

Waldemar Lech Bojar

Katedra Ekonomiki Rolnictwa i Informatyki ATR w Bydgoszczy

Problemy zastosowań metod wspomagania decyzji (DSS) do racjonalnego gospodarowania maszynami rolniczymi w gospodarstwach rolnych

1. Wprowadzenie

Czynnikiem krytycznym dla ekonomiki produkcji rolniczej jest wybór odpowiedniego zestawu maszyn do produkcji roślinnej [1]. Z uwagi na sezonowość prac polowych maszyny są użytkowane w krótkich okresach sezonu wegetacyjnego. Dlatego też w produkcji roślinnej niezbędne są maszyny o dużej wydajności eksploatacyjnej, które mogą wykonać w terminie wszystkie zabiegi polowe w okresach agrotechnicznych. Z uwagi na wysokie potencjalne koszty opóźnień zabiegów polowych lub ich niewykonanie, maszyny muszą być tak zaprojektowane, aby uzyskiwać wysoką efektywną wydajność, tzn. możliwie najlepiej wykorzystywać wydajność eksploatacyjną w określonych warunkach eksploatacji.

Krótki czas rocznego wykorzystania powoduje, że maszyny muszą być zwykle amortyzowane w ciągu niewielkiej liczby godzin użytkowania w ciągu roku. Dlatego decyzje dotyczące wyboru maszyn, jak również metody zarządzania parkiem maszynowym są istotne zarówno dla producentów maszyn, jak też dla ich użytkowników [21].

Problem ten jest szczególnie ważny w krajach Europy Środkowej i Wschodniej, których gospodarki podlegają procesom transformacji powodującym trudne często do rozwiązania problemy ekonomiczne [22]. Koszty (obliczone metodą kalkulacyjną) związane z użytkowaniem maszyn wynosiły średnio w Polsce w latach 1992–1993 od 50% do 70% całkowitych kosztów produkcji rolnej [19]. Drastyczny wzrost kosztów mechanizacji wystąpił szczególnie ostro w produkcji roślinnej, gdzie są użytkowane maszyny o wysokiej wartości i krótkim rocznym okresie użytkowania. Tak wysokie koszty mechanizacji z jednej strony, a z drugiej konieczność unowocześniania technologii produkcji, warunkująca utrzymanie konkurencyjności gospodarstw, powoduje, że rolnicy muszą dokonywać analizy i oceny wyboru najlepszych rozwiązań w zakresie podniesienia efektywności mechanizacji produkcji. Rozwiązań w tym zakresie można poszukiwać w zastosowaniu nowoczesnych metod wspomaganie decyzji (DSS).

Celem pracy było przedstawienie aktualnego stanu w zakresie metod wspomagania decyzji dotyczących wyboru maszyn. Skonfrontowano wady i zalety stosowanych instrumentów na podstawie zweryfikowanej badaniami własnymi metody symulacyjnej. Dokonano także próby oceny istniejących rozwiązań oraz wskazano na pożądane kierunki zmian w dziedzinie wspomagania zarządzania dla racjonalnego gospodarowania maszynami rolniczymi.

2. Uwarunkowania przydatności DSS dla praktyki w świetle opinii upowszechnionych w dziedzinie technologii przekazywania informacji — information communication technology (ICT)

Dla skutecznego zarządzania, którego miarą jest sukces ekonomiczny i sprostanie konkurencji, niezbędne jest uzyskiwanie w sposób dostatecznie szybki pożądanej informacji. Takiej informacji mogą dostarczyć nowoczesne systemy informacyjne wspomagane narzędziami klasy DSS i ES.

Według Harsha [10] następuje obecnie etap przejścia od tzw. starej gospodarki do nowej gospodarki, co powoduje, że również systemy informacyjne gospodarstw rolnych muszą ulec głębokim przekształceniom. Jednym z priorytetów rozwoju działalności gospodarczej firm, a w ślad za tym rozwoju technologii informacji jest kontrola procesu wytwarzania produktów zamiast tradycyjnej kontroli jakości produktu końcowego (normy ISO). Stawia to również w zupełnie nowej sytuacji producentów rolnych zmuszonych do stosowania ścisłych procedur kontroli jakości wytwarzania, czego przykładem może być np. wieprzowina ITB wytwarzana w Holandii, a spełniająca wymogi tzw. Zintegrowanego Systemu Kontroli Jakości [20], lub systemy Zintegrowanej Produkcji Rolnej [18]. Wdrożenie precyzyjnych procedur kontroli jakości wytwarzania będzie możliwe przy zastosowaniu nowoczesnych technologii produkcji wymagających najnowszego sprzętu rolniczego, który jest wyposażony w niezbędną aparaturę do ścisłego pomiaru ilościowych i jakościowych parametrów określających efekty pracy maszyn polowych.

Problem kontroli jakości procesów produkcyjnych jest także uwarunkowany rozwojem technologii gromadzenia, przetwarzania i przesyłania informacji, która określa poziom integracji wewnętrznych systemów informacyjnych gospodarstw rolnych z systemami zewnętrznymi funkcjonującymi w otoczeniu [10]. Sprostanie takim wymaganiom wiąże się z koniecznością rozwiązania wielu problemów, takich jak weryfikacja parametrów wejściowych, standaryzacja informacji, unifikacja procedur ich przesyłania i przetwarzania, zabezpieczenie informacji przed niepowołanymi użytkownikami i wiele innych. Dopiero osiągnięcie odpowiedniego poziomu rozwoju takich systemów stworzy warunki do zastosowania nowoczesnych metod wspomaganie decyzji.

Według Keena i Mortona [12] DSS wspomaga raczej, niż zastępuje menedżerów w podejmowaniu i wdrażaniu decyzji. Systemy ekspertowe z kolei modelują ludzki sposób rozumowania przyczynowo-skutkowego, dając w efekcie takie same porady lub takie same decyzje jak ekspert. Według Freemana i Ayersa [8], miarą dobrego systemu eksperckiego mogą być pozytywne odpowiedzi na następujące pytania:

Czy program jest łatwy w obsłudze i zrozumiały?

Czy Pan/i zgadza się z decyzjami wybranymi przez program ?

Czy Pan/i sądzi, że program może być pomocny?

Zarówno w DSS, jak i w ES wykorzystywane są dwie podstawowe klasy modeli:

I. Modele symulacyjne odzwierciedlające procesy rzeczywiste, tzw. compartment models.

II. Modele optymalizacyjne maksymalizujące funkcję celu przy założonym zbiorze ograniczeń. Najpowszechniej wykorzystuje się tutaj programowanie liniowe, które nie uwzględnia czynnika niepewności, chociaż niektórzy autorzy przeprowadzają analizę postoptymalną i optymalizację opartą na teorii zbiorów rozmytych, która stosowana jest wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z informacją niekompletną, nieprecyzyjną lub niepewną [24].

Kryteriami oceny dobroci metod do wspomagania decyzji powinny być, obok trafnego doboru modelu do zakresu podejmowanych decyzji, także precyzja rezultatów, pracochłonność wprowadzania i ustalania danych, możliwości oceny i weryfikacji danych wejściowych. Oceniając przydatność modeli do wspomagania decyzji, należy uwzględniać takie elementy, jak: dostępność danych, łatwość w tworzeniu i wprowadzaniu zbiorów danych, zasoby czasu i pamięci komputera niezbędne dla rozwiązania modelu oraz łatwość interpretacji rozwiązań. Niezbędna jest także weryfikacja realności rozwiązań modelu poprzez sprawdzenie czy program komputerowy odzwierciedla model, czy model odzwierciedla rzeczywistość i czy wyniki są porównywalne z wynikami rzeczywistymi [7].

Mówiąc o efektywności modeli symulacyjnych w procesie wspomagania decyzji, należy podkreślić, że nie wynaleziono dotychczas "złotego środka", który pozwoliłby w modelu odzwierciedlić wiernie rzeczywistość. Niezbędne są zawsze uproszczenia, które — według Elderena [7] — są integralną częścią procesu modelowania rozumianego jako odwzorowanie rzeczywistego procesu w modelu.

Uproszczenia modelu obejmują następujące działania:

- identyfikacja komponentów, opis zmiennych i interakcji występujących między nimi,
- agregacja w czasie i w przestrzeni,
- konwersja od zależności deterministycznych do stochastycznych i odwrotnie.

Dokładność uzyskanych rozwiązań w stosunku do realnych jest często zbyt optymistyczna lub zbyt pesymistyczna, co uzależnione jest od trzech czynników: danych wejściowych, struktury modelu oraz algorytmu determinującego metodę obliczeń. W badaniach jest rzeczą niemożliwą odróżnić efekty spowodowane struktu-

rażą model od efektów spowodowanych przez algorytm, gdyż nigdy nie można uzyskać dwóch identycznych modeli z różnymi procedurami obliczeń. Innymi słowy mówiąc, model determinuje procedurę obliczeń i vice versa. Stąd w literaturze nie można uzyskać informacji o efektach rozwiązań spowodowanych tylko strukturą modeli, wyłącznie algorytmem lub agregacją tych wielkości niezależnie. Tych trzech integralnych determinantów uzyskanych efektów nie da się rozdzielić. Na podstawie wyników badań trudno jest odpowiedzieć jednoznacznie, które rozwiązania są bliższe rzeczywistości, ponieważ w momencie obliczeń realnych wyników nikt nie zna [7]. Słuszniejsze wydaje się tutaj podejście sugerujące, iż ważniejsza od uzyskanego z symulacji wyniku jest wrażliwość rozwiązania na zmieniane parametry wejściowe.

3. Implikacje złożoności problemu wyboru maszyn rolniczych dla rozwoju metod DSS

Opracowania z zakresu metodologii doboru maszyn dotyczą wielu zróżnicowanych kryteriów uwzględniających przesłanki agrotechniczne, ekonomiczne, organizacyjne i inne. Praktyczna przydatność opracowanych rozwiązań może być oceniana tylko przez pryzmat rzeczywistych problemów decyzyjnych, występujących na danym poziomie rozwoju rolnictwa, a na tym tle sytuacji gospodarstwa rolnego. Ranga decyzji podejmowanych przez rolników zależy od czynników decydujących o konkurencyjności gospodarstwa.

W najwyżej rozwiniętych krajach Unii Europejskiej zbiór takich czynników decyzyjnych jest odmienny od czynników decydujących o konkurencyjności gospodarstw w warunkach rolnictwa polskiego lub innych krajów Europy Środkowo-Wschodniej. Specjalistyczne, wysoko towarowe gospodarstwa rolne w Holandii poszukują metod wzrostu konkurencyjności według bardzo finezyjnych rozwiązań technologicznych pozwalających często na niewielki wzrost efektywności ekonomicznej lub jakości produktu, ale spełniające dodatkowo bardzo ważne priorytety społeczne w zakresie ochrony środowiska lub ergonomii pracy.

Tak więc również narzędzia wspomaganie decyzji w zakresie wyboru maszyn muszą często koncentrować się na bardzo wąskich zagadnieniach dotyczących np. nowoczesnych technik oprysku, nawożenia, uprawy gleby czy też zbioru płodów gwarantujących taki sam lub lepszy efekt przy niższym zużyciu czasu pracy, maszyn i materiałów toksycznych dla środowiska.

W warunkach polskich w okresie radykalnych przemian następujących w wyniku przejścia od gospodarki centralnie sterowanej do gospodarki rynkowej często niezbędne jest podejmowanie decyzji strategicznych warunkujących przetrwanie i rozwój gospodarstwa. Dlatego decyzje o zakupie nowych maszyn lub ciągników, o zakupie lub świadczeniu usług mechanizacyjnych czy też o zespołowej formie użytkowania maszyn są często czynnikami krytycznymi dla istnienia towarowych gospo-

darstw rolnych. Następstwami takich decyzji są złożone konsekwencje agrotechniczne, ekonomiczne i organizacyjne, wymagające szczegółowej analizy w celu ustalenia efektów globalnych dla całego gospodarstwa.

Do realizacji tego celu potrzebna jest precyzyjna i rozległa wiedza niezbędna do porównania ekonomiki i organizacji parku maszyn w sytuacji przed i po podjęciu decyzji. Taka wiedza jest tym bardziej niezbędna, że poziom doradztwa rolniczego i systemów informacyjnych dla rolnictwa jest znacznie niższy w porównaniu z krajami UE. Dlatego bardzo istotne jest zaproponowanie skutecznych narzędzi wspomaganie decyzji w zakresie doboru maszyn, które w kompleksowy sposób pomogłyby zainteresowanemu w analizie efektów planowanych decyzji.

3.1. Metodologia wyboru maszyn

Do momentu wynalezienia i zastosowania w rachunkach elektronicznych maszyn cyfrowych stosowano proste, często ręczne techniki obliczeniowe do sporządzania bilansów i preliminarzy. Wśród zaawansowanych instrumentów wspomaganie decyzji w zakresie wyboru maszyn dominują obecnie metody matematyczne oparte na złożonych modelach ekonometrycznych rozwiązywanych technikami komputerowymi.

Jedną ze standardowych metod matematycznych stosowanych w procesie wspomaganie decyzji jest programowanie liniowe [13], umożliwiające rozwiązanie problemu o dużej liczbie zmiennych, którego zasadniczą wadą jest liniowy charakter czynników i pierwotnie jedno kryterium wyboru. Dalszy rozwój techniki programowania liniowego został ukierunkowany na objęcie swoim zakresem wielu kryteriów wyboru i w ten sposób narodziły się wielokryterialne metody podejmowania decyzji, spełniające warunek wielości realizowanych celów.

W odróżnieniu od programowania liniowego rozwiązującego problemy w sposób statyczny, nie odzwierciedlający zmian w czasie, opracowano metodologię programowania dynamicznego (DP), która pozwala analizować problem z uwzględnieniem jego zmian w czasie [7]. Zasadniczą wadą tej metody jest konieczność stosowania do rozwiązywania modeli DP urządzeń komputerowych o ogromnej mocy, co i tak nie gwarantuje uzyskania rozwiązania w odpowiednio krótkim czasie. Przyczyną jest ogromny rozmiar wektorów zmiennych decyzyjnych, co wynika z konieczności uwzględnienia ciągłości czasu jako zmiennej. Z tych względów praktyczne znaczenie tej techniki obliczeniowej w procesie wspomaganie decyzji, jak do tej pory, jest ograniczone.

3.2. Modele stosowane w dziedzinie doboru maszyn

Sz szczególnie interesujące w problematyce doboru maszyn są tzw. "compartment" przestrzenne, wieloprzedziałowe modele symulacyjne, które symulują rzeczywisty system produkcji rolnej, opisując przepływ materiału i energii przez system biologi-

czny [23]. Zaletą tej klasy modeli jest wierne odzwierciedlenie systemu rzeczywistego. Skomplikowana postać tych modeli sprawia, że do ich rozwiązania potrzebna jest duża liczba danych wejściowych, co podnosi znacznie pracochłonność przygotowania, a równocześnie ogranicza możliwości zastosowania w praktyce [6].

3.2.1. Modele stosowane w kraju w świetle skuteczności planowania operacyjnego

W związku z niskim stopniem specjalizacji gospodarstw rolnych w Polsce problem planowania operacyjnego, od którego poprawności zależy skuteczność wdrożenia planowanych decyzji, jest trudniejszy do rozwiązania. Różnorodność stosowanych technologii produkcji obejmujących rośliny zbożowe (i technologicznie podobne), okopowe i pastewne zmusza producentów do stosowania różnorodnych typów maszyn, zespołów maszyn i pracowników oraz metod pracy. W efekcie konieczne jest opracowanie planów operacyjnych o wysokim stopniu złożoności, w których poszczególne maszyny i narzędzia konkurują o ciągniki niezbędne do pracy w tym samym czasie, np. pług i siewnik o ten sam ciągnik.

Wśród metod opracowanych w kraju na uwagę zasługuje kilka z nich.

Wielokryterialny model symulacyjny MSERVICE [5] obejmuje zależności występujące w grupach podobnych gospodarstw rolnych.

Muzalewski [17] zaproponował metodę optymalizacji wyposażenia gospodarstw i optymalnego wyboru usług mechanizacyjnych opartą na komputerowym modelu decyzyjnym. Podstawowe założenie procedury obliczeń oparte jest na porównaniu własnych kosztów mechanizacji z analogicznymi kosztami usług.

Zaremba [25] opracował metodę optymalnego planowania maszyn i ciągników opartą na technice programowania liniowego. Celem jest taki wybór maszyn, który gwarantuje minimalizację kosztów, zapewniając jednocześnie wykonanie wszystkich zabiegów polowych w terminie. Dla osiągnięcia celu zdefiniowano trzy grupy ograniczeń:

- łączna powierzchnia zabiegów, które muszą być wykonane w danym okresie agrotechnicznym,
- zapotrzebowanie na ciągniki, uwzględniające całkowity czas pracy innych maszyn i narzędzi współpracujących z tymi ciągnikami, określone w taki sposób, aby pokryć zapotrzebowanie na sprzęt zmechanizowany w okresach szczytów prac polowych.

Program KOMEGI [16] został opracowany dla wykonania obliczeń w trzech zróżnicowanych pod względem obszaru gospodarstwach stosujących identyczne zespoły ciągnikowo-maszynowe. Narzędzie to umożliwia ustalenie kosztów użytkowania maszyn własnych, obejmujących strukturę kosztów, koszty usług, całkowite koszty mechanizacji, (koszty własne i koszty usług), minimalne dochody zapewniające zwrot kosztów mechanizacji, ilość zużytego paliwa oraz inne parametry eksploatacyjne i ekonomiczne.

Żaden z wymienionych w rozdz. 3.2 modeli nie przybliży rozwiązania problemu planowania operacyjnego z uwzględnieniem ekonomiki wykorzystania maszyn w takim stopniu, jak zintegrowane systemy wspomaganie decyzji [6].

3.2.2. Zintegrowane systemy wspomaganie decyzji — porównanie programowania liniowego i strategii heurystycznej

Zintegrowany system wspomaganie decyzji w zakresie wyboru maszyn powinien obejmować takie dziedziny, jak:

- decyzje strategiczne w zakresie analizy inwestycji,
- decyzje taktyczne (struktura zasiewów, niezbędna wydajność pracowników i maszyn, zaplanowanie niektórych zabiegów, np. stosowanie pestycydów),
- planowanie operacyjne uwzględniające wykonanie wszystkich zabiegów polowych dla rzeczywistej i przewidywanej struktury produkcji oraz dyspozycyjności pracy [7].

Kilka krytycznych czynników decyduje o skuteczności tworzenia realnych do zastosowania planów operacyjnych. Zostanie to wyjaśnione bliżej na przykładzie działania symulacyjnego modelu IMAG-ORSPEL [4], który te czynniki uwzględnia.

Opracowane wcześniej systemy DSS FINDS [13] oraz FARMSYS [14] nie pozwalają ocenić rzeczywistych możliwości wykorzystania maszyn i pracowników w takim samym stopniu jak IMAG-ORSPEL system, ponieważ w metodach tych symulowany wybór zabiegów oraz maszyn i pracowników następuje poprzez korzystanie ze stałych zasobów ciągle w takim samym stopniu dostępnych. Tymczasem zasobów czasu dyspozycyjnego w okresach ubywa w miarę realizacji zabiegów polowych. Procedura obliczeń modelu programowania liniowego nie jest w tym zakresie dostatecznie precyzyjna. W metodach symulacyjnych można łatwo zagwarantować odpowiednią sekwencję zabiegów (np. podorywka po zbiorze). W modelu LP ten warunek nie może być spełniony w obrębie okresów, a jedynie między okresami.

Priorytet wyboru zabiegów jest ustalany w FARMSYS metodą, która nie zawsze jest prawidłowa. Podejście Freemana i Whittakera [9], w którym wybór zabiegów jest porządkowany według dat początkowych i długości przedziałów czasowych, jest z pewnością bardziej prawidłowe. Zabiegi są wykonywane aż do chwili, kiedy zasoby pracy maszyn i pracowników określone na dany dzień nie zostaną wyczerpane. Podejście polegające na planowaniu metodą zabieg po zabiegu jest stosunkowo łatwe do zasymulowania, ale niekoniecznie równoznaczne z zastosowaniem kombinacji zespołów (maszyn-ludzi), procedury działającej w systemie IMAG-ORSPEL, w której ustalanie priorytetu zabiegów następuje według kryterium pilności zależnej od aktualnego stanu symulowanego systemu.

Rozwiązania optymalne, uzyskane np. metodą programowania liniowego (LP), nie gwarantują automatycznie otrzymania realnego do wykonania planu operacyjnego zabiegów dla gospodarstwa. Postawienie wymagania co do możliwości uzyskania takiego planu na poziomie gospodarstwa rolnego jest niezbędne. W przeciwnym razie uzyskane rozwiązania mają dla podejmującego decyzje ograniczoną przydatność. Dlatego też drugim wymiarem integracji systemów wspomaganie decyzji jest uzyskanie rozwiązań na poziomie decyzji strategicznych, które są realne do wykonania na poziomie taktycznym i operacyjnym.

Według Lala i in. [15], również sama budowa modelu symulacyjnego konstruowanego za pomocą narzędzi sztucznej inteligencji (zamiast języków proceduralnych) przyczynia się do podniesienia ich elastyczności, czytelności i zwiększenia możliwości ich zastosowań.

4. Dyskusja opinii upowszechnionych w literaturze przedmiotu na tle doświadczeń wynikających z badań własnych

Obok wyżej zaprezentowanych merytorycznych problemów oceny wiarygodności uzyskiwanych wyników za pomocą metod komputerowych klasy DSS i ES na uwagę zasługują aspekty wdrożeniowe warunkujące przydatność tych instrumentów dla praktyki. W szerokiej problematyce wyboru maszyn wskazano kilka modeli symulujących specyficzne problemy decyzyjne ważne z punktu widzenia różnych użytkowników.

Jedną z metod poddanych weryfikacji z punktu widzenia potrzeb DSS jest IMAG-ORSPEL [2, 3, 4], system wspomaganie decyzji oparty na przestrzennym modelu symulacyjnym (compartment model) zawierającym elementy strategii heurystycznej. Model ten obejmuje krytyczne czynniki decyzyjne na poziomie gospodarstw rolnych. Należą do nich takie elementy, jak koszty eksploatacji maszyn, organizacja zabiegów oraz ryzyko związane ze zmiennym dyspozycyjnym czasem wykonania zabiegów uzależnionym od pogody.

Elementy te są trzema kryteriami doboru maszyn uwzględnianymi w modelu IMAG-ORSPEL równocześnie. Przeprowadzone badania wykazały, że system ten może być z powodzeniem zastosowany do rozwiązywania problemów decyzyjnych dotyczących gospodarowania maszynami w takim zakresie, jak:

- organizacyjne i ekonomiczne skutki wzrostu obszaru uprawianych roślin,
- badanie skutków redukcji parku maszynowego,
- implikacje świadczenia i zakupu usług mechanizacyjnych,
- wpływ wspólnej własności na efektywność parku maszynowego,
- skutki zmiany cen zakupu pojedynczej maszyny,
- ocena lepszego zagospodarowania zasobów pracy stałej,
- organizacyjne i ekonomiczne skutki zmienionego poziomu ryzyka przyrodniczego [2, 3, 4].

4.1. Problem ustalenia precyzyjnych danych źródłowych dla potrzeb DSS

4.1.1. Przyrodniczy charakter produkcji rolnej

Produkcja rolna jest tą specyficzną dziedziną, w której oprócz procesu pracy uzależnionego od aktualnego poziomu technologicznego zasadniczą rolę odgrywa czynnik losowy związany z działaniem sił natury. Odzwierciedleniem oddziaływania

sił naturalnych w procesie produkcji rolnej, a wpływającym na jego przebieg i efekty jest pogoda (temperatura, wilgotność, opady, nasłonecznienie, itd.), decydująca o stanie gleby i roślin uprawnych, a zatem o wartości parametrów technologicznych. Dlatego też weryfikacja danych wejściowych niezbędnych dla symulowania rzeczywistych procesów produkcyjnych w rolnictwie za pomocą nowoczesnych metod DSS jest trudniejsza niż w przemyśle, gdzie zmienność badanych czynników dzięki uniezależnieniu od pogody jest łatwiejsza do zwymiarowania.

Próbując rozwiązać problem wyboru maszyn rolniczych w gospodarstwach rolnych z wszystkimi jego złożonymi uwarunkowaniami ekonomiczno-organizacyjnymi i przyrodniczymi, niezbędne jest odzwierciedlenie rzeczywistego procesu produkcyjnego, a ściślej procesu pracy w ciągu przyjętego okresu obliczeniowego. Dla dokonania tego niezbędne jest ustalenie powierzchni wszystkich zabiegów polowych pod określone rośliny uprawne, ustalenie zespołów pracowników i maszyn wykonujących te zabiegi oraz metod pracy określających techniczno-organizacyjny przebieg prac polowych i osiąganą wydajność. Zastosowanie normatywu spowoduje, że w krytycznie złych warunkach pogodowych wystąpią bardzo znaczne odchylenia rzeczywistych wydajności od średnich wartości normatywnych "in-". Zastosowanie wartości specyficznych z danego gospodarstwa i pola spowoduje ustalenie wartości chwilowej także odbiegającej od parametrów rzeczywistych. Wydaje się, że istota rozwiązania tego problemu polega raczej na sprawdzeniu wrażliwości uzyskanych rozwiązań na zmianę parametru niż sam rezultat. Opinię taką potwierdzają również inni badacze problemu [7].

Kolejnym problemem przy ustalaniu wartości parametrów wejściowych jest niski stopień standaryzacji stosowanych metod pracy, wynikający z niskiego stopnia automatyzacji procesu pracy w produkcji rolnej. Wydaje się, że optymalnym rozwiązaniem w tym zakresie mogą być realne wydajności złożonych metod pracy uwzględniających kompleksowo zbiór, transport, załadunek i rozładunek. Pomocnicze mogą być także metody optymalizujące skład złożonych zespołów (pracownicy–maszyny), np. IMAG56 [4].

4.2. Konsekwencje uproszczeń modelowych dla procesu wspomagania decyzji

Model w samej swojej istocie jest uproszczeniem rzeczywistości, a zatem może odzwierciedlać rzeczywiste problemy decyzyjne tylko wycinkowo, fragmentarycznie. Zarządzający w praktyce gospodarczej muszą brać pod uwagę wszystkie czynniki krytyczne decydujące o sukcesie lub porażce.

Zastosowany w badaniach model DSS obejmuje szczegółowo problematykę doboru maszyn i właściwego ich wykorzystania, ale nie pozwala na uwzględnienie w sposób bezpośredni wielu ważnych w procesie decyzyjnym gospodarstwa aspektów, takich jak sposób finansowania inwestycji, ocena niektórych ważnych parametrów technologicznych, np. stopień awaryjności maszyn, parametry jakościowe pracy itd.

Z drugiej strony nie obejmuje innych ważnych dla rolnika zagadnień pośrednio również związanych z doborem maszyn dla potrzeb produkcji roślinnej, takich jak optymalizacja struktury zasiewów, planowanie dzienne czy też mechanizacja produkcji zwierzęcej. Również inne wymienione w rozdz. 3.2 modele tylko wycinkowo pozwalają rozwiązać analizowany problem. Te przyczyny są powodem niestosowania narzędzi klasy DSS bezpośrednio w gospodarstwach, a jedynie w celach edukacyjnych. Opinię taką potwierdzają także badania Jacobsena [11], z których wynika, że rolnicy podejmują decyzje najczęściej według bardzo uproszczonej analizy własnej wspomaganej opiniami sąsiadów.

4.3. Złożoność modeli symulacyjnych a pracochłonność metod klasy DSS

Model symulujący najprostszy problem rzeczywisty ma skomplikowaną postać. Dlatego przygotowanie danych dla modelu symulującego problem gospodarowania maszynami jest bardzo pracochłonne. Z badań własnych wynika, że taki proces przygotowania danych absorbuje łącznie kilkaset godzin pracy. Tabela 1 odzwierciedla wielkość niezbędnych dla modelu baz danych. Ustalenie i wprowadzenie wartości dla tylu rekordów zróżnicowanych baz danych (tab. 1, kol. 8) jest możliwe na etapie pracy badawczej. Natomiast jest to zbyt pracochłonne, a przez to niemożliwe do zastosowania w gospodarstwie rolnym. Dlatego też konieczne są inne rozwiązania.

Tabela 1. Czynniki wpływające na liczbę zmiennych decyzyjnych ważnych dla wyboru maszyn w warunkach produkcji rolnej w Polsce

Charakterystyki wykorzystane w modelu							Liczba
Przykłady gospodarstw i ich pow. w ha	pola	rośliny	zabiegi	typy maszyn	zespoły	metody pracy	rekordów
1	2	3	4	5	6	7	8
I 51,72	17	10	215	38	98	480	858
II 35,50	10	10	101	30	102	184	437
III 30,60	16	11	85	38	146	492	788
IV 28,68	11	9	99	22	91	355	587
V 9,88	6	6	189	16	48	187	452
VI 458,00	19	8	254	37	36	386	740
VII 756,60	16	12	251	67	90	642	1078
VIII 1448,40	14	8	135	38	39	254	488

Źródło: badania własne

4.4. Systemy ekspertowe a wzrost przystępności metod symulacyjnych

Zastosowanie metod DSS i ES w praktyce rolniczej krajów wysoko rozwiniętych, pomimo znacznie wyższego stopnia rozwoju wewnętrznych i zewnętrznych systemów informacyjnych gospodarstw, podobnie jak w kraju, jest nadal w fazie początkowej. Świadczy o tym m. in. zakres wykorzystania mikrokomputerów w gospodarstwach rolnych, sprowadzający się do prowadzenia systemów ewidencji finansowo-rachunkowej oraz inwentarza żywego i produkcji roślinnej, których utrzymanie wymuszane jest odpowiednimi przepisami [10]. Szybkiego postępu w rozwoju systemów ekspertowych można oczekiwać w tych dziedzinach, które obejmują czynniki krytyczne dla rozwoju danej branży, np. w produkcji rolnej jedną z nich jest profilaktyka oparta na wczesnym wykrywaniu schorzeń inwentarza żywego.

5. Wnioski

Z uwagi na wielokierunkowość produkcji w gospodarstwach polskich, występuje w nich duża różnorodność typów maszyn, technik i technologii wytwarzania. Komplikuje to ustalenie precyzyjnych planów realizacji zabiegów na poziomie operacyjnym. Spośród przeanalizowanych w pracy metod najczęściej "know how" o tym, jak należy zorganizować zabiegi, aby osiągnąć postawione cele strategiczne i taktyczne, dostarcza zaproponowany system wspomaganie decyzji IMAG-ORSPEL.

Z uwagi na dynamiczny rozwój wiedzy specjalistycznej — dla precyzyjnego i dogłębnego rozwiązywania problemów decyzyjnych niezbędny jest wysoki poziom szczegółowości. Z drugiej strony jednak szczegółowość jest przyczyną zawężenia przedmiotu badawczego, co powoduje, że współczesne metody wspomaganie decyzji nie są kompleksowe, lecz bardzo pracochłonne. W praktyce oznacza to ograniczoną przydatność takich instrumentów dla podejmujących decyzje. Takie wady potwierdziły również badania nad aplikacyjnym wykorzystaniem systemu IMAG-ORSPEL. Skutecznym rozwiązaniem na przyszłość wydaje się być przekształcenie istniejących rozwiązań w systemy ekspertowe ułatwiające zarówno proces strukturalizacji procesów decyzyjnych, jak też ustalenie danych wejściowych. Można w ten sposób skrócić czas przygotowywania danych, a także ułatwić zrozumienie istoty procesu wspomaganie decyzji przez końcowego użytkownika.

Przyrodniczy charakter produkcji rolnej powoduje, że weryfikacja parametrów technologicznych, których znajomość jest niezbędna w podejmowaniu decyzji w gospodarstwie rolnym, jest bardzo trudna. Stąd niezbędne jest przekształcenie tradycyjnych systemów DSS w nowoczesne systemy ekspertowe, pozwalające korzystać zarówno z normatywów, jak również z parametrów innych obiektów badawczych. W warunkach gospodarstw polskich jest to tym bardziej istotne, że metody produkcji charakteryzują się niskim stopniem automatyzacji, co utrudnia standaryzację.

Skuteczność stosowanych narzędzi wspomagania decyzji może ulec zasadniczej poprawie w wyniku integracji wewnętrznych systemów informacyjnych przedsiębiorstw, jak również systemów zewnętrznych działających na rzecz większych organizacji. Jest to tym bardziej realne w warunkach gospodarstw polskich tworzących często rynkowo zorientowane systemy informacyjne od podstaw.

Literatura

- [1] Beard F.R., McClendon R.W., Manor G. 1995. Comparing Widespan Equipment with Conventional Machinery Systems for Soybean Production, ASAE Paper No. 90-7010, *Appl. Engin. in Agric.* 11(6): 795-800.
- [2] Bojar W.L. 1995. Przydatność metody IMAG-ORSPEL do wspomagania decyzji w zakresie wyboru maszyn gospodarstwa. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 425, t. II: 19-26.
- [3] Bojar W.L., Kroeze G. 1995. Imag-Orspel a Useful Tool for Decision Support in Polish agriculture, Paper 2.2.3. The Congress CIOSTA Proceedings, Norway.
- [4] Bojar W.L., Oving R.K. 1994. The application of farm machinery selection methods for Polish farmers' decision support, IMAG-DLO, Nota P 94-82, 1-12, Wageningen, The Netherlands, December.
- [5] Borkowski B. 1993. Logical structure of model for optimisation of agrotechnical work costs in farms, software package MSERVICE, the Polish-French seminar on: Decision supporting systems in farm management, s. 1-8, Warsaw Agricultural University, September 21-24.
- [6] Donkers H., van Elderen E., Oving R.K. 1994. Integrated Systems for Machinery Decision Support, IMAG-DLO, The Netherlands, The Conference Proceedings on XII C.I.G.R World Congress and AgEng '94 Conference on Agricultural Engineering, t. 2, 1349-1355, Milano (Italy), 29th - 1st September.
- [7] van Elderen E., Kroeze G.H. 1993. Scheduling models in planning and management, Publishing of IMAG-DLO Institute, Manuscript, s.4-5, s. 49, Wageningen, The Netherlands.
- [8] Freeman S.A., Ayers P.D. 1989. An Expert System for Tractor Selection. *Appl. Engin. in Agric.* 5(2): 123-130.
- [9] Freeman S.A., Whittaker A.D. 1992. Object-oriented methodology for analyzing and allocating resources for field operation. *Appl. Engin. in Agric.* 8: 525-535.
- [10] Harsh S.B. 1996. Farm Information Systems: Current trends and future perspectives in: Proceedings for 6th International Congress for Computer Technology in Agriculture (ICCCTA'96), s. 3-17, Edited by C. Lokhorst, A.J. Udink ten Cate and A.A. Dijkhuizen, Agro-informaticareeks no. 10, Wageningen June 16-19, The Netherlands.
- [11] Jacobsen B. H. 1995. Farmers in small-scale and large-scale farming in a new perspective: objectives, decision making and information requirements, Proceedings for 6th International Congress for Computer Technology in Agriculture (ICCCTA'96), Edited by C. Lokhorst, A.J. Udink ten Cate and A.A. Dijkhuizen, Agro-informaticareeks no. 10, s. 305-309, Wageningen June 16-19, The Netherlands.
- [12] Keen P.G.W., Scott Morton M.S. 1978. Decision support systems: an organizational perspective. Addison-Wesley, Reading.
- [13] Kline D.E., Bender B.A., McCarl C.E. van Donge. 1988. Machinery Selection using Expert Systems and Linear Programming. *Computers and Electronics in Agriculture* 3: 45-61.
- [14] Lal H., Peart R.M., Jones J.W., Shoup W.D. 1990. An intelligent information manager for knowledge-based systems. *Appl. Engine. in Agric.* 6: 525-531.
- [15] Lal H., Peart R.M., Jones J.W., Shoup W.D. 1991a. An object oriented field operations simulator in PROLOG. *Trans. of the ASAE* 34: 1031-1039.

- [16] Lorencowicz E. 1993. Ocena ekonomiczno-eksploatacyjna zestawów ciągnikowo-maszynowych przeznaczonych dla gospodarstw indywidualnych. *Roczniki Nauk Rolniczych* 79-C2.
- [17] Muzalewski A. 1993. Model optymalizacyjny mechanizacji gospodarstw rolniczych. *ZPPNR* z. 408/93, 195–199.
- [18] Opracowanie zbiorowe. 1996. Materiały na konferencję pt. Integrowana Produkcja w Polsce i w wybranych krajach europejskich, s. 67, FAPA, FDPA i Katedra Ekon. i Org. Gosp. Rolnych SGGW, Warszawa.
- [19] Pawlak J. 1994. Economical problems of agriculture mechanization in Poland, Proceedings from International Seminar on: Rational mechanization of family farms, Lublin, February, 7–16.
- [20] Schouwenburg H. 1996. Integrated Quality Control in the Dutch livestock, meat and egg sector. Additional guarantees for the consumer w: Materiały konferencyjne na III polsko-bilateralną konferencję, Wageningen, 11–13 czerwca *Zeszyty Naukowe ATR* nr 199, Rol. 40: 297–303.
- [21] Srivastava, Goering C.E., Rohrbach R.P. 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines, Copyright the American Society of Agricultural Engineers, Michigan, USA 1993, 547–571.
- [22] Szekely Cs. 1993. Problems in farm management in Eastern and Central Europe., XXV CIOSTA-CIGR CONGRESS, The International Commission of Agricultural Engineering, Section V, Wageningen, The Netherlands, May 10–13, 28–36.
- [23] Thyssen I. 1995. Decision support in agriculture under uncertainty, The 2nd IFAC/IFIP/UERA-Eng/Workshop proceedings on Artificial Intelligence in Agriculture, Wageningen, The Netherlands, May 29–31, *Engineering Research Journal* (1994) 59: 173–179.
- [24] Zahid N. i in. 1996. A fuzzy K nearest neighbour algorithm for the variety distinction of needs, Proceedings for 6th International Congress for Computer Technology in Agriculture (ICCCTA'96), Edited by C. Lokhorst, A.J. Udink ten Cate and A.A. Dijkhuizen, *Agro-informaticareeks* nr.10, s.480, Wageningen June 16–19, The Netherlands.
- [25] Zaremba W. 1977. *Ekonomika i organizacja mechanizacji rolnictwa*, PWRiL, Warszawa.

Applications of decision support systems (DSS) for rational farm machinery management on the farms

Summary

Possibilities and barriers of using decision support systems in practice are presented. The findings based on author's own investigations concerning DSS for optimal farm machinery selection are compared with the opinions prevailing in literature.