

KARTOWANIE TERENOWE W TECHNOLOGII GPS-GIS

ŁUKASZ HALIK, DARIUSZ LOREK, BEATA MEDYŃSKA-GULIJ

Zakład Kartografii i Geomatyki, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Dziegiełowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: The paper presents methods of field mapping using different classes of mobile devices (GPS navigation, tablet / smartphone), allowing for the acquisition of spatial information and attributes of objects with topographic accuracy (meters). The objective of the research is an inventory of natural monuments, as in-depth knowledge of the characteristics of monuments allows for better care and management. In terms of methodology, we developed a terrain mapping scheme using GIS software and GPS technology.

Keywords: field mapping, GPS, GIS

WPROWADZENIE

Kartowanie terenowe można traktować jako ogół czynności służących do pozyskania informacji przestrzennej (geometrii) i atrybutowej (cechy) o obiektach oraz zjawiskach zachodzących w środowisku. Jest to jedna z podstawowych metod badań fizycznogeograficznych i opiera się na związkach między komponentami środowiska przyrodniczego (Bartkowski 1977). Kartowanie terenowe wiąże się z pomiarami topograficznymi i inwentaryzacją elementów środowiska przyrodniczego na podkładzie map i baz danych topograficznych w skali 1 : 10 000 i 1 : 25 000, a przy większych powierzchniach dopuszczalne są skale 1 : 50 000 (Richling 2007). Elementy środowiska są traktowane jako obiekty geometryczne z przypisanymi atrybutami, a bazy danych, które zawierają informacje o środowisku, mają postać modeli wektorowo-atrybutowych. Kartowanie terenowe można wiązać z bezpośrednim zbieraniem w terenie danych o obiektach, dotyczących lokalizacji oraz atrybutów przy koniecznym zapisie w standardowym formacie geoinformacyjnym w modelu wektorowym (Medyńska-Gulij, Halik 2008). Taki zapis możliwy jest na różnych typach urządzeń mobilnych: nawigacyjny odbiornik GPS, smartfon/tablet (wyposażone w moduł GPS). Dzięki swoim parametrom fizycznym, takim jak: lekkość, małe wymiary, możliwość pracy na zewnętrznym źródle energii, a także dzięki parametrom technicznym związanym z wyposażeniem urządzenia (duży ekran, moduł GPS oraz dedykowane oprogramowanie) pozyskiwanie danych w terenie stało się prostsze.

Wyniki kompleksowego kartowania najczęściej prezentowane są na papierowych mapach tematycznych bądź interaktywnych mapach internetowych (Halik 2011). Podkładem do tworzenia tego typu map może być Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k), która gromadzi geometrię oraz atrybuty obiektów na poziomie dokładności map topograficznych w skali 1 : 10 000. Metodyka kartowania terenowego nawiązuje do tradycyjnych sposobów opracowania map topograficznych i dlatego w instrukcjach dotyczących analogowych podkładów dominują pojęcia z klasycznej topografii (Dzikiewicz 1971; Pilitowski 1973; Flis 1978; Medyńska-Gulij 2010).

Głównym celem niniejszej publikacji stało się wypracowanie schematu postępowania w procesie kartowania terenowego z wykorzystaniem oprogramowania geoinformacyjnego i techniki GPS dla dwóch typów urządzeń mobilnych.

METODYKA

Podstawy metodyczne kartowania terenowego opierają się na dwóch metodach. Pierwszą z nich jest wprowadzona przez Saliszczewa (1955) kartograficzna metoda badań wykorzystująca mapy do opisu, analizy i poznania naukowego zjawisk, odkrywania nowych prawidłowości w ich rozmieszczeniu i wzajemnych zależności oraz do prognozowania zmian. Wiąże się ona z zastosowaniem map/baz danych jako podkładu mapowego do unacześnienia istniejących opracowań bądź wprowadzania nowych obiektów. Druga z zastosowanych metod to geomatyczna metoda badań, która – według Koziela (1997) – dotyczy wszystkich procedur możliwych do realizacji z mapami, planami i innymi materiałami źródłowymi podczas interaktywnej pracy z komputerem. Poprzez interaktywną pracę z komputerem należy rozumieć opracowanie w oprogramowaniu geoinformacyjnym pliku z projektem kartowania oraz jego transmisję na urządzenie mobilne.

Rozwój technologiczny sprawił, że pozyskiwanie informacji przestrzennej jest coraz prostsze, dokładniejsze i szybsze. Badacze przestrzeni geograficznej dysponują coraz szerszą gamą urządzeń mobilnych wyposażonych w moduły GPS oraz oprogramowanie dedykowane pozyskiwaniu położenia, jak i atrybutów kartowanych obiektów. Podstawowym założeniem dotyczącym metodyki opracowania schematu kartowania terenowego GPS stało się dostosowanie tradycyjnego sposobu kartowania terenowego do istniejących możliwości technologicznych w dwóch wariantach, wykorzystując nawigacyjny odbiornik GPS oraz smartfon/tablet z modułem GPS. Tym samym zamierzeniem autorów niniejszej publikacji jest włączenie cyfrowego sposobu zapisu danych geometryczno-trybutowych o obiektach do tradycyjnych etapów kartowania terenowego.

Wyznaczony cel zrealizowano poprzez charakterystykę założeń wstępnych odnoszących się do kartowania terenowego opartego na Bazie Danych

Obiektów Topograficznych (BDOT10k), wykorzystując technikę GPS. Następnym krokiem było opracowanie graficznego schematu, w którym opisane kolejne czynności uporządkowane zostały według trzech głównych etapów. Schemat zaprezentowany został na przykładzie kartowania pomników przyrody.

PRZYDATNOŚĆ BDOT10K DO KARTOWANIA TERENOWEGO

Z obecnie dostępnych baz danych bardzo dużą przydatność podczas kartowania terenowego wykazuje Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k). Prawne uwarunkowania oraz techniczne standardy gromadzenia, przechowywania i udostępniania określa Rozporządzenie MSWiA z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (Dz.U. z 2011 r. Nr 279, poz. 1642). BDOT10k zawiera informacje o lokalizacji i atrybuty opisowe obiektów topograficznych na poziomie dokładności danych i szczegółowości map topograficznych w skali 1 : 10 000. Zawartość BDOT10k podzielona jest na dziewięć kategorii klas obiektów. Tworzy się ją na podstawie danych z różnych rejestrów prowadzonych przez instytucje publiczne, takich jak: BDOT500, EGiB, GESUT, PRG, PRNG, TERYT oraz ortofotomapę, istniejące materiały kartograficzne, a także bezpośrednie pomiary terenowe. Głównymi organami zarządzającym zbiorami BDOT10k są marszałkowie województw w zakresie prowadzenia i udostępniania bazy. Badacze środowiska przyrodniczego mogą pozyskać dane bezpłatnie w podstawowym formacie kodowania informacji geograficznej GML (Geography Markup Language), jeśli dane wykorzystywane są w celu edukacyjnym bądź do badań naukowych oraz prac rozwojowych. Gwarantuje to ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz.U. z 2015 r., poz. 520) w myśl art. 40a ust. 2.

TYPY POMIAROWYCH URZĄDZEŃ MOBILNYCH

Istotnym elementem w pozyskiwaniu informacji przestrzennej jest wybór odpowiedniego typu urządzeń wyposażonych w moduł GPS. Pierwszym z nich jest nawigacyjny GPS (tab.). Urządzenie to dedykowane jest do pracy w warunkach terenowych, cechuje się podwyższoną wytrzymałością (wodoodporny, wstrząsoodporny). Dużą jego wadą niestety jest konieczność pracy w zamkniętym płatnym oprogramowaniu dostarczonym przez producenta. Niesie to z sobą konieczność korzystania z dedykowanych podkładów mapowych. Zaletą tych urządzeń jest zastosowanie w ich produkcji wydajniejszych chipsetów do pozyskania sygnału GPS, dzięki czemu możliwy jest pomiar położenia nawet w trudnych warunkach terenowych. Dodatkowo istnieje możliwość uśredniania

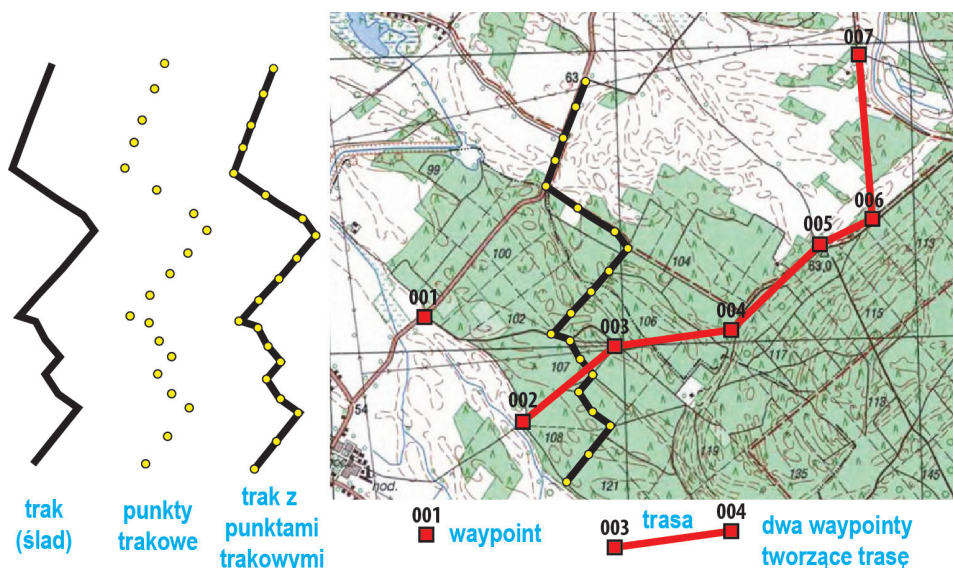
pozycji odbiornika. Do wad zaliczyć należy ograniczenie w zakresie kodowania atrybutów.

Tabela. Najważniejsze cechy analizowanych typów urządzeń mobilnych
Table. Key features of the analyzed types of mobile devices

Nawigacyjny GPS	Smartfon/tablet z modułem GPS
– dedykowany do pracy w trudnych warunkach	– używany na co dzień do pracy i rozrywki
– zamknięte, płatne oprogramowanie (software) producenta	– otwarte darmowe oprogramowanie
– tylko dedykowane podkłady mapowe producenta (off-line)	– podkłady mapowe od różnych dostawców (on-line/off-line)
– wydajniejsze chipsety do pozyskania sygnału GPS	– standardowe chipsety do pozyskania sygnału GPS
– możliwość uśredniania pozycji odbiornika	– brak możliwości uśredniania pozycji
– brak możliwości kodowania wielu atrybutów	– możliwość kodowania wielu atrybutów

Drugi typ stanowią smartfony/tablety wyposażone w moduł GPS. Są to urządzenia, które na przestrzeni kilku lat zyskały dużą liczbę użytkowników korzystających z nich na co dzień. Dzięki otwartym dla programistów systemom operacyjnym (Android i iOS) możliwe jest korzystanie z darmowego oprogramowania geoinformacyjnego (QField), które opiera się na odpowiedniku przeznaczonym na komputery stacjonarne (QGis). Możliwe jest również wgrywanie podkładów mapowych od różnych dostawców (GoogleMaps, OpenStreetMap). Mankamentem może okazać się brak możliwości uśredniania pozycji urządzenia oraz zastosowanie standardowych chipsetów, które w trudnych warunkach terenowych mogą gubić sygnał odbierany z satelitów. Ogromną natomiast zaletą jest możliwość zapisywania w bazie danych dużej liczby atrybutów.

Wymienione typy urządzeń umożliwiają zapis geometrii obiektów zgodnie z modelem wektorowym na trzy sposoby (ryc. 1). Pierwszy z nich związany jest z markowaniem punktów nawigacyjnych (waypoint). Drugi polega na automatycznym tworzeniu obiektu liniowego – traku, czyli śladu zbudowanego z punktów trakowych połączonych prostymi, punkty wyznaczone są co zadany interwał czasu bądź określoną odległość przebytą w metrach. Trzeci sposób zapisu geometrii nazywany jest trasą. Jest to linia łamana, która powstaje w wyniku manualnego markowania współrzędnych w terenie bądź kameralnych prac przed monitorem komputera.



Ryc. 1. Sposoby zapisu danych pozyskanych techniką GPS
 Fig. 1. Methods of recording data obtained in GPS technology

ZAŁOŻENIA WSTĘPNE PRZED KARTOWANIEM TERENOWYM

Przed przystąpieniem do kartowania terenowego konieczne jest określenie założeń wstępnych całego procesu pozyskiwania danych przestrzennych. Wśród nich wymienić należy:

1. Potrzeby badacza środowiska przyrodniczego, który określa cel badań i szuka najefektywniejszej metody cyfrowego zapisu danych o obiektach przestrzennych w ramach kartowania terenowego.
2. Podział prac na trzy etapy:
 - etap pierwszy polega na kameralnym przygotowaniu prac terenowych,
 - etap drugi to przeprowadzenie prac terenowych w jednym z dwóch wariantów (nawigacyjny odbiornik GPS, smartfon/tablet),
 - etap trzeci obejmuje przetworzenie oraz zapis pozyskanych danych w pliku projektu GIS.
3. Wybór technologii GIS, czyli wykorzystanie oprogramowania umożliwiającego pozyskanie, przechowywanie, zarządzanie, analizę, udostępnianie i wizualizację informacji przestrzennej.
4. Wybór techniki GPS, czyli metody oraz parametrów dokładnościowych (3–5 m) pozyskania w terenie informacji o położeniu przestrzennym obiektów (waypointy, traki) za pomocą globalnego systemu nawigacji satelitarnej (GNSS).

5. Wykorzystanie do kartowania Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) jako wzorcowego modelu zapisu informacji atrybutowej oraz geometrycznej o obiektach topograficznych w skali 1 : 10 000.

SCHEMAT KARTOWANIA TERENOWEGO NA URZĄDZENIACH MOBILNYCH

Przedstawiony w artykule schemat (ryc. 2), oparty na metodzie kombinowanej, zawiera trzy etapy, które w tym wypadku zostały dostosowane do specyfiki urządzeń pomiarowych i obranej techniki pomiaru.

1. Etap pierwszy – kameralne przygotowanie prac terenowych

Zgodnie z określonym celem kartowania sprecyzowano zakres geometrii i atrybutów obiektów podlegających kartowaniu – pomniki przyrody. Następnym krokiem było pozyskanie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) oraz wybranie kategorii obiektów mających stanowić treść podkładową. Na rycinie 2 przedstawiono wybrane warstwy (kategorie obiektów) dla obszaru kartowania z domyślnie przypisanym systemem kodowania nazw. Kolejny krok stanowiło założenie pliku projektu GIS w programie geoinformacyjnym, zawierającego wyselekcjonowane kategorie obiektów. Ważną czynnością było uporządkowanie hierarchii wyświetlania warstw z jednoczesnym nadaniem odpowiedniej symbolizacji według zasad kartograficznych. Przedostatni krok tego etapu polegał na dostosowanie tabeli atrybutów istniejącej klasy obiektów do celu kartowania bądź, w przypadku jej braku, na stworzenie takiej warstwy informacyjnej z atrybutów dla obiektów podlegających kartowaniu. Ostatnim krokiem jest określenie sekwencji prac terenowych.

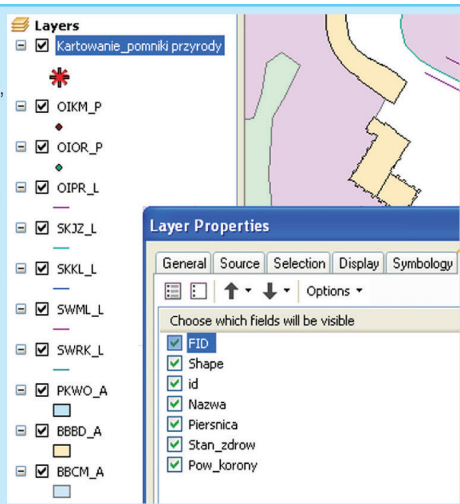
2. Etap drugi – prace terenowe

W obu wariantach urządzenia mobilnego wykorzystywanego podczas kartowania ogólny przebieg prac terenowych jest zbliżony. Największe różnice występują podczas zapisu informacji atrybutowych. Wynika to z faktu, że nawigacyjny GPS ma mocno ograniczony sposób zapisu atrybutów w formie cyfrowej. W tym celu można wykorzystać jedynie pole na notatki o limitowanej liczbie znaków (ryc. 2).

Działania rozpoczęto od włączenia urządzenia, aktywacji modułu GPS oraz przejścia na teren pracy. Po osiągnięciu zadowalającej dokładności pomiaru (3–5 m) przystąpiono do pozyskania lokalizacji przestrzennej pomnika przyrody – zaznaczanie waypointu. W wariantcie A, korzystając z nawigacyjnego

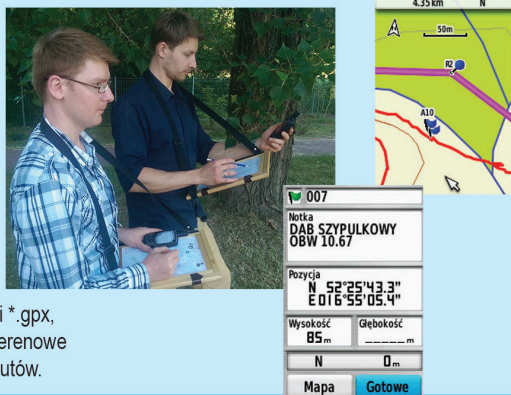
1. Kameralne przygotowanie prac terenowych

- **cel, temat kartowania terenowego:** lokalizacja, geometria i atrybuty obiektów podlegających kartowaniu, planowanie kartowania według trasy i waypointów, założenie pliku projektu GIS z warstwami BDOT oraz z warstwami tematycznymi do kartowania w terenie.
- **materiały źródłowe:** aplikacje mapowe on-line i off-line z możliwością odczytu współrzędnych geograficznych, mapy topograficzne i tematyczne, ortofotomapy.
- **sposób zapisu geometrii:** odbiornik GPS nawigacyjny: traki (ślady), waypointy (zamarkowane punkty), trasy.
- **topograficzna dokładność pomiaru:** 3-5 metrów
- **urządzenia i instrumenty:**
 - **wariant A:** odbiornik GPS nawigacyjny, dziennik pomiarowy z opisem atrybutów, mapa topograficzna, szkicownik A4, aparat fotograficzny
 - **wariant B:** tablet z modulem GPS z mobilnym GIS, z aplikacjami mapowymi online/ off-line;



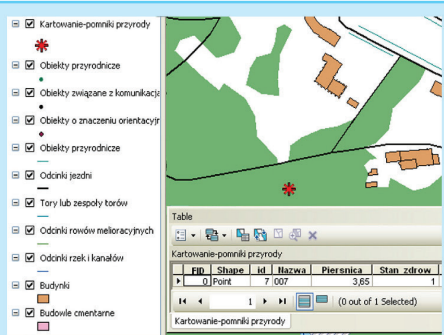
2. Prace terenowe - wariant A

- pomiary obiektów: markowanie waypointów według szerokości geogr. N i długości geogr. E oraz numerowanie waypointów według kolejnych obiektów, zapis atrybutów w odbiorniku GPS w polu notatki – pliki *.gpx.
- rysowanie obiektów na mapie topograficznej lub na wydruku wizualizacji BDOT, wypełnianie dziennika pomiarowego z opisem atrybutów.
- wykonywanie dokumentacji fotograficznej każdego obiektu – pliki *.jpg.
- efekt końcowy prac terenowych: dane GPS - pliki *.gpx, fotografie - pliki *.jpg, wyrysowane mapy/szkice terenowe i wypełnione dzienniki pomiarowe z opisem atrybutów.



3. Kameralne przetworzenie danych i zapis wyniku kartowania – wariant A

- przegranie plików z odbiornika GPS *.gpx, i aparatu fotograficznego *.jpg na komputer.
- import skartowanych obiektów do projektu GIS z warstwami BDOT (odkodowanie nazw warstw).
- uzupełnienie atrybutów w tabeli warstwy tematycznej kartowania, nadanie czytelnych symboli karograficznych.
- finalny zapis kartowania: pliki (geometria i tabele atrybutów) w standardowych formatach GIS, opracowanie mapy ze skartowanymi obiektami, dokumentacja fotograficzna obiektów.



Ryc. 2. Schemat kartowania terenowego dla wariantu A – nawigacyjny odbiornik GPS
Fig. 2. Scheme for field mapping for option A – navigational GPS receiver

GPS, konieczny jest zapis wartości atrybutów w analogowym dzienniku pomiarowym. Wykorzystując natomiast smartfon/tablet (wariant B), dane atrybutowe zapisać można w formie cyfrowej bezpośrednio w bazie danych programu GIS zainstalowanego w urządzeniu.

Kolejnym krokiem było wrysowanie obiektów na wydruk wizualizacji BDOT10k – pozwala to na kontrolę postępów prac. Dickmann (2012), poruszający zagadnienie *cognitive mapping*, stwierdza, iż w celu budowania lepszego mentalnego modelu kartowanego terenu należy stosować wizualizacje kartograficzne prezentowane jednocześnie za pomocą różnych mediów (papier, urządzenie mobilne). Mapa analogowa pozwala w pełniejszy sposób przyswoić mentalny model przestrzeni, czyli zbiór obiektów i relacji przestrzennych panujących na kartowanym obszarze, co daje lepszą orientację w terenie. Z kolei urządzenie mobilne umożliwia pozyskanie położenia obiektu (wariant A) oraz bezpośrednio danych (tekst, liczby, zdjęcia) do tworzonej bazy (wariant B). Przyspiesza to procedurę wprowadzania danych oraz wyklucza możliwość popełnienia błędu grubego przy przepisywaniu zgromadzonych informacji z analogowo uzupełnianej karty obiektu.

Ostatni krok to wykonanie dokumentacji fotograficznej każdego obiektu. Wynikiem prac terenowych są w wariancie A dane GPS w formacie *.gpx, fotografie w formacie *.jpg, uzupełniony w terenie wydruk z BDOT10k oraz dziennik pomiarowy. Natomiast w wariancie B uzyskuje się dane GPS w formacie *.shp lub *.kml, fotografie w formacie *.png oraz uzupełniony w terenie wydruk z BDOT10k.

3. Etap trzeci – kameralne przetworzenie danych

Etap ten związany jest z przetworzeniem pozyskanych w ramach prac terenowych informacji przestrzennych oraz atrybutowych o kartowanych pomnikach przyrody. Krok pierwszy to przegranie plików z danymi GPS oraz fotografiami z urządzenia mobilnego na komputer stacjonarny oraz zaimportowanie skartowanych obiektów do projektu GIS. Projekt zawiera ustalone już na pierwszym etapie klasy obiektów BDOT10k, które poddane zostały wcześniej hierarchizacji i symbolizacji. W dalszej kolejności musi nastąpić kontrola kompletności danych pod względem geometrii oraz atrybutów. W wariancie A przepisano z analogowego dziennika pomiarowego wartości atrybutów do bazy danych.

Rezultatem kartowania terenowego na podstawie przedstawionych etapów był cyfrowy zapis geometrii oraz atrybutów kartowanych pomników przyrody wraz z dokumentacją fotograficzną tych obiektów.

WNIOSKI

Zaprezentowany schemat kartowania terenowego przy użyciu dwóch typów urządzeń mobilnych (nawigacyjny GPS oraz smartfon/tablet) jest propozycją wzbogacenia warsztatu pracy badacza środowiska przyrodniczego. Opierając się na przeprowadzonych badaniach, można wymienić najważniejsze zalety opracowanego schematu: zapis cyfrowy umożliwiający dalsze przetwarzanie danych geometrycznych (wariant A) oraz atrybutowych (wariant B), wykonywanie pomiarów bez względu na pogodę, możliwość kontynuowania pomiarów od dowolnego punktu, mały i wygodny instrument pomiarowy. Wśród wad wymienić można: trudność w lokalizowaniu niedostępnych punktów, zmniejszającą się dokładność pomiaru położenia obiektu w terenie zabudowanym, leśnym ze względu na słaby sygnał GPS.

LITERATURA

- Bartkowski T., 1977: *Metody badań geografii fizycznej*, PWN, Warszawa.
- Dickmann F., 2012: *City Maps Versus Map-Based Navigation Systems – An Empirical Approach to Building Mental Representations*, *The Cartographic Journ.* 49, 1, 62–69. DOI: 10.1179/1743277411Y.0000000018.
- Dzikiewicz B., 1971: *Topografia*, MON, Warszawa.
- Flis J., 1978: *Kartografia i topografia*, WSP, Kraków.
- Halik Ł., 2011: *Zastosowanie Google Maps APJ do multimedialnej wizualizacji informacji o obiektach przestrzennych w Internecie*, *Bad. Fizjogr.* 61, 27–35.
- Kozieł Z., 1997: *Concerning the need for development of geomatic research method*, *Geod. i Kartografia* 46, 3, 217–224.
- Medyńska-Gulij B., 2010: *Wtyczne kartowania terenowego w technologiach GIS i GPS przy wykorzystaniu VMapL2*, *Roczn. Geomatyki* 8, 1, 79–88.
- Medyńska-Gulij B., Halik Ł., 2008: *Kartowanie elementów środowiska przyrodniczego w mieście przy wykorzystaniu mapy wektorowej poziomu drugiego i techniki GPS*, *Probl. Ekol. Krajozbrazu* 22, 269–277.
- Pilitowski T., 1973: *Stolik mierniczy i prace stolikowe. Topografia*, wyd. 5, PPWK, Warszawa.
- Richling A., 2007: *Podstawowe założenia badań fizycznogeograficznych*. [W:] A. Richling (red.), *Geograficzne badania środowiska przyrodniczego*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Saliszczew K.A., 1955: *O kartograficznej metodzie issledowania*, *Wiestnik Moskowsogo Uniwersitieta*, Moskwa.