

Andrzej Kwinta, Agnieszka Szeptalin

WYKORZYSTANIE RĘCZNYCH ODBIORNIKÓW GNSS DO POMIARÓW POWIERZCHNI DZIAŁEK ROLNYCH

USING THE HANDHELD GNSS RECEIVER FOR LAND PARCELS AREA MEASUREMENTS

Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwości i zagrożenia związane z wykorzystaniem prostych odbiorników satelitarnych do prac geodezyjnych. Na przykładzie wielokrotnego pomiaru działki ręcznym odbiornikiem GPS pokazano błędy związane z tego typu pomiarem. Przeprowadzone rozważania wskazują na duży wpływ czynników środowiskowych i osobowych na wartości błędów popełnianych w trakcie pomiaru.

Słowa kluczowe: pomiary GNSS, wyznaczanie powierzchni działek, błędy pomiarowe

Summary

Advantages and obstacles of using basic satellite receivers in measurements was shown in the thesis. On the basis of Multiple measurements of a plot, using handheld GNSS receiver, typical errors have been examined. Outcomes clearly prove that environmental and personal factors have significant influence on the errors appearing while performing a survey.

Key words: GNSS measurements, area determination, measurement errors

WSTĘP

Wykorzystanie systemów satelitarnych w pomiarach geodezyjnych, różnych dziedzinach gospodarki, czy też w życiu codziennym przestało być oznaką stosowania nowoczesnych technologii, a praktycznie stało się czymś zupełnie

powszechnym. W wielu dziedzinach życia nie można już sobie wręcz wyobrazić funkcjonowania bez systemów satelitarnego pozycjonowania. W pojazdach samochodowych fabrycznie montowana jest nawigacja, wiele telefonów komórkowych ma moduł GPS (AGPS), który pozwala lokalizować się użytkownikowi, czy też znajdować drogę do celu.

Od samego początku, gdy system nawigacji satelitarnej udostępniono dla celów cywilnych, jego możliwościami zainteresowali się geodeci. Po okresie wstępnych prac i badań związanych z zastosowaniem systemu dla celów geodezyjnych, nastąpił bardzo szybki rozwój satelitarnych technologii. Znalazło to swoje odzwierciedlenie również w przepisach prawnych, które dopuszczają stosowanie tych technologii w pracach geodezyjnych. Szczególnie pomocne dla wprowadzenia powszechności systemu GNSS było utworzenie sieci odbiorników referencyjnych ASG-EUPOS, która upraszcza prowadzenie pomiarów [Bosy i in. 2007].

W pewnych zastosowaniach pomiarowych można wykorzystywać proste odbiorniki satelitarne służące powszechnie do nawigacji. Podstawowymi możliwościami zastosowania tego typu urządzeń w geodezji jest znajdowanie punktów geodezyjnych, wstępna lokalizacja instrumentu, pomiar powierzchni działek. Przeprowadzenie kontroli powierzchni użytkowanej rolniczo na potrzeby uzyskania dopłat bezpośrednich w systemie IACS (*Integrated Administration and Control System*) [Doskocz 2006] opiera się na pomiarach geodezyjnych, spośród których najwydajniejsze są metody pomiaru wykorzystujące odbiorniki GNSS [Hejmanowska 2005; Mika 2007; Szymański 2004]. Są one zalecane przy pomiarach działek nieregularnych, trudno dostępnych dla pomiarów z zastosowaniem innych metod. Dokładności uzyskiwane pomiarami GNSS uznaje się za wystarczające przy pomiarach dużych obiektów. W przypadku stosowania do pomiarów ręcznych odbiorników dużym problemem są inne czynniki wpływające na dokładność pomiarów. Czynniki o charakterze osobowym i środowiskowym mają bardzo duże znaczenie i wpływają znacząco na końcowy wynik pomiarów.

W niniejszej pracy przedstawione zostaną wyniki pomiarów powierzchni działki o konturach niejednoznacznych, przeprowadzone przez kilkudziesięciu obserwatorów. Uzyskane wyniki wskazują na dominujące znaczenie błędów osobowych i środowiskowych przy pomiarach powierzchni działek z zastosowaniem ręcznych odbiorników GNSS.

SYSTEMY GNSS

Jednym z kluczowych osiągnięć rozwoju technicznego stosowanym w geodezji jest system satelitarnego pozycjonowania. Pierwotnym adresatem tego typu rozwiązań było wojsko jednak bardzo szybko ich możliwości zostały wykorzystane w pomiarach geodezyjnych. Początki satelitarnych systemów

lokalizacyjnych sięgają lat siedemdziesiątych XX wieku [Lamparski 2001], kiedy podjęto pierwsze prace nad jego budową. W latach 1978–1985 wprowadzono satelity z Bloku I. Do chwili obecnej następuje stały rozwój istniejącej infrastruktury.

Globalny system nawigacji satelitarnej określane także jako ogólnosiwiatowy cywilny system nawigacji służy do określania pozycji (współrzędnych przestrzennych) użytkownika wyposażonego w odpowiedni odbiornik. System zbudowany jest z trzech segmentów: kosmicznego, kontrolnego i użytkownika. Na segment kosmiczny składają się satelity kilku funkcjonujących obecnie systemów pozycjonowania, które rozmieszczone są na średnich orbitach (*Medium Earth Orbit*), natomiast segment kontrolny stanowi naziemne stacje odpowiadające za monitorowanie systemu kosmicznego [Lamparski 2003].

Pierwotnie istniał wyłącznie amerykański system satelitarnego pozycjonowania, z czasem pojawiły się inne systemy [Plewako 2006]. Ogólnie można wyróżnić następujące systemy pozycjonowania:

– **GPS-NAVSTAR** (*Global Positioning System* – **NAV**igation **S**ignal **T**iming **A**nd **R**anging) – właściciel US Army [Sickle 2001].

– **GALILEO** pierwszy satelita 2005 – właściciel Europejska Agencja Kosmiczna [Januszewski 2006].

– **GLONASS** (*ГЛОНАСС; ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система; Globalnaja Nawigacionnaja Sputnikowaja Sistiema*) pierwszy satelita 1982 – właściciel Rosyjskie Siły Kosmiczne [Xu 2007].

– **COMPASS BeiDou** pierwszy satelita 2000 – właściciel Chiny [Lyll, Larsen 2009].

– **IRNSS** (*Indian Regional Navigational Satellite System*) – właściciel Indii [Lele, Singh 2009].

Dotychczas jedynym w pełni operacyjnym systemem jest NAVSTAR GPS, przy czym aktualnie produkowane urządzenia odbiorcze są już przystosowywane do wykorzystania kolejnych systemów, które mogą stanowić uzupełnienie konstelacji, przyspieszając inicjalizację i podnosząc dokładność pomiarów. Najbliższym pełnej funkcjonalności systemem jest rosyjski GLONASS, dynamicznie rozwija się także COMPASS, którego pełna konstelacja ma funkcjonować w 2020 r.

POMIARY W SYSTEMIE SATELITARNYM

Pomiary z wykorzystaniem technologii GNSS przeprowadzane są z zastosowaniem dwóch metod pomiaru odległości pomiędzy satelitami emitującymi sygnał elektromagnetyczny a odbiornikiem użytkownika. Są to metody kodowa i fazowa. W najnowszych urządzeniach, szczególnie służących do pomiarów w czasie rzeczywistym, obie te metody stosowane są jednocześnie w celu skrócenia czasu inicjalizacji [Lamparski 2003]:

– Pomiar kodowy – każdy z satelitów emituje kody C/A oraz P, które są przyporządkowane do poszczególnych satelitów i pozwalają na ich rozpoznawanie. Jednocześnie odbiornik użytkownika emituje replikę tych kodów, dzięki czemu można przeprowadzić porównanie sygnału źródłowego z satelity z jego repliką. Obserwacją z tego porównania jest czas oraz przesunięcie kodu.

– Pomiar fazowy – w metodzie tej następuje porównanie faz fal elektromagnetycznych emitowanych przez satelity z fazą repliki emitowanej przez odbiornik użytkownika. Obserwacją bezpośrednią jest różnica faz, dlatego niezbędna jest inicjalizacja odbiornika.

Dla większości zastosowań nawigacyjnych, turystycznych czy też w różnych dziedzinach gospodarki wystarczające są dokładności pomiarowe systemów satelitarnych na poziomie kilku metrów. Dla potrzeb geodezyjnych istotne znaczenie ma uzyskiwanie większych dokładności pomiarowych. Wzrost dokładności lokalizacji można uzyskać poprzez wykorzystanie systemów geostacjonarnych typu SBAS (*Satellite Based Augmentation System*) czyli systemów wspomagających (np. *Wide Area Augmentation System*, *European Geostationary Navigation Overlay Service*). Systemy takie zbudowane są ze stacji naziemnych monitorujących i wyznaczających poprawki uwzględniające wpływ jonosfery i troposfery. Wykorzystanie poprawek z systemów tego typu podnosi dokładność pomiarów nawet do 3 m. Narzędziem do podniesienia dokładności pomiarów wykonywanych odbiornikami do zastosowań GIS w Polsce są poprawki generowane przez system ASG-EUPOS, które mogą podnieść dokładność wyznaczenia pozycji nawet poniżej 1 m [Wajda i in. 2008].

W zależności od wymaganej dokładności możemy zastosować w pomiarach metodę bezwzględną (dokładności kilkunastometrowe) lub względną (dla uzyskania najwyższych dokładności). Ze względów na wymagane dokładności w geodezji powszechnie do pomiarów stosuje się metodę względną (różnicową). Polega ona na pomiarze różnicy współrzędnych dla co najmniej dwóch punktów. Podstawowe metody pomiarowe stosowane w geodezyjnych pomiarach to [Lamparski 2003]: metoda statyczna, metoda *rapid static*, metoda kinematyczna, metoda *Real Time Kinematic* oraz metoda *Virtual Reference Station* [Seeber 2003], która jest szczególnym przypadkiem metody RTK wykorzystującej poprawki z sieci referencyjnej.

Wydaje się, że w najbliższym czasie istotnego znaczenia nabierze ostatnia z wymienionych metod pomiarowych. Przy użyciu pojedynczego odbiornika można uzyskać lokalizację punktu geodezyjnego z zadowalającą dokładnością (dla podstawowych prac geodezyjnych). Zasada pomiaru polega na uwzględnieniu poprawek w trakcie pomiaru bezpośrednio w terenie.

ODBIORNIK SATELITARNY GARMIN GPSMAP76

Ręczne odbiorniki satelitarne wykorzystywane są głównie w celu lokalizacji położenia z dokładnością metrową. Podstawowe kierunki zastosowania – to nawigacja samochodowa, nawigacja obiektów pływających, turystyka piesza i rowerowa. Urządzenia tego typu pozwalają na prowadzenie nawigacji na wczytanej do urządzenia mapie, rejestrację śladów przemieszczania się anteny odbiornika. Na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym wyświetlane są podstawowe informacje o trasie w postaci alfanumerycznej, bądź w postaci fragmentu mapy z zaznaczonym położeniem odbiornika. Odbiorniki takie zawierają cały szereg funkcji dostępnych dla użytkownika.

Na rynku istnieje wiele różnych firm oferujących ręczne odbiorniki satelitarne np. Magellan, Mio, Medion, TomTom, Sony, Nokia, jednak rynek w Polsce praktycznie zdominowała amerykańska firma Garmin. W ofercie firmy Garmin znajduje się wiele urządzeń podzielonych na grupy ze względu na podstawowe przeznaczenie: drogowe, piesze, wodne, sportowe.

W ramach realizacji niniejszej pracy wykorzystano do pomiarów urządzenie Garmin GPSmap76 (rys. 1). Poniżej zestawiono podstawowe dane techniczne urządzenia



Wymiary, szer. x wys. x gł.:	6,9 x 15,7 x 3,0 cm
Wymiary ekranu, szer. x wys.:	4,1 x 5,6 cm
Rozdzielczość ekranu, szer. x wys.:	180 x 240 pikseli
Typ ekranu:	LCD o 4 poziomach szarości
Waga:	218 g z bateriami
Bateria:	2 baterie AA
Czas działania baterii:	16 godz.
Wodoszczelny:	tak (IPX7)
Interfejs:	łącze szeregowo
Wbudowana pamięć:	8 MB
Waypointy/ulubione/pozycje:	1000
Trasy:	50
Wykres śladu:	10 000 punktów,

Rysunek 1. Dane odbiornika satelitarnego Garmin GPSmap 76 [GARMIN 2006]

Figure 1. Parameters of satellite receiver, type: Garmin GPSmap 76

Korzystając z funkcji rejestracji trasy i wbudowanej opcji obliczania powierzchni (rys. 2), na podstawie przebytej drogi przeprowadzono pomiary powierzchni działki.



Rysunek 2. Wygląd ekranu do odczytywania powierzchni figury zamkniętej
Figure 2. Receiver's screen, that shows area of closed geometrical figure

Odbiornik Garmin GPSmap76 umożliwia uzyskanie pozycji w różnych trybach, co wiąże się z uzyskaniem różnych dokładności wyznaczenia pozycji oraz powierzchni:

- 2D GPS Location – umożliwia jedynie dwuwymiarowe określenie pozycji (współrzędne płaskie).
- 3D GPS Location – oznacza, że odbiornik korzysta z co najmniej 4 satelitów nadawczych, co daje możliwość określenia pozycji trójwymiarowej.
- 2D Differential Location – oznacza, że odbiornik dodatkowo odbiera sygnały z geostacjonarnych satelitów WAAS ENOS.
- 3D Differential Location – w wyznaczeniu pozycji biorą udział co najmniej 4 satelity, dodatkowo wynik jest korygowany przez poprawki różnicowe z satelitów geostacjonarnych.

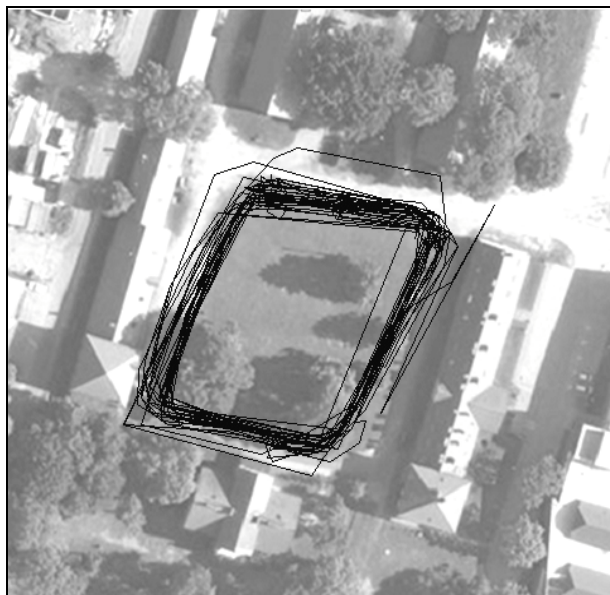
W trakcie pomiarów powierzchni działki wykorzystano 6 odbiorników, niestety dane z jednego z nich uległy uszkodzeniu i do dalszych prac wykorzystano jedynie wyniki pomiarów z 5 odbiorników. Dane dotyczące powierzchni odczytywano z ekranu (rys. 2), natomiast ślady rejestrowane w trakcie pomiaru zostały przetransferowane do komputera za pomocą kabla transmisyjnego (znajdującego się w wyposażeniu odbiornika).

Na niewielkim obszarze pomiaru wpływ jonosfery i troposfery można przyjąć za stały. Wówczas wyznaczenie powierzchni na podstawie współrzędnych określonych podczas jednej inicjalizacji odbiornika będzie obciążone błędami odpowiadającymi pomiarom różnicowym. Dlatego istotne jest, aby podczas wykonywania jednokrotnego pomiaru powierzchni nie zrywać inicjalizacji. Wyznaczenie powierzchni musi odbywać się podczas pomiaru ciągłego, ponieważ wtedy zależność między mierzonymi punktami to jedynie błąd względny. Wykonanie inicjalizacji powoduje, że różnica pomiędzy uzyskanymi współrzędnymi może być obciążona błędem bezwzględnego wyznaczenia pozycji.

ZREALIZOWANE POMIARY

Jako obiekt do analizy wybrano działkę zlokalizowaną na terenie Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie przy ulicy Balickiej. Działka pokryta jest trawą, a dookoła niej utworzona jest droga szutrowa. Pomiedzy działką a drogą nie ma jednoznacznie określonej regularnej granicy.

Pomiary analizowane w niniejszej pracy zostały zrealizowane w trakcie zajęć dydaktycznych ze studentami trzeciego roku specjalności geodezja i kartografia, w ramach przedmiotu geodezja satelitarna. Czas trwania pomiarów to jeden tydzień. Pomiary były wykonane w grudniu 2009 roku. Studenci zostali podzieleni na zespoły dwuosobowe, które wykonywały pomiary. Spośród wszystkich 51 zrealizowanych pomiarów, do analizy można było wykorzystać jedynie 38 pomiarów. Ślady przejścia trasy wzdłuż granicy działki przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Kształt śladów pomiarowych zrealizowanych w trakcie eksperymentu
Figure 3. Trace of measurement performer during the examination

Wyniki pomiarów odczytane z poszczególnych odbiorników zestawiono w tabeli 1. W pierwszej kolumnie znajduje się numer pomiaru, natomiast w kolejnych kolumnach dla poszczególnych odbiorników znajduje się liczba punktów pomiarowych (n) oraz powierzchnia (P). Dla odbiorników 1 i 3 wykorzystano najwięcej bo po 9 obserwacji, natomiast najmniej bo tylko 5 dla odbiornika nr 6.

Tabela 1. Zestawienie wyników pomiarów działki testowej
Table 1. Summary of examination outcomes.

Nr pomiar	GPS1		GPS2		GPS3		GPS4		GPS6	
	n	P [m ²]	n	P [m ²]	n	P [m ²]	n	P [m ²]	n	P [m ²]
1	16	2731,2	19	2802,6	10	2650,7	12	2710,2	11	3031,5
2	12	3011,3	12	2855,7	12	2835,6	8	2636,0	15	2907,0
3	14	3090,0	10	2996,7	11	2804,5	9	3038,8	11	3077,2
4	14	3084,5	13	3014,1	10	2707,4	8	2663,5	17	3108,3
5	10	2868,5	11	3033,3	11	2767,8	9	2661,7	21	2701,9
6	8	2659,8	14	2749,6	12	2795,3	13	2718,4		
7	10	2698,3	8	2826,4	11	2883,2	7	2885,0		
8	11	3104,7			12	2742,2	8	2917,0		
9	10	2879,5			12	2769,7				

Na podstawie danych zawartych w tabeli 1 przeprowadzono obliczenia statystyczne i uzyskano następujące wartości parametrów:

- Wartość średnia powierzchni: $P_s = 2853,1 \text{ [m}^2\text{]}$
- Wartość minimalna powierzchni: $P_{\min} = 2636,0 \text{ [m}^2\text{]}$
- Wartość maksymalna powierzchni: $P_{\max} = 3108,3 \text{ [m}^2\text{]}$
- Błąd średni powierzchni: $m_p = 150,2 \text{ [m}^2\text{]}$

Wyniki obliczeń wskazują na dużą wartość błędu średniego wyznaczonej powierzchni, który wynosi 5,3% średniej powierzchni. Uzyskany błąd jest bardzo duży.

Porównajmy uzyskaną wartość błędu średniego z pomiarów z błędem wynikającym z dokładności instrumentu (odbiornika). W tym celu zastosujemy wzór [Kwinta 2008]:

$$m_p = 2m_{pkt} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \sqrt{P \frac{\pi}{n}} \quad (1)$$

Przyjmując we wzorze (1):

P – średnia wartość powierzchni: 2853,1 [m²],
 n – mediana ilości punktów pomiarowych: 11,
 m_{pkt} – średni błąd pomiaru odbiornika w danych warunkach: 1.2 [m],
 uzyskana wartość błędu pomiarowego na poziomie 62,3 [m²], co odpowiada 2,2% wartości średniej.

Zastosujemy również wzór na obliczenie błędu powierzchni przy wydłużonym kształcie działki [Hejmanowska 2005, Doskocz 2009]:

$$m_p = m_{pkt} \cdot \sqrt{P \frac{1+k^2}{2k}} \quad (2)$$

gdzie dodatkowo w stosunku do wzoru (1) występuje wartość k , która jest współczynnikiem wydłużenia, liczoną jako stosunek długości boków prostokąta. W naszym przypadku przyjmując $k = 1,2$ błąd powierzchni wyniósł $64,6 \text{ [m}^2\text{]}$, co odpowiada w przybliżeniu również $2,2\%$ wartości średniej.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazują na dużo większą wartość błędu powierzchni uzyskaną rzeczywiście na podstawie powtarzanych pomiarów niż ma to miejsce w przypadku obliczania błędu na podstawie dokładności urządzenia pomiarowego. Duża wartość błędu nie będzie również zależała od konkretnego egzemplarza urządzenia. Analizując wyniki, należy stwierdzić, że podstawowe znaczenie w tym przypadku pomiarowym mają dwa czynniki, to znaczy czynnik osobowy i środowiskowy.

Czynnik osobowy, związany jest z wykonywaniem pomiarów przez grupy studentów w okresie, kiedy temperatura w trakcie pomiaru była niska. Pomimo uprzedzenia studentów o badawczym charakterze pomiarów, realizowane pomiary odbiegały od standardów jakimi powinni kierować się geodeci. Za rok ci studenci ukończą studia inżynierskie i będą wykonywać rzeczywiste pomiary. Należy mieć nadzieję, że w rzeczywistych przypadkach pomiarowych zachowanie będzie bardziej profesjonalne.

Na ogół z czynnikami środowiskowymi wpływającymi na pomiar kojarzą się warunki atmosferyczne, czy też pora dnia związana z nasłonecznieniem. W analizowanym przypadku bardzo duże znaczenie miała niejednoznaczna granica działki. Przy poruszaniu się zespołu pomiarowego wzdłuż granicy, jej identyfikacja jest bardzo subiektywna i może generować istotne wartości błędów.

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie ręcznych odbiorników satelitarnych do potrzeb określania powierzchni działek w rolnictwie jest technologicznie i ekonomicznie uzasadnione. Jednakże prowadzenie tego typu pomiarów wymaga bardzo dużego zaangażowania zespołu pomiarowego. Biorąc pod uwagę, że zgodnie z rozporządzeniem Komisji Europejskiej [Mika 2007] kontrola powierzchni metodami geodezyjnymi nie powinna wykazać rozbieżności większych od $0,5\%$, od pomiarów geodezyjnych w tym zakresie wymaga się odpowiedniej rzetelności. Przeprowadzone w niniejszej pracy analizy wskazują na istotne znaczenie czynników środowiskowych i osobowych na dokładność wyznaczenia powierzchni. Prace badawcze w tym zakresie powinny zmierzać w kierunku doprecyzowania wpływu niejednoznaczności interpretacji granicy działki na dokładność pomiaru z wykorzystaniem odbiorników satelitarnych.

BIBLIOGRAFIA

- Bosy J., Graszka W., Leończyk M. *ASG-EUPOS. A Multifunctional Precise Satellite Positioning System in Poland*. European Journal of Navigation, Vol. 5, Nr 4 (September 2007), p. 2–6.
- Doskocz A. *Estimation of permissible differences of double determination of areas from co-ordinates*. Geodesy and Cartography, vol. 55, no 4, Warszawa 2006.
- Doskocz A. *Dokładności obliczania pola powierzchni ze współrzędnych płaskich*. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo Techniczna, Rzeszów–Polańczyk Solina 2009.
- Garmin GPSmap76 Owner's manual. *Garmin International, Inc., Olathe 2006*.
- Hejmanowska B. *Wpływ jakości danych a ryzyko procesów decyzyjnych wspieranych analizami GIS*. Rozprawy Monografie 141, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2005.
- Januszewski J. *Systemy satelitarne GPS Galileo i inne*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
- Kwinta A. *Materiały do ćwiczeń z przedmiotu Elektroniczna Technika Pomiarowa*. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (Niepublikowane) 2008.
- Lamparski J. *NAVSTAR GPS od teorii do praktyki*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2001.
- Lamparski J. *GPS w geodezji*. Wydawnictwo Gall, Katowice 2003.
- Lele A. Singh G. *Space Security and Global Cooperation*. Institute for Defence and Analyses. New Delhi 2009.
- Lyll F. Larsen P.B. *Space Law a Treatise*. Publ. Ashgate Publishing Company, Burlington 2009.
- Mika M. *Geodezyjne, prawne i organizacyjne aspekty Jednolitego Systemu Płatności Obszarowej w Polsce*. Geomatics and Environmental Engineering Vol. 1, No. 2, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2007.
- Plewako M. *Globalne Systemy Nawigacji Satelitarnej (GNSS) – obecny stan i perspektywy rozwoju*. Zesz. Nauk. Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Geodezja z. 22. Kraków 2006.
- Seeber G. *Satellite Geodesy*. Publ. Walter de Gruyter, Berlin 2003.
- Sickle J.V. *GPS for Land Surveyors*. Publ. Taylor&Francis, New York 2001
- Szymański L. *Przewodnik do użytku inspektorów terenowych*. Warszawa 2004.
- Wajda S., Oruba A., Leończyk M. *Technical details of establishing reference station network ASG-EUPOS*. Geoinformation Challenges, GIS Polonia 2008 Conference Proceedings, University of Silesia, Sosnowiec 2008.
- Xu G. *GPS Theory, Algorithms and Applications*. Publ. Springer, Berlin 2007.

Dr inż. Andrzej Kwinta
ul. Balicka 253a
30-198 Kraków
Andrzej.kwinta@ur.krakow.pl
Tel. 012-6624513

Recenzent: Prof. dr hab. Ryszard Hejmanowski