

Zuzanna Jarosz

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

SYSTEMY EKSPERTOWE W PRODUKCJI ROŚLINNEJ*

Słowa kluczowe: system ekspertowy, doradczy system ekspertowy, baza wiedzy, procedura wnioskowania

Wstęp

Podstawą prawidłowego funkcjonowania i rozwoju rolnictwa jest przede wszystkim wdrażanie nowoczesnych technologii, w tym technologii informatycznych. Wiele czynników wpływających na produkcję w sposób naturalny wymusza stosowanie programów doradczych, zwanych także systemami ekspertowymi. Systemy ekspertowe znajdują zastosowanie w dziedzinach, które nie są jednoznacznie sformalizowane czyli nie istnieją numeryczne algorytmy rozwiązywania problemu, a decyzje trzeba opierać na rozumowaniu heurystycznym. Przykładami takich dziedzin są medycyna, geologia, rolnictwo, prawo, zarządzanie, astronautyka, robotyka, chemia, architektura, operacje giełdowe itp.

Wykorzystanie nowoczesnych technologii informatycznych w rolnictwie obejmuje ich zastosowanie w sferze produkcji, marketingu i zbytu. Techniki informatyczne stosuje się zarówno w technologiach produkcji roślinnej jak i zwierzęcej (5). W procesie produkcji roślinnej konieczne jest podejmowanie wielu trudnych decyzji, mających bezpośredni wpływ na jakość i wysokość uzyskiwanego plonu. Decyzje te związane są z wykorzystaniem bardziej efektywnych technologii produkcji uwzględniających nowe, ulepszone odmiany roślin, doбором zaprawionego materiału siewnego, określeniem najskuteczniejszych metod zwalczania agrofagów itp. Doradztwo rolnicze odgrywa istotną rolę w tym procesie poprzez udostępnianie niezbędnych informacji i dostarczanie pomocy fachowej. Zastosowanie nowoczesnych technologii informatycznych w doradztwie rolniczym w znacznym stopniu zwiększa możliwości w bezpośrednim i szybkim dotarciu informacji do przedsiębiorców branży rolniczej oraz rolników (1). Informatyzacja procesu podej-

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 4.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB

mowania decyzji w dziedzinie produkcji roślinnej ma największe zastosowanie dla upraw o dużym znaczeniu gospodarczym (16). Najbardziej rozpowszechnione są techniki zdalnego dostępu do baz danych. Istota tych technik polega na szybkim dostarczaniu wiarygodnej informacji o różnym stopniu przetworzenia.

System ekspertowy – definicja, przykładowa struktura

Pojęcie systemu ekspertowego jest nieodłącznie związane z pojęciem sztucznej inteligencji (Artificial Intelligence). Sztuczna inteligencja jest częścią informatyki, która bada procesy rozumowania symbolicznego i niealgorytmicznego w celu użycia ich do wnioskowania za pomocą komputera. Systemy ekspertowe tworzą pomost pomiędzy dużymi zasobami danych w bazach a użytkownikiem. Celem systemów jest rozwiązywanie zadań zawierających skomplikowane problemy, dające się opisać symbolicznie za pomocą reguł wnioskowania. Ułatwiają modelowanie zjawisk zachodzących w otaczającej nas rzeczywistości oraz gromadzenie i wykorzystywanie wiedzy opisującej te zjawiska.

System ekspertowy – program komputerowy, przeznaczony do rozwiązywania specjalistycznych problemów, które wymagają profesjonalnej ekspertyzy na poziomie trudności pokonywanych przez ludzkiego eksperta.

Program komputerowy może być systemem ekspertowym o ile na podstawie szczegółowej wiedzy „potrafi” wyciągać wnioski i używać je do podejmowania decyzji, podobnie jak człowiek. Bardzo często zdarza się jednak, iż taki system, pracujący w czasie rzeczywistym, pełni swoją rolę lepiej niż człowiek (ekspert). Główną przewagą systemu ekspertowego nad człowiekiem jest szybkość podejmowania decyzji oraz brak zmęczenia.

Systemy ekspertowe, ze względu na zastosowanie, możemy podzielić na trzy ogólne kategorie (11):

- systemy doradcze (*advisory systems*),
- systemy krytykujące (*criticizing systems*),
- systemy podejmujące decyzje bez kontroli człowieka.

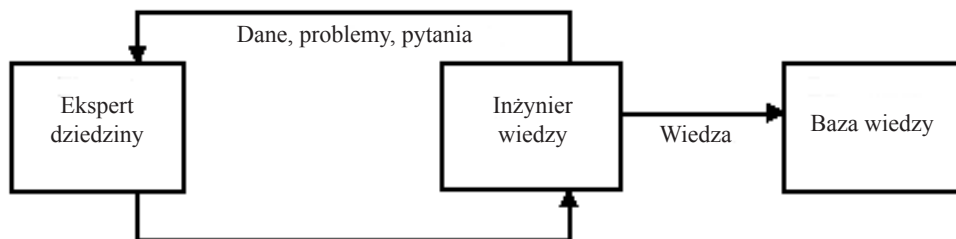
Pierwszy rodzaj – systemy doradcze, zajmują się doradzaniem, tj. wynikiem ich działania jest metoda rozwiązania jakiegoś problemu. Jeżeli rozwiązanie to nie odpowiada użytkownikowi, może on zażądać przedstawienia przez system innego rozwiązania, aż do wyczerpania możliwych rozwiązań.

Odwrotnym działaniem w porównaniu do systemów doradczych charakteryzują się systemy krytykujące. Ich zadaniem jest ocena rozwiązania (danego problemu) podanego przez użytkownika systemowi. System krytykujący dokonuje analizy tego rozwiązania i przedstawia wyniki w postaci opinii.

Innym rodzajem systemów ekspertowych są systemy podejmujące decyzje bez kontroli człowieka. Działają one niezależnie, pracują najczęściej tam, gdzie udział człowieka byłby niemożliwy, same dla siebie są autorytetem.

Najszerze i najliczniejsze zastosowanie wśród systemów ekspertowych mają systemy doradcze. Budowane systemy doradcze wykorzystują różne metody reprezentacji wiedzy: reguły, ramy, sieci semantyczne, rachunek predykatów, scenariusze. Najbardziej powszechną metodą jest reprezentacja wiedzy w formie reguł. Wielkość systemu przeważnie określa liczba wpisanych reguł. Przyjęto, że system, który posiada poniżej 1000 reguł nazywany jest zazwyczaj małym lub średnim systemem ekspertowym, zaś powyżej – systemem dużym.

Aby zbudować inteligentny program będący systemem ekspertowym, należy go wyposażyć w dużą ilość dokładnej wiedzy z dziedziny, jaką będzie zajmował się dany system. Wiedza jest podstawą informacji, która umożliwia ekspertowi podjęcie decyzji. Zasadniczym celem przy realizacji systemu ekspertowego jest pozyskanie wiedzy od ekspertów, jej strukturalizacja i przetwarzanie. Proces pozyskiwania wiedzy obrazuje rysunek 1. Wiedza jest pobierana przez inżyniera wiedzy od eksperta z danej dziedziny, w razie niejasności inżynier zwraca się z pytaniem do eksperta, następnie jest strukturalizowana do bazy wiedzy, skąd może być przetwarzana.



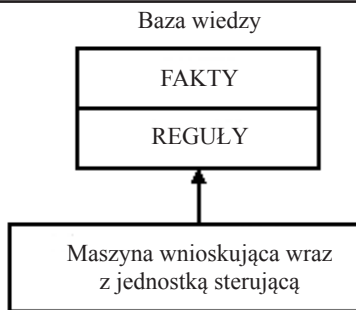
Rys 1. Proces pozyskiwania wiedzy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mulawka J., 1996 (12).

Następnym krokiem przy realizacji systemu ekspertowego jest dopasowanie i wybór odpowiednich metod wnioskowania i wyjaśniania rozwiązywanych problemów. Na zakończenie należy jeszcze zaprojektować odpowiednio przyjazny i naturalny interfejs między użytkownikiem a maszyną.

Systemy ekspertowe nazywane są inaczej systemami z bazą wiedzy, bowiem w systemach takich baza wiedzy odseparowana jest od pozostałych bloków systemu. Oprócz bazy wiedzy na system składa się również mechanizm wnioskowania zwany maszyną wnioskującą. Podstawowe bloki systemu ekspertowego przedstawia rysunek 2.

Baza wiedzy są to reguły opisujące relacje między faktami, opisują one jak system ma się w danym momencie działania zachować. Maszyna wnioskująca zaś, dopasowuje fakty do przesłanek i uaktywnia reguły.



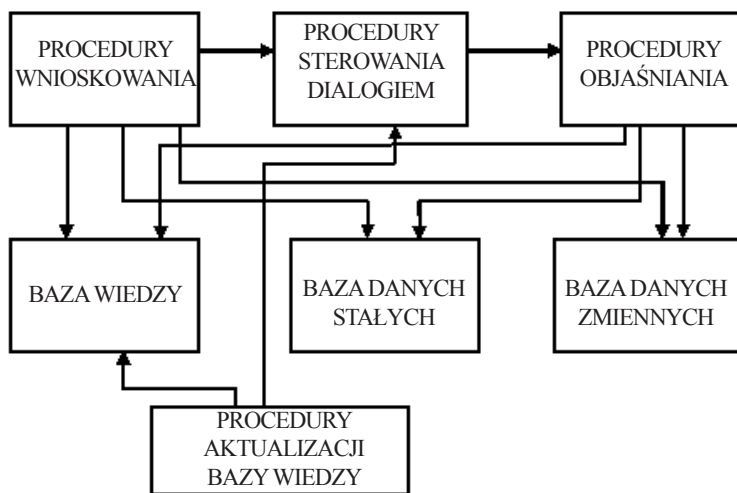
Rys 2. Podstawowe bloki systemu ekspertowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mulawka J., 1996 (12).

Program komputerowy można zaliczyć do klasy systemów ekspertowych, jeśli składa się z kilku podstawowych elementów (12):

- bazy wiedzy,
- bazy danych stałych (raz zapisane nie zmieniają się),
- bazy danych zmiennych (zmieniają się w czasie działania systemu),
- maszyny wnioskującej (czyli procedury wnioskowania),
- elementów objaśniających strategię (procedury objaśniania),
- interfejsu z użytkownikiem (procedury wejścia/wyjścia do formułowania zapytań przez użytkownika maszynie oraz procedury umożliwiające pobranie wyników od systemów), procedury aktualizacji bazy wiedzy.

Połączenie wszystkich elementów stanowi strukturę systemu ekspertowego (rys. 3).



Rys 3. Struktura systemu ekspertowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mulawka J., 1996 (12).

Stosowanie systemów ekspertowych wpływa na przyspieszenie podejmowania decyzji, szczególnie w sytuacjach, gdy duża ilość informacji musi być rozważona w krótkim czasie, niedostępne są dokładne informacje lub też nie ma możliwości zaangażowania ekspertów.

Doradcze systemy ekspertowe – przykłady zastosowań w produkcji roślinnej

Rolnik jest bezpośrednio zainteresowany pozyskiwaniem informacji dotyczących agrofagów i metod ich zwalczania. Wczesne rozpoznanie występującego zagrożenia umożliwia zastosowanie odpowiednich metod hamujących dalszy rozwój szkodników i chorób. Szybka identyfikacja zagrożeń i właściwy dobór metod ochrony roślin, zapewnia dużą efektywność i skuteczność zastosowanej ochrony. Taką rolę pełni system doradczy „Rzepinfo” (10). Dostarcza on informacji związanych z ochroną plantacji rzepaku ozimego dotyczących: odmian, zapraw nasiennych, szkodników i chorób wyrządzających największe szkody, środków ochrony roślin itp.

Proces doradczy rozpoczyna się od przeprowadzenia wniosku, mającego na celu identyfikację szkodnika, bądź choroby występującej na badanej plantacji rzepaku ozimego. Użytkownik rozpoczyna pracę z modułem od wyboru trybu identyfikacji agrofaga korzystając z dostępnych w systemie metod oznaczenia szkodnika lub choroby na podstawie: budowy morfologicznej oraz uszkodzeń roślin. W dalszym etapie identyfikacji można porównać także termin pojawu danego szkodnika lub choroby z terminem pojawienia się charakterystycznych uszkodzeń względem faz rozwojowych rośliny. Po zakończeniu procesu identyfikacji system umożliwia uzyskanie dalszych szczegółowych informacji na temat zidentyfikowanego agrofaga. Informacje te w przypadku szkodnika dotyczą jego systematyki, budowy morfologicznej w poszczególnych fazach jego rozwoju, opisu powodowanych przez niego uszkodzeń z zaznaczeniem uszkodzanych części rośliny, terminów wystąpienia objawów porażenia w odniesieniu do fazy rozwojowej rośliny, metod obserwacji oraz sposobów zwalczania i progów ekonomicznej szkodliwości, a w przypadku chorób - opisu objawów i ich szkodliwości, terminu pojawienia się uszkodzeń oraz metod zwalczania i progów ekonomicznej szkodliwości. Kolejne moduły aplikacji udostępniają użytkownikowi, dane dotyczące sposobów zwalczania wytypowanego agrofaga łącznie z dokładnym opisem najskuteczniejszych metod niechemicznej i chemicznej ochrony rośliny.

Podobną rolę pełni system wspomagania decyzji dotyczący doboru odpowiedniej technologii zwalczania szkodników buraka ćwikłowego w okresie wegetacji (15). Składa się z systemu ekspertowego służącego do diagnozowania szkodników oraz analizy i doboru odpowiedniej technologii ich zwalczania, a także z bazy danych w postaci plików tekstowych, w których zawarte są dodatkowe wyjaśnienia (informacje o preparatach do ochrony przed szkodnikami). Działanie użytkownika systemu ekspertowego sprowadza się do udzielenia odpowiedzi na kolejne pytania: etap

pierwszy – wskazanie diagnozowanego warzywa; etap drugi – wskazanie objawu (objawów) działania szkodnika na części nadziemnej rośliny; etap trzeci – wskazanie objawu (objawów) na części podziemnej rośliny. W wyniku tego uzyskuje się wykaz szkodników lub ostateczną konkluzję, którą jest poszukiwany szkodnik. Po uzyskaniu rozwiązania istnieje możliwość otrzymania informacji dotyczących szczegółowego opisu szkodnika (co to?) oraz, co najważniejsze, profilaktyki i zwalczania przy wykorzystaniu wskazanej przez system technologii.

Systemem ekspertowym, który służy do identyfikacji szkodników lub chorób występujących na drzewach owocowych w produkcji sadowniczej jest „SadEkspert v.1.0” (3). Pozwala na rozpoznanie ok. 120 agrofagów, które występują na prawie wszystkich drzewach owocowych. Umożliwia on również wskazanie optymalnego sposobu walki z rozpoznanym agrofagiem, wykorzystując w tym celu zaimplementowaną w systemie bazę danych ze środkami ochrony roślin. Możliwe jest dopisywanie większej ilości agrofagów oraz odpowiadających im reguł. Dodatkowo w bazie danych umieszczono ponad 70 preparatów zwalczających szkodniki oraz choroby. Doradczy system ekspertowy w prosty i przejrzysty sposób umożliwia użytkownikowi korzystanie ze wszystkich modułów oraz oferuje sprawne poruszanie się po całym programie.

Utworzenie systemu wspomagającego podejmowanie decyzji wymaga zbudowania obszernej bazy wiedzy i zaprojektowania dla niej odpowiedniej struktury. Dobrze zaprojektowany system może być wykorzystywany bez udziału człowieka-eksperta, ponieważ wiedza zgromadzona w takim systemie pochodzi najczęściej od wielu ekspertów. Systemy wspomagania decyzji różnią się zarówno zakresem tematycznym jak i stopniem szczegółowości.

Systemem umożliwiającym pozyskanie informacji o wyższym stopniu szczegółowości jest „ZeaSoft” (17, 18, 19, 20). Jest to system zintegrowany dotyczący wybranych zagadnień w uprawie kukurydzy. System „ZeaSoft” dostarcza niezbędnych informacji dotyczących wyboru odmiany do siewu z uwzględnieniem prawdopodobieństwa osiągnięcia dojrzałości kukurydzy. System ten ocenia wpływ odmiany i nawożenia na plon, oraz umożliwia symulację. System integruje wyniki ostatnich 15 lat badań realizowanych w IUNG-PIB w zakresie uprawy, nawożenia, ochrony, modelowania technologii i modelowania klimatu z technologiami informatycznymi i geoinformatycznymi. Na podstawie wprowadzonych przez użytkownika danych (odmiana, technologia, nawożenie), system generuje zalecenia i informacje uprawowe.

Systemem wspomagania decyzji jest również „ProgChmiel” opracowany w latach 2004-2006 w IUNG-PIB w Puławach (4, 11). Wykorzystuje on algorytm oceny zagrożenia plantacji chmielu mączniakiem rzekomym (*Pseudoperonospora humuli*), opracowany w Instytucie Chmielarskim w Hüll (Niemcy-Bawaria). Algorytm walidowano w warunkach czeskich i polskich. System korzysta z danych pogodowych dostarczanych przez automatyczną stację agrometeorologiczną. Ocena zagrożenia odbywa się na podstawie analizy warunków sprzyjających rozwojowi choroby.

W Internecie dostępny jest również system wspomaganie decyzji dla integrowanej ochrony roślin opracowany w IUNG-PIB (21). Głównym założeniem systemu jest precyzyjne wykorzystanie wartości pogodowych do wygenerowania zalecenia o potrzebie wykonania zabiegu. System zawiera interaktywny dostęp do informacji, zawartych w bazach danych odmian i środków ochrony roślin oraz generowanych w modelach chorób. Podstawę decyzyjną stanowią opracowane progi szkodliwości, które wyznaczają granice opłacalności kosztu zabiegu przy spodziewanych stratach plonu (13). Są one ustalane, podobnie jak i zalecana dawka środka ochrony roślin, dla konkretnej odmiany i fazy rozwojowej roślin. W systemie uwzględniono czynniki decydujące o potrzebie wykonania zabiegu oraz umożliwiające wybór preparatów i określenia dawki środka ochrony.

Narzędziem do sporządzania planów nawożenia w gospodarstwach rolnych jest program „NawSald” (22). W gospodarstwach zrównoważonych nawożenie mineralne należy traktować jako uzupełnienie nawożenia organicznego. Zatem podstawą zrównoważonego nawożenia jest możliwie precyzyjne określenie ilości dostępnych w gospodarstwie nawozów naturalnych oraz ilości zawartych w nich składników pokarmowych.

Integralną częścią programu „NawSald” jest moduł umożliwiający symulowanie produkcji nawozów naturalnych na podstawie informacji o produkcji zwierzęcej w gospodarstwie. Obliczona ilość nawozów naturalnych powinna być rozdysponowana na poszczególne pola w gospodarstwie. Dawki nawozów mineralnych są wyliczane jako różnica pomiędzy potrzebami pokarmowymi roślin, a ilością składników wnoszonych do gleby w nawozach naturalnych i odpływających z innych źródeł (przyorane produkty uboczne, wiązanie azotu przez rośliny motylkowe, opad atmosferyczny) (9).

Innym przykładem jest zastosowanie systemu ekspertowego w procesach wspomaganie decyzji dotyczących mechanizacji produkcji rolnej. Czynnikiem krytycznym dla ekonomiki produkcji rolniczej jest wybór odpowiedniego zestawu maszyn do produkcji roślinnej dla odpowiedniej skali działalności. Ze względu na sezonowy charakter prac polowych maszyny są użytkowane w krótkich okresach sezonu wegetacyjnego. Dlatego też w produkcji roślinnej niezbędne są maszyny o dużej wydajności, które mogą wykonać wszystkie zabiegi polowe w okresach agrotechnicznych. Krótki czas rocznego wykorzystania powoduje, że maszyny muszą być zwykle amortyzowane w ciągu niewielkiej liczby godzin użytkowania w roku. Z drugiej strony, z uwagi na wysokie potencjalne koszty opóźnień zabiegów polowych lub ich niewykonanie, maszyny muszą być tak zaprojektowane, aby uzyskiwać wysoką efektywną wydajność (2, 6). Jednocześnie powinny być one maksymalnie wykorzystane w ciągu roku, aby zminimalizować jednostkowe koszty utrzymania.

Trafna analiza ich efektywności wymaga opracowania odpowiednich modeli pozwalających symulować problem wyboru środków mechanizacji, który z uwagi na

uwarunkowania przyrodnicze, techniczno-organizacyjne i społeczne, determinujące organizację i ekonomikę produkcji rolnej ma charakter złożony i słabo ustrukturalizowany. Liczba zmiennych, które trzeba uwzględnić w modelach służących do rozwiązania tego problemu jest duża, a ich wpływ i wzajemne interakcje trudne do precyzyjnego ujęcia. Dlatego też niezbędnym jest podejmowanie trafnych decyzji inwestycyjnych, których ranga i złożoność wymaga zastosowania zaawansowanych narzędzi jakimi są systemy wspomagania decyzji.

System ekspertowy dla potrzeb optymalnego wyboru ciągników rolniczych w specyficznych warunkach gospodarstw rolnych opracowali I s i k i S a y (7). N o z d r o v i c k y i M a r h a v y (14) są autorami systemu wspomagania decyzji „Racion”, obejmującego swoim zakresem tworzenie ekspertyz technologicznych i ekonomicznych dla potrzeb planowania i zarządzania innowacjami technologicznymi w produkcji roślinnej. Próbę kompleksowego określenia strategii wyposażenia gospodarstw rolnych w kombajny zbożowe podjął Izdebski (8), który posługując się matematycznymi metodami symulacyjnymi dla ustalenia kosztów zbioru kombajnem zbożowym, badał czynniki wpływające na efektywność wykorzystania tych maszyn. Wykazał on, że zmienne otoczenie przyrodniczo-ekonomiczne gospodarstw rolnych ma znaczący wpływ na koszty kombajnowego zbioru zbóż i roślin technologicznie podobnych. W określaniu strategii wyposażenia w kombajny zbożowe uwzględnił m. in. tak ważne czynniki otoczenia gospodarstw, jak rynek usług maszynowych i rynek ziarna zbóż. W modelu tym poziom rocznego wykorzystania maszyn, struktura uprawianych roślin oraz koszty eksploatacji środków technicznych i opłata pracy ludzkiej okazały się ważnymi czynnikami wpływającymi na efektywność wykorzystania kombajnów zbożowych i decydującymi o strategiach modernizacji procesów produkcyjnych zbóż.

Ostatnią grupą systemów ekspertowych są systemy integrujące i przetwarzające duże ilości danych oraz łączące wielu użytkowników.

Przykładem takiego rozwiązania jest zintegrowany system wspomagania decyzji, wykorzystywany w ochronie roślin, zamieszczony na stronie www.isip.de. Został on zainicjowany w 2001 roku przez niemieckie służby doradcze jako wspólny portal, osiągając w ten sposób efekt synergii poprzez połączenie na jednym portalu istniejących informacji w zakresie ochrony roślin. Użytkownikami systemu są zarówno rolnicy jak i doradcy.

Celem tego portalu jest rozwój, gromadzenie i analizy istniejących modeli prognozowania i symulacji dla najważniejszych rolniczych i ogrodniczych szkodników i chorób oraz dostosowanie tych modeli do praktycznego wykorzystania. Występowanie chorób, szkodników i okresów wysokiej intensywności ich ataków, wywołane zmieniającymi się warunkami pogodowymi, można obliczyć z dużą dokładnością. Zgromadzone modele są oparte na różnych koncepcjach; od bardzo prostych do bardzo złożonych algorytmów obliczania wzrostu, reprodukcji i rozpowszechniania szkodliwych organizmów.

Zintegrowane w systemie modele stosowane do ochrony roślin potrzebują na wejściu wiarygodnych i kompletnych danych meteorologicznych. Do importu, zarządzania, prezentacji, oceny i eksportu danych meteorologicznych wykorzystano program AgmedaWin. Istotą tego programu jest elastyczny moduł importu, który ułatwia importowanie plików w różnych formatach, ze wszystkich typów stacji pogodowych i dostosowuje je do wymagań poszczególnych modeli. Implementacja modeli z Systemem Informacji Geograficznej (GIS) umożliwia prezentację uzyskanych wyników jako przestrzenne mapy wystąpienia zagrożenia.

Podsumowanie

Przedstawione możliwości wykorzystania systemów ekspertowych jako instrumentów wspomagających procesy podejmowania decyzji, realizowane w szeroko rozumianej produkcji roślinnej nie wyczerpują całego wachlarza zastosowań utylitarnych. Systemy ekspertowe mogą znaleźć szerokie zastosowanie, gdyż w celu rozstrzygnięcia złożonych problemów, do których rozwiązania wymagane są umiejętności profesjonalisty z danej dziedziny, czyli eksperta, wykorzystują wiedzę i reguły wnioskowania zawarte w bazie wiedzy. Każdy system ekspertowy budowany jest w ścisłym związku z ekspertami, od których pozyskiwana jest wiedza. W trakcie posługiwania się systemem, decydent może konsultować swoje propozycje rozwiązań, oczekując także na ich ocenę. W ten sposób użytkownik może poznać decyzje, jakie niesie proponowane przez niego rozwiązanie problemu. Uzyskuje przy tym opinię niezależnego eksperta.

Literatura

1. Bartkowski J., Matuszak E.: Zadania doradztwa rolniczego w procesie integracji z Unią Europejską za szczególnym uwzględnieniem ochrony roślin. Postępy w ochronie roślin, 2000, **40(1)**: 323-329.
2. Bójar W.: Problemy zastosowań metod wspomagania decyzji (DSS) do racjonalnego gospodarowania maszynami rolniczymi w gospodarstwach rolnych. Post. Nauk Roln., 1997, **4(97)**: 77-89.
3. Boniecki P.: System ekspertowy wspomagający procesy decyzyjne w produkcji roślinnej. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2007, **5**.
4. Dworkiewicz J., Pietruch Cz., Kozyra J.: System sygnalizacji zagrożenia plantacji chmielu przez mączniaka rzekomego. W: Wybrane zagadnienia hodowli i agrotechniki tytoniu i chmielu. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **13**: 121-129.
5. Grudziński J., Panasiwicz M.: Wspomaganie doradztwa rolniczego przy wykorzystaniu technologii informatycznych - perspektywy i ograniczenia. Inżynieria Rolnicza, 2000, **7(18)**: 54-59.
6. Hunt D.: Siła ekonomiczna gospodarstw w świetle zarządzania wyposażeniem gospodarstwa. American Society of Agricultural Engineering University of Illinois USA, 1995.
7. Isik A., Say S. M.: An expert system for tractor selection according to farm conditions. The Conference Proceedings XXVIII on CIOSTA-C.I.G.R. V International Congress Work Sciences in Sustainable Agriculture, Wageningen Pers Edition Denmark, 2001: 192-200.

8. Izdebski W.: Strategie wyposażenia gospodarstw rolnych w kombajny zbożowe. Rozprawy naukowe i monografie, Wyd. SGGW w Warszawie, Warszawa, 2003.
9. Jadczyzyn T., Pietruch Cz.: System doradztwa nawozowego NawSald. Wieś Jutra, 2003, **10**: 21-22.
10. Kozłowski R. J., Weres J.: Internetowy system doradczy „Rzepinfo” wspomagający ochronę plantacji rzepaku ozimego. Inżynieria Rolnicza, 2008, **2(100)**: 101-110.
11. Kozyra J., Dwornikiewicz J., Nieróbcza A., Pietruch Cz.: Agrometeorologiczny system ochrony plantacji chmielu przed mączniakiem rzekomym (*Pseudoperonospora humuli* Miy. et Tak.). Prz. Nauk. Inż. Kształt. Środ., 2007, **3(37)**: 48-54.
12. Mulałka J. J.: Systemy ekspertowe. WNT, Warszawa 1996.
13. Nieróbcza A., Zaliwski A.: Rozwój internetowego systemu wspomagania decyzji w ochronie zbóż. Inżynieria Rolnicza, 2010, **7(125)**: 167-173.
14. Nozdrowicki L., Marhavy I.: Computer-based decision system or management of technological innovations in crop production. The Conference Proceedings XXVIII on CIOSTA-C.I.G.R V International Congress Work Sciences in Sustainable Agriculture, Wageningen Pers Edition Denmark, 2001: 208-213.
15. Sojak M., Głowacki Sz.: Możliwość zastosowania systemu ekspertowego do wspomagania decyzji w procesie zwalczania szkodników buraka ćwikłowego w okresie jego wegetacji. Inżynieria Rolnicza, 2005, **14**: 323-330.
16. Wójtowicz A., Wójtowicz M.: Zastosowanie systemów wspierających podejmowanie decyzji do optymalizacji ochrony rzepaku ozimego. Rośliny oleiste/Oilseed crops, 2003, **XXIV(1)**: 167-171.
17. Zaliwski A., Hołaj J.: ZEASOFT - System wspomagania decyzji w uprawie kukurydzy. Inżynieria Rolnicza, 2005, **14(74)**: 385-393.
18. Zaliwski A., Hołaj J.: Modelowanie technologii produkcji kukurydzy na ziarno w aspekcie efektywności ekonomicznej. Inżynieria Rolnicza, 2006, **6(81)**: 407-414.
19. Zaliwski A.: System wspomagania decyzji w wyborze odmiany kukurydzy (ZeaSoft). Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **16**: 83-96.
20. Zaliwski A., Nieróbcza A.: Walidacja systemu wspomagania decyzji ZeaSoft - modele plonów. Inżynieria Rolnicza, 2010, **7(125)**: 253-259.
21. <http://ipm.iung.pulawy.pl>
22. <http://sybilla.iung.pulawy.pl/NawSald.html>

Adres do korespondencji:

dr Zuzanna Jarosz
IUNG-PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 886 34 21 w. 210
e-mail: bloch@iung.pulawy.pl