

## **ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII SATELITARNYCH W NOWOCZESNYM ROLNICTWIE ORAZ WALIDACJA I CERTYFIKACJA SPRZĘTU POMIAROWEGO GNSS I OBSERWATORÓW W SYSTEMIE IACS**

Adam Ciećko, Stanisław Oszczak

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Streszczenie.** Pozycjonowanie i nawigacja satelitarna są coraz częściej wykorzystywane w inteligentnym rolnictwie, aby dostarczyć producentowi rolnemu i innym osobom związanym z rolnictwem dokładnej i aktualnej informacji o miejscu oraz czasie zdarzeń i zjawisk zachodzących w gospodarstwie rolnym. W artykule zaprezentowano główne cele projektu FieldFact realizowanego w ramach 6 Programu Ramowego Komisji Unii Europejskiej. Projekt FieldFact ma za zadanie jak najszerze wykorzystanie systemów satelitarnego pozycjonowania i nawigacji w aplikacjach związanych z rolnictwem oraz zapoznanie producentów rolnych z europejskimi satelitarnymi systemami pozycjonowania i nawigacji – EGNOS i Galileo oraz możliwościami ich implementacji i wykorzystania w sektorze rolniczym.

Druga część artykułu została poświęcona problemowi walidacji i certyfikacji zarówno urządzeń pomiarowych, jak i obserwatorów w systemie IACS (*Integrated Administration and Control System*). Jak wiadomo, system IACS funkcjonuje w Polsce już czwarty rok i jest ściśle związany z systemem dopłat bezpośrednich dla rolników. Co roku w kampanii kontroli na miejscu w ramach płatności bezpośrednich i ONW (*Obszary o Niekorzystnych Warunkach*) mierzone są setki tysięcy hektarów upraw zgłoszonych do dopłat. Pomiar najczęściej wykonywany jest odbiornikami GPS. Do tej pory nie ma określonych minimalnych wymogów ani parametrów technicznych, które musi spełniać odbiornik biorący udział w kontroli, nie ma też szczególnych wymagań w stosunku do inspektorów terenowych w zakresie opanowania satelitarnej techniki pomiarowej. W artykule zaprezentowano proponowany schemat walidacji odbiornika GNSS (*Global Satellite Navigation System*) oraz podano zagadnienia i tematykę kursu teoretycznego oraz szkolenia praktycznego dla inspektorów terenowych.

**Słowa kluczowe:** GNSS, IACS, rolnictwo, certyfikacja

## WSTĘP

Jeszcze do niedawna technologia satelitarna GNSS dostępna była tylko dla wąskiej grupy specjalistów, naukowców i badaczy, dziś jedna z najnowocześniejszych technologii zesłała dosłownie „pod strzechy”. Ogólny rozwój technologiczny, znaczny spadek cen odbiorników GPS i dostępność spowodowały gwałtowny wzrost liczby użytkowników oraz rozwój niezliczonej liczby aplikacji związanych z pozycjonowaniem satelitarnym w różnych dziedzinach życia. Jedną z grup użytkowników, która zaczęła dość wcześnie wykorzystywać masowo system GPS, jest sektor rolniczy. W roku 2004 kiedy to wprowadzono w Polsce system dopłat bezpośrednich, bardzo szybko okazało się, że odbiorniki GPS są niezastąpione w szybkim i tanim pozyskiwaniu danych dotyczących pola powierzchni zasiewu. Jednocześnie użytkownicy „oswojeni” już z nową techniką szukają dla niej nowych zastosowań, które ułatwiłyby im wykonywanie codziennej pracy. Obecnie pozycjonowanie i nawigacja satelitarna są coraz częściej wykorzystywane w inteligentnym rolnictwie, aby dostarczyć producentowi rolnemu i innym osobom związanym z rolnictwem dokładnej i aktualnej informacji o miejscu oraz czasie zdarzeń i zjawisk zachodzących w gospodarstwie rolnym. Powszechnie wykorzystywanym dziś systemem jest amerykański GPS, duże możliwości niosą ze sobą europejskie satelitarne systemy pozycjonowania i nawigacji – EGNOS i Galileo, które w niedalekiej przyszłości będą wykorzystywane na równi z GPS, oferując lepszą jakość usług.

## EGNOS I GALILEO

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) jest europejskim systemem satelitarnym opartym obecnie na sygnałach GPS i GLONASS, zapewniającym poprawę dokładności, dostępności i jakości sygnałów emitowanych przez obydwa istniejące systemy nawigacji satelitarnej. EGNOS umożliwia wyznaczanie pozycji z dokładnością lepszą niż 3 m, dostarcza informacji uzupełniających sygnały z GPS i GLONASS, korzystając z konstelacji satelitów tych systemów i transmitując dane poprzez swoje satelity geostacjonarne. EGNOS działający obecnie w fazie „początkowej operacyjności” jest pierwszym etapem rozwoju europejskich, cywilnych systemów satelitarnych.

Jedną z głównych europejskich inicjatyw kosmicznych jest obecnie utworzenie Globalnego Systemu Nawigacji Satelitarnej o nazwie Galileo, który będzie operacyjny po 2010 roku. Galileo jest wspólnym projektem Europejskiej Agencji Kosmicznej i Unii Europejskiej polegającym na stworzeniu własnego, niezależnego i zaawansowanego technologicznie systemu służącego do precyzyjnego określania położenia punktów oraz nawigacji i monitorowania przemieszczających się ludzi, zwierząt czy przedmiotów w dowolnym miejscu na powierzchni Ziemi, niezależnie od pogody oraz pory dnia i nocy. System ten będzie docelowo składać się z 30 satelitów krążących po orbitach na wysokości ok. 24 kilometrów i pokrywających zasięgiem całą powierzchnię naszej planety. Galileo jest odpowiedzią Europy na amerykański system GPS (Global Positioning System) i rosyjski GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System). Dwa ostatnie systemy służą przede wszystkim celom militarnym, w drugiej dopiero kolejności – zastosowaniom cywilnym, natomiast Galileo jest z założenia systemem cywilnym i międzynarodowym. Ma to zapewnić nie tylko większą gwarancję ciągłości pracy, lecz również jakości i dokładności przekazywanych danych. Galileo będzie mieć lepszą

dokładność i dostępność oraz większą stabilność i wiarygodność niż obecny amerykański system GPS oraz rosyjski GLONASS, co pozwoli na bardziej precyzyjne ustalanie położenia obiektów i szersze zastosowanie technologii satelitarnej. Oprócz nieocenionej pomocy w nawigacji i transporcie samochodowym, morskim, lotniczym, kolejowym, a nawet pieszym, system pozwoli na nowe zastosowania m.in. w geodezji, rolnictwie, rybołówstwie, ratownictwie, finansach i bankowości, poszukiwaniu złóż minerałów, zarządzaniu środowiskiem etc.

## **PROJEKT FIELDFACT**

Projekt FieldFact promuje możliwości zastosowania systemów satelitarnych GNSS w rolnictwie oraz płynące z tego tytułu korzyści. Projekt ma na celu poszerzenie świadomości sektora rolniczego w kierunku potencjału możliwości systemów Galileo i EGNOS oraz promowanie systemów i związanych z nimi usług dla rolnictwa. Projekt ma za zadanie jak najszersze wykorzystanie systemów satelitarnego pozycjonowania i nawigacji w aplikacjach związanych z rolnictwem, takich jak: pomiary działek rolnych, uaktualnianie LPIS, systemy zarządzania gospodarstwem rolnym, kontrole obszarowe w celu realizacji dopłat dla rolników w systemie IACS, tworzenie map glebowych, scalenia gruntów, precyzyjne nawożenie, ochrona roślin oraz precyzyjne zbiory, ochrona środowiska, monitorowanie transportu produktów rolno-spożywczych oraz w innych aplikacjach wspomagających rolnictwo. Szerokie wykorzystanie europejskich systemów satelitarnych – EGNOS i Galileo przez producentów rolnych przyczyni się do wzrostu efektywności, konkurencyjności i wydajności europejskiego rolnictwa. Projekt FieldFact jest przedsięwzięciem międzynarodowym, partnerami realizującymi projekt są: Alterra b.v. (Holandia) – lider konsorcjum, Joint Research Centre of the European Commission (Włochy), Vexcel Netherlands (Holandia), Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Holandia), Ekotoxa Opava (Czechy) oraz Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (Polska). Realizacja projektu rozpoczęła się w końcu 2006 roku i będzie trwała 24 miesiące.

Projekt zakłada dotarcie do jak największej liczby producentów rolnych w Europie poprzez prezentacje na targach rolnych, w czasopismach rolniczych, a także poprzez przeprowadzenie kilku demonstracji prezentujących nowe możliwości satelitarnych systemów zarówno podstawowych, ogólnodostępnych (np. pomiar pola) – low-end, jak i kosztownych, profesjonalnych rozwiązań – high-end. Jedną z takich prezentacji odbędzie się również w Polsce. Planowane jest również przeprowadzenie szeregu szkoleń dotyczących technologii satelitarnej, a w szczególności nowych aplikacji, możliwości ich implementacji i wykorzystania w sektorze rolniczym oraz korzyści płynących z wdrażania europejskich systemów EGNOS i Galileo.

## **CERTYFIKACJA SPRZĘTU POMIAROWEGO GNSS**

Obszar dopłat bezpośrednich dla sektora rolniczego w 25 krajach członkowskich Unii Europejskiej wynosi prawie 128 milionów hektarów. Zgodnie z zaleceniami Unii część złożonych wniosków podlega kontroli, aby wyeliminować wszelkiego rodzaju nadużycia ze strony producentów rolnych. Kontrole są wykonywane przy wykorzystaniu technik fotogrametrycznych, jak również przy użyciu satelitarnych odbiorników GNSS. Wykorzystanie autonomicznego pozycjonowania GPS stało się możliwe po

zniesieniu, przez Prezydenta USA Bila Clintona, celowego zakłócenia sygnału SA (Selective Availability) w maju 2000 roku. Od tego czasu odbiorniki GPS są coraz powszechniej wykorzystywane podczas kontroli obszarowych, dając coraz to lepsze wyniki. Pomiarowi podlega powierzchnia oraz obwód działki niezbędny do wyliczenia tolerancji technicznej pomiaru. Obecnie dostępny jest na rynku szeroki wybór odbiorników GNSS, także ceny odbiorników są znacznie zróżnicowane i zależą głównie od dokładności oraz jakości oprogramowania dostarczanego wraz z odbiornikiem. Najprostsze odbiorniki GPS można obecnie kupić za kilkaset złotych, jednak wykorzystanie ich do pomiarów w systemie IACS nie gwarantuje uzyskania wymaganych przez Komisję Europejską dokładności.

Zgodnie z Unijną Dyrektywą 2004/22/EC Parlamentu i Rady Europejskiej z 31 marca 2004 roku dotyczącą urządzeń pomiarowych używanych między innymi w zastosowaniach dotyczących interesu publicznego, ochrony środowiska oraz mających wpływ na wielkość podatków i innych opłat – urządzenia takie powinny bezwzględnie spełniać normy zawarte w unijnych normach. Jak wiadomo, satelitarna metoda pomiarowa zależy nie tylko od samego systemu GPS, ale przede wszystkim od sprzętu pomiarowego. W przypadku norm i wymagań odnośnie odbiorników GNSS biorących udział w kampaniach kontrolnych na miejscu (on-the-spot checks) instytucją odpowiedzialną jest Joint Research Centre (JRC) Komisji Europejskiej. Obecnie jest pilna potrzeba stworzenia standardu pozwalającego na sprawdzenie dokładności oraz poprawności działania odbiorników GNSS, tzw. validation protocol.

Opierając się na doświadczeniach zebranych w poprzednich latach, m.in. testy i certyfikacja dla Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (2004) oraz walidacja metod pomiarowych działek rolnych dla JRC (2005), opracowano wzór standardu, który pozwoli na sprawdzenie odbiorników GNSS pod względem wymagań stawianych przez Komisję Europejską i Agencję Płatnicze.

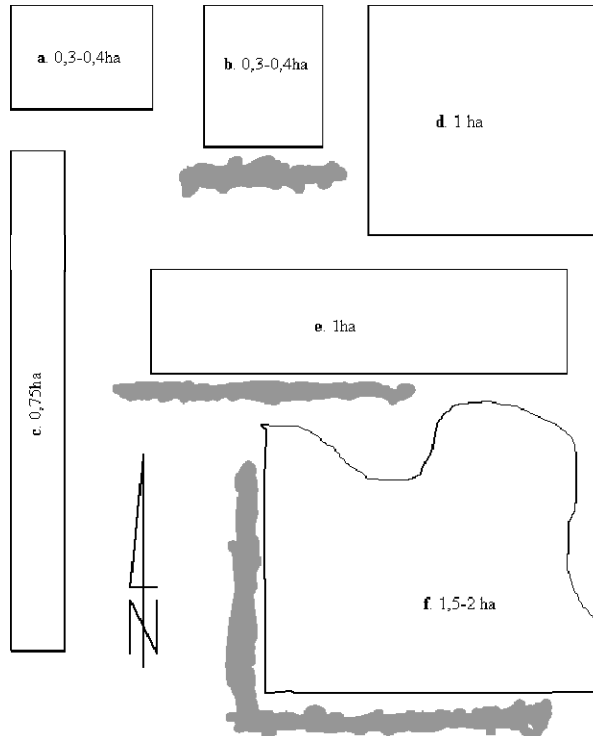
## **DZIAŁKI TESTOWE**

Procedura walidacji musi uwzględniać pomiary działek o różnej wielkości, różnych kształtach oraz różne warunki pomiarowe. Poligon testowy powinien składać się z minimum 6 działek o zróżnicowanej wielkości, kształcie i zasłonach sfery niebieskiej. Przykładowy schemat działek, który można wykorzystać w procedurze testowania, zaprezentowano na rysunku 1. Proponuje się, aby działki biorące udział w testach były zamarkowane w terenie palikami drewnianymi o długości 1 metra w narożnikach oraz dodatkowo przetyczone wzdłuż granic działek co 15–20 metrów palikami drewnianymi o długości 35 cm. Każda z działek powinna mieć swój kolor palików, aby uniknąć nieporozumień podczas pomiarów. Po zastabilizowaniu działek w terenie należy dokonać ich precyzyjnego pomiaru, najlepiej tachimetrem elektronicznym oraz dowiązania pola testowego do układu ETRF'89.

## **TESTY POLOWE**

Testy polowe powinny trwać przez minimum 6 dni, zaleca się, aby godziny pomiarowe w kolejnych dniach były jednakowe. W każdym dniu pomiarowym każda z działek powinna być przynajmniej 4 razy. Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów polowych operator powinien dokładnie zapoznać się z testowanym odbiornikiem, jego

możliwościami i opcjami. Niezwykle istotna jest także znajomość działek zastabilizowanych w terenie. Posiadając jeden odbiornik i korzystając z wcześniej zaprezentowanego schematu poligonu testowego, proponuje się wykorzystać kolejność pomiarów zaprezentowaną w tabeli 1. Przy tak zaplanowanym pomiarze dzień pomiarowy będzie trwał około 4 godzin. Wszystkie zebrane dane pomiarowe powinny być zapisane i przechowywane w formacie GIS do dalszych obliczeń i analiz.



Rys. 1. Sugerowany schemat poligonu testowego

Fig. 1. Suggested land parcels schema for the testing procedure

Tabela 1. Sugerowana kolejność pomiarów dla pojedynczego odbiornika

Table 1. Proposed measurement schedule for single receiver testing

	Dzień 1, Dzień 4 Day 1, Day 4				Dzień 2, Dzień 5 Day 2, Day 5				Dzień 3, Dzień 6 Day 3, Day 6			
	rano morning		po południu afternoon		rano morning		po południu afternoon		rano morning		po południu afternoon	
	a	b	a	b	c	d	c	d	e	f	e	f
	b	c	b	c	d	e	d	e	f	a	f	a
	c	d	c	d	e	f	e	f	a	b	a	b
	d	e	d	e	f	a	f	a	b	c	b	c
	e	f	e	f	a	b	a	b	c	d	c	d
	f	a	f	a	b	c	b	c	d	e	d	e

## OPRACOWANIE STATYSTYCZNE

Po zakończeniu prac polowych niezbędne jest opracowanie statystyczne zebranych wyników. Analizy statystyczne należy przeprowadzić zgodnie z normą ISO 5725-2 – „Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów – Część 2: Podstawowa metoda określania powtarzalności i odtwarzalności standardowej metody pomiarowej”. W pierwszym etapie procesu analiz statystycznych należy zidentyfikować obserwacje odstające (outliers). W przypadku obserwacji GPS tzw. „pooling factor”, czyli współczynnikiem, od którego spodziewana jest największa zależność otrzymanych wyników, jest dzień obserwacji. W celu wykrycia obserwacji odstających stosowane są następujące testy:

- Statystyki  $h$  oraz  $k$  **Mandel’a**, wyliczone dla każdego dnia pomiarowego. Wartości krytyczne brane pod uwagę to poziom 1% (outlier) oraz 5% (straggler) rozkładu  $\chi^2$ .
- Test **Cochran’a** sprawdza, czy różnice pomiędzy pomiarami poszczególnych działek są jednakowe dla każdego z dni pomiarowych. Jeśli wynik statystyk przekracza 1% wartości krytycznej, pomiar jest uznany za odstający i zostaje usunięty z dalszych obliczeń. Wartość krytyczna przyjęta z rozkładu  $\chi^2$ .
- Test **Grubbs’a** analizuje pomiary odstające dla poszczególnych dni obserwacyjnych. Liczony jest współczynnik  $G$ , którego wartościami krytycznymi są: 1% (outlier) oraz 5% (straggler) rozkładu  $\chi^2$ .

Po przeprowadzeniu testów dotyczących eliminacji obserwacji odstających można przystąpić do wyliczenia szeregu parametrów statystycznych takich jak: błąd średni pomiaru pola, odchylenie standardowe, błąd systematyczny instrumentu (bias), wielkość bufora i inne. Tak przeprowadzone statystyki kończą proces certyfikacji i dają jasną odpowiedź, czy dany instrument spełnia stawiane przez Komisję Europejską wymagania.

Oprócz szczegółowej procedury walidacji i certyfikacji odbiorników GNSS nie można zapominać, że pomiar w bardzo dużej mierze zależy od osoby wykonującej pomiar. Obserwator powinien mieć odpowiednie kwalifikacje, a inspektor terenowy bezwzględnie powinien przejść odpowiednie szkolenie teoretyczne i praktyczne potwierdzone stosownym certyfikatem.

## SZKOLENIE OBSERWATORÓW

Jak wspomniano już wcześniej, prawidłowe szkolenie obserwatorów, a w szczególności inspektorów terenowych, jest nie mniej ważne od procesu certyfikacji odbiornika GNSS. Operator musi mieć odpowiednią wiedzę teoretyczną, aby sprawnie i poprawnie wykonać pomiar oraz podjąć odpowiednie kroki w razie problemów. Szkolenie teoretyczne powinno obejmować następującą tematykę:

**Podstawowe definicje:** powierzchnie odniesienia: elipsoida GRS80, płaszczyzna odniesienia; systemy współrzędnych: geograficzny WGS’84, kartezyjański 3D; odwzorowania kartograficzne na płaszczyznę; układy współrzędnych: lokalne, państwowe, globalne; transformacje pomiędzy różnymi układami współrzędnych; podstawy pozycjonowania satelitarnego.

**Planowanie pomiaru:** wybór odpowiednich metod pomiarowych: klasyczne – taśma, tachimetr elektroniczny, inne; satelitarnych – autonomiczny GPS, EGNOS, DGPS, RTK; technologie fotogrametryczne.

**Pozycjonowanie GPS/EGNOS:** architektura systemu, sygnały, pomiary, odbiorniki; różnicowy GPS (DGPS/RTK): systemy lokalne – naziemne, systemy satelitarne EGNOS/WAAS; źródła błędów, ocena dokładności pozycjonowania.

**Satelitarny pomiar powierzchni działki rolnej:** metoda punktowa, metoda ciągła (kinematyczna), metoda kombinowana – klasyczna + satelitarna; ocena dokładności; obliczenie dopuszczalnego bufora błędu.

**Opracowanie danych pomiarowych:** zgranie obserwacji; oprogramowanie do obróbki pomiarów polowych; wizualizacja pomiarów; transformacje; kontrola jakości; archiwizacja danych.

**Ocena dokładności i wiarygodności otrzymanych wyników:** dokładność = precyzja + błędy systematyczne; estymacja dokładności metodą najmniejszych kwadratów; współczynniki DOP; błędy systematyczne i ich redukcje; niezależna kontrola pomiarów GNSS.

Oprócz zagadnień teoretycznych przedstawionych powyżej każdy uczestnik szkolenia powinien także zapoznać się praktycznie z pomiarami polowymi ich opracowaniem oraz wypełnianiem protokołów z kontroli na miejscu.

## PODSUMOWANIE

Zgodnie z Art. 23 of R.796/2004 kontrole na miejscu powinny być wykonane w taki sposób, aby zapewnić efektywną weryfikację zgodności warunków przyznania dopłat bezpośrednich. Obecnie przy pomiarach GNSS obowiązuje tolerancja techniczna obwodowa, wynosząca: obwód działki pomnożony przez 1.25 m. Obecnie Komisja Europejska zaleca przeprowadzanie testów mających na celu walidację i certyfikację sprzętu GNSS wykorzystywanego w pomiarach kontrolnych wniosków o dopłaty, w niedalekiej przyszłości należy się spodziewać, że wymóg przeprowadzenia testów będzie obowiązkowy. Tematyką walidacji i certyfikacji odbiorników oraz szkoleniami i certyfikacją obserwatorów zajmuje się także projekt FieldFact, którego głównym zadaniem jest promowanie i wdrażanie europejskich systemów satelitarnych w rolnictwie.

## PIŚMIENNICTWO

- Bogaert P., Delincé J., Kay S., 2005. Assessing the error of polygonal area measurements: a general formulation with applications to agriculture, *Meas. Sci. Technol.* 16 (2005) 1170–1178.
- Ciecko A., Oszczak S., 2005. *Validation of Methods for Measurement of Land Parcel Areas: GPS Results*, Presentation at the GPS Workshop, Wageningen, Netherlands, 5–6 October 2005 [http://agrifish.jrc.it/marspac/LPIS/meetings/GPSWorkshop2005/Ciecko\\_Oszczak\\_JRC\\_Workshop.pdf](http://agrifish.jrc.it/marspac/LPIS/meetings/GPSWorkshop2005/Ciecko_Oszczak_JRC_Workshop.pdf)
- Ciecko A., Oszczak S., 2005. *Validation of GPS Methods and Equipment for IACS Parcel Area Checks in Poland*, Workshop on EGNOS Performance and Applications Gdynia, 27-28. 10. 2005, CD ROM Proceedings.
- DIRECTIVE 2004/22/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 31 March 2004 on measuring instruments, *Official Journal of the European Union*, L 135/1, 30.4.2004.
- Hejmanowska B. et al., 2005. Validation of methods for measurement of land parcel areas. Final report. [http://agrifish.jrc.it/Documents/lpis/ValidationMethodFinalVer2\\_2.pdf](http://agrifish.jrc.it/Documents/lpis/ValidationMethodFinalVer2_2.pdf)

- Kay S., 2005. *Field Area Checks Using GPS*, GIM International, July 2005, Volume 19, Issue 7, [http://www.gim-international.com/issues/articles/id502-Field\\_Area\\_Checks\\_Using\\_GPS.html](http://www.gim-international.com/issues/articles/id502-Field_Area_Checks_Using_GPS.html)
- Kay S., 2006a. *Field Area Checks Using GPS (2)*, GIM International, January 2006, Volume 20, Issue 1, [http://www.gim-international.com/issues/articles/id602-Field\\_Area\\_Checks\\_Using\\_GPS.html](http://www.gim-international.com/issues/articles/id602-Field_Area_Checks_Using_GPS.html)
- Kay S., 2006b. *Technical tolerances for On the Spot checks v2.1*. Technical Information Document <http://agrifish.jrc.it/documents/control/recommendations/5834.pdf>
- Oszczak S. et al., 2004. Assessment and development of selection criteria for GPS measurement methods and equipment to ensure required accuracy and reliability of area-based subsidies control in IACS. Report for ARMA, Poland.
- Oszczak S., Ciećko A., 2006. Analiza dokładności pomiaru działek rolnych techniką GPS dla celów kontroli obszarowych w systemie IACS; Geodezja, tom 12, zeszyt 2/1, 2006.
- Oszczak S., Ciećko A., 2006. *Proposed Procedure of Validation and Certification of GNSS Instruments and Observers*, 12th MARS-PAC Conference „Geographical information in support of the CAP”, Toulouse (France), 27-29 Nov 2006, JRC Scientific and Technical Reports – EUR 22160 EN – 2007, pp. 13-15.

## **SATELLITE TECHNOLOGY IN MODERN AGRICULTURE, PROCEDURE OF VALIDATION AND CERTIFICATION OF GNSS INSTRUMENTS AND OBSERVERS FOR IACS SYSTEM**

**Abstract.** The paper presents main goals of FieldFact project performed in the frame of 6<sup>th</sup> Framework Programme of European Commission. The project promotes and demonstrates use of European satellite systems EGNOS and Galileo in modern agriculture. Second part of the paper gives some proposals for procedure of validation of GPS equipment to ensure the required level of accuracy and reliability for parcel area measurements during on-the-spot control for IACS and for precise farming. The proposed procedure and programme of training of observers for certification of proficiency to confirm the minimum required professional skill is also discussed.

**Key words:** GNSS, IACS, agriculture, certification

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 18.12.2007