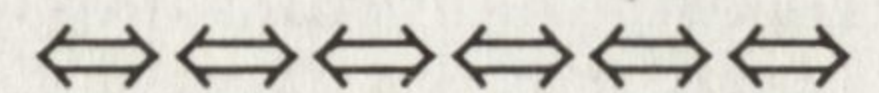
**METODYKA****Edmund Kartanas**Instytut Biologii
i Ochrony Środowiska UMK
ul. Gagarina 9
87-100 Toruń**Możliwości wykorzystania Globalnego
Systemu Lokalizowania (*Global
Positioning System – GPS*) w badaniach
terenowych**An application the Global Positioning
System (GPS) in field research**Eryk J. Lipiński**Horyzont-KPG
ul. Halczyna 16
30-086 Kraków

Nieodzownym warunkiem większości badań terenowych jest precyzyjna lokalizacja badanych obiektów przyrodniczych, umożliwiająca ich późniejszą identyfikację. Jest to szczególnie istotne w badaniach długofalowych, gdy te same obiekty badane są po kilku latach, a w dodatku często przez inne osoby. W sposób tradycyjny (najczęściej stosowany) lokalizację badanych obiektów określa się w oparciu o charakterystyczne elementy terenu, które traktowane są jako tzw. punkty dowiązania. Natomiast najczęściej stosowaną formą zapisu lokalizacji obiektów jest zaznaczanie na mapach miejsc ich występowania. Taki sposób określania lokalizacji, zwłaszcza w środowiskach jednorodnych, jest czasochłonny i niedokładny. W badaniach obiektów występujących w znacznym zagęszczeniu przeważnie dodatkowo stosuje się ich znakowanie. To jednak wiąże się z niebezpieczeństwem zniszczenia przez osoby postronne oznakowania, a tym samym również efektów dotychczasowej pracy. Duże trudności pojawiają się również przy wprowadzaniu do baz danych dokładnej informacji o lokalizacji badanych obiektów. Jeżeli nie wykorzystuje się mapy numerycznej zachodzi konieczność archiwizowania map analogowych, a to w dużym stopniu utrudnia wymianę informacji (zwłaszcza za pośrednictwem poczty elektronicznej), gdyż do przesyłanych plików bazy danych (względnie wydruków) należy dołączać kopie map.

Wszystkie problemy związane z określaniem lokalizacji badanych obiektów wydają się zniknąć po zastosowaniu odbiornika (= rejestratora) GPS, który pracuje w oparciu o Globalny System Lokalizowania (*Global Positioning System – GPS*). Dwadzieścia cztery satelity NAVSTAR obiegające Ziemię zapewniają nieprzerwaną dostawę sygnału radiowego. Odbiornik GPS, po odebraniu tego sygnału,

błyskawicznie wylicza bieżącą pozycję. Sygnał ten jest dostępny na całym globie, a korzystanie z niego jest bezpłatne. Dokładność pomiaru waha się od centymetra (odbiorniki geodezyjne, pomiar różnicowy – *Differential GPS*) do stu metrów (proste odbiorniki nawigacyjne, bez korekcji różnicowej).

Zasada działania systemu opiera się na pomiarze odległości pomiędzy odbiornikiem a satelitą, który porusza się po ściśle wyznaczonej orbicie. Znana odległość od satelity lokuje odbiornik na sferze o promieniu równym zmierzonej odległości. Znana odległość od dwóch satelitów lokuje odbiornik na okręgu będącym przecięciem dwu sfer. Gdy odbiornik zmierzy odległość od trzech satelitów, istnieją tylko dwa punkty, w których może on się znajdować. Jeden z tych punktów można wykluczyć jako znajdujący się zbyt wysoko lub poruszający się zbyt szybko i w ten sposób zostaje wyznaczona pozycja odbiornika. Ustalanie odległości (z centymetrową dokładnością) pomiędzy odbiornikiem a satelitami emitującymi bardzo słabe sygnały opiera się na pomiarze czasu. Każdy z satelitów posiada cztery zegary atomowe, którymi synchronizuje wysyłany sygnał. Odbiornik GPS rejestruje opóźnienie sygnału odebranego z poszczególnych satelitów. W związku z tym, że odbiornik nie posiada własnego zegara atomowego, a jedynie dokładny zegar kwarcowy, musi odebrać sygnał nie od trzech, ale od czterech satelitów. Na tej podstawie wylicza zarówno rzeczywisty czas (z dokładnością do nanosekundy), jak i położenie (klasyczny układ czterech równań z czterema niewiadomymi).

Opisana metoda pomiaru daje błąd poniżej 10 metrów. Niestety, dokładność taką mogą uzyskać tylko amerykańskie odbiorniki wojskowe. Natomiast odbiorniki cywilne muszą zadowolić się kodem C/A, w którym sygnał czasu jest umyślnie zakłócany przez Departament Obrony USA. Stąd też spadek dokładności do ok. 50–100 metrów. Zakłócenia te wprowadzone sztucznie do systemu określa się symbolem SA (*Selective Availability*). Dokładność rzędu 100 m jest wystarczająca tylko w nielicznych zastosowaniach (np. w nawigacji), dlatego też opracowano metodę obejścia problemu zakłócania sygnału. Metodą tą jest pomiar względny (DGPS – *Differential GPS*). Zasada jest prosta: jeżeli ustawi się odbiornik GPS w ustalonym punkcie, to na skutek zakłócenia sygnału pozycja przez niego wyznaczona będzie ciągle się zmieniać. Jeżeli obliczymy różnicę pomiędzy zmierzoną przez odbiornik pozycją a pozycją rzeczywistą odbiornika, to otrzymamy tzw. wektor błędu. Uzyskane w ten sposób informacje, tzw. dane korekcyjne, odejmuje się od danych odbieranych przez odbiorniki GPS dokonujące pomiarów w terenie. Pozycja ustalona zgodnie z opisaną procedurą jest tym dokładniejsza, im bliżej znajdują się baza korekcyjna i odbiornik dokonujący pomiarów. W odległości kilkunastu kilometrów od bazy można dokonywać pomiarów geodezyjnych (dokładność kilku centymetrów); do pozostałych zastosowań wystarczy baza

umieszczona w promieniu paruset kilometrów (dokładność kilku metrów). Sercem każdego zestawu DGPS jest oprogramowanie umożliwiające skorygowanie wskazań zarejestrowanych za pomocą odbiornika GPS, a korzystanie z danych korekcyjnych może odbywać się za pośrednictwem sieci komputerowej Internet, powszechnie dostępnej w naszym kraju.

Aktualnie w Polsce użytkownik odbiornika GPS ma następujące możliwości uzyskania sygnału korekcyjnego:

1. posłużenie się drugim – własnym lub wypożyczonym – odbiornikiem GPS zdolnym do pracy w trybie korekcyjnym, co jest rozwiązaniem droгим i mało wygodnym,
2. uzyskanie dostępu do sygnału korekcyjnego z jednej z obecnie działających w Polsce stałych niekomercyjnych baz DGPS, np. prowadzonych przez uczelnie lub Wojsko Polskie,
3. zakup oraz instalacja prywatnej bazy DGPS, w tym bazy radiowej,
4. wykorzystanie satelitarnego odbiornika systemu LandStar.

Instalowanie wspólnych baz korekcyjnych DGPS uwalnia wszystkich potencjalnych użytkowników technologii DGPS od konieczności posiadania dwóch drogich odbiorników i każdorazowego umieszczania jednego z nich (oraz jednego pracownika!) nad punktem o znanych współrzędnych. Wspólna, regionalna (ang. *Community Base Station*) baza DGPS składa się z wysokiej klasy odbiornika GPS, zdolnego do równoczesnego śledzenia wszystkich widocznych satelitów, geodezyjnej anteny GPS zlokalizowanej z dokładnością do kilku centymetrów, oprogramowania tworzącego dane korekcyjne oraz modułu umożliwiającego uprawnionym użytkownikom łatwy zdalny dostęp do danych korekcyjnych (poprzez sieć komputerową). Przełom w użyteczności wspólnych baz korekcyjnych stanowi wykorzystanie w dystrybucji danych korekcyjnych DGPS globalnej sieci komputerowej Internet, która stała się już powszechnym narzędziem pracy polskiej społeczności naukowej. Pierwsza tego typu baza korekcyjna została już uruchomiona (Akademicka Stacja DGPS Uniwersytetu Wrocławskiego – <http://dgps.uni.wroc.pl>), a jeszcze w tym roku będzie utworzona Regionalna Baza Śląska Instytutu Gospodarki Odpadami. Obie te stacje obejmą obszar Polski o promieniu ok. 500 km. W późniejszym terminie prawdopodobne jest uruchomienie bazy także w północnej Polsce, co stworzyłoby system umożliwiający pracę pojedynczym odbiornikiem GPS na obszarze całego kraju. Dostęp do danych korekcyjnych możliwy jest z dowolnego komputera PC wyposażonego w modem i przeglądarkę Internetu. Aktualne informacje o powyższych bazach korekcyjnych można uzyskać w Internecie pod adresem <http://www.horyzont-kpg.com.pl/dgps>.

Najprostszą usługą, jaką GPS może oddać w terenowych pracach badawczych, jest nawigacja. Ręczny odbiornik do nawigacji lądowej, np. Garmin 12 XL, oferuje

bogaty zestaw funkcji nawigacyjnych: kompas, podanie odległości w linii prostej do dowolnego punktu w terenie, obliczenie odległości pomiędzy dwoma punktami, skalowalną ruchomą mapę oraz możliwość rejestracji do 250 pozycji. Mankamentem tego typu sprzętu jest niewielka dokładność pomiaru, wahająca się od 50 do 100 metrów. Wystarczy ona, aby trafić na powierzchnię próbną czy też do samochodu pozostawionego na skraju lasu, natomiast nie jest wystarczająca do lokalizacji obiektów, które mają być wprowadzone do systemu mapy cyfrowej.

Nawigacja precyzyjna – wymagająca zastosowania pomiaru względnego DGPS – zapewnia np. dotarcie do dowolnego określonego współrzędnymi geograficznymi punktu w terenie z dokładnością od 1 do 5 metrów. Podstawowe zastosowania tej usługi to m.in. nawigacja w sieciach punktów pomiarowych (odbiornik dosłownie „prowadzi” od punktu do punktu, zwalniając nas z konieczności posiadania taśmy, kompasu a nawet mapy) oraz odnajdywanie obiektów w terenie. Niestety, aby korzystać z tej usługi niezbędne jest posiadanie dostępu do zasobów bazy korekcyjnej DGPS jeszcze podczas pobytu w terenie, np. za pośrednictwem radioodbiornika.

Prace inwentaryzacyjne, kartograficzne i aktualizacja systemów GIS to najważniejsze dziedziny zastosowań GPS w badaniach przyrodniczych. W ekologii znaczna część prac badawczych rozpoczyna się inwentaryzacją badanych obiektów. Przykładem mogą być badania wpływu określonych czynników abiotycznych lub biotycznych na liczebność populacji wybranych gatunków roślin bądź zwierząt. Pierwszym etapem realizacji tego typu tematów jest inwentaryzacja stanowisk występowania osobników badanych gatunków i rozpoznanie koncentracji danego czynnika na obszarze objętym badaniami. Sprawne przeprowadzenie takich badań w dużym stopniu uzależnione jest od możliwości szybkiego i dokładnego lokalizowania badanych obiektów oraz precyzyjnego przenoszenia zarejestrowanej lokalizacji na mapę obszaru badań. Wymienione warunki bez trudu można spełnić wykorzystując rejestrator GPS. Bardzo często prace badawcze rozpoczynane są od aktualizacji i uzupełnienia treści map obszaru badań, np. na mapy obszarów zagospodarowanych rolniczo nanosi się takie elementy jak granice pól uprawnych, pasy zadrzewień śródpolnych, użytki ekologiczne, itp. Równie często przed rozpoczęciem badań obejmujących określony obszar wykonywana jest dla niego mapa glebowa, mapa roślinności potencjalnej bądź mapa roślinności rzeczywistej. Zastosowanie rejestratora GPS w tego typu pracach daje znakomite efekty, gdyż urządzenie to wydatnie zwiększa ich efektywność i dokładność. Jeszcze lepsze efekty uzyskuje się stosując GPS w pracach, w których do gromadzenia i przetwarzania danych wykorzystuje się system GIS (*Geographical Information System* – System Informacji Geograficznej). GIS stanowi skomputeryzowany system zarządzania specyficzną bazą danych, na którą składa się baza relacyjna o strukturze

rekordów oraz mapa numeryczna obszaru badań. Baza relacyjna zawiera charakterystykę elementów przestrzennych, które są przedstawione graficznie na mapie numerycznej i mogą być tematycznie pogrupowane w tzw. warstwy. Prawidłowo zaprojektowany system GIS daje możliwość bardzo sprawnego szukania zależności pomiędzy poszczególnymi komponentami środowiska przyrodniczego oraz przeprowadzania symulacji założeń modelowych. Unikatowość tej technologii zawiera się w wykorzystaniu specjalnego typu odbiornika GPS – tzw. rejestratora kartograficznego. Urządzenie to musi zawierać – poza wysokiej klasy, bardzo czułym odbiornikiem satelitarnym GPS – także komputer, zdolny przyjmować, weryfikować i zapisywać w terenie pełną opisową bazę danych, a następnie eksportować dane w formacie np. nakładki systemu mapy cyfrowej GIS lub arkusza kalkulacyjnego. Na szczęście prace inwentaryzacyjne i kartograficzne, nawet z dokładnościami poniżej 1 metra, w większości nie wymagają w terenie żadnej łączności radiowej, a można je prowadzić pojedynczym rejestratorem GPS pod warunkiem posiadania dostępu do stałej bazy korekcyjnej.

Posługiwanie się rejestratorem GPS jest bardzo proste. Przed rozpoczęciem prac terenowych, wykorzystując posiadany komputer osobisty, projektuje się elektroniczny formularz, w który wpisywane będą wyniki badań prowadzonych w terenie. Następnie formularz ten przenosi się do rejestratora. W terenie używając funkcji nawigacyjnych rejestratora można sprawnie dotrzeć na powierzchnię badawczą. Po odnalezieniu obiektu badawczego należy otworzyć elektroniczny formularz i dokonać jego opisu. Po zakończeniu części opisowej antenę rejestratora umieszcza się nad lub obok obiektu i dokonuje się minutowego pomiaru GPS. Do wprowadzonej informacji zostają dołączone współrzędne geograficzne charakteryzujące usytuowanie danego obiektu. Jeżeli badane są obiekty zajmujące określoną powierzchnię (np. zbiorowiska roślinne), należy zarejestrować granicę zajmowanego przez nie obszaru. W praktyce polega to na przejściu z odbiornikiem wzdłuż granicy i zarejestrowaniu punktów umożliwiających precyzyjne jej odtworzenie. W ten sposób wprowadza się informacje o kolejnych obiektach. Po zakończeniu badań terenowych informację przechowywaną w odbiorniku przenosi się na dysk komputera osobistego. Następnie wykorzystując sieć komputerową pobieramy dane korekcyjne z najbliższej stacji DGPS. W oparciu o te dane, posługując się oprogramowaniem nabytym wraz z odbiornikiem GPS, dokonuje się korekcji różnicowej danych pomiarowych, uzyskując docelową dokładność lokalizacji. Na tym etapie nasze pomiary uwidaczniają się w postaci graficznej na ekranie komputera – można łatwo odczytać współrzędne obiektów, długość obiektów liniowych i powierzchnię obiektów zajmujących określony obszar, odległość pomiędzy dowolnymi punktami, itp. Końcowym etapem prac jest przeniesienie danych do arkusza kalkulacyjnego bądź bazy danych.

Zapis usytuowania obiektu w postaci dokładnych jego współrzędnych ma następujące zalety:

- jest zwięzły (ma to duże znaczenie przy wprowadzaniu informacji do baz danych),
- jest czytelny i jednoznaczny dla osób zainteresowanych daną informacją,
- umożliwia błyskawiczne przenoszenie informacji na mapy numeryczne,
- uwalnia od konieczności archiwizowania map analogowych obszaru badań.

Mimo możliwości przechowywania informacji o lokalizacji badanych obiektów w formie zapisu ich współrzędnych geograficznych, często zachodzi konieczność przygotowania prezentacji graficznej, a więc przedstawienia położenia badanych obiektów na mapach. Wówczas na podstawie współrzędnych można ręcznie nanieść obiekty na mapy analogowe, co jednak jest czynnością czasochłonną. Czynność tę można skrócić do kilku minut, gdy dysponujemy mapą numeryczną obszaru objętego badaniami, ponieważ ogranicza się ona do pobrania danych wcześniej zapisanych w określonej bazie (program zarządzający mapą numeryczną automatycznie nanosi obiekty na mapy).

Wręcz nieocenione znaczenie wydaje się mieć zastosowanie odbiornika GPS w badaniach długofalowych, w których pomiary wykonywane są z określoną częstotliwością w ściśle wyznaczonych miejscach lub na konkretnych obiektach przyrodniczych. Obecnie identyfikacja badanych obiektów bądź miejsc pomiaru odbywa się najczęściej w oparciu o wykonane wcześniej ich znakowanie, które, jak już wspomniano, jest narażone na zniszczenie przez osoby postronne lub zwierzęta. Z takim dylematem stykają się na przykład hydrobiolodzy realizujący tematy wymagające wykonywania pomiarów z określoną częstotliwością w stałych, wyznaczonych punktach na zbiornikach wodnych (pozostawione bojki oznaczające te punkty często giną). Problem stanowi też oznaczanie stałych miejsc wykonywania pomiarów na polach uprawnych, ponieważ pozostawione na nich znaki często niszczone są w trakcie wykonywanych zabiegów agrotechnicznych. Przykładów problemów związanych ze znakowaniem obiektów badawczych można przytoczyć bardzo dużo. Problemy te w większości przypadków rozwiązuje zastosowanie odbiornika GPS. Po wybraniu miejsca wykonywania pomiarów wystarczy określić jego współrzędne. Odszukując to miejsce w trakcie następnej kontroli można wykorzystać odbiornik GPS jako urządzenie nawigacyjne, które naprowadzi użytkownika na żądany punkt. Należy jednak pamiętać, że wskazania odbiornika GPS obarczone są znacznym błędem (dokładność do 100 m) i dopiero po ich skorygowaniu w oparciu o bazę korekcyjną uzyskujemy pożądaną dokładność, która uzależniona jest od odległości miejsca wykonywania pomiaru od bazy korekcyjnej. Dlatego też wykorzystanie odbiornika GPS w opisanych powyżej sytuacjach wymaga uzyskiwania skorygowanych odczytów w czasie rzeczywistym. Wymaga to podłączenia do bazy korekcyjnej nadajnika radiowego, a do używanego w terenie

odbiornika GPS – odbiornika radiowego. W takim układzie na bieżąco następuje transmisja poprawek z bazy korekcyjnej DGPS. Oczywiście występuje problem zasięgu nadajnika radiowego. W związku z tym została opracowana niewielka, przenośna baza korekcyjna, którą ustawia się w terenie. Daje ona możliwość pracy odbiorników GPS w czasie realnym w promieniu 20 km. Wygodną, chociaż drogą alternatywą jest wykorzystanie odbiornika systemu LandStar, który non stop transmituje dane korekcyjne z satelity geostacjonarnego na cały obszar Polski. Przed rozpoczęciem pomiarów odbiornik LandStar spina się z rejestratorem GPS, uzyskując całkowicie niezależny zestaw pomiarowy o dokładności lokalizacji i nawigacji rzędu 1 metra bez konieczności dostępu do jakiegokolwiek bazy korekcyjnej. Niestety, jest to alternatywa dla użytkowników będących w stanie zapłacić 4500 funtów za odbiornik LandStar.

Zainteresowanych szczegółową informacją z zakresu polskich zastosowań GPS, opisami sprzętu oraz listą dyskusyjną polskich użytkowników GPS autorzy odsyłają do zasobów udostępnionych w sieci komputerowej Internet pod adresem <http://www.horyzont-kpg.com.pl>.

Summary

In field research a significant problem is an accurate localization of some objects in the field what enables their further identification. The problem may be solved by the use of the GPS-receiver, working on the basis of the GPS-system. Basing on a signal emitted by NAVSTAR-sattelites it enables instant determination of current geographical position. The signal is accessible all over the world, and at present does not involves any costs. The principle of the system is based on estimation of the distance between the sattelite and the receiver.

Any inventory and cartographic work besides of updating GIS-systems belong to the major fields of applications of GPS in ecological field research. An invaluable advantage seems to be achieved by the use of GPS-receiver in long-term research, where measurements are carried out with estimated frequency in precisely defined places or at selected field objects. Usually the identification of investigated objects or estimation of measurement spots is achieved basing on their previous marking. However, there is always a risk that marking signs may be destroyed or removed from the object. The problem is non-existent when GPS-receiver is applied. After measurement site has been selected it is enough to estimate its coordinates. Localizing the site during the next control the GPS-receiver may serve as a navigating tool directing the researcher precisely to the proper point.

(wpłynęło: 20 IV 1997 r.)