

Józef Beluch*, Robert Krzyżek*

WYKORZYSTANIE PALMTOPÓW W PRACACH GEODEZYJNYCH
PROWADZĄCYCH DO POWSTANIA MAPY NUMERYCZNEJ**

1. Funkcjonalność graficznych rejestratorów polowych w pracach geodezyjnych

Ostatnio można zauważyć bardzo intensywny rozwój nowych geodezyjnych technologii pomiarowych. Producenci instrumentów geodezyjnych konkurując ze sobą, przyczyniają się do powstawania coraz to bardziej nowoczesnych rozwiązań technologicznych stosowanych w tachimetrach elektronicznych. Obok rozwoju klasycznych instrumentów geodezyjnych nastąpił także postęp w satelitarnych technologiach pomiarowych. Obecnie wiele pomiarów geodezyjnych można wykonywać w czasie rzeczywistym, czyli w trybie RTK GPS (*Real Time Kinematic Global Positioning Systems*). Zastosowanie w pomiarach geodezyjnych nowoczesnych tachimetrów lub satelitarnej technologii pomiarowej znacznie ułatwia prace wykonawcom, przyczyniając się do zwiększenia efektywności usług geodezyjnych. Nie poprzestając jednak na tym, dano geodetom do ręki nowe narzędzie komputerowe zwane palmtopem lub PEN komputerem. Urządzenia te stanowią element peryferyjny elektronicznych przyrządów pomiarowych takich, jak tachimetry, odbiorniki sygnałów GPS itp. Ze względu na różnicowanie konstrukcyjne i wymiary wyróżnia się wiele typów palmtopów, ale najpowszechniejsze są dwa typy, tj.

- 1) pocket PC (palmsize),
- 2) handheld PC.

Palmtopy pocket charakteryzują się małymi wymiarami (przeciętnie 130×80×20 mm), małą liczbą przycisków operacyjnych (do 5), wirtualną klawiaturą dotykową. Natomiast

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

** Opracowano w ramach badań statutowych: 11.11.159.478/06

palmtopy typu handheld charakteryzują się rozbudowaną klawiaturą i przeciętnymi wymiarami 189×95×34 mm. Wyświetlane obrazy na ekranie mogą być monochromatyczne bądź kolorowe. Przekaz informacji pomiędzy palmtopem i innymi urządzeniami zewnętrznymi może być dokonywany za pomocą modemu, telefonu komórkowego, sieci lokalnej bądź łącza podczerwieni. Zarówno funkcjonalność palmtopów, jak i możliwości operacyjne w dużej mierze zależą od zastosowanego oprogramowania. Jednak każdy palmtop wykorzystywany w geodezji pełni funkcję rejestratora danych archiwalnych i pozyskanych w pomiarze, edytora map, programu obliczeniowego, szkicownika i przenośnego biura.

We wszystkich elektronicznych rejestratorach polowych wykorzystywanych w pomiarach geodezyjnych rejestracja danych jest możliwa jednocześnie z ich edycją w dzienniku pomiarowym palmtopa. Obecnie palmtopy współpracują z tachimetrami niemalże wszystkich firm, jak Topcon, Sokkia, Leica, Pentax, Nikon, Zeiss, Geodimeter, a także z odbiornikami GPS (np. Ashtech, Leica, Topcon). Proces pomiarowy w tych instrumentach może być wyzwalany z pozycji palmtopa. W palmtopie możemy zarejestrować nie tylko dane terenowe, ale także np. zeskanowany podkład mapowy lub zredukowaną mapę numeryczną oraz zarejestrować inne informacje niezbędne do wykonania pomiarów terenowych i obliczeń, jak na przykład numery i współrzędne punktów istniejącej osnowy itp.

Oprogramowania w palmtopach wykorzystywane w pracach inżynierskich posiadają także wiele funkcji programu CAD. Graficzny rejestrator polowy niektórych typów palmtopów wyposażony jest w bibliotekę danych symboli i linii zawartych w instrukcji technicznej K-1. Dzięki temu można bezpośrednio w terenie tworzyć mapę zgodnie z wymaganiami dotyczącymi przepisów technicznych poprzez wstawianie i edytowanie znaków konwencjonalnych oraz elementów opisowych.

Każdą mapę w wersji komputerowej można tworzyć na różnych warstwach, również, używając palmtopów można wykonywać pomiary na zdefiniowanych wcześniej warstwach tematycznych, które w każdej chwili można edytować.

Każdy palmtop wykorzystywany w pracach geodezyjnych jest wyposażony w pakiet funkcji obliczeniowych. Składają się na niego przede wszystkim typowe obliczenia, jak: pomiary biegunowe, wcięcia liniowe i kątowe, pomiary ortogonalne, przecięcia prostych, rzutowanie na prostą, tyczenie, obliczanie odległości, azymutu i kąta, a także pola powierzchni (znaczący element w pomiarach ewidencyjnych). Bardzo często palmtopy mają także możliwość zakładania i wykonywania obliczeń ciągu poligonowego w terenie. Natomiast w przypadku zastosowania w pomiarach geodezyjnych technologii RTK GPS lub elektronicznej tachimetrii, można otrzymywać wyniki pomiaru zredukowane do układów „1965”, „1992”, „2000” bądź też bezpośrednio współrzędne geodezyjne B , L , H na elipsoidzie WGS-84.

Jak już wcześniej wspomniano, zastosowanie palmtopa w pomiarach geodezyjnych pozwala na tworzenie mapy bezpośrednio w terenie w odpowiedniej skali. Inną formą wykorzystania biblioteki symboli i linii zgodnych z instrukcją K-1 jest wizualizacja pomiaru w postaci szkicu, z którego korzysta się przy kartowaniu mapy. Sposób ten może być między innymi stosowany w sytuacji, gdy wystąpią problemy z komunikacją pomiędzy palmtopem a tachimetrem lub odbiornikiem GPS. Prowadzenie szkicu w rejestratorze polowym jest dużo prostsze i szybsze niż na klasycznym formularzu. Przy tym szkic ten jest

przejrzysty, bo prowadzony jest w skali, co w dużym stopniu zabezpiecza przed błędami pomiaru bądź identyfikacji i przed pomijaniem elementów szczegółów. Błędy grube są łatwo wykrywalne, gdyż najczęściej deformują wizualizowany obraz. Poza tym wizualizowane są te elementy, które na podstawie wyników pomiaru można zobrazować. W klasycznej formie szkicu elementy szczegółów możemy narysować, ale miary, przez zaniedbanie, mogą być pominięte.

Szkic wizualizowany w palmtopie różni się od klasycznej formy tym, że:

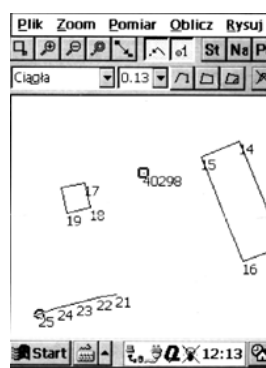
- nie są wpisywane miary, tylko numery pikiet;
- prowadzony jest w skali;
- wizualizowane są tylko elementy pomierzone.

Należy zaznaczyć, że szkic jest alternatywą bezpośredniego tworzenia mapy w terenie wizualizowanej na ekranie palmtopa. Można więc powiedzieć, że w pewnych przypadkach szkic jest eliminowany z procesu tworzenia mapy.

Prace geodezyjne z wykorzystaniem palmtopa pozwalają na realizację wszystkich zadań już bezpośrednio w terenie bez wykonywania prac kameralnych w biurze, a przynajmniej ograniczają je do niezbędnego minimum. Doświadczonemu zespołowi pomiarowemu pozostaje jedynie wyplotowanie w biurze rysunku mapy w określonej skali. Jednak i w tym przypadku także można zminimalizować koszty, przesyłając wyniki pomiaru do biura za pomocą nowoczesnych, zdalnych sposobów transmisji danych, np. internetu, w który większość palmtopów jest wyposażona. Oprócz przeglądarki internetowej i poczty elektronicznej, które stanowią najistotniejszą cechę funkcji biura przenośnego w palmtopie zainstalowane są także dodatkowe pakiety oprogramowań, jak dyktafon, kalkulator, łączność na podczerwień, notes czy kalendarz. Dodatkowo najnowsze palmtopy wyposażone są w moduł Bluetooth, GSM/GPRS, a także aparaty cyfrowe.

Niewątpliwie na rynku funkcjonuje wiele rodzajów palmtopów różnych firm o zróżnicowanych parametrach i oprogramowaniach, które mają istotny wpływ na jakość i szybkość wykonywanych pomiarów geodezyjnych. W palmtopach mogą być także instalowane programy GIS związane z obsługą kartograficzną, współpracujące przy pozyskiwaniu informacji technologią satelitarną GPS; możliwa jest także w terenie aktualizacja bądź weryfikacja danych poprzez internet. Najbardziej renomowane firmy prezentujące w swej ofercie handlowej palmtopy to: Hewlett Packard, Acer, Toshiba, Dell, Asus, Qtek, Mio, Casio, Compaq, Fujitsu-Siemens. Obecnie na rynku jednymi z najnowocześniejszych palmtopów wyposażonych w bardzo bogate oprogramowania i parametry techniczne są: Dell Axim X51v, iPAQ H4150, Acer n50 Premium, Asus MyPal A636. Celowo przedstawiono tylko kilka marek i wersji elektronicznych rejestratorów polowych, gdyż rozwój technologii jest tak szybki, że gdy jeden egzemplarz wchodzi na rynek jako tzw. hit sezonu, już w kolejce za nim powstają następne jeszcze doskonalsze wersje przyrządów pomiarowych. Charakterystyka wszystkich tych urządzeń mijałaby się z celem, gdyż w zasadzie różnią się one od siebie tylko niewielkim zróżnicowaniem systemów operacyjnych i parametrów technicznych. Bardzo ważnym czynnikiem przy zakupie palmtopa przez geodetę jest zwrócenie uwagi na oprogramowanie geodezyjne zainstalowane w rejestratorze polowym oraz jego kompatybilność z tachimetrami oraz odbiornikami GPS.

stępnie definiowane jest stanowisko i punkty nawiazania przez wpisanie współrzędnych i wysokości instrumentu oraz reflektora lub anteny odbiornika ruchomego. Po wykonaniu pomiaru na punkty nawiazania, przystępujemy do pomiaru poszczególnych pikiet. Wyniki pomiaru są rejestrowane, a następnie mogą być przedstawiane w formie tabelarycznej, na przykład dziennika tachimetrycznego. Dla zlokalizowanej pikiety terenowej wybieramy odpowiedni symbol (według kodu lub nazwy) i inicjujemy pomiar za pomocą przycisku „pomierz” z pozycji palmtopa. Dokładnie w miejscu, w którym znajduje się tyczka pomiarowa, zostaje wstawiony symbol pomierzonego szczegółu terenowego na wczytanym uprzednio podkładzie mapowym (rys. 2). W ten sposób zapewniamy sobie w trakcie pomiaru bezpośrednią wizualizację mierzonych szczegółów sytuacyjnych. Połączenie między elektronicznym rejestratorem polowym a instrumentem geodezyjnym (tachimetrem lub odbiornikiem GPS) może odbywać się za pomocą tradycyjnego kabla lub z wykorzystaniem sieci bezprzewodowej. Należy jednak w tym miejscu zwrócić uwagę na sposób pozyskiwania współrzędnych mierzonych pikiet terenowych zarówno tachimetrem, jak i w trybie RTK GPS.

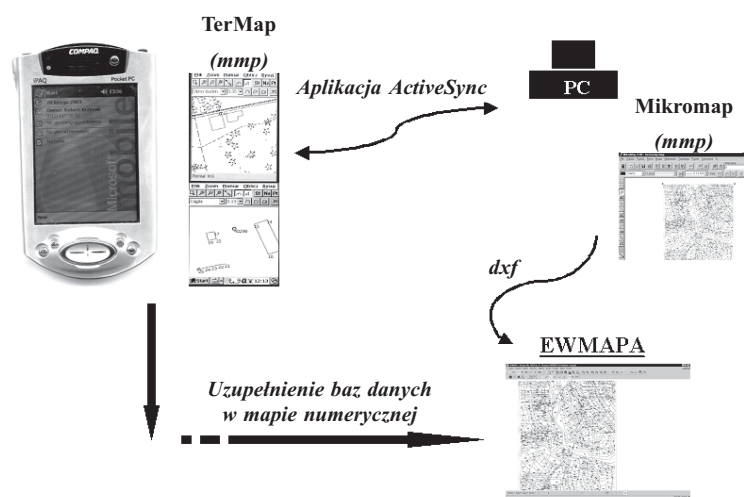


Rys. 2. Obraz ekranu palmtopa w trakcie pomiaru

Gdy zespół pomiarowy wykonuje prace z wykorzystaniem tachimetru, sytuacja jest całkowicie prosta, gdyż cały czas, po nawiazaniu tachimetru do punktów o znanych współrzędnych, obliczenia bazujące na wynikach pomiaru są wykonywane w układzie współrzędnych punktów nawiazania, a następnie dokonywana jest prezentacja graficzna z zastosowaniem wybranego symbolu. Natomiast w przypadku pomiaru z wykorzystaniem technologii RTK GPS procedura obliczeniowa jest bardziej skomplikowana. Otóż dane pomiarowe w postaci współrzędnych geodezyjnych B , L , H wyznaczonych w układzie WGS-84 wysyłane są do portu wyjściowego w formacie NMEA. Format ten jest akceptowany przez oprogramowanie TerMap, które wykonuje transformację współrzędnych geodezyjnych B , L , H (z układu globalnego) na współrzędne w układzie prostokątnym.

Wyniki pomiaru zapisywane są w formacie *.mmp. Jest to format akceptowany przez najprostszy i często stosowany przez wykonawców program do tworzenia i redagowania map – Mikromap. W związku z powyższym, w trakcie prowadzonych pomiarów geodezyjnych w palmtopie może być jedynie realizowany wstępny etap tworzenia mapy numerycznej. Zarejestrowane wyniki pomiaru i zapisane w formacie *.mmp są transmitowane do

komputera za pomocą aplikacji *ActiveSync*, a następnie za pomocą odpowiednich oprogramowań realizuje się poszczególne etapy tworzenia bazy danych numerycznych (rys. 3). Najbardziej znanymi i często wykorzystywanymi programami do tworzenia właściwej struktury baz danych numerycznych są Ewmapa, Geoinfo, Microstation. Potwierdzeniem tego są badania przeprowadzone przez autorów publikacji [2], z których wynika, że wymienione wyżej programy stanowią 81% (w tym Ewmapa 45%) wszystkich systemów przy prowadzeniu numerycznej mapy zasadniczej wdrażanych w Powiatowych Ośrodkach Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Pozostałe systemy stosowane przez PODGiK to między innymi GEO-MAP, MSG 2000/AUTO CAD, GEOKATASTER, TERRABIT, ARC MAP, ARC GIS, SYNERGIA/MAPA 95, DG DIALOG [2]. Pierwsze trzy najczęściej stosowane systemy informatyczne, tj. Ewmapa, Geoinfo, Microstation, są wzajemnie w pełni kompatybilne.



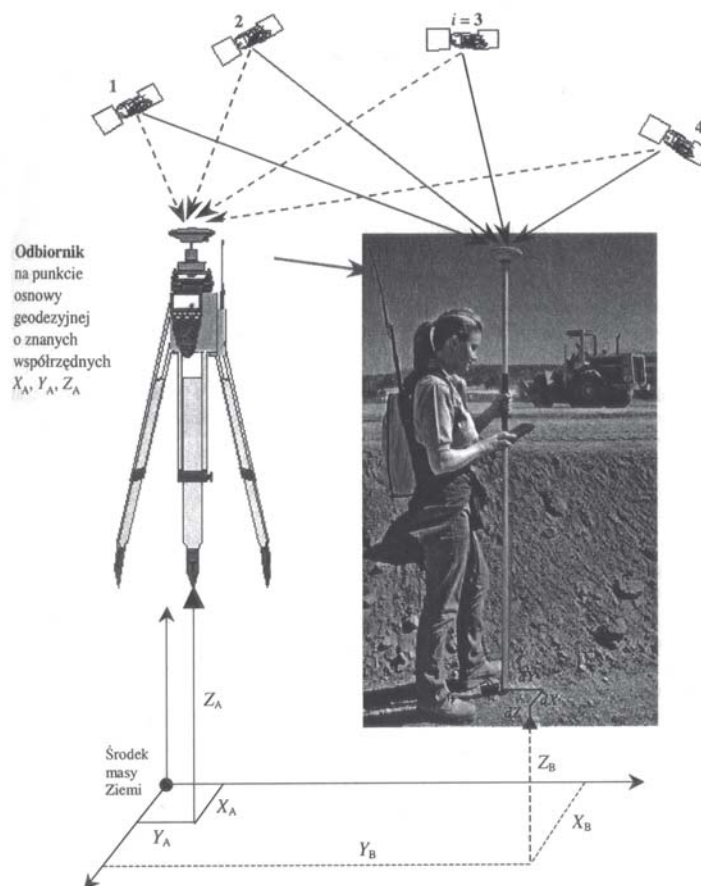
Rys. 3. Pozyskiwanie i przetwarzanie informacji terenowych w celu opracowania numerycznej mapy zasadniczej

Bardzo łatwa komunikacja występuje również między programem Mikromap a wymienionymi systemami. W każdej chwili pracując w środowisku Mikromap, można wyeksportować dane w formacie *.dxf, *.dgn i innych, które z kolei importowane są w Ewmap, Microstation czy Geoinfo. Dopiero ww. programy pozwalają utworzyć pełną bazę danych niezbędnych do wygenerowania mapy numerycznej. Niemniej zanim nastąpi ten etap, musimy zgromadzić wiele informacji podczas prac terenowych. Każdy mierzony szczegół terenowy powinien być zdefiniowany nie tylko według bazy biblioteki symboli i linii zgodnych z instrukcją K-1, ale także powinien posiadać szereg atrybutów niezbędnych do stworzenia bazy danych numerycznych. Pozyskiwanie danych o szczegółach terenowych z wykorzystaniem elektronicznego graficznego rejestratora polowego – palmtopa iPAQ H 3850 – umożliwia uzyskanie kilku podstawowych informacji o mierzonym obiekcie. Każdy element sytuacyjny może być przypisany w trakcie pomiaru do właściwej warstwy tema-

tycznej. Szczegóły terenowe w postaci symboli lub linii są wybierane za pomocą kodu numerycznego. Edycja poszczególnych symboli umożliwia zmianę położenia pikiety terenowej przez ręczną zmianę współrzędnych punktu edytowanego. Cechy te (warstwy tematyczne, kod numeryczny) są między innymi elementami wiążącymi tworzoną za pomocą palmtopa mapą w terenie z numeryczną mapą zasadniczą [1].

3. Wykorzystanie palmtopów w pomiarach geodezyjnych z zastosowaniem technologii RTK GPS

Wykorzystanie elektronicznych rejestratorów polowych w pracach geodezyjnych opartych na pomiarze w czasie rzeczywistym wymaga dodatkowo dwóch niezbędnych funkcji, jakimi powinien cechować się palmtop.



Rys. 4. Pomiar pikiet terenowych z wykorzystaniem technologii RTK GPS [4]

Pierwsza z nich to możliwość wykonywania automatycznej transformacji współrzędnych geodezyjnych B, L, H uzyskiwanych w trakcie pomiarów na układ „1965”, „1992” lub „2000” bez konieczności definiowania i pomiaru punktów dostosowania do transformacji na mierzonym obiekcie. Zdecydowanie przyczynia się to do zmniejszenia czasu pracy i kosztów związanych ze zgromadzeniem danych dotyczących osnowy na mierzonym terenie. Wystarczy tylko jeden punkt osnowy, najlepiej w centralnej części obiektu, który ma współrzędne geodezyjne B, L, H (lub współrzędne prostokątne w obowiązującym układzie państwowym). Punkt ten jest wykorzystywany w trakcie pomiarów jako stacja bazowa, która emituje tzw. poprawki do odbiornika ruchomego (*rovera*), gdzie na ekranie palmtopa wyświetlana jest aktualna i skorygowana pozycja tyczki pomiarowej z anteną (rys. 4) [4]. W przypadku palmtopa iPAQ H 3850 firmy Compaq taka opcja występuje. Możliwe są także różne inne przypadki lokalizacji stacji bazowej, przedstawione w opracowaniu [1].



Rys. 5. Kontroler firmy Leica

Drugą absolutnie niezbędną opcją wyposażenia palmtopa powinna być funkcja obrazująca tzw. rozwiązanie wektora. Chodzi tu o wyznaczenie początkowej nieoznaczoności fazy N na każdą epokę pomiarową dla danego satelity i odbiornika ruchomego (*rovera*). Na ekranie wyświetla się zazwyczaj informacja *fixed*, a w przypadku braku takiego rozwiązania *float*. Ta dodatkowa aplikacja zdecydowanie jednak zwiększa koszty nabycia palmtopa. W przypadku palmtopa iPAQ H 3850 firmy Compaq taka opcja nie występuje. Wówczas należy wyposażyć odbiornik ruchomy w dodatkowy moduł, tzw. kontroler (rys. 5), w którym możemy obserwować także inne informacje związane z pomiarem satelitarnym.

4. Pomiary terenowe

Informacje pozyskane z literatury o zastosowaniu palmtopów w pracach geodezyjnych zostały zweryfikowane w warunkach terenowych. Autorzy niniejszego artykułu przeprowadzili badania związane z pomiarem sytuacyjno-wysokościowym na rzeczywistym obiekcie w gminie Kozy, w województwie śląskim. Obszar opracowania obejmował

ok. 20 ha. Wszystkie szczegóły terenowe zostały pomierzone dwoma technologiami: klasyczną z wykorzystaniem tachimetru TC 600, oraz RTK GPS odbiornikami Z-Surveyor firmy Ashtech z kontrolerem Husky. W obu metodach pomiarowych wykorzystano omawiany wcześniej palmtop iPAQ HP 3850 firmy Compaq. Pomijając aspekty związane z dokładnością wykonywanych prac w zastosowanych metodach (zbliżona dokładność), wszystkich prac geodezyjnych, można powiedzieć, że czas wykonania począwszy od pomiaru po wypłotowanie mapy, a także bieżącą kontrolę poprzez wizualizację mierzonych i automatycznie kartowanych elementów terenowych, był zdecydowanie krótszy niż czas tradycyjnym sposobem prowadzenia pomiaru i opracowania graficznego. Również w przypadku pojawiających się błędów, natychmiast je dostrzeżono na ekranie palmtopa i skorygowano w terenie.

5. Uwagi i wnioski końcowe

Niezależnie od stosowanych technologii pomiarowych w geodezji, do wzrostu efektywności i jakości wykonywania prac geodezyjnych może znacząco przyczynić się zastosowanie palmtopów. Ich wykorzystanie pozwala na rejestrowanie danych przed pomiarem, a także rejestrowanie wyników i informacji w trakcie pomiarów oraz na ich bieżącą wizualizację.

Pozyskane i przetworzone w palmtopie dane do postaci graficznej mogą stanowić wstępny etap opracowania mapy numerycznej, a inne informacje, np. opisowe, mogą być wykorzystane przy uzupełnianiu bazy danych [1].

Koszt zakupu palmtopa jest stosunkowo nieduży, a efektywność jego zastosowania w pracach geodezyjnych wysoka. Należy więc zachęcać wszystkich wykonawców robót geodezyjnych do stosowania nie tylko nowoczesnych technik pomiarowych, jaką niewątpliwie jest pomiar w trybie RTK GPS, ale także do powszechnego stosowania palmtopów w zwykłych, codziennych pracach inżynierskich. Na podstawie naszych praktycznych doświadczeń stwierdzamy dużą przydatność i efektywność zastosowania palmtopów w pomiarach terenowych.

Dostrzegamy także potrzebę wprowadzenia do dydaktyki bardziej szczegółowych zajęć praktycznych związanych z wykorzystaniem palmtopów w pracach geodezyjnych.

Literatura

- [1] Beluch J., Krzyżek R.: *Pozyskiwanie informacji technologią RTK GPS dla opracowania map numerycznych*. I Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kartografia numeryczna i informatyka geodezyjna”, Katedra Geodezji im. K. Weigla Politechniki Rzeszowskiej, Katedra Geodezji Wyższej Szkoły Inżynieryjno-Ekonomicznej w Ropczycach, Stowarzyszenie Geodetów Polskich Oddział w Rzeszowie, Rzeszów – Polańczyk 28–30 września 2005, 7–17

-
- [2] Gajdek J., Zientek D.: *Statystyka wdrożeń systemów map numerycznych*. I Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Kartografia numeryczna i informatyka geodezyjna”, Katedra Geodezji im. K. Weigla Politechniki Rzeszowskiej, Katedra Geodezji Wyższej Szkoły Inżynieryjno-Ekonomicznej w Ropczycach, Stowarzyszenie Geodetów Polskich Oddział w Rzeszowie, Rzeszów – Polańczyk 28–30 września 2005, 45–53
 - [3] Krzyżek R.: *Zastosowanie RTK-GPS do pomiarów wykonywanych w celu opracowania map wielkoskalowych*. Kraków, Akademia Górniczo-Hutnicza 2004 (rozprawa doktorska)
 - [4] Osada E.: *Geodezja*. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2002