

Tryb RTK pomiarów satelitarnych Gadżet czy rewelacja?

IRENEUSZ WYCZAŁEK

Technika GPS zyskała ostatnio atrakcyjną formę wykorzystania w postaci kinematycznego trybu pracy z dokładnością „geodezyjną”. Ten szczególny tryb nosi angielską nazwę Real-Time Kinematic, która często kryje się pod skrótem „RTK”. Producenty odbiorników GPS oferują urządzenia pracujące w tym trybie, zachęcając geodetów do ich stosowania w rutynowych pomiarach terenowych.

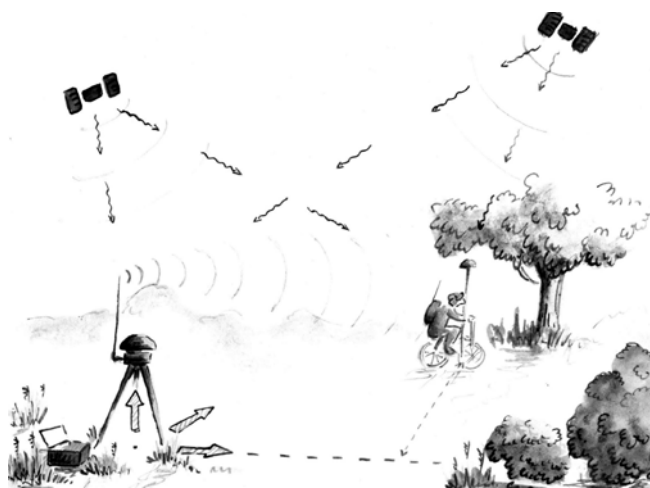
Po rocznej pracy zeissowskim zestawem odbiorników satelitarnych o nazwie GePoS RM24 postanowiłem podzielić się moimi doświadczeniami, przedstawiając na kilku konferencjach wyniki moich prac i wnioski z nich płynące. Spotykając się z umiarkowanym zainteresowaniem słuchaczy i pewnym brakiem wiary w korzyści płynące z tej techniki, podjąłem się opublikowania moich odpowiedzi na najczęściej stawiane pytania, szczególnie w odniesieniu do zawartego w tytule trybu pracy RTK.

Na czym polega pomiar w trybie RTK?

Globalny system pomiarów satelitarnych GPS bazuje na określaniu przestrzennych współrzędnych położenia anteny odbierającej sygnały emitowane przez układ satelitów poruszających się po określonych trajektoriach, pod ciągłym nadzorem ośrodka sterowania współpracującego z grupą naziemnych stacji kontroli lotów. Współrzędne GPS wyznaczane są w geo-

centrycznym układzie zdefiniowanym przez środek masy i osi obrotu Ziemi. Pomiaru GPS mogą odbywać się w różnych trybach pracy, wśród których najbardziej obiecujący jest tryb Real-Time Kinematic, co można tłumaczyć jako bezpośredni pomiar kinematyczny. Kinematyczny – czyli w ruchu, w odróżnieniu od metod pomiarów stacjonarnych, i bezpośredni – czyli dający wyniki w momencie pomiaru (z opóźnieniem najwyższej kilkusekundowym). Pomiar taki jest możliwy dzięki współpracy dwóch odbiorników GPS, z których jeden pozostaje nieruchomy przez cały czas trwania sesji pomiarowej, podczas gdy drugi przemieszczany jest tak, aby objąć wszystkie punkty przeznaczone do pomiaru. „Współpraca” obu (lub większej liczby) odbiorników jest możliwa dzięki komunikacji radiowej między nimi, a konkretnie – dzięki przesyłaniu drogą radiową danych ze stacji bazowej do stacji ruchomych. Ilustruje to rysunek z lewej, na którym geodeta wyposażony w stację ruchomą (plecak i antena) przemieszcza się na rowerze, co symbolizuje możliwą szybkość pomiaru.

Bliższe informacje o systemie GPS, jego parametrach, skomplikowanym systemie przesyłania kodowanych informacji i sposobach ich rozszyfrowywania znajdzie ciekawie czytelnik między innymi w książce K. Czarneckiego (1997). Tutaj ograniczyliśmy się do ogólnego opisu oraz uwagi, że kluczem do pomyślnego stosowania metody jest realizowany na bieżąco algorytm transformacji współrzędnych geocentrycznych do dowolnego układu lokalnego. Oprogramowanie opisywanych odbiorników RM24 umożliwia automatyczną transformację do układów Gaussa-Krügera lub UTM, związanych z dowolnie zdefiniowaną elipsoidą odniesienia. Istnieje też możliwość przestrzennej transformacji Helmerta do układu lokalnego, ale wymaga to wykonania wstępnego pomiaru na kilku punktach łącznych w celu określenia wartości parametrów transformacji. Jest to w zasadzie jedyna możliwość w warunkach polskich, gdyż żaden z naszych układów współrzędnych nie ma jawnej definicji matematycznej. Jako punkty łączne najlepiej wykorzystać istniejące punkty osnowy lub pomiar satelitarny poprzedzić zagęszczeniem osnowy.



Pomiary wykonywane przez geodetę wyposażonego w stację ruchomą

Czy jest to metoda atrakcyjna dla geodetów?

Można zauważyć daleko idącą wstrzemięźliwość geodetów-praktyków w odniesieniu do pozytywnej oceny przydatności metody. Raczej nie stanowi ona jeszcze realnej konkurencji dla innych technik pomiarowych. Typowe dla tej oceny jest pytanie przewodniczącego pewnej sesji referatowej na poważnej konferencji naukowo-technicznej, które podważało zasadność omawianych problemów z uwagi na wysoką cenę odbiorników.

Patrząc jednak na dynamikę rozwoju technik pomiarowych opartych na odbiorze sygnałów satelitarnych, a także na dalsze próby czynione w tej dziedzinie, można wysnuć wniosek, że w najbliższych latach będzie to najszybciej rozwijająca się technika, która może spowodować rewolucję w podejściu do istoty pomiarów szczegółowych.

W ostatnich latach technika RTK znalazła szereg praktycznych zastosowań, takich jak:

- pomiary realizacyjne ropociągu na pustyni Asab w Zjednoczonych Emiratach Arabskich,
- pomiary powykonawcze stacji PKP w celu wykonania mapy numerycznej,
- pomiary osnowy dla dużego zakładu przemysłowego.

We wszystkich przypadkach wykonawcy chwalili przydatność metody oraz dostrzegali potencjalne jej możliwości w zakresie szybkości i jakości pracy.

Ciekawie prezentują się wyniki długookresowych badań mających na celu ocenę dokładności pomiarów. Pomiary wykonywane wokół jeziora Malta w Poznaniu (rysunek poniżej) dowiodły, że możliwe jest uzyskanie praktycznych wyników z dokładnością rzędu 1 cm (średni błąd sytuacyj-



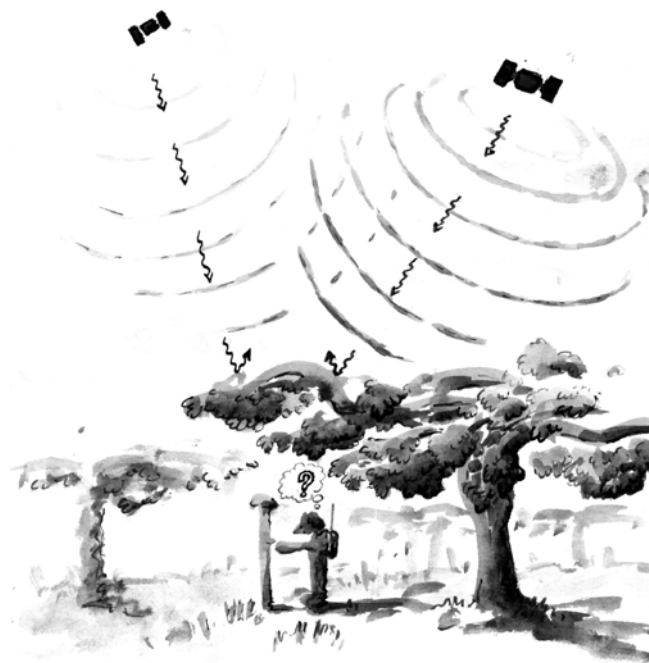
Pomiary wykonywane nad jeziorem Malta w Poznaniu

nego położenia punktów) w dowolnym miejscu obszaru rozciągającego się na przestrzeni 2-3 km. Wyniki te uwiarygodniły zatem dane reklamowe, do których nie umocniony doświadczeniem odbiorca zawsze podchodzi z pewną dozą nieufności.

Jakie są aktualnie techniczne ograniczenia metody RTK?

Istnieje kilka czynników ograniczających pracę odbiornikami GPS w trybie RTK. Do najważniejszych zaliczyłbym:

- a) wymóg bezpośredniego dotarcia sygnałów z co najmniej 5 satelitów do odbiorników, co w miejscach o złej widoczności nieba może skutecznie ograniczyć obszary możliwe do pomiaru (rysunek powyżej z prawej) – szczególnie w terenach zurbanizowanych czy zadrzewionych,



Zakłócenia w odbiorze sygnałów w miejscach o słabej widoczności nieba

- b) konieczność definicji parametrów transformacji współrzędnych geocentrycznych (w układzie WGS84) do układu obowiązującego na danym terenie,

- c) konieczność używania dwóch odbiorników komunikujących się drogą radiową.

Istotnymi utrudnieniami są ponadto: ograniczony zasięg nadajnika radiowego oraz wpływ na jego pracę silnego promieniowania elektromagnetycznego (np. z trójfazowej linii wysokiego napięcia), odbicia fal GPS przez niektóre obiekty terenowe, tj. budynki, samochody, grunt (tzw. zjawisko multipath), niezdolność pracy przy spadku liczby satelitów poniżej 5 lub podczas celowego zakłócenia sygnałów nadawanych przez niektóre satelity. W efekcie należy liczyć się z tym, że w pewnych miejscach mierzonego obszaru lub w pewnych okresach pomiar będzie niemożliwy. Pozostaje zatem liczyć na inne metody pomiarowe. Nie jest to jednak odstępstwo od dotychczasowych reguł prowadzenia prac geodezyjnych, gdzie konkretne metody dobiera się w zależności od stopnia dostępności terenu, kształtu osnowy, określonych wymagań dokładnościowych, a także od posiadanego sprzętu.

Jak sobie radzić z głównymi niedoskonałościami metody?

Część spośród wyżej wymienionych słabych punktów metody RTK można wyeliminować zmieniając swoje zwyczaje pomiarowe. Trzeba, aby geodeci wykształcili w sobie inne podejście do kształtu osnowy i lokalizacji punktów. Tak jak z myślą o metodzie domiarów prostokątnych wymagana była do niedawna wzajemna widoczność punktów osnowy oraz odkryty teren między nimi, tak samo – z uwagi na potrzebę „widoczności” satelitów – należy obecnie wybierać punkty osnowy pod odkrytym niebem. Z uwagi zaś na potrzebę transformacji punkty te powinny być rozmieszczone wokół mierzonego obiektu (najlepiej wzdłuż jego granicy).

Powinno się również uwzględnić wpływ promieniowania elektromagnetycznego odbiorników lub przekaźników energii elektrycznej wysokiego napięcia.

Ograniczony zasięg radia wydaje się nie być zbyt dokuczliwy, bowiem przyzwyczajeni jesteśmy do pracy raczej na małych obszarach (do kilkuset metrów od stanowiska instrumentu).

Metoda RTK daje obecnie możliwość pracy w zasięgu kilku – kilkunastu kilometrów, co jest wystarczające w zdecydowanej większości zastosowań.

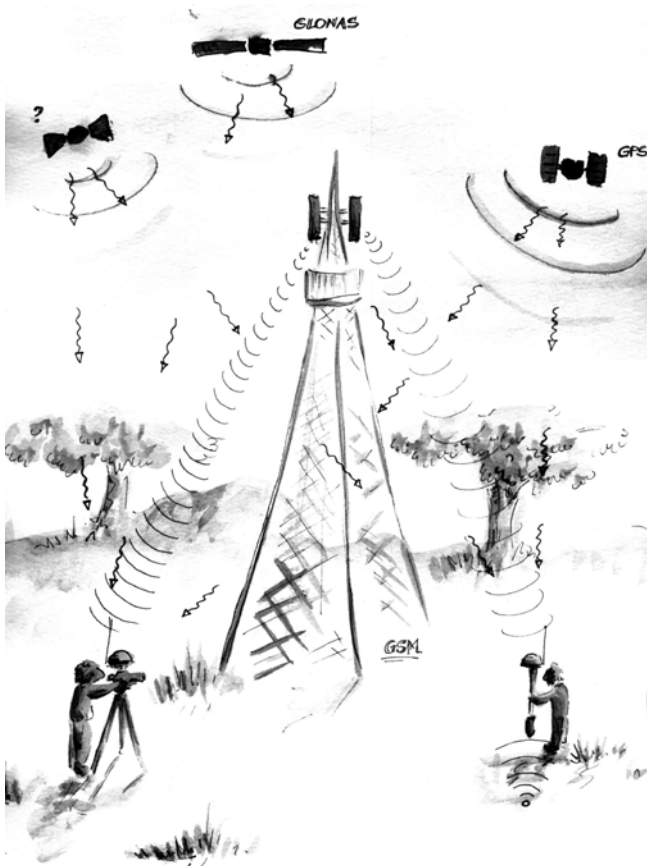
Prawdopodobnie niebawem problem stacji bazowych zostanie radykalnie rozwiązany na drodze przesyłu niezbędnych danych przez nadawcze stacje radiowe lub stacje przekaźnikowe GSM.

Druga grupa rozwiązań praktycznych dotyczy podejścia do pomiaru obiektów wysokich, zasłaniających częściowo niebo. W takich przypadkach użyteczne może być wyznaczenie położenia tych obiektów metodami odsunięcia anteny lub przecięć, opisanymi w pracach mojego współautorstwa (1998 a i b).

Czego można oczekiwać w najbliższej przyszłości?

Oczekiwania użytkowników śledzących rozwój techniki satelitarnej systemu wyznaczania położenia są następujące:

- zintegrowanie odbiorników GPS z tachimetrami elektronicznymi i ich miniaturyzacja,
- rozwinięcie matematycznych metod obróbki danych w celu całkowitej eliminacji pomiarów służących do wyznaczania parametrów transformacji,



Idea działania odbiornika RTK w niedalekiej przyszłości

- zmniejszenie zawodności metody z powodu przesłonięcia nieba,
- integracja z oprogramowaniem obliczeniowym i z systemami mapy numerycznej.

Wydaje się, że oczekiwania te zostaną w niedalekiej przyszłości spełnione przez producentów odbiorników GPS, a także rodzimych twórców oprogramowania geodezyjnego. Może najmniej realne jest szybkie powstanie połączonych urządzeń GPS i total station. Na przeszkodzie stoją tu – moim zdaniem – nadal zbyt duże rozmiary odbiorników oraz zbyt niekorzystna proporcja ceny do użyteczności takiego urządzenia. Jednak za profesorem Czarneckim można stwierdzić, że jest to urządzenie przyszłości. Tymczasem już próbuje się połączyć anteny GPS RTK z wykrywaczami urządzeń podziemnych w celu umożliwienia inwentaryzacji przewodów podziemnych dla aktualizacji branżowych systemów informacji o terenie. Ideę działania odbiorników pracujących w trybie RTK w niedalekiej przyszłości ilustruje rysunek obok wskazujący na różne źródła sygnałów, pośrednictwo systemu telefonów komórkowych oraz na różnorodne formy wykorzystania odbiorników GPS.

Zakończenie

Wydaje się, że technika satelitarno-radiowo-komputerowa w najbliższym czasie zrewolucjonizuje dziedzinę pomiarów szczegółowych. W całej swej złożoności niezrozumiała dla „szarego człowieka”, będzie ona tworzyła urządzenia wyposażone w proste mechanizmy komunikowania się z użytkownikiem (ang. *interface*). Dzięki prostocie obsługi urządzeń pomiarowych (odbiorników satelitarnych) zaistnieje realne – moim zdaniem – zagrożenie dla geodetów ze strony innych użytkowników, którzy będą chcieli samodzielnie wykorzystywać ją dla swoich potrzeb. Paradoksalnie postęp w dziedzinie geodezji może stać się przyczyną osłabienia jej roli. Oczywiście wydaje się zatem potrzeba ciągłej edukacji, ukierunkowanej na poznanie tej techniki i przygotowanie licznych kadr do jej stosowania.

Rysunki wykonała Małgorzata Wyczałek

Autor jest pracownikiem Zakładu Geodezji Politechniki Poznańskiej. Artykuł ten powstał dzięki nowej formie pracy, jaka rozwinęła się na styku nauki i praktyki. Przedstawione wyżej wnioski, szczególnie te praktyczne, autor sformułował dzięki współpracy z Firmą Usług Geodezyjnych GEO-SAT, której właściciel – mgr Lucjan Głowacki zakupił zestaw odbiorników GePoS, a autorowi powierzył wdrożenie ich do produkcji. Wielce użyteczne okazało się też wsparcie techniczne ze strony producenta odbiorników – firmy Carl Zeiss. Wynikiem tej owocnej, jak się okazało, współpracy była konferencja „Wiosna w geodezji”, zorganizowana w dniach 14-15 maja br. w Poznaniu, a poświęcona całkowicie tematyce związanej w pomiarami satelitarnymi w trybie Real-Time Kinematic (GEODETA 7/98).

Literatura:

- Czarnecki K. (1997): *Geodezja współczesna w zarysie*, Wydawnictwo Wiedza i Życie, Warszawa;
- Bakuła M., Kapcia J., Oszczak S. (1998): *Tyczenie tras ropociągów metodą RTK na polach naftowych Pustyni Asab w ZEA*, Konferencja techniczna „Wiosna w geodezji”, Poznań;
- Wyczałek I., i in. (1998 a): *Badania dokładności i niezawodności techniki RTK na poligonie MALTA 2000*, Konferencja techniczna „Wiosna w geodezji”, Poznań;
- Wyczałek I., i in. (1998 b): *Pomiar inwentaryzacyjny stacji PKP*, Konferencja techniczna „Wiosna w geodezji”, Poznań;
- Wyczałek I., Wyczałek E. (1998 c): *Adaptacja pomiarów satelitarnych w kierunku automatyzacji zasilania w dane systemu informacji o terenie*, VIII Konferencja N-T „Systemy Informacji Przestrzennej”, Warszawa.