Obóz naukowy młodych geodetów w Norwegii: precyzyjne pomiary osi toru kolejowego

KOLEJ NA GPS

Polscy studenci prowadzili prace w ramach projektu badawczego realizowanego przez norweską firmę zajmującą się utrzymaniem torowiska oraz przez pracowników Sekcji Geomatyki Gjøvik University College. Celem tego projektu jest sprawdzenie możliwości wykorzystania technologii GPS RTK w pomiarach osi torów kolejowych.

BARTŁOMIEJ GAJC, CZESŁAW SUCHOCKI

Obóz Koła Naukowego Geoinformatyków działającego na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej odbył się w ub.r. w Trevatn w Norwegii. Uczestniczyło w nim 14 studentów Politechniki Koszalińskiej i UWM w Olsztynie oraz dwóch opiekunów – nauczycieli akademickich PK. Zadanie polegało na pomiarze geometrii osi toru linii kolejowej różnymi metodami oraz na porównaniu i analizie otrzymanych wyników, które należało przedstawić w postaci map opracowanych w oprogramowaniu ArcGIS. Przedmiotem pomiaru był jednokilometrowy odcinek linii kolejowej, w osi którego co 10 metrów zastabilizowano 100 punktów.

Zaplanowano następujące pomiary:

- niwelację precyzyjną punktów zastabilizowanych w osi toru w nawiązaniu do reperów osnowy państwowej, których wysokości wyrażone są w systemie ortometrycznym;
- pomiar sieci kątowo-liniowej będącej osnową poziomą dla pomiarów tachimetrycznych;
- pomiar tachimetryczny punktów zlokalizowanych w osi toru;
- pomiar punktów w osi toru metodą GPS RTK z wykorzystaniem lokalnej stacji referencyjnej.

Dodatkowym założeniem projektu było niewprowadzanie specjalnego wózka pomiarowego, który wymusza zamknięcie ruchu na linii kolejowej.

ZAŁOŻENIE OSNOWY POMIAROWEJ I TACHIMETRIA

Jednokilometrowy testowy odcinek toru kolejowego został wyłączony na pewien czas z eksploatacji. Przebiegał on przez skalisty teren porośnięty lasem, tuż obok jeziora. Osnowa pomiarowa była zastabilizowana znakami metalowymi w podłożu skalnym w pobliżu toru. Zadaniem uczestników obozu było dokonanie pomiaru tej osnowy jako sieci kątowo-liniowej i wyrównanie metodą najmniejszych kwadratów. Pomiar wykonano metodą trzech statywów w dwóch położeniach lunety. Do tego celu wykorzystano tachimetr Leica TC 1100 z kompletem luster i statywów. Aby zwiększyć dokładność wyznaczenia punktów osnowy pomiarowej, studenci wykonali obserwacje nadliczbowe (rys. 1). Sieć nawiązano do sześciu punktów o wyznaczonych wcześniej współrzędnych.

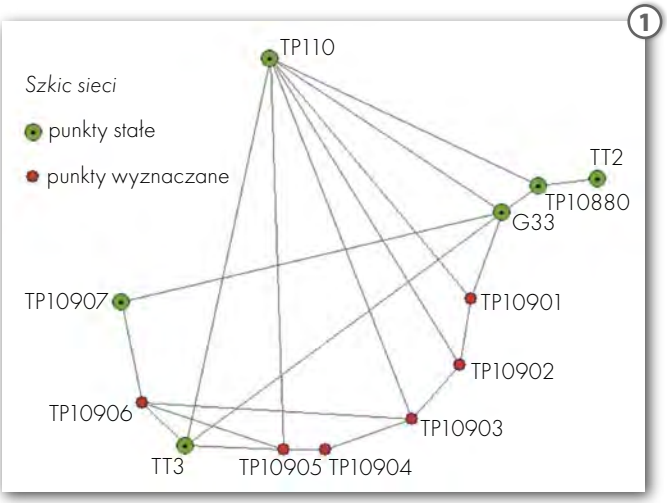
Oś toru reprezentowana była przez punkty symetrycznie rozłożone w podkładach kolejowych co 10 metrów. Do tego celu wykorzystano śruby wkręcane z podkładkami, na których umieszczono numery punktów. Oś pomierzono trzykrotnie tachimetrem z różnych stanowisk. Różnica współrzędnych tych punktów mieściła się w granicach 4 cm.

NIWELACJA PRECYZYJNA

Rzędne punktów osnowy pomiarowej określono, zakładając dwa ciągi niwelacyjne nawiązane do trzech reperów o znanej wysokości. Do pomiaru wykorzystano niwelator kodowy firmy Leica (o dokładności 0,4 mm/km) wraz z kompletem kodowych łat inwarowych. Pomiar wykonano w dwóch kierunkach (tam i z powrotem), zaś uzyskane odchyłki mieściły się w dopuszczalnych granicach. Podczas pomiaru śruby wystające z podkładów kolejowych wykorzystywano jako żabki. Równocześnie przy pomiarze ciągu pomierzono zastabilizowane punkty osi toru. Okazało się przy tym, iż stanowiska niwelatora nie mogły być obierane bezpośrednio na podkładach kolejowych (co było wygodne), ponieważ wszelkiego rodzaju drgania przenosiły się bezpośrednio na instrument, powodując w konsekwencji obniżenie dokładności pomiaru.

POMIARY GPS RTK

Jednym z celów przeprowadzonych badań było porównanie wyników pomiarów wykonanych metodami klasycznymi z wynikami pomiarów GPS. Do dyspozycji studentów był zestaw GPS RTK Leica 1200. Szybko poradzili sobie oni z ustawieniem w odbiornikach niezbędnych parametrów i skonfigurowaniem stacji referencyjnej, która ustawiona była na punkcie o znanych współrzędnych – G33. Prace pomiarowe polegały na rejestrowaniu danych obserwacyjnych przy jednoczesnym kontrolowaniu parametrów wyznaczenia pozycji (np. PDOP) punktów zastabilizowanych w osi toru kolejowego. Pomiar trwał od 2 do 4 minut w zależności od konfiguracji satelitów i obecności przeszkód terenowych (wysokie drzewa, skaliste



1



skarpy). Do stabilnego ustawienia zestawu tyczki z anteną GPS wykorzystywany był specjalny trójnóg. Wszystkie dane rejestrowane były w pamięci obu odbiorników, a następnie przesyłane do komputerów przenośnych.

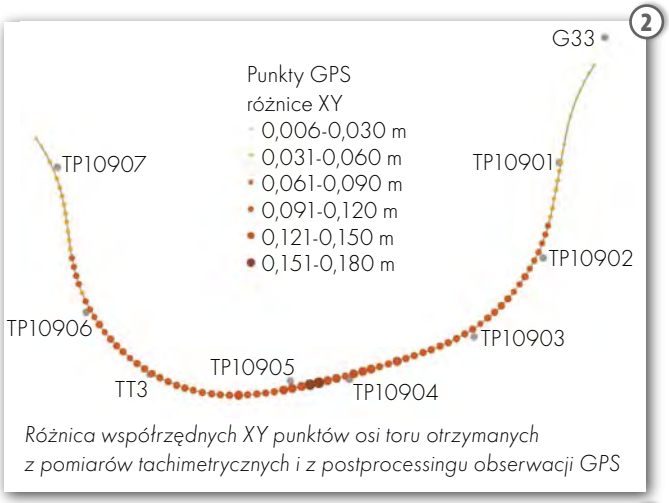
Kolejnym etapem było przeprowadzenie postprocessingu, czyli ponownego przeliczenia współrzędnych mierzonych punktów na podstawie danych obserwacyjnych zgromadzonych w pamięci stacji referencyjnej i odbiornika ruchomego. Etap ten obfitował w niespodzianki. Mimo bardzo dobrych wskaźników jakości wyznaczenia pozycji, jakie wyświetlane były na ekranie odbiornika GPS w czasie pomiaru, w postprocessingu okazywało się, że pozycja danego punktu nie może zostać wyliczona z oczekiwaną dokładnością. Spowodowane było to brakiem możliwości wyznaczenia tzw. *ambiguity* (nieoznaczoności), co w konsekwencji uniemożliwiało otrzymanie milimetrowych dokładności. Selekcja obserwacji w kilku przypadkach skutkowała wyliczeniem nieoznaczoności i poprawieniem dokładności wyznaczenia pozycji. Mimo to zorganizowano kilka dodatkowych sesji pomiarowych, aby zebrać dane obserwacyjne otrzymane z pomiarów innej konstelacji satelitów. W efekcie dla wszystkich 100 punktów zlokalizowanych w osi toru wyliczono współrzędne w postprocessingu.

● OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

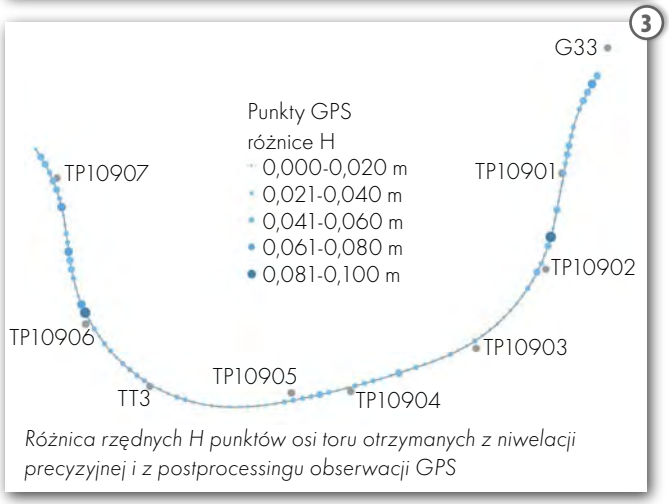
Ostatnim etapem badań było porównanie wyników pomiarów wykonanych metodami klasycznymi (tachimetria i niwelacja precyzyjna) oraz metodą GPS. Zaplanowano porównanie:

- współrzędnych XY punktów osi toru otrzymanych z uśrednionych pomiarów tachimetrycznych i z postprocessingu obserwacji GPS (rys. 2);
- rzędnych H punktów osi toru otrzymanych z niwelacji precyzyjnej i z postprocessingu obserwacji GPS (rys. 3).

Porównanie wyników pomiarów było możliwe po dodatkowym opracowaniu pomiarów GPS. Należało bowiem przetransformować współrzędne z układu elipsoidalnego do lokalnego układu współrzędnych oraz obliczyć wysokości punktów w systemie ortometrycznym, w którym wyrażone były wysokości reperów wykorzystanych w niwelacji precyzyjnej. Pierwszy etap zrealizowany został automatycznie w trakcie postprocessingu. Parametry lokalnego układu współrzędnych zapisane były w obu odbiornikach GPS i przesłane wraz z obserwacjami. Oprogramowaniem używanym w postprocessingu było Leica GeoOffice. Wysokości ortometryczne obliczone zostały z użyciem norweskiego oprogramowania SKTrans.



Różnica współrzędnych XY punktów osi toru otrzymanych z pomiarów tachimetrycznych i z postprocessingu obserwacji GPS



Różnica rzędnych H punktów osi toru otrzymanych z niwelacji precyzyjnej i z postprocessingu obserwacji GPS

Opracowane wyniki pomiarów zostały zgromadzone w przygotowanej specjalnie do tego celu bazie danych, tzw. geobazie osobistej wykorzystywanej w oprogramowaniu ArcGIS. Oprócz współrzędnych otrzymanych z obserwacji GPS zawarte w niej były dodatkowe wskaźniki, np. PDOP, GDOP i czas pomiaru. Na podstawie zawartości bazy danych utworzono kilka map (w tym trójwymiarowych) pokazujących różnice we współrzędnych punktów na osi toru kolejowego pomierzonego z wykorzystaniem techniki GPS RTK i tachimetrii oraz niwelacji precyzyjnej.

● ZA DUŻE RÓŻNICE

Średnia różnica współrzędnych X i Y otrzymanych z tachimetrii i GPS wyniosła 0,078 m, a jej maksymalna wartość aż 0,179 m. Średnia różnica otrzymana z porównania rzędnej H z niwelacji precyzyjnej i GPS wyniosła 0,026 m, a jej maksymalna wartość 0,092 m.

Zarówno zdaniem uczestników obozu, jak i norweskich nauczycieli różnice we współrzędnych są jednak dość duże. Prawdopodobne przyczyny to „ukryte" błędy m_X, m_Y punktów wykorzystanych do nawiązania osnowy pomiarowej. Natomiast duże rozbieżności w wyznaczeniu wysokości ortometrycznych mogły być spowodowane niedokładnymi parametrami modelu geoidy zapisanymi w odbiorniku.

Mimo tych trudności pracownicy firmy kolejowej już są przekonani o opłacalności wykorzystania metod satelitarnych do pomiarów osi torów. Otwartą sprawą pozostaje nadal spełnienie określonych wymagań dokładnościowych. W ramach projektu badawczego planowane jest wykorzystanie również satelitów systemów GLONASS i Galileo.■