

Wpłynęło 09.11.2011 r.
Zrecenzowano 13.12.2011 r.
Zaakceptowano 04.01.2012 r.

Wykorzystanie zdalnych systemów rejestracji danych do kontroli pól uprawnych

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Jan BARWICKI^{ABCDEF}, Wacław ROMANIUK^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie

Streszczenie

Zdalnymi systemami rejestracji danych są systemy satelitarne, skanery instalowane na samolotach, anteny instalowane na powierzchni ziemi oraz urządzenia montowane bezpośrednio na ciągnikach i maszynach rolniczych. Wykorzystanie skanerów do zdalnej kontroli działek nazywane jest często teledetekcją. Umożliwiają one pozyskiwanie informacji o strukturze gruntów, rodzajach upraw, w tym roślin na pasze oraz usprawniają proces zarządzania systemem dopłat w ramach systemu komputerowego IACS. Przyczyniają się także do rozwoju rolnictwa precyzyjnego przez sterowanie maszynami rolniczymi w pracach polowych, monitorowanie plonów i biomasy, pobieranie prób glebowych, zmienne dawkowanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, pomiary pól i upraw, monitoring zwierząt, monitorowanie pracy maszyn rolniczych. Przetworzone zdjęcia lotnicze i satelitarne, wpasowane w punkty osnowy geodezyjnej w określonym układzie współrzędnych, występują w postaci ortofotomap. Rolnictwo precyzyjne jest elementem zrównoważonego rozwoju, gwarantuje uzyskanie plonów o wyższej jakości, wpływa na ograniczenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego oraz zmniejszenie kosztów produkcji. Przedstawiona w pracy analiza systemu do rejestracji danych, do kontroli produkcji pasz umożliwiła ocenę jakości uprawy roślin w kontekście produkcji zrównoważonej.

Słowa kluczowe: systemy satelitarne, zdjęcia lotnicze, teledetekcja, kontrola, uprawy polowe, rośliny uprawne

Wstęp

W związku z dopłatami bezpośrednimi, w tym do zasiewów polowych z przeznaczeniem na susz paszowy, rolnicy coraz częściej doceniają zalety pomiaru pól z wykorzystaniem odbiorników GPS (Global Positioning System). Korzyści, jakie



uzyskują rolnicy, dotyczą przede wszystkim możliwości szybkiego i precyzyjnego pomiaru działek rolnych, które nie obejmują w całości działek ewidencyjnych, mają nieregularne kształty, w obrębie których znajdują się takie wyłączenia, jak grunty zabagnione, zakrzaczone lub o innym przeznaczeniu niż produkcja rolna.

W obszarze produkcji rolnej systemy satelitarne umożliwiają uzyskanie informacji o strukturze gruntów, rodzajach upraw i zasobności środowiska. Ponadto usprawniają one proces zarządzania systemem dopłat w ramach systemu komputerowego IACS.

Systemy satelitarne przyczyniają się do rozwoju rolnictwa precyzyjnego, umożliwiają bowiem sterowanie maszynami rolniczymi w pracach polowych, monitorowanie pracy tych maszyn, monitorowanie plonów i biomasy, pobieranie prób glebowych, zmienne dawkowanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, pomiary pól i upraw oraz generowanie identyfikatorów poszczególnych działek rolnych. Rolnictwo precyzyjne jest elementem zrównoważonego rozwoju [ROMANIUK 2010] i gwarantuje uzyskanie plonów o wyższej jakości, a także wpływa na ograniczenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego oraz zmniejszenie kosztów produkcji.

W ramach programów wsparcia obszarów wiejskich na lata 2007–2013, wdrażanych przez ARiMR i współfinansowanych przez UE, przewidziano ok. 40 mld euro, w tym ok. 30 mld euro ze środków UE i ok. 10 mld euro w ramach współfinansowania krajowego. Dodatkowo, w tym okresie ARiMR wypłaci ponad 6 mld zł w ramach instrumentów tzw. pomocy krajowej [BARWICKI 2011a]. Tak duży strumień pieniędzy, kierowany do sektora rolniczego i na rozwój obszarów wiejskich, wymaga sprawnego systemu kontroli, zapewniającego prawidłowe wykorzystywanie środków finansowych oraz zapobiegającego powstawaniu nieprawidłowości i nadużyć. Funkcję tę pełni Zintegrowany System Zarządzania i Kontroli IACS (Integrated Administration and Control System), który umożliwia wypłacanie wsparcia finansowego w ramach realizowanych specjalnych programów.

System kontroli jest realizowany przez zastosowanie zaawansowanych mechanizmów ewidencji danych beneficjentów poszczególnych programów. W ramach zintegrowanego systemu kontroli jednym z rodzajów kontroli, z którym bardzo często spotykają się rolnicy, jest kontrola przeprowadzana bezpośrednio w gospodarstwie rolnika, tzw. kontrola na miejscu oraz wizytacja w miejscu realizacji operacji.

Kontrole na miejscu przeprowadza się w celu sprawdzenia i weryfikacji faktów stanowiących podstawę przyznania płatności, potwierdzenia zgodności danych i informacji, zawartych we wnioskach pomocowych [BARWICKI 2011a] ze stanem faktycznym.

Upoważnienia do wykonywania czynności kontrolnych w ramach PROW 2007–2013 są wydawane na podstawie ustaw o wspieraniu rozwoju obszarów wiejskich z udziałem środków Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obsza-

rów Wiejskich [Ustawa... 2007], odpowiednio przez prezesa ARiMR, prezesa ARR lub właściwy organ podmiotu wdrażającego, tj. marszałka województwa, dyrektora Fundacji Programów Pomocy dla Rolnictwa, oraz o wspieraniu rozwoju obszarów wiejskich ze środków pochodzących z Sekcji Gwarancji Europejskiego Funduszu Orientacji i Gwarancji Rolnej [Ustawa... 2003]. Zestawienie przepisów prawnych krajowych i Unii Europejskiej, obligujących do przeprowadzania kontroli działek roślin uprawnych i innych działek rolnych, do których przysługują dopłaty unijne, podano na końcu artykułu.

Celem publikacji jest analiza możliwości zastosowania zdalnych systemów rejestracji danych do kontroli produkcji pasz.

Dane przestrzenne o polach uprawnych

Mapy papierowe terenów rolnych są zastępowane mapami cyfrowymi, tworzonymi w systemach GIS (Geographic Information System). Mapy glebowe w formie papierowej mogą być przekształcone na formę wektorową. Wymaga to ponownego narysowania działek rolnych z wykorzystaniem odpowiedniego programu komputerowego, pracującego w technice GIS, na podstawie podkładu, którym jest zeskanowana mapa papierowa.

Wykorzystanie danych przestrzennych w technologii uprawy wymaga, aby wszystkie zgromadzone dane występowały w tym samym układzie odniesienia, dlatego niezbędne jest zintegrowanie danych pozyskiwanych z różnych źródeł, takich jak: pomiarów geodezyjnych, zdjęć lotniczych, zdjęć satelitarnych, danych pozyskiwanych za pomocą skanerów i sensorów, przyrządów zamontowanych na maszynach rolniczych współpracujących z odbiornikami GPS [OSZCZAK 2004].

Coraz więcej firm lotniczych wykonuje wielospektralne zdjęcia w formie cyfrowej. Zdjęcia lotnicze po wykonaniu muszą być przetworzone na format ortogonalny, wówczas mają one jednolitą skalę na całym obszarze.

Przetworzone zdjęcia lotnicze i satelitarne, wpasowane w punkty osnowy geodezyjnej w określonym układzie współrzędnych, nazywamy ortofotomapą. Zdjęcia lotnicze przetworzone do postaci ortofotomapy można nabyć w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie. Cena zdjęcia przedstawiającego pole uprawne w kształcie kwadratu o powierzchni ok. 500 ha wynosi 700 zł [BARWICKI 2011b]. Największa rozdzielczość możliwa do uzyskania wynosi kilkanaście centymetrów (wymiar pojedynczego piksela w odniesieniu do rzeczywistej powierzchni).

Mówiąc o systemie GPS (Global Positioning System), mamy na myśli opracowany w USA system dokładnego określania położenia obiektów na powierzchni ziemi. Składa się on z 24 satelitów, krążących nad powierzchnią ziemi na wysokości nieco ponad 20 tys. km i nazywa NAVSTAR (Navigation Signal Timing and Ranking).

Satelity rozmieszczono nad powierzchnią ziemi w taki sposób, aby co najmniej 4 z nich były widoczne z każdego punktu na powierzchni naszego globu. Pozycja odbiornika GPS jest określana na podstawie czasu między emisją a odbiorem sygnału radiowego z poszczególnych satelitów. Odpowiednie przeliczenie czasu na odległość umożliwia określenie pozycji obiektu na powierzchni (współrzędnych X,Y) oraz jego wysokość (Z). System GPS umożliwia dokładne określenie czasu, prędkości i kierunku poruszania się obiektu.

Unia Europejska przystąpiła do instalowania bardziej dokładnego systemu określania pozycji obiektów na ziemi o nazwie GALILEO. Jednak system ten zacznie pracować z pełną wydajnością dopiero w 2020 r.

Przedstawione dane przestrzenne, dotyczące pól uprawnych, mogą być wykorzystane w tzw. rolnictwie precyzyjnym. Rolnictwo precyzyjne to gospodarowanie wspomagane komputerowo, oparte głównie na gromadzeniu danych o przestrzennym zróżnicowaniu plonów w obrębie pola [BARWICKI 2011c].

Rejestracja wielkości plonu w miejscu pola o dokładnie określonych współrzędnych odbywa się w kombajnie wyposażonym w miernik plonów oraz na podstawie satelitarnego referencyjnego systemu globalnego pozycjonowania GPS. Dane te, po przeniesieniu do komputera, wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie, są przetwarzane w barwną mapę plonów, której analiza i interpretacja stanowią najistotniejszy element tej technologii. Na podstawie mapy plonów stosuje się wybiórczo zabiegi nawożenia i ochrony roślin, polegające na tym, że te części pola, które mogą wydać większy plon otrzymują odpowiednio dostosowany do niego wyższy poziom nawożenia i intensywniejszą ochronę roślin, natomiast te, które mają mniejszy potencjał plonotwórczy – odpowiednio mniej [BARWICKI i in. 2011]. Do tego celu używa się maszyn do precyzyjnej aplikacji nawozów i środków ochrony roślin. Samojedźny agregat do przeprowadzania zabiegów nawożenia precyzyjnego i ochrony roślin firmy Case, wyposażony w satelitarny system sterowania zabiegami, przedstawia zdjęcie 1.

Wykorzystanie zdalnej oceny wegetacji i wzrostu roślin

Do zdalnej oceny stanu wzrostu roślin pastewnych należy teledetekcja. Jest to zespół technik pozyskiwania i przetwarzania informacji na podstawie rejestracji odbitego lub emitowanego promieniowania elektromagnetycznego za pomocą urządzeń naziemnych, montowanych na maszynach rolniczych lub krążących wokół ziemi, instalowanych na samolotach.

Dane pozyskiwane metodami teledetekcyjnymi są integrowane z informacją o zmienności przestrzennej gleby i roślin, otrzymywaną z urządzeń rejestrujących zmiany poszczególnych parametrów, istotnych z punktu widzenia zastosowania w rolnictwie precyzyjnym. Metody teledetekcyjne umożliwiają zdalne, i tym samym przyjazne monitorowanie wzrostu i rozwoju roślin, w krótkich odstępach czasu oraz w różnych fazach ich rozwoju, co w przypadku roślin pastewnych jest bardzo istotne [BARWICKI 2011c].



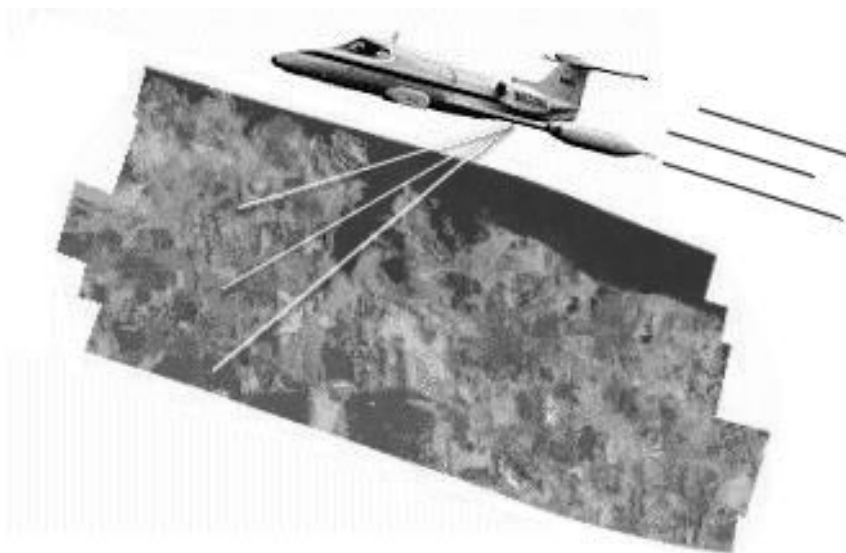
Źródło: materiały informacyjne firmy Case Co. [2011]. Source: Case Co. information data [2011].

Fot. 1. Agregat do przeprowadzania zabiegów nawożenia i ochrony roślin firmy Case, przystosowany do satelitarnego sterowania zabiegami

Fig. 1. Case Co. aggregate for fertilization and plant protection treatment, equipped with a satellite steering system

Typowym przykładem wykorzystania teledetekcji w uprawach polowych jest amerykańska firma NASA, która wykorzystuje system ATLAS (Advanced Thermal and Land Application Sensor). Jest to urządzenie typu skaner, zainstalowane na lekkim samolocie odrzutowym i wyposażone w 15 wielospektralnych kanałów, wychwytyjących promieniowanie cieplne, promieniowanie podczerwone oraz widma widzialne. Zestaw ten jest wyposażony również w system kalibracji w pełnym zakresie fal. Ma on rozdzielczość 2 m na jeden piksel. W czasie lotu system może rejestrować ścieżkę pola pod kątem 30° z każdej strony samolotu. Rejestracja danych odbywa się w przedziale co jedną sekundę, dlatego z każdego lotu powstaje bardzo dużo materiału, który najpierw poddawany jest korekcji związanej z nieregularnością lotu, a następnie dokonuje się korekt kalibracyjnych, dotyczących samego terenu, będącego przedmiotem rejestracji. Dopiero potem można przystąpić do właściwego odczytu danych w wersji dwuwymiarowej, dającej konkretne korzyści podczas opracowywania cyfrowych map pól uprawnych gospodarstwa rolnego [GOZDOWSKI i in. 2007].

Na skanach najprościej jest odróżnić rośliny w pełnym słońcu, jedne bowiem mają właściwości obrony przed promieniowaniem cieplnym gromadząc zimną wodę w liściach, inne nie, dlatego na tej podstawie można odróżnić rodzaj upraw. System skanowania jest łatwiejszy do zastosowania w konkretnych warunkach polowych niż wykonywanie zdjęć satelitarnych. Sposób wykorzystania lekkiego amerykańskiego samolotu odrzutowego firmy NASA oraz systemu teledetekcji ATLAS do wykonywania skanów warstwowych roślin uprawnych w celu oceny ich zapotrzebowania na składniki odżywcze przedstawia zdjęcie 2.



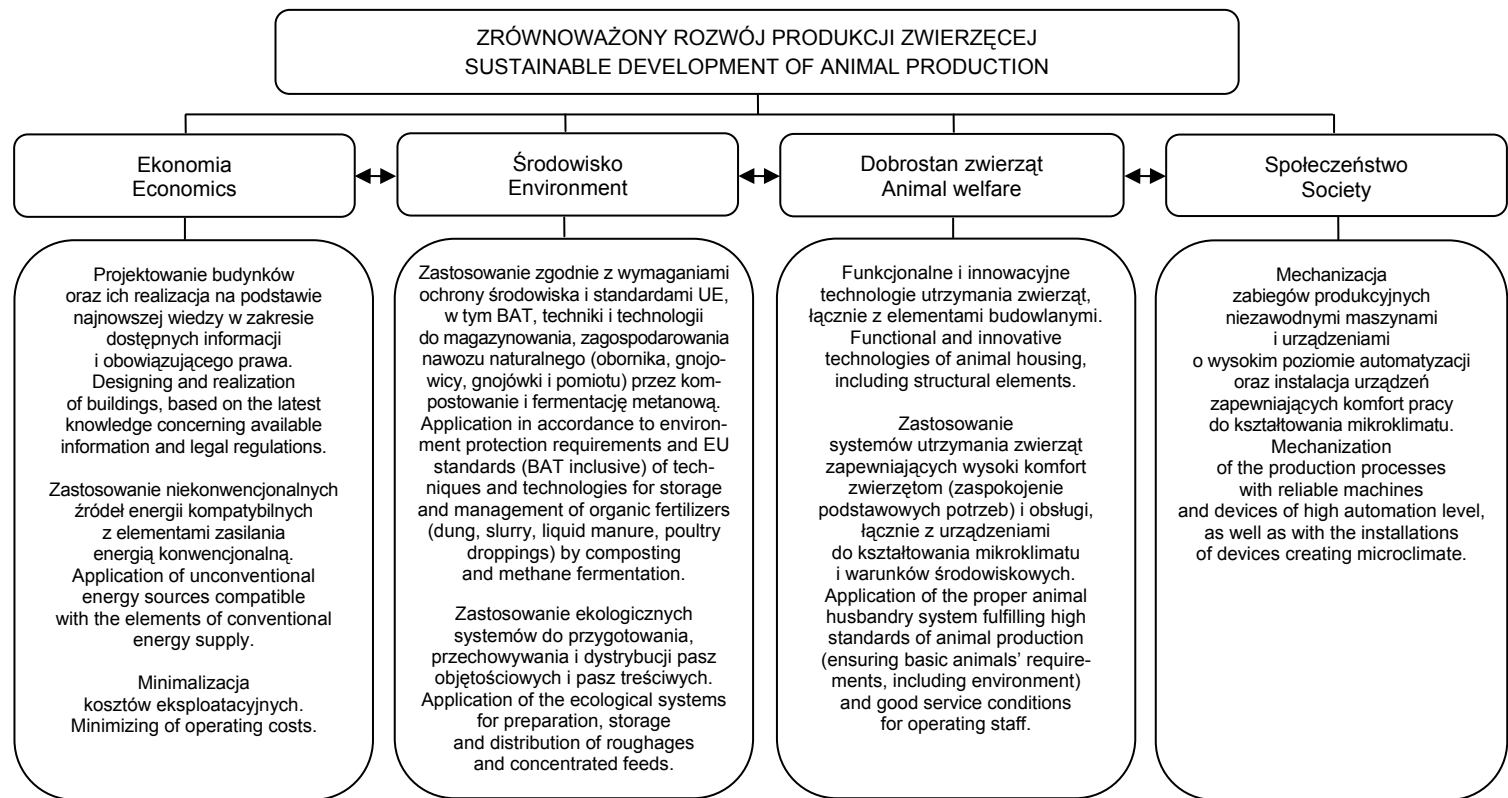
Źródło: materiały informacyjne firmy Case Co. [2011]. Source: Case Co. information data [2011].

Fot. 2. Wykonywanie skanów obszarów z uprawami rolniczymi w USA z wykorzystaniem lekkiego samolotu odrzutowego i systemu teledetekcji ATLAS

Fig. 2. Scanning of field crop area in the US with the use of a small jet and ATLAS teledetection system

Aparatura zainstalowana w samolocie wykonuje skany warstwowe pól uprawnych z roślinami paszowymi w celu oceny ich potrzeb odżywczych i utworzenia map cyfrowych. Mapy te przedstawiają przestrzenny potencjał produkcyjny – obrazują oczekiwaną produktywność różnych odmian upraw polowych z przeznaczeniem na pasze oraz żyzność gleby w aspekcie potencjalnego nawożenia z zastosowaniem nawozów mineralnych, nawozów organicznych w dokładnie takich ilościach [BARWICKI 2011d], w jakich istnieje potrzeba w poszczególnych miejscach pola zaplanowanego pod konkretną roślinę pastewną, o znanych wymaganiach odnośnie do osiągnięcia wysokiego plonu z hektara. Takie podejście w zakresie precyzyjnego sterowania uprawą roślin paszowych daje podstawy do kształtowania zrównoważonego rolnictwa, a zwłaszcza produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem następujących czynników według ROMANIUKA [2010], dotyczących kształtowania środowiska, dobrostanu zwierząt i społeczeństwa, co przedstawiono na rysunku 1.

Aby sprawdzić wielkość działek uprawnych deklarowanych przez rolników do płatności powierzchniowych, stosuje się następujące przyrządy pomiarowe: odbiornik GPS, tachimetr elektroniczny i taśmę mierniczą [GOZDOWSKI i in. 2007].



Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Rys. 1. Elementy kształtujące rozwój nowoczesnego systemu produkcji zwierzęcej
Fig. 1. Elements shaping the development of modern animal production system

Podsumowanie

Systemy satelitarne umożliwiają pozyskiwanie informacji o strukturze gruntów, różnych rodzajach upraw, w tym roślin na pasze. Ponadto usprawniają proces zarządzania systemem dopłat w ramach systemu komputerowego IACS [OSZCZAK 2004], przyczyniają się do rozwoju rolnictwa precyzyjnego przez sterowanie maszynami rolniczymi w pracach polowych, monitorowanie plonów i biomasy, pobieranie prób glebowych, zmienne dawkowanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, pomiary pól i upraw, monitorowanie pracy maszyn rolniczych.

Przetworzone zdjęcia lotnicze i satelitarne, wpasowane w punkty osnowy geodezyjnej w określonym układzie współrzędnych, występują w postaci ortofotomap i umożliwiają dokładną ocenę upraw polowych w aspekcie wielkości działek, jak również występujących na nich roślin uprawnych.

Wykorzystanie zdalnych metod pomiarów i rejestracji danych gwarantuje uzyskanie plonów o wyższej jakości, a także wpływa na ograniczenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego oraz zmniejszenie kosztów produkcji.

Metody teledetekcyjne umożliwiają zdalne, a tym samym niedestrukcyjne, monitorowanie wzrostu i rozwoju roślin, w krótkich odstępach czasu oraz w różnych fazach ich rozwoju.

Precyzyjne sterowanie uprawami roślin daje podstawy do kształtowania zrównoważonego rolnictwa, a zwłaszcza produkcji zwierzęcej.

Podstawy prawne krajowe i unijne, dotyczące kontroli upraw polowych

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 31 sierpnia 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu przeprowadzania kontroli na miejscu i wizytacji na miejscu w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013 (Dz.U. 2007 nr 168 poz. 1181);

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 31 maja 2007 r. w sprawie warunków, jakie powinny spełniać jednostki organizacyjne, którym można powierzyć wykonywanie czynności kontrolnych w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013 (Dz.U. 2007 nr 101 poz. 685);

Rozporządzenia Komisji (WE) 484/2009 z 9 czerwca 2009 r. zmieniające rozporządzenie (WE) 1975/2006 ustanawiające szczegółowe zasady stosowania rozporządzenia Rady (WE) 1698/2005 w zakresie wprowadzenia procedur kontroli, jak również wzajemnej zgodności w odniesieniu do środków wsparcia rozwoju obszarów wiejskich;

Rozporządzenie Komisji 1975/2006 z 7 grudnia 2006 r., ustanawiające szczegółowe zasady stosowania rozporządzenia Rady (WE) 1698/2005 w zakresie wprowadzenia procedur kontroli, jak również wzajemnej zgodności w odniesieniu do środków wsparcia rozwoju obszarów wiejskich;

Rozporządzenie Rady 1290/2005 z 21 czerwca 2005 r. w sprawie finansowania wspólnej polityki rolnej;

Rozporządzenie Rady 1698/2005 z 20 września 2005 r. w sprawie wsparcia rozwoju obszarów wiejskich przez Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich.

Bibliografia

BARWICKI J. 2011a. General aspects and international regulations concerning soil tillage conservation from the point of view of agricultural crop production and environment protection. W: Conservation tillage systems and environment protection in sustainable agriculture. Pr. zbior. Red. E. Kamiński. Monografia. Falenty. ITP s. 7–21.

BARWICKI J. 2011b. Kontrola zasiewów polowych z przeznaczeniem na pasze z wykorzystaniem systemów satelitarnych, zdjęć lotniczych i teledetekcji. W: Materiały XVII Międzynarodowej Konferencji Naukowej. Warszawa, 20–22 września 2011. Monografia. Falenty. ITP s. 170–178.

BARWICKI J. 2011c. Some aspects of plants cultivation using precision agriculture. W: Development trends in soil cultivation and fertilization engineering in the aspect of organic farming standards. Pr. zbior. Red. E. Kamiński. Monografia. Falenty. ITP s. 127–160.

BARWICKI J. 2011d. Problem skali w badaniach eksperymentalnych procesów mieszania produktów rolniczych i żywnościowych. W: Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowej. Kielce, 10–11 marca 2011. Falenty. ITP ss. 6.

BARWICKI J., GACH S., IVANOV S. 2011. Input analysis of maize harvesting and ensilaging technologies. Agronomy Research. Biosystems Engineering. Vol. 9. spec. Iss. 1 s. 31–36.

GOZDOWSKI D., SAMBORSKI S., SIOMA S. 2007. Rolnictwo precyzyjne. Warszawa. SGGW. ISBN 978-83-7244-858-3 ss. 130.

Materiały informacyjne firmy Atlas 2011.

Materiały informacyjne firmy Case Co. 2011.

OSZCZAK S. 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. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski ss. 24.

ROMANIUK W. 2010. Kierunki zrównoważonego rozwoju technologii i budownictwa w chowie zwierząt. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 s. 121–128.

Ustawa z dnia 28 listopada 2003 r. o wspieraniu rozwoju obszarów wiejskich ze środków pochodzących z Sekcji Gwarancji Europejskiego Funduszu Orientacji i Gwarancji Rolnej. Dz.U. 2003. Nr 229 poz. 2273 z późn. zm.

Ustawa z dnia 7 marca 2007 r. o wspieraniu rozwoju obszarów wiejskich z udziałem środków Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich. Dz.U. 2007. Nr 64 poz. 427 z późn. zm.

Jan Barwicki, Wacław Romaniuk

**APPLICATION OF THE REMOTE DATA COLLECTION SYSTEM
TO CONTROLLING THE CROP FIELDS**

Summary

Remote control systems include the satellite systems, scanners installed on the aircrafts, antennas installed on the ground surface, as well as monitoring systems mounted directly on the tractors and agricultural machines. Application of the scanners to remote field control is often determined as a remote sensing; they enable to obtain the information on soil structure and various crops, forage plants inclusive. Moreover, they monitor actual state of plants, rationalize process of managing the surcharges within IACS computer system. Remote systems contribute to development of precision farming through the steering of agricultural machines in field operations, monitoring of biomass and crop yields, register sampling of soil, differentiate the doses of mineral fertilizers and plant protection chemicals to be applied, measure the fields and crops. Precision agriculture warrants not only getting high and good quality crop yields, but also influences on production costs. Data obtained by using teledetection make possible to integrate the information concerning spatial diversification of soil and crops, coming from register units provided recording on changes in different parameters to be applied under specific field conditions. Given in this paper analysis of data registration system for feed production control allowed qualitative evaluation of crop production in aspect of sustainable development.

Key words: satellite systems, aerial photographs, teledetection, remote control, field crops, cultivated plants

Adres do korespondencji:

dr inż. Jan Barwicki
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
e-mail: jan.barwicki@arimr.gov.pl