:

Odcinek kontrolny 1 : -0.20

Odcinek kontrolny 2 : -0.87

W celu sprawdzenia uzyskanych dokładności przemieszczeń pionowych systemu SmartSens wykorzystano pomiary kontrolne zmian wysokości punktów przy użyciu niwelacji precyzyjnej. Wyznaczono linię trendu jako wielomian 3 stopnia z przebiegu zmian wysokości punktów mierzonych. Używając współczynników otrzymanej krzywej, obliczono wartości zmian wysokości na epoki pomiarów kontrolnych, a następnie różnice pomiędzy wartościami z pomiaru a wartościami obliczonymi na podstawie parametrów linii trendu. W tabeli 3 przedstawiono zestawienie otrzymanych wartości porównania.

Tabela 3. Zestawienie wyników kontrolnych dla przemieszczeń pionowych

| Data pomiaru kontrolnego | punkt kontrolny 1 | | | punkt kontrolny 2 | | | punkt kontrolny 3 | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|
| | Pomiar kontrolny Δh [mm] | Wartości Δh z l. trendu systemu SmartSens [mm] | Różnice Δh [mm] | Pomiar kontrolny Δh [mm] | Wartości Δh z l. trendu systemu SmartSens [mm] | Różnice Δh [mm] | Pomiar kontrolny Δh [mm] | Wartości Δh z l. trendu systemu SmartSens [mm] | Różnice Δh [mm] |
| 2018-08-01 | 0.0 | 0.2 | -0.2 | 0.0 | 0.3 | -0.3 | 0.0 | 0.1 | -0.1 |
| 2018-08-28 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.7 | -0.1 | 0.8 | 0.6 | -0.5 | 1.2 |
| 2018-10-19 | -0.3 | 0.0 | -0.3 | -0.4 | -0.7 | 0.3 | -0.3 | -3.0 | 2.6 |
| 2018-11-19 | -0.2 | 0.6 | -0.8 | 0.3 | 0.4 | -0.2 | 0.3 | -4.3 | 4.5 |
| Statystyka różnic Δh [mm] | | | | | | | | | |
| | punkt kontrolny 1 | | | punkt kontrolny 2 | | | punkt kontrolny 3 | | |
| Średnia wartość | -0.3 | | | 0.2 | | | 2.0 | | |
| Odchylenie standardowe | 0.3 | | | 0.4 | | | 1.7 | | |

Współczynnik korelacji pomiędzy pomiarami kontrolnymi a linią trendu SmartSens:

Punkt kontrolny 1 : -0.12

Punkt kontrolny 2 : 0.43

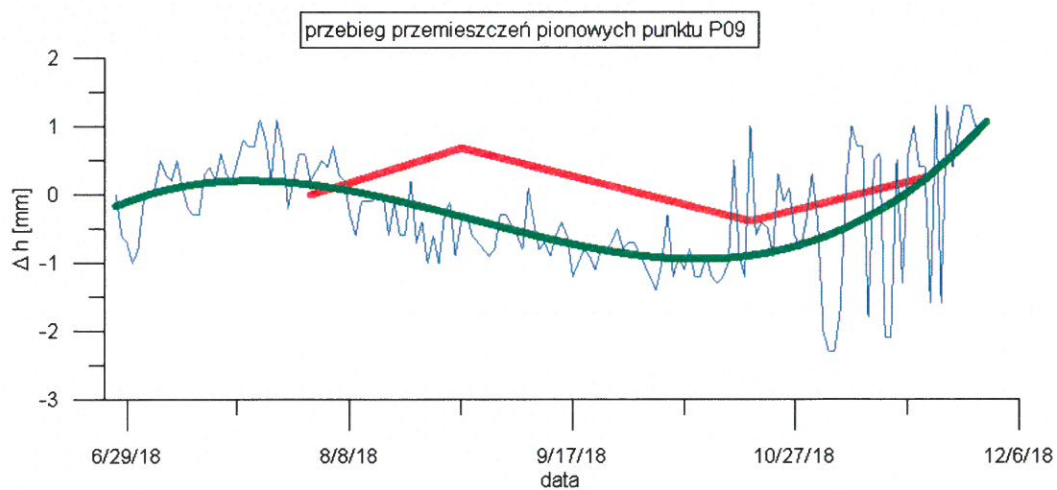
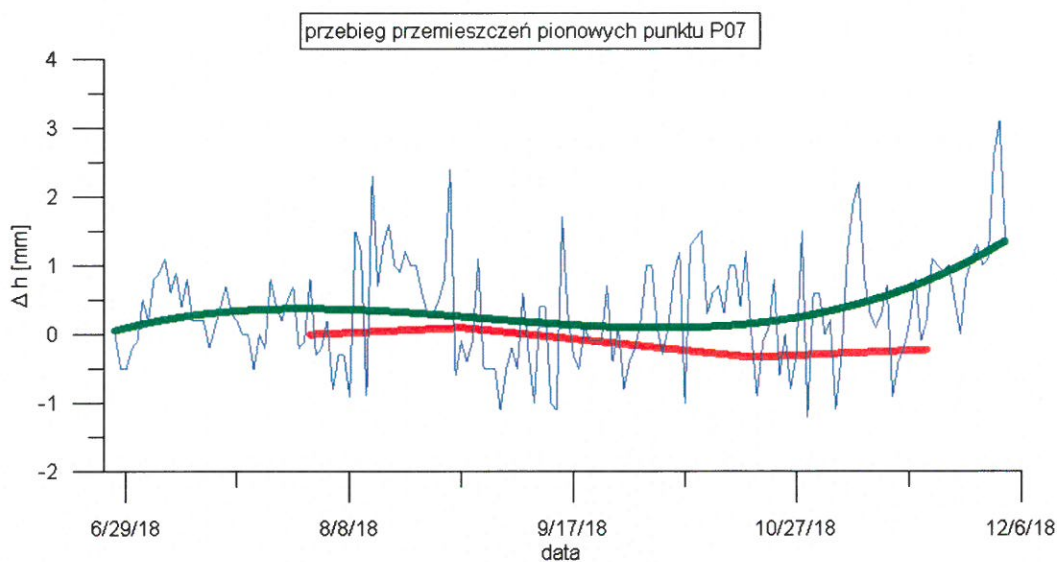
Punkt kontrolny 3 : 0.24

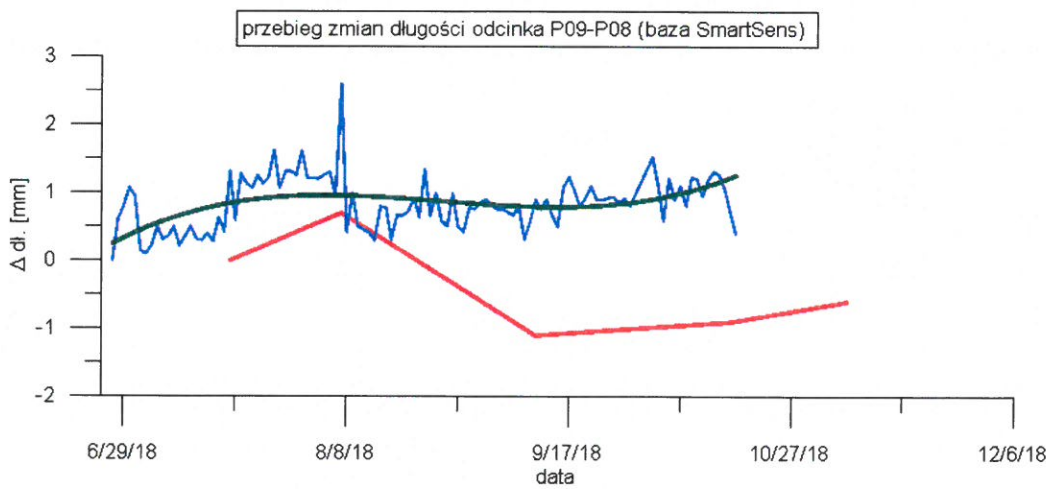
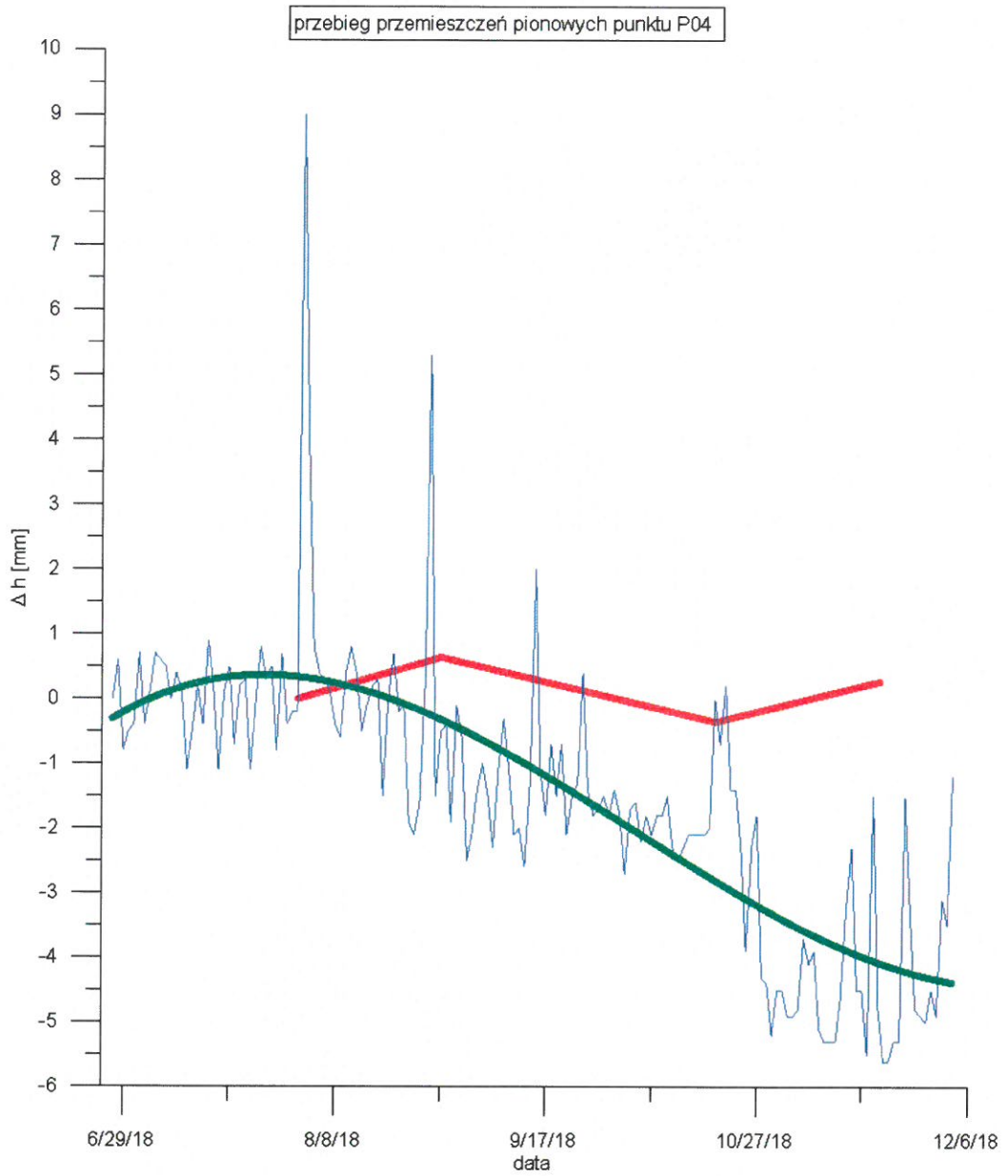
PODSUMOWANIE

Badanie Sytemu SmartSens zostało wykonane w warunkach polowych dla krótkich odległości pomiędzy punktami. Warunki na punktach dla obserwacji GNSS należy określić jako dobre. W okresie prowadzenia badań były zmienne warunki pogodowe. System działał bez przerw, a warunki atmosferyczne nie zakłócały jego pracy. Analiza otrzymanych wyników z systemu oraz porównanie ich z wartościami z pomiarów kontrolnych potwierdza określone wartości dokładnościowe (zestawienie w tabeli 4). Otrzymane wyniki wskazują przydatność badanego systemu do pomiarów przemieszczeń poziomych oraz pionowych.

| Przeszyczenia | Średnie odch. std. systemu SmartSens [mm] | Średnie odch. std. z pomiarów kontrolnych [mm] |
|---------------|---|--|
| Hz | 0.9 | 0.95 |
| V | 1.2 | 0.80 |

Do protokołu poniżej załączono wykresy powstałe w trakcie badań.





przebieg zmian długości odcinka P03-P07

