

Wojciech Nowak

Nowoczesny proces technologiczny od pomiarów, wykonywanych tachimetrami elektronicznymi, do powstania mapy numerycznej

Acta Scientifica Academiae Ostroviensis nr 30, 61-68

2008

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Wojciech Nowak

NOWOCZESNY PROCES TECHNOLOGICZNY OD POMIARÓW, WYKONYWANYCH TACHIMETRAMI ELEKTRONICZNYMI, DO POWSTANIA MAPY NUMERYCZNEJ

Mapa numeryczna to mapa w formie cyfrowej, której obiekty przedstawione są w formie obrazów wektorowych lub rastrowych. Mapa numeryczna może być częścią Systemu Informacji Geograficznej. Pełni wtedy funkcję środka do wizualizacji danych geograficznych zawartych w bazie.

Wprowadzenie technologii informatycznej do działu kartografii, zajmującego się tworzeniem map, zrewolucjonizowało sposób przedstawiania informacji na mapach oraz przetwarzania tych informacji. Pierwsze mapy numeryczne były wyłącznie zbiorem elementów wektorowych (punktów, linii oraz poligonów). Później, po wdrożeniu obiektowości, wydzielone obiekty mapy numerycznej wiązano z odpowiadającymi im rekordami w bazie danych. W ten sposób ze zwykłego obrazka w komputerze mapa numeryczna stała się ważnym narzędziem w procesach decyzyjnych. Technologia Systemów Informacji Geograficznej rozszerzyła możliwości wykorzystania map numerycznych, stosując w nich tematyczne warstwy rastrowe.

Mapę numeryczną można utworzyć kilkoma sposobami z użyciem różnych metod pozyskiwania danych geograficznych:

- geodezyjne pomiary bezpośrednie - po pomiarze terenowym, jego wyniki są wprowadzane do komputera i odpowiednio przetwarzane do postaci mapy numerycznej,
- digitalizacja map kreskowych - polega na przetworzeniu mapy z postaci papierowej do postaci numerycznej z użyciem: digitizera lub skanera. Zeskanowany obraz jest następnie rektyfikowany oraz wektoryzowany na ekranie komputera,
- metody fotogrametryczne - polegają na wykorzystaniu zdjęć lotniczych oraz naziemnych do pozyskiwania danych,
- metody teledetekcyjne - polegają na wykorzystaniu obrazów satelitarnych utworzonych przez specjalne skanery umieszczone na pokładach satelitów.

Numeryczna mapa zasadnicza prowadzona jest dla obszarów określonych granicami jednostek ewidencji gruntów, przy czym może to być pojedynczy obręb lub grupa obrębów. Sposób prowadzenia mapy numerycznej w systemie obrębowym powinien zapewniać możliwość składania informacji z różnych zbiorów dla uzyskania arkuszy map w sekcyjnym kroju prostokątnym.

W procesie prowadzenia mapy numerycznej, konieczne jest, aby wykorzystywane systemy realizowały niżej wymienione zadania:

1. Zasilanie Systemów Informacji o Terenie następującymi informacjami:
 - kod obiektu wg załącznika (dopuszcza się stosowanie kodów mnemoniczych lub cyfrowych),
 - identyfikator obrębu,
 - określenie kształtu geometrycznego obiektu,
 - lista współrzędnych punktów lokalizujących obiekt w terenie,
 - atrybuty określone dla danego obiektu jako obligatoryjne,
 - sposób pozyskania danych o obiekcie,
 - datę pozyskania danych o obiekcie,
 - datę ostatniej modyfikacji informacji przestrzennej lub opisowej.
2. Niezależnie od stopnia generalizacji system informatyczny powinien przechowywać opis geometrii i atrybutów obiektu.
3. System informatyczny powinien zapewnić identyfikację danych źródłowych stanowiących podstawę zmianę treści mapy.
4. Generowanie na podstawie zgromadzonej informacji, klasycznej formy mapy z zachowaniem przepisów instrukcji K-1.

W trakcie tworzenia mapy numerycznej wyróżnia się trzy drogi postępowania:

- bezpośrednie pomiary w terenie,
- digitalizacja,
- skanowanie z wektoryzacją.

Pierwsza metoda oparta jest na pomiarach bezpośrednich w terenie, jest droga i czasochłonna, dostarcza jednak najdokładniejszych danych. Dwie pozostałe metody opierają się na wykorzystaniu istniejących już materiałów kartograficznych. Są one tanie i szybkie, ale jednocześnie mało dokładne. Procedura pozyskiwania danych polowych i tworzenie wielkoskalowej mapy numerycznej mogą być całkowicie skomputeryzowane, dzięki zastosowaniu nowoczesnych technik, takich jak:

- pomiary satelitarne GPS,
- pomiary elektronicznymi tachimetrami z rejestratorami polowymi,
- opracowanie numeryczne map wraz z tworzeniem baz danych.

Szybki rozwój metod GPS oraz technologia odbiorników, efektywność i dokładność jaką mogą zapewnić, wskazuje, że GPS idealnie nadaje się do zakładania osnów szczegółowych do pomiarów terenowych w celu opracowania map numerycznych wielkoskalowych.

Technologia pozyskiwania danych terenowych polega na:

- stosownym wyborze i wyznaczeniu, wykorzystując technikę GPS, zbioru punktów stanowiących osnowę szczegółową,
- wyznaczeniu metodą GPS punktów osnowy szczegółowej, wykorzystywanych jako stanowiska pomiarowe dla tachimetru elektronicznego (total station),
- wykonaniu na stanowisku pomiarowym przy użyciu tachimetru elektronicznego i pryzmatów pomiarów sytuacyjno-wysokościowych, stosując najczęściej metodę biegunową z automatyczną rejestracją danych.

Jedną z najpowszechniej stosowanych metod zmiany postaci analogowej mapy na postać numeryczną jest digitalizacja. Digitalizacja może być prowadzona na przyrządach wyposażonych w stół wytwarzający pole elektromagnetyczne lub też za pomocą digimetrów ze sztywnymi ramionami, po których poruszają się przetworniki analogowo-cyfrowe. Pierwszy rodzaj digimetrów umożliwia zazwyczaj prowadzenie digitalizacji tylko takich materiałów, które nie powodują zakłóceń pola elektromagnetycznego, tj. np.: podkładów papierowych, kalki, folii z tworzywa sztucznego, itp. Zazwyczaj nie można za pomocą tych digimetrów digitalizować map wykonanych na płytach aluminiowych.

W ostatnim czasie dużą popularność zdobyła metoda skanowania map, pozwalająca szybko otrzymać obraz mapy w postaci numerycznej. Uzyskany w wyniku skanowania zapis rastrowy musi być sprowadzony do formy wektorowej. Uzyskuje się to w wyniku wektoryzacji ręcznej, półautomatycznej lub automatycznej.

Uzyskanie mapy numerycznej z zeskanowanego obrazu jest znacznie tańsze niż z pomiarów terenowych czy digitalizacji przy użyciu digimetru. W trakcie przetwarzania zbiorów rastrowych otrzymanych w wyniku skanowania map łatwiejsza jest też korekta błędów i etykietowanie ze względu na możliwość ciągłego śledzenia treści mapy na ekranie komputera.

Technologia klasycznych pomiarów geodezyjnych w ostatnich latach znacznie się rozwinęła. Powszechne stało się stosowanie instrumentów, tzw. total station, które zastąpiły klasyczny teodolit i taśmę. Nowoczesne elektroniczne instrumenty geodezyjne zapewniają wykonywanie pomiarów odległości oraz kąta z bardzo wysoką dokładnością.

Zarówno kąty, jak i odległości, mogą być mierzone automatycznie. Obserwator ma za zadanie prawidłowo wycelować na sygnały ustawione na końcach mierzonych odcinków i odpowiednio zakodować numerację punktów. System kodowania zapewnia powstawanie mapy numerycznej już na etapie pomiaru. Dane przeniesione do stacjonarnego komputera uzupełniają bazę mapy numerycznej tworzonej dla mierzonego obiektu.

W ostatnim czasie powszechną techniką pomiaru stał się GPS. Dysponując odpowiednim odbiornikiem, można na podstawie sztucznych satelitów Ziemi określić pozycję danego punktu wyznaczając jego 3 współrzędne (XYH). Zastosowanie 2 odbiorników oraz odpowiednich metod pomiarowych zapewnia uzyskanie dokładności wyznaczenia położenia punktu względem osnowy nawet w granicach 5 mm. Odbiorniki GPS umożliwiają kodowanie informacji opisowych dotyczących mierzonych obiektów.

Jednym z nowych narzędzi do wspomagania prac polowych jest graficzny rejestrator polowy wraz z odpowiednim oprogramowaniem. Przy jego użyciu można dokonywać rejestracji danych z tachimetru, z możliwością edycji dziennika pomiarów, transmisji danych do i z komputera. Jest zaopatrzony w edytor map, który posiada wszystkie funkcje CAD tj. tworzenia i edycji linii, symboli tekstów z możliwością podziału treści mapy na warstwy, biblioteką symboli i linii według instrukcji K-1. Rejestrator polowy jest także zaopatrzony w program obliczeniowy dla metody domiarów prostokątnych, metody biegunowej, wcięć, przecięć linii, odległości, azymutów, kątów, rzutowania na prostą, itp.

Narzędzie to umożliwia w trakcie pomiaru w sposób automatyczny tworzyć szkic pomiarowy. Po naciśnięciu stosownego przycisku wchodzimy w tryb wstawiania symboli, wybieramy kod symbolu z listy, który będzie się pojawiał w miejscu każdej pomierzonej pikiety. Inny przycisk powoduje wejście w tryb tworzenia linii. Wszystkie mierzone pikiety są łączone linią z możliwością zakończenia linii, domknięcia i domknięcia prostopadłego.

Przewidziano też przedłużenia linii już istniejących, np. zaczętych z innego stanowiska. Wyniki pomiaru zapisane w stosownym module polowym zostają przesłane do komputera, gdzie stanowią dane wejściowe dla odpowiedniego pakietu programów – systemu służącego do tworzenia mapy numerycznej.

Oprócz zastosowania w tradycyjnych pomiarach tachimetrycznych, rejestratora polowego używa się także w zestawie z odbiornikiem GPS i wtedy staje się on kontrolerem – za jego pośrednictwem można ustawiać parametry pomiaru GPS, inicjować go, a także gromadzić obserwacje. W obu przypadkach pełni on funkcję zewnętrznej pamięci do zapisywania obserwacji, a także służy do przeprowadzania bardziej zaawansowanych obliczeń inżynierskich. Rejestrator polowy jest swego rodzaju platformą, za pomocą której dane z tachimetru mogą być szybko i bezkolizyjnie przeniesione do odbiornika GPS lub komputera. Taka operacja odbywa się w dowolnej kombinacji tych trzech urządzeń. Umożliwia to ujednoczony format bazodanowy, dzięki któremu każdy rodzaj obserwacji może być natychmiast w terenie wykorzystywany w innym typie instrumentu. Do rozwiązań przyszłościowych należy opcja podłączenia rejestratora do niwelatora kodowego. W większości nowych modeli rejestratorów zainstalowany jest system Windows. Do kontrolerów tworzone jest specjalne oprogramowanie polowe. Standardem jest sytuacja, w której jedna aplikacja umożliwia wykonywanie operacji na danych ze wszystkich rodzajów elektronicznych instrumentów geodezyjnych. Software taki umożliwia wizualizację wyników pomiarów na tle obrazu rastrowego, ułatwia także zbieranie pikiet z atrybutami do bazy GIS. Możliwe są także zaawansowane operacje z kilkoma odbiornikami GPS – zdalne pobieranie poprawek bezpośrednio ze stacji referencyjnych lub przez Internet.

Tachimetry elektroniczne serii **GPT-7000i** japońskiej firmy Topcon Corporation są przełomem w pomiarach geodezyjnych. Są to pierwsze na świecie instrumenty łączące najnowszą cyfrową technologię obrazu z tachimetrem elektronicznym.

To, co na co dzień możemy obserwować przez lunetę instrumentu, tutaj widzimy na jego wyświetlaczu. Nie tylko ułatwia to wycelowanie na żądany punkt pomiaru, ale dzięki tej technologii, w miejsce tradycyjnego szkicu pomierzonych punktów otrzymujemy pomierzone przez nas punkty i linie na tle rzeczywistego obrazu terenu.

Możemy uchwycić stan faktyczny poprzez zapisanie cyfrowego obrazu wraz z danymi pomiarowymi. Powyższe rozwiązanie ma następujący wpływ na dotychczasowe metody pomiaru:

- pozwala na łatwą identyfikację mierzonych punktów, zarówno w trybie pomiaru lustrowego jak i bezlustrowego,
- ułatwia wycelowanie lunetą na mierzone punkty,

- umożliwia pomiar tych punktów, które dotychczas można było pomierzyć wyłącznie przy użyciu okularu łamiącego,
- ułatwia wizualizację, zarówno już pomierzonych punktów, jak i pomaga w odszukaniu tych, które zostały przez nas przeoczone,
- przed wytyczeniem mamy możliwość obejrzyć tyżone punkty na tle rzeczywistej sytuacji terenowej, a po wytyczeniu łatwo możemy określić, czy nie brakuje nam jakiś punktów,
- punkty osnowy nie tylko są mierzone, ale również mogą być zarejestrowane w postaci zdjęcia, co pozwoli w przyszłości na łatwiejsze ich odnalezienie,
- dzięki zarejestrowaniu cyfrowego obrazu mierzonego terenu, szereg prac biurowych przebiegnie zdecydowanie szybciej,
- nie musimy tracić czasu na wykonanie szkicu terenu, bo pomierzone punkty możemy zapamiętać na tle cyfrowego zdjęcia terenu.

Bardzo ciekawym rozwiązaniem w pomiarach terenowych są tachimetry Leica SmartStation. W tachimetrah serii TPS1200 wmontowano sensory GPS, dlatego też wszystkie urządzenia tej serii dają się rozbudować do SmartStation, czyli total station zintegrowanego z GPS-em. Tachimetry te posiadają panel boczny z wyprowadzonymi na zewnątrz stykami, który służy do komunikacji wewnętrznego odbiornika GPS z anteną i radiomodemem. Dodatkowo w panel ten wbudowano moduł Bluetooth. Sensor GPS to 24-kanalowy dwuczęstotliwościowy (L1/L2) odbiornik przystosowany do pracy w trybie RTK. Przy zastosowaniu technologii SmartTrack, która zapewnia dużą dokładność i wiarygodność pomiaru w trudnych warunkach terenowych, można nim uzyskać dokładność 10 mm + 1 ppm wyznaczania współrzędnych płaskich przy odległościach do 50 km od stacji referencyjnej. Procedury pomiarowo-obliczeniowe kontrolowane są z klawiatury tachimetru. Po podłączeniu anteny do tachimetru jego oprogramowanie automatycznie rozpoznaje urządzenie, a w menu pojawiają się dodatkowe opcje sterujące GP-em. Wyznaczenie współrzędnych stanowiska za pomocą GPS-u sprowadza się do naciśnięcia jednego guzika. Odbiornik pracuje w trybie RTK, więc musi mieć zapewnione odbieranie poprawek obserwacyjnych. Korekty mogą pochodzić z przenośnej stacji użytkowanej we własnym zakresie lub z sieci stacji permanentnych (np. ASG-PL).

Poprawki korekcyjne odebrane przez telefon komórkowy są przekazywane do sensora GPS bezprzewodowo, dzięki technologii Bluetooth. Oprogramowanie pozwala zapisywać na tej samej karcie CompactFlash i w jednej bazie danych zarówno obserwacje kątowno-liniowe, jak również GPS.

W trudnych warunkach polowych, kiedy najbliższy punkt osnowy znajduje się kilka kilometrów od miejsca naszego pomiaru, a w pobliżu jest stacja referencyjna, zestaw SmartStation staje się bardzo przydatny. Uruchamiamy go na stanowisku A o nieznanych współrzędnych, z którego będziemy mierzyć szczegóły. Za pomocą GPS wyznaczamy jego położenie. Orientujemy total station na punkt B, także o nieznanych koordynatach, który będzie wykorzystywany jako kolejne stanowisko. Mierzmy szczegóły. Przechodzimy na punkt B. Wyznaczamy jego współrzędne za pomocą GPS, a do zorientowania tachimetru wykorzystujemy punkt A. Wykonujemy pomiar szczegółów i przechodzimy na kolejne stanowisko. Taki sposób pomiaru uniezależnia geodetę od osnowy państwowej. Wszystkie wyniki pomiaru (w odpowiednim układzie współrzędnych) zapisywane są w jednym katalogu roboczym i mogą się natychmiast wyświetlić na ekranie tachimetru. Następnie dane te przenosi się do komputera i za pomocą odpowiedniego oprogramowania tworzona jest mapa numeryczna.

Funkcjonuje wiele różnych systemów służących do tworzenia mapy numerycznej. Stosowane SA m.in.: pakiet programów DIGIMAP, system mapy numerycznej GEO-MAP oraz system mapy numerycznej NOBEL.

Opracowanie mapy numerycznej w programie DIGIMAP jest dosyć złożone. W pierwszej kolejności całość danych pomiarowych zostaje umieszczona w plikach banku danych pomiarowych. Postać graficzna tego pliku stanowi wyjściową informację do tworzenia rysunku mapy na ekranie monitora. Wszystkie znaki graficzne są pogrupowane w 19 zestawów - nakładek. W każdym z nich osobne symbole przedstawiają różne typy szczegółów.

Ponieważ system działa w układzie dwumonitorowym, operator na ekranie graficznym opracowuje mapę za pomocą znaków wybranych z nakładki umieszczonej na monitorze tekstowym. W każdym z zestawów użytkownik dysponuje znakami o różnym charakterze: obiekty punktowe, obiekty o stałych wymiarach i różnej orientacji, obiekty o różnej orientacji i o różnej skali izometrycznej, symbole z różną orientacją i różną skalą w określonym kierunku, symbole o różnych wymiarach. Kolejną czynnością jest edycja mapy. Może być ona przeprowadzona na podstawie szkiców polowych, za pomocą których identyfikowano punkty i określano położenie wybranego znaku umownego. Wyjątek stanowią tu punkty zakodowane. W przypadku obiektów o charakterze punktowym, przypisuje się im znaki umowne automatycznie.

Edycja zakodowanych szczegółów liniowych polega na poprawnym wskazaniu połączeń między wszystkimi równocześnie wyświetlonymi obiektami opatrzonymi tym samym kodem. Warstwice kreślone są w procesie półautomatycznym, analogicznym do interpolacji klasycznej. Operator określa kierunki interpolacji, która jest przeprowadzana automatycznie. W następnym kroku wskazuje punkty przez które będzie przebiegać warstwica. W ostatniej fazie następuje automatyczny proces wykreślenia warstwicy za pomocą gładkiej krzywej matematycznej. Kolejny etap redakcji mapy numerycznej stanowi wstępny wydruk mapy. Na jego podstawie należy dokonać ostatecznych korekt. Ostatnim krokiem jest włączenie tak otrzymanej mapy cyfrowej do Systemu Informacji o Terenie. Mapy numeryczne, opracowane za pomocą programu DIGIMAP, spełniają wszystkie wymagania instrukcji technicznej K-1, dotyczącej zakładania mapy zasadniczej.

Literatura:

1. *Instrukcja Techniczna K-1. Mapa zasadnicza*, Warszawa 1998 r.
2. Preweda E., *Wprowadzenie do SIP*, WGGiŚ, AGH.
3. Przewłocki S., *Geodezja dla kierunków niegeodezyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
4. Pudło M., *Leica SmartStation*, „Geodeta” 2005, nr 3.
5. Pudło M., *Zestawienie profesjonalnych rejestratorów polowych. Wsparcie dla geodetów*, „Geodeta” 2005, nr 10.
6. Źródła internetowe.