

Marek Matulewski

Technologie informacyjne i komunikacyjne w rolnictwie precyzyjnym

Ekonomiczne Problemy Usług nr 87, 443-451

2012

Artykuł został 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.

MAREK MATULEWSKI

Wyższa Szkoła Logistyki

TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I KOMUNIKACYJNE W ROLNICTWIE PRECYZYJNYM

Wprowadzenie

Prowadząc obecnie jakąkolwiek formę aktywności, trudno nie zauważyć daleko idących zmian zachodzących w otoczeniu. Stwierdzając ten fakt, mam na myśli fundamentalne przeistoczenia, które dokonały się w gospodarce oraz mentalności ludzkiej na przestrzeni ostatnich lat. Można wśród nich wyróżnić między innymi:

- istniejące regulacje prawne (zarówno lokalne jak i międzynarodowe),
- dostęp do zasobów naturalnych i ludzkich,
- rozwój technologii (m.in. EDI, Internetu, RFID, GSM, GPS)¹.

W następstwie ich wspólnego działania ekonomia oparta na materii i energii jest z powodzeniem zastępowana przez informację – jeden z paradygmatów cywilizacyjnych². Ekonomia przemysłowa jest zastępowana przez ekonomię opartą na wiedzy. Ponadto bardzo dynamiczny rozwój technologii i technik związanych z szybką wymianą danych (takich jak: mikroelektronika, informatyka, mobilna łączność) czy też biotechnologią i bioniką powoduje, że w efekcie znajdujemy się w dobie kolejnej (trzeciej) rewolucji. Stan gospodarki (zarówno lokalnej, jak i globalnej), w której nowoczesne technologie – jak również interakcje przez nie powodowane – w sposób wyraźny determinują wszelkie przejawy ludzkiej działalności³.

¹ W. Szymanowski, *Zarządzanie łańcuchami dostaw żywności w Polsce. Kierunki zmian*, Difin, Warszawa 2008, s. 18–22.

² K. Krzysztofek, M.S. Szczepańska, *Zrozumieć rozwój – od społeczeństw tradycyjnych do informacyjnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2002, s. 176.

³ T. Kaczmarek, *Globalna gospodarka i globalny kryzys*, Difin, Warszawa 2009, s. 60–63.

Gospodarka charakteryzuje się trzema następującymi cechami: po pierwsze, jest ona globalna, po drugie, faworyzuje byty niematerialne – idee, informacje i ich powiązania, po trzecie, jest silnie wewnętrznie połączona⁴. Przejawem procesu globalizacji jest powszechne zastosowanie różnego rodzaju rozwiązań elektronicznych obserwowanych obecnie w każdym przejawie ludzkiej działalności. Trend ten występuje nie tylko w przemyśle, ale również w szeroko rozumianych usługach czy też rolnictwie.

1. *Precision agriculture*

W literaturze przedmiotu (w zakresie rolnictwa) podstawową rozpatrywaną jednostką jest system gospodarowania. W dalszej części artykułu należy przez to pojęcie rozumieć sposób zagospodarowania przestrzeni rolniczej w zakresie produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz jej przetworzenia, wyceniony kryteriami ekologicznymi i ekonomicznymi⁵. Współcześnie należy dodatkowo nałożyć na tę definicję wymagania stawiane przez obecną rzeczywistość całkowicie zdominowaną przez informację. Według Komisji Europejskiej obok rolnictwa konwencjonalnego należy również wyodrębnić alternatywne systemy produkcji rolniczej. Należą do nich:

- rolnictwo ekologiczne, które jako naczelny aspekt działalności stawia metody produkcji mające na celu ochronę środowiska;
- rolnictwo zintegrowane, które w sposób holistyczny łączy metody produkcji nastawione na minimalizację zużycia niezbędnych nakładów energetycznych zewnętrznych przy zachowaniu efektywności;
- rolnictwo ochronne, które zmierza do ochrony gleby i zachowania jej produktywności;
- rolnictwo jakościowe, wykorzystujące metody wytwarzania produktów o dodatkowej wartości rynkowej;
- rolnictwo miejskie, którego funkcjonowanie ograniczone jest do granic administracyjnych miasta lub jego bezpośrednich obrzeży;
- rolnictwo trwałe – zastosowanie zasad ekologicznych w planowaniu zintegrowanych systemów produkcyjnych;
- rolnictwo precyzyjne, w którym bardzo duży nacisk położony jest na wykorzystywanie różnorodnych technologii informatycznych do różnorodnych działań (takich m.in. jak dopasowanie ilości nawozów, środków

⁴ K. Kelly, *Nowe reguły nowej gospodarki*, WIG-Press, Warszawa 2001, s. IX.

⁵ A. Harasim, *Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie*, IUNG, Puławy 2006, s. 113.

ochrony do potencjonalnego zapotrzebowania uprawianych roślin, automatyczne sterowanie różnego rodzaju maszynami itp.)⁶.

Z wyżej wymienionych obecnie najbardziej prężnie rozwija się rolnictwo precyzyjne. Jest ono systemem rolniczym wykorzystującym wysoko rozwinięte technologie nawigacyjne i informatyczne (*Global Positioning System* – GPS, oraz *Geographic Information System* – GIS)⁷. Fundamentem poprawnego funkcjonowania tego systemu produkcji rolnej jest efektywne zbieranie informacji o tzw. zmienności przyrodniczej określonego obszaru (np. uprawy) z bardzo dużą dokładnością. Współcześnie precyzja tego typu pomiarów dochodzi w skrajnych przypadkach do 1 cm². Następnie tak uzyskane dane wykorzystywane są do przygotowania (z uwzględnieniem dostosowanych do tej zmienności geograficznej) odpowiednich – wymaganych zabiegów agrotechnicznych, takich jak np. nawożenie oraz wykorzystanie środków ochrony chemicznej roślin. Należy podkreślić, że podstawą efektywnego funkcjonowania rolnictwa precyzyjnego jest posiadanie dokładnych danych cyfrowych (map) uzyskanych w oparciu o technologie GPS i GIS. Na ich podstawie (w oparciu o istniejący obrys danego obszaru, występujące naturalne lub sztuczne ograniczenia, zasobność gleby albo zmieniające się parametry fizykochemiczne) dokonuje się optymalizacji wykonywanych zabiegów^{8,9}.

GPS

Pełna nazwa tego systemu to GPS-NAVSTAR (*Global Positioning System* – *Navigation Signal Timing and Ranging*). Jest to ogólnodostępny (darmowy), utrzymywany przez Departament Obrony USA, satelitarny system nawigacyjny. Umożliwia on szybkie i dokładne wyznaczanie współrzędnych określających pozycję (tzn. poprzez podanie szerokości i długości geograficznej) anteny odbiornika za pomocą wirtualnego układu odniesienia. System składa się z trzech segmentów: segmentu kosmicznego, segmentu naziemnego i segmentu użytkownika.

Głównym celem systemu jest dostarczenie użytkownikowi informacji o jego położeniu oraz ułatwienie nawigacji po terenie. Jest on (cel) realizowany poprzez wyznaczenie współrzędnych konkretnego miejsca na Ziemi w dowolnie wybranym czasie. Przy wyznaczaniu pozycji anteny odbiornika występują cztery wielkości: trzy współrzędne pozycji oraz błąd zegara odbiornika. Ze względu na potrzebę pełnej synchronizacji czasu każdy satelita jest wyposażony w zespół złożony z tzw. atomowych wzorców częstotliwości, których zadaniem jest wygenerowanie na

⁶ *Perspective Analysis of agricultural Systems, Technical Report EUR 21311*, European Commission, Directorate General Joint Research Centre, Brussels 2005.

⁷ D. Gozdowski, J. Tyburski, S. Simona, *Rolnictwo precyzyjne*, SGGW, Warszawa 2007.

⁸ L. Zimny, *Definitions and Division of Farming Systems*, Acta Agrophysica 2007, Vol. 10 (2).

⁹ A.B. McBratney, B. Whelan, *Precision Agriculture*, McMillan, NSW, Sydney 2006, s. 274–275.

bieżący lokalnej skali czasu. Ze względu na wysoką stabilność takiego układu można z dużą dokładnością określić położenie danego obiektu w terenie w odniesieniu do czasu¹⁰.

Należy zdawać sobie sprawę, że elementem mierzonym jest czas, jaki zajmuje pokonanie drogi od satelity do odbiornika (dodatkowo satelita wysyła informację o czasie emisji sygnału)¹¹. Na tej podstawie obliczane są odległości poszczególnych satelitów od odbiornika.

Geographics Information System (GIS)

Współcześnie wykorzystanie różnorodnych komponentów środowiska w systemach społeczno-ekonomicznych wymaga zgromadzenia odpowiednich informacji. Jest to system informacji przestrzennej (geograficznej). Zawiera on podstawowe dane przestrzenne – w postaci danych cyfrowych – w wygodnej do dalszych zastosowań formie (na ogół w postaci mapy wektorowej).

System informacji przestrzennej zbudowany jest na ogół z odpowiednio przygotowanych podsystemów pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych cyfrowych uzbrojonych w odpowiedni sprzęt, oprogramowanie oraz kreatywny czynnik ludzki. Innymi słowy jest to zorganizowany zestaw złożony ze sprzętu komputerowego, oprogramowania, danych oraz osób, stworzony w celu realizacji konkretnych zadań. Specjalizuje się on w gromadzeniu, magazynowaniu, przygotowaniu, przetwarzaniu oraz udostępnianiu i późniejszym wykorzystywaniu danych przestrzennych (określających m.in. takie parametry, jak: położenie, wielkość, kształt oraz występujące pomiędzy nimi relacje topologiczne) i opisowych (precyzujące nieprzestrzenne właściwości i relacje obiektów).

Istniejące systemy informacji przestrzennej można podzielić m.in. w oparciu o dokładność (a co za tym idzie również szczegółowość) danych w nich przechowywanych. W konsekwencji wyodrębnia się:

- systemy informacji terenowej (*Land Information System, LIS*),
- systemy informacji geograficznej (*Geographics Information System, GIS*).

System informacji terenowej jest tworzony w oparciu o informacje uzyskiwane na podstawie bezpośrednich pomiarów w terenie oraz teledetekcji (m.in. wielkoskalowe zdjęcia lotnicze i satelitarne rzędu 1 : 5000 i większe).

System informacji geograficznej jest tworzony głównie w oparciu o dane przetworzone (informacja wtórna) dla celów kartograficznych. Dokładność ich wykonania oraz szczegółowość informacji w nich zawartych odpowiada skalom średnio i mało skalowym (rzędu 1 : 10 000 i mniejsze).

Posiada bardzo szerokie zastosowanie, takie jak np.:

- śledzenie ruchu pojazdów wyposażonych w GPS;

¹⁰ J. Narkiewicz, *GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne*, Wydawnictwo WKŁ, Warszawa 2007, s. 11–17.

¹¹ J. Długosz, *Nowoczesne technologie w logistyce*, PWE, Warszawa 2009, s. 160–163.

- optymalizacja koniecznych zabiegów w oparciu o aktualne informacje dotyczące właściwości gleby (odczyn pH, zasobność w składniki pokarmowe, zawartość frakcji i materiału organicznego, wilgotność oraz transpiracja);
- optymalizacja koniecznych zabiegów w oparciu o aktualne informacje dotyczące właściwości roślin (gatunek, kondycja, faza rozwojowa, dojrzałość);
- optymalizacja koniecznych zabiegów w oparciu o aktualne informacje dotyczące właściwości agrofagów (chwasty, szkodniki, patogeny);
- optymalizacja koniecznych zabiegów w oparciu o aktualne informacje dotyczące parametrów meteorologicznych (temperatura, wilgotność, opady, nasłonecznienie, prędkość wiatru);
- optymalizacja koniecznych zabiegów w oparciu o aktualne informacje dotyczące plonów (uzyskanych, szacowanych)¹²;
- ocena wpływu różnego rodzaju zabiegów i inwestycji na środowisko;
- opracowywanie różnego rodzaju scenariuszy wykorzystania procesów, takich jak np. nawożenie i zastosowanie środków ochrony;
- tworzenie zintegrowanych systemów informacyjnych¹³.

Konieczność posiadania aktualnych informacji przestrzennych wynika nie tylko z aktualnego zapotrzebowania występującego na rynku. Pewne standardy oraz kierunki rozwoju narzuca również istniejące prawodawstwo (zarówno unijne, jak i krajowe). Przykładem mogą być: Dyrektywa Inspire 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. oraz ustawa o infrastrukturze informacji przestrzennej.

2. Implementacja *precision agriculture* w praktyce gospodarczej

Zgodnie z wynikami badań przeprowadzonymi przez European GNSS Agency zastosowanie rozwiązań bazujących na technologii GPS i GIS umożliwia uzyskanie m.in. takich korzyści, jak:

- udoskonalenie precyzyjności prowadzenia różnego rodzaju maszyn rolniczych;
- ciągłe śledzenie będących do dyspozycji zasobów (np. wody, paszy, nawozów) oraz ich racjonalniejsze wykorzystanie;
- bardzo precyzyjne dokonywanie wszelkich pomiarów metrologicznych i geodezyjnych (m.in. pełna identyfikacja poszczególnych działek rolnych, tzw. geośledzenie);

¹² G. Doruchowski, *Postęp i nowe koncepcje w rolnictwie precyzyjnym*, „Inżynieria Rolnicza” nr 107/9, s. 24.

¹³ Z. Pawlak, *Zarządzanie komponentami środowiska*, INTER-INFOR, Poznań 2011, s. 12–14.

- dokładne pozycjonowanie maszyn, urządzeń i upraw;
- udoskonalenie precyzyjności podejmowanych działań.

Wszystkie te elementy przyczyniają się do precyzyjniejszego wykonywania wszelkich koniecznych zabiegów we właściwym miejscu, we właściwy sposób, we właściwym czasie, po będącej do zaakceptowania przez wszystkie strony cenie. Obecnie (dane za 2009 rok) około 8% maszyn i urządzeń rolniczych jest wyposażonych w tego typu urządzenia w UE. Według prognoz w roku 2013 procent ten wzrośnie do 13. Oczywiście należy zdawać sobie sprawę, że zastosowanie rozwiązań bazujących na systemie GPS przynosi wymierne korzyści. Do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- zmniejszenie o 2,36% ilości czasu, paliwa i nasion (w stosunku do rozwiązań niewykorzystujących systemu GPS) niezbędnych do realizacji postawionych zadań,
- zmniejszenie o 14% zużywanych ilości nawozów,
- zwiększenie uzyskiwanych plonów (średnio o 3–13%),
- zmniejszenie o 23% zapotrzebowania na różne środki ochrony roślin¹⁴,
- poprawa jakości produktów rolnych,
- zmniejszenie negatywnego wpływu działalności rolniczej na środowisko naturalne¹⁵,
- zmniejszenie kosztów produkcji w granicach 10–30%¹⁶,
- zmniejszenie o 15–25% potrzebnego uwrocia,
- zwiększenie o 65% plonów¹⁷,
- zmniejszenie zapotrzebowania na wodę do 50%,
- zwiększenie przyswajalności długookresowej azotu o 53%,
- zwiększenie przyswajalności krótkookresowej azotu o 29%¹⁸,
- zmniejszenie czasu pracy o 20–30%,
- zmniejszenie kosztów o 100–300 euro na hektar¹⁹.

Praktyczne wdrożenie technologii GPS i GIS w rolnictwie przynosi bardzo wiele korzyści. Oczywiście należy zdawać sobie sprawę, że stopień uzyskiwanych

¹⁴ G. Doruchowski, *op. cit.*, s. 19–31.

¹⁵ R. Holownicki, *Analiza możliwości zastosowania rolnictwa precyzyjnego w ogrodnictwie na podstawie dostępnych rozwiązań i stanu prac badawczo-rozwojowych*, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach, Skierniewice 2008, s. 7–12.

¹⁶ A. Siennicki, *Rolnictwo precyzyjne*, www.kpodr.pl/index.php/mechanizacja-budownictwo/48-mechanizacja/549-rolnictwo-precyzyjne, s. 3.

¹⁷ C.J. Coopmans, M. Zanen, *Nitrogen efficiency in organic farming using a GPS precision farming technique*, www.isofar.org.

¹⁸ M. Yu, E. Segarra, R. Lascano, J. Booker, *Economic Impacts of Precision Farming in Irrigated Cotton Production*, „The Texas Journal of Agricultural and Natural Resource” 2003, Vol. 16, s. 1–5.

¹⁹ H. Auernhammer, *Precision farming – the environmental challenge*, „Computers and Electronics in Agriculture”, Vol. 30, s. 36–40.

efektów zależy od wielu elementów, m.in. takich jak: dokładność i aktualność posiadanych danych cyfrowych, klasa urządzeń lokalizacji satelitarnej oraz wyposażenia technicznego służącego do bardzo precyzyjnego dawkowania różnego rodzaju substancji chemicznych wykorzystywanych do nawożenia czy ochrony przed zagrożeniami. Przykłady praktycznych zastosowań tego typu rozwiązań przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 1

Implementacja zastosowania różnych rozwiązań w *precision agriculture*

Typ rozwiązania	Charakterystyka	Nazwa handlowa
Zarządzanie nawożeniem	Zestaw zbudowany jest z czujników, które zbierają informacje. Dzięki wbudowanym lampom błyskowym rozwiązanie niezależne jest od światła naturalnego	YARA N sensor
Mapy glebowe	Skaner mierzy konduktywność elektromagnetyczną, która zależy m.in. od zawartości części gliniastych w glebie. Mapa uwzględnia obok informacji o glebie również rzeźbę terenu	Skaner glebowy Em 38
Moduły GPS	Moduł umożliwia pracę z dokładnością do 15 cm	Moduł Ez Guide 250
Moduł koordynacji prowadzenia	Moduł umożliwia koordynację prowadzenia maszyn rolniczych z dokładnością do 2 cm (przy korzystaniu ze stacji referencyjnej) – również na nierównych polach. Wyposażony w dwa niezależne żyrokompasy. Umożliwia kompensację pozycji pochodzącą z odbiornika GPS do 10 razy na sekundę	Moduł Ez-Steer

Źródło: www.agriconpolska.pl/pl/produkty

Podsumowanie

Podsumowując, należy zauważyć, że zastosowanie technologii GPS oraz GIS w agrolistyce przynosi oczekiwane cele szczególnie tam, gdzie dużą wagę przywiązuje się do takich elementów, jak m.in.: przejrzystość przepływu informacji i towarów, łatwa ich lokalizacja, podniesienie efektywności produkcji, ograniczenie zapotrzebowania na niezbędne do wykonania zabiegi czy też zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości. Efektywne zastosowanie obydwu technologii przynosi dodatkowe wartości w postaci innowacji. Możliwe staje się znaczące ograniczenie

konieczności stosowania środków ochrony (nawet do 70% w przypadku herbicydów – uprawa orzeszków ziemnych w USA, 80% – uprawa zbóż na płatki w Niemczech), wody czy też kosztów pracy (40 euro/ha/rok – w przypadku gospodarstw o powierzchni ok. 2000 ha w Niemczech; 30 euro/ha/rok – w przypadku gospodarstw o powierzchni ok. 300 ha w Wielkiej Brytanii)²⁰.

Oczywiście należy zdawać sobie sprawę, że przytoczony w tym opracowaniu przykład dotyczy tylko bardzo wąskiego zakresu – przejawu wykorzystania niektórych korzyści płynących z efektywnego zastosowania technologii ICT w rolnictwie. Co więcej, ewentualne badania muszą być kontynuowane i to zarówno w zakresie podstawowych założeń, jak i „uzbrojenia w elementy wspomagające”, takie jak np. technologia GPS i GIS. Współczesne coraz szersze zastosowania tychże technologii wpływa z jednej strony na obniżenie kosztów, a z drugiej na usprawnianie jej działania. Jeszcze stosunkowo niedawno niektóre zastosowania były niemożliwe ze względu chociażby na istniejące ograniczenia konstrukcyjne oraz technologiczne.

Literatura

1. Auernhammer H., *Precision farming – the environmental challenge*, „Computers and Electronics in Agriculture”, Vol. 30.
2. Coopmans C.J., Zanen M., *Nitrogen efficiency in organic farming using a GPS precision farming technique*, www.isofar.org
3. Długosz J., *Nowoczesne technologie w logistyce*, PWE, Warszawa 2009.
4. Doruchowski G., *Postęp i nowe koncepcje w rolnictwie precyzyjnym*, „Inżynieria Rolnicza” nr 107/9.
5. Gozdowski D., Tyburski J., Simona S., *Rolnictwo precyzyjne*, SGGW, Warszawa 2007.
6. Harasim A., *Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie*, IUNG, Puławy 2006.
7. Holownicki R., *Analiza możliwości zastosowania rolnictwa precyzyjnego w ogrodnictwie na podstawie dostępnych rozwiązań i stanu prac badawczo-rozwojowych*, ISiK w Skierniewicach, Skierniewice 2008.
8. Kaczmarek T., *Globalna gospodarka i globalny kryzys*, Difin, Warszawa 2009.
9. Kelly K., *Nowe reguły nowej gospodarki*, WIG-Press, Warszawa 2001.
10. Krzysztofek K., Szczepańska M.S., *Zrozumieć rozwój – od społeczeństw tradycyjnych do informacyjnych*, Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2002.
11. McBratney A.B., Whelan B., *Precision Agriculture*, McMillan, NSW, Sydney 2006.

²⁰ P. Wagner, *Problems and potential economic impact of precision farming*, in, [www. http://lb.landw.uni-halle.de/publikationen/pf/pf_cc98.htm](http://lb.landw.uni-halle.de/publikationen/pf/pf_cc98.htm).

12. Narkiewicz J., *GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007.
13. Pawlak Z., *Zarządzanie komponentami środowiska*, Inter-Infor, Poznań 2011.
14. *Perspective Analysis of agricultural Systems, Technical Report EUR 21311*, European Commission, Directorate General Joint Research Centre, Brussels 2005.
15. Siennicki A., *Rolnictwo precyzyjne*, www.kpodr.pl/index.php/mechanizacja-budownictwo/48-mechanizacja/549-rolnictwo-precyzyjne
16. Szymanowski W., *Zarządzanie łańcuchami dostaw żywności w Polsce. Kierunki zmian*, Difin, Warszawa 2008.
17. Wagner P., *Problems and potential economic impact of precision farming*, in, [www.http://lb.landw.uni-halle.de/publikationen/pf/pf_cc98.htm](http://lb.landw.uni-halle.de/publikationen/pf/pf_cc98.htm)
18. www.agriconpolska.pl/pl/produkty
19. Yu M., Segarra E., Lascano R., Booker J., *Economic Impacts of Precision Farming in Irrigated Cotton Production*, „The Texas Journal of Agricultural and Natural Resource” 2003, Vol. 16.
20. Zimny L., *Definitions and Division of Farming Systems*, Acta Agrophysica 2007, Vol. 10 (2).

ICT IN PRECISION AGRICULTURE

Summary

The article deals with precision agriculture in the age of information society. First, the author focuses on the new agriculture branches such as conservation agriculture, integrated agriculture, secure agriculture, added-value agriculture, urban agriculture, permanent agriculture (permaculture), and finally precision agriculture. Focusing on the last type, he discusses the usage of GPS and GIS systems. Some examples of successful implementation of information technologies are presented. Finally, advantages of such solutions are listed.

Translated by Marek Matulewski