



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 114

Waldemar Bojar

STUDIUM WYBORU MASZYN W GOSPODARSTWACH ROLNICZYCH W ŚWIETLE ROZWOJU SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI

BYDGOSZCZ – 2005

REDAKTOR NACZELNY
dr hab. Lucyna Drozdowska, prof. nadzw. ATR

OPINIODAWCY
prof. zw. dr hab. Zdzisław Wójcicki
dr hab. Stanisław Stańko, prof. nadzw. SGGW

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Dorota Ślachciak, Ewa Olawińska

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
Bydgoszcz 2005

ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. (052) 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@atr.bydgoszcz.pl <http://www.atr.bydgoszcz.pl/~wyd>

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 7,4. Ark. druk. 8,25. Zamówienie nr 6/2005
Oddano do druku i druk ukończono w kwietniu 2005 r.
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii ATR Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20

Spis treści

1. WPROWADZENIE	5
1.1. Problem planowania i zarządzania w systemach informacyjno- -decyzyjnych przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych	5
1.2. Determinanty procesu modernizacji wyposażenia gospodarstw i przedsiębiorstw rolnych w sprzęt zmechanizowany	7
2. CEL I ZAKRES PRACY	14
3. OGÓLNY MODEL WSPOMAGANIA DECYZJI	16
4. PRAKTYCZNE ASPEKTY ZASTOSOWANIA METOD SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W SYSTEMACH WSPOMAGANIA DECYZJI W WARUNKACH REWOLUCYJNEGO POSTĘPU TECHNOLOGII INFORMACYJNO-KOMUNIKACYJNEJ	18
5. METODY WSPOMAGANIA DECYZJI W ROLNICTWIE.....	21
6. PRZEGLĄD METOD PLANOWANIA I OCENY WYBORU MASZYN W GOSPODARSTWACH ROLNYCH ORAZ OCENA ICH PRZYDATNOŚCI DO ROZWIĄZYWANIA OKREŚLONYCH PROBLEMÓW DECYZYJNYCH	33
7. MATERIAŁ EMPIRYCZNY	39
7.1. Metody pozyskiwania danych empirycznych.....	39
7.2. Charakterystyka badanej zbiorowości gospodarstw na tle sytuacji gospodarstw rolniczych w kraju i zagranicą.....	43
7.3. Charakterystyka danych wykorzystanych do budowy modeli gospodarstw rolniczych.....	52
8. LOGICZNA I FUNKCJONALNA STRUKTURA MODELU WSPOMAGANIA DECYZJI W ZAKRESIE WYBORU MASZYN.....	54
8.1. Procedury obliczania poszczególnych składników kosztów	62
8.2. Rodzaje kosztów w grupach według metodologii IBMER	67
9. WERYFIKACJA METODY OCENY WYKORZYSTANIA MASZYN NA PODSTAWIE WYNIKÓW ANALIZ BADANYCH GOSPODARSTW ROLNICZYCH	75
9.1. Symulacja wariantów decyzyjnych dotyczących wyposażenia w środki mechanizacji	78
9.1.1. Porównywanie kosztów zestawów maszynowych w wybra- nym gospodarstwie.....	81

9.2.	Analiza standardowych kosztów wykonania prac polowych w porównaniu z kosztami rzeczywistymi.....	82
9.3.	Analiza kosztów wykonania prac polowych w porównaniu z kosztami rynkowymi wykonania tych prac w latach 1998 i 2003.....	83
9.4.	Analiza kosztów wykonania prac polowych w 2003 roku przy uwzględnieniu kosztów pracy członków rodziny rolnika wynikających z dysparytetu dochodów.....	89
9.5.	Warianty różnicowania kosztów wykonania prac polowych w gospodarstwach rolniczych.....	91
10.	ANALIZA PORÓWNAWCZA METOD OCENY WYKORZYSTANIA MASZYN.....	96
10.1.	Analiza porównawcza prezentowanej metody z metodami programowania i symulacyjnymi.....	96
10.2.	Porównanie opracowanego modelu z metodami kalkulacyjno-bilansowymi.....	102
10.3.	Charakterystyka uproszczeń modelowych i ich znaczenie dla uzyskiwanych rozwiązań.....	103
10.4.	Strukturyzacja problemów decyzyjnych.....	105
10.5.	Precyzja rezultatów modelowania w świetle dostępności bazy normatywnej.....	107
10.6.	Funkcjonalność opracowanej metody w świetle zaawansowanych systemów informacyjno-analitycznych.....	107
11.	PODSUMOWANIE.....	109
	LITERATURA.....	116
	STRESZCZENIA.....	129

1. WPROWADZENIE

1.1. Problem planowania i zarządzania w systemach informacyjno-decyzyjnych przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych

W ekonomii klasycznej wyróżniano trzy podstawowe zasoby [Bandosz i Hoffman 2003]: pracę (zasoby ludzkie), ziemię i kapitał (zasoby finansowe), natomiast w połowie ubiegłego wieku wprowadzony został czwarty zasób – organizacja. Wraz z rozwojem nowoczesnych form organizacji duże znaczenie w zarządzaniu przedsiębiorstwem zaczęła zdobywać informacja, którą w latach dziewięćdziesiątych XX wieku coraz częściej traktowano jako piąty zasób [Buzsan 2003]. Obecnie jest ona jednym z kluczowych czynników umożliwiających sukces przedsięwzięcia [Mikuła i in. 2002, Jacieczko 2003]. Aby informacja w przedsiębiorstwach była skutecznie wykorzystywana, konieczne jest efektywne funkcjonowanie systemu informacyjno-decyzyjnego, który jest integralną częścią systemu decyzyjno-wykonawczego firmy i elementem procesu zarządzania tą organizacją [Drucker 1998]. Oprócz podsystemu społecznego i wykonawczego (technicznego) ważną funkcję spełnia podsystem zarządzania, obejmujący koordynującą oraz inicjującą część systemu, jakim jest przedsiębiorstwo, w tym realizację celów, rozwój firmy oraz przeciwdziałanie sytuacjom kryzysowym [Flakiewicz 1971]. System zarządzania obejmuje podsystem informacyjny i decyzyjny. Zadaniem podsystemu informacyjnego jest gromadzenie, przechowywanie, przetwarzanie oraz przekazywanie informacji stanowiących podstawę podejmowanych decyzji [Kozłowski 1979]. Podsystem decyzyjny przekształca zgromadzone informacje w decyzje prowadzące do realizacji uprzednio wyznaczonych celów. System decyzyjny nie może efektywnie funkcjonować bez odpowiedniego systemu informacyjnego. Zgromadzone informacje są podstawą do tworzenia wariantów (alternatyw) decyzyjnych i dopiero z tego zbioru alternatyw dokonuje się wyboru wariantu stanowiącego decyzję ostateczną, przekazywaną do systemu wykonawczego i społecznego. Po wykonaniu decyzji następuje obserwacja jej następstw oraz przekazanie efektów (faktów i ocen) do systemu informacyjnego. Tym samym zachodzi sprzężenie zwrotne: informacja o skutkach podjętych decyzji powraca do systemu informacyjnego, stanowiąc podstawę do podjęcia następnych decyzji. W układzie decyzja – wykonanie zachodzi kilka faz: koncepcyjna (proces informacyjno-decyzyjny), realizacji (działanie, wdrożenie), kontroli (informacja o wykonaniu, przekazanie do systemu informacyjnego) [Encyklopedia agrobiznesu 1998]. W gospodarce globalnej, w warunkach konieczności wprowadzania ciągłych zmian i innowacji, sprawny system informacyjny powinien być w taki

sposób skonstruowany, aby menedżerowie mogli z niego pozyskiwać wiedzę przydatną w procesach dostosowawczych firmy jak najszybciej, aby wyprzedzić konkurencję [Wawrzyniak 1999, Witulska 2000, Nehring 2002]. Ponieważ pozostałe zasoby stały się powszechnie dostępne, właśnie informacja decyduje najczęściej o przewagach konkurencyjnych [Szopiński 2003]. Informacja stała się towarem i jako taka stanowi podstawę zaistnienia i rozwoju przedsiębiorstw wirtualnych¹. Wzrastająca ilość informacji spowodowała potrzebę lepszego ich gromadzenia, przetwarzania i udostępniania. Mimo dysponowania dużymi zasobami informacji, przedsiębiorstwa nie zawsze je wykorzystują, a ich nadmiarowość często prowadzi nawet do dezinformacji. Dlatego nie wystarczy samo jej gromadzenie i aktualizowanie. Informacja jako pojęcie ma charakter obiektywny, niezależny od odbiorcy. Natomiast po dotarciu do odbiorcy zostaje ona przekształcona w wiedzę [Landauer 1986]. Dopiero właśnie wiedza o procesach i zjawiskach gospodarczo-społecznych przebiegających w jednostce gospodarczej stanowi rzeczywisty czynnik przesądzający o prawidłowości podejmowanych decyzji lub o ich błędności.

Na podstawie tych wszystkich przesłanek powstała więc koncepcja zarządzania wiedzą przedsiębiorstwa jako jedna z form jego zarządzania, w której dominują wartości niematerialne [Perechuda i Wielichowski 2002, Perechuda i Stosik 2003]. Rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnej (Information Communication Technology – ICT) stworzył nowe jakościowo środki techniczno-organizacyjne do pozyskiwania informacji przydatnych w procesie wspomagania decyzji (przekształcania jej w wiedzę), przewyżczając w dużym stopniu barierę przestrzennego rozlokowania oraz rozproszenia użytkowników informacji i ułatwiających do niej dostęp [Kubiak 1999, Sołdek 2003]. Wynikająca z tego faktu wirtualizacja działań² jest szczególnie ważna dla rodzinnych gospodarstw rolniczych, w których powinna ona dotyczyć szeroko pojętego obszaru wymiany informacji z zewnętrznym otoczeniem gospodarczym, obejmując dostawców środków produkcji, odbiorców produktów, instytucje finansowe, skarbowe, ubezpieczeniowe, administracji publicznej, a także ośrodki doradcze i edukacyjne. Z uwagi na to, że wszystkie powyższe przedsiębiorstwa i instytucje posługują się obecnie lub będą posługiwać się w przyszłości technologiami ICT, bazującymi w coraz większym stopniu na zdalnej wymianie informacji

¹ Pojęcie „wirtualna organizacja gospodarcza” oznacza „zbiór jednostek organizacyjnych, przestrzennie rozproszonych (nawet w skali globalnej) realizujących wspólne przedsięwzięcie gospodarcze, wybieranych dynamicznie – według kryterium procesowego – do realizacji i na czas realizacji określonych zadań”; W. Grudzewski, I. Hejduk, 2002. Przedsiębiorstwo wirtualne, 45. Niezwiązanych lub luźno związanych na stałe z miejscem swojej lokalizacji (siedziby)lit.?

² Wirtualizacja oznacza odmiejscowienie działalności gospodarczej, czyli odrzucenie wymogu, by była ona prowadzona w określonym miejscu. Istotne jest jednak kryterium czasu, musi więc być prowadzona jak najbliżej rynku i klienta; http://www.logistyka.net.pl/logistyka/topics/ml_pu/2002/07/11/181206.html Rozumiane jako działanie na odległość, zdalnie lit? Sprawdzić!!

za pośrednictwem sieci komputerowych, również te przedsiębiorstwa (gospodarstwa) rolne, które chcą funkcjonować na konkurencyjnych rynkach surowców żywnościowych i przemysłowych pochodzenia rolnego, będą musiały zaabsorbować i wdrożyć metody ICT. Według Charry'ego i in. [2003] trwałe towarowe rolnictwo musi być oparte na fundamentalnych przesłankach, które pozwolą zintegrować opłacalność towarowej produkcji rolniczej, dobrobyt producentów rolnych i społeczności z otoczenia rolnictwa, jak również udoskonalać systemy zarządzania ochroną środowiska. W opinii wyżej cytowanych autorów (wygłoszonej na konferencji poświęconej przyszłości zarządzania rolnictwem w aspekcie nowych wyzwań) musi zostać przełamana tradycyjna izolacja rolników, wynikająca z przestrzennego charakteru produkcji rolnej, a służyć temu powinny procesy integracji i tworzenia sieci za pośrednictwem różnych organizacji, gdzie rolnicy będą mogli zmieniać formy własności i modyfikować swoje nastawienie do niezbędnych zmian dostosowawczych w tym zakresie. Zawodowi rolnicy i odpowiednie organizacje zajmujące się dziedziną zarządzania rolnictwem powinny współdziałać w celu odnoszenia obopólnych korzyści wynikających z przemian dostosowawczych, edukacji i badań. Będzie to także dotyczyło problematyki wyposażenia przedsiębiorstw rolnych w sprzęt zmechanizowany.

1.2. Determinanty procesu modernizacji wyposażenia gospodarstw i przedsiębiorstw rolnych w sprzęt zmechanizowany

Ważnym elementem zarządzania w organizacjach gospodarczych jest podejmowanie decyzji finansowych dotyczących inwestycji rzeczowych [Skrobacki 2003]. Trudność podjęcia najlepszej decyzji może być spowodowana występowaniem następujących problemów:

- wielością alternatywnych projektów inwestycyjnych,
- trudnością oceny efektywności ekonomicznej inwestycji, której eksploatacja planowana jest w długiej perspektywie czasowej oraz o przewidywanym długim czasie zwrotu nakładów inwestycyjnych,
- niejednoznacznością określenia szans i zagrożeń dla funkcjonowania inwestycji w przyszłości, co może być wynikiem nieprzewidywalności oddziaływań otoczenia zewnętrznego,
- trudnością praktycznego zastosowania lub braku wiedzy o doborze i wykorzystaniu metod decyzyjnych i metod oceny efektywności ekonomicznej inwestycji.

Stwarza to potrzebę zaproponowania metodyki wykorzystującej podejście interdyscyplinarne, oparte m.in. o teorię decyzji, matematykę finansową i prognozowanie. Wskazana byłaby także umiejętność zaimplementowania pozyskanej wiedzy do systemu wspomagającego podejmowanie decyzji. Taki trend

rozwojowy będzie tym bardziej realny, im procedury aktualizacji bazy wiedzy będą bardziej efektywne. Obecnie podmioty gospodarcze mogą to osiągać w coraz szybszym tempie w wyniku integracji wewnętrznych systemów informacyjnych przedsiębiorstw, jak również systemów zewnętrznych, działających na rzecz dużych organizacji, np. współdziałających w formie wirtualnej. Jest to tym bardziej realne w warunkach polskich gospodarstw rolniczych tworzących często od podstaw rynkowo zorientowane systemy informacyjne.

W warunkach gospodarstw polskich problem inwestycji w środki mechanizacji produkcji rolnej należy do zagadnień o znaczeniu kluczowym, ponieważ istnieje konieczność odtworzenia przestarzałego technologicznie sprzętu generującego wysokie koszty utrzymania, wysokie koszty wykonywanych zabiegów oraz niską jakość efektów pracy, nie pozwalających spełniać norm jakości produktów rolniczych [Wasilewski 2004]. Do innych niekorzystnych skutków eksploataowania przestarzałego sprzętu należy niespełnianie wymogów ochrony środowiska oraz warunków bezpiecznej i komfortowej pracy, co jest konieczne do modernizacji i rozwoju oraz podniesienia konkurencyjności podmiotów gospodarczych w Polsce. Obserwowane trendy światowego rozwoju techniki rolniczej polegające na stosowaniu dużych, wydajnych i uniwersalnych maszyn rolniczych gwarantujących wysoką jakość, bezpieczeństwo i komfort pracy, jak również niską energochłonność [Bojar 1999b] potwierdzają konieczność podobnego ukierunkowywania zmian w wyposażeniu gospodarstw również przez polskich menedżerów rolnictwa.

Czynnikiem krytycznym dla ekonomiki produkcji rolniczej jest wybór odpowiedniego zestawu maszyn do produkcji roślinnej dla odpowiedniej skali działalności [Beard i in. 1995]. 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 [Hunt 1995, Bojar 1997], mierzoną w $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ lub w $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$. Jednocześnie powinny być maksymalnie wykorzystane w ciągu roku, aby zapewnić minimalne jednostkowe koszty utrzymania. Ze względu na fakt, że większość rodzinnych gospodarstw rolniczych w Polsce nie przekracza powierzchni 20 ha użytków rolnych, koszty związane z użytkowaniem maszyn są bardzo wysokie. W latach 1992-93 wynosiły średnio w Polsce od 50 do 70% całkowitych wartościowo wyrażonych nakładów (zł) ponoszonych na produkcję rolną [Pawlak 1993]. Według opinii Wosia [2001] problem odtworzenia sprzętu zmechanizowanego wyraża się m.in. we wzroście udziału ciągników 11-letnich i starszych z 50% w roku 1996 do 70% w 2000 roku.

Chancellor [2001] uważa, że warunkiem zbudowania wysoko efektywnych systemów dostaw żywności jest obok zapewnienia rolnikom odpowiednich

dochodów z produkcji (przez utrzymywanie wysokich cen na produkty rolne), rynków zbytu na produkty rolne, dostępności środków produkcji i sprzętu zmechanizowanego na rynkach lokalnych oraz nowoczesnej infrastruktury transportowej, stymulowanie stałego postępu technologicznego. Dla osiągnięcia tych celów niezbędne jest po pierwsze postrzeganie kluczowej roli efektywności systemu sektora żywnościowego w rozwoju społeczeństw, nie tylko w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego, ale w coraz w większym stopniu w zachowaniu środowiska naturalnego i wartości kulturowych [Wilkin 2004]. Po drugie zrozumienie związków synergicznych pomiędzy wszystkimi wymienionymi obszarami stanowiącymi praktykę i obszar badawczy systemu żywnościowego, co jest konieczne dla odpowiedniego zarządzania inwestycjami w systemie badań i upowszechniania wiedzy w sektorze żywnościowym. Tylko pod tym warunkiem można przekonać społeczeństwo do niezbędnych inwestycji w tym obszarze i wyrażenie zgody na opóźnienia między zainwestowanymi środkami a uzyskanymi efektami (taniej, zdrowszej, przyjaznej środowisku i monitorowanej żywności, niezdegradowanego środowiska naturalnego, zachowania dziedzictwa kulturowego). Niewątpliwie do takich prostopostępowych przedsięwzięć należy rozwój infrastruktury transportowej i unowocześnianie maszyn rolniczych [Kopeć i Nietupski 1980]. Według Sokołowskiego i in. [2003] wdrożenie nowych technik i technologii w branży mleczarskiej wpłynęło na wzrost konkurencyjności polskich przedsiębiorstw na rynkach międzynarodowych. Specjaliści IBMER [Muzalewski 1993, Pawlak 2000, Wójcicki 2000, Szeptycki i Wójcicki 2003] na podstawie studiów i przeprowadzonych badań zalecają technologiczną modernizację gospodarstw rolniczych, polegającą na takim optymalizowaniu uwarunkowań organizacji produkcji, agrotechniki, zootechniki i organizacji pracy zastosowanych środków trwałych i obrotowych, przy których uzyskiwane efekty produkcyjne będą przewyższać skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne. Wójcicki [2003] uważa, że w związku z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej każde towarowe gospodarstwo rolnicze musi podjąć odpowiednie decyzje produkcyjne na okres 5-10 lat i rozpocząć ewolucyjną modernizację swojego potencjału wytwórczego. Według opracowanej prognozy Wójcickiego [2003] przewidywany rozwój gospodarczy (corocznie 3-6% PKB), wzrost popytu zewnętrznego i wewnętrznego na żywność i nieżywnościowe produkty rolnicze oraz dopływ środków z UE spowodują, że na wsi i w rolnictwie będzie coraz więcej środków na inwestycje odtworzeniowe, a także rozwojowe. Zdaniem Mikołajczyka i Ziobro [2003], którzy dokonali analizy ekonomicznej efektywności zakupów maszyn na przykładzie gospodarstw indywidualnych Małopolski w latach 1996-2002, inwestycje te (zwłaszcza zakupy ciągników i kombajnów zbożowych) w większości gospodarstw skutkują wzrostem wysokości osiąganego dochodu rolniczego brutto i wykazują dodatnią efektywność poniesionych nakładów. Wzrost dochodów następował również u tych podmiotów, które inwestowały w maszyny specjalistyczne. Graniczną powierzchnią efektywności zakupu ciągnika przy średniej cenie 49,3 tys. zł był obszar 13,4 ha UR, a zakupu kombajnów zbożowych ob-

szar uprawy zbóż większy od 18,2 ha. Dodatni wpływ na efektywność inwestycji mechanizacyjnych wywierał zakup maszyn używanych, znacznie tańszych niż nowe.

Jednak warunkiem powodzenia działań dostosowawczych rolników w sferze restytucji technicznego wyposażenia będzie zdaniem Ziętarey [2004] i Gorzelaka [2003] konieczny proces wzrostu mobilności czynników produkcji – ziemi, pracy i kapitału, przy czym ten ostatni musi dokonywać się, podobnie jak w innych wysoko rozwiniętych krajach, przy wykorzystaniu zasobów kapitału obcego, które jest jeszcze ciągle w krajowym rolnictwie niewystarczające. Wzrost udziału kapitału obcego jest uwarunkowany wzrostem strumienia zasileń finansowych pochodzących z zewnętrznych instytucji finansowych. Ryzyko własne tych instytucji, które będą ponosić skutki fiaska danego projektu inwestycyjnego, tym bardziej uzasadnia konieczność prowadzenia w gospodarstwach analiz dotyczących celowości ekonomicznej planowanych przedsięwzięć. Wysoka ranga problemu podejmowania trafnych decyzji w zakresie wyposażenia gospodarstw rolnych w środki mechanizacji wynika nie tylko z uwarunkowań wewnętrznych, ale także ze zmian w otoczeniu gospodarczym rolnictwa. Przy wzrastającej ciągle konkurencji i otwartości rynków globalnych nie da się kompleksowo i efektywnie realizować zadań bez integracji wszystkich ogniw łańcucha dostaw (supply chain integration), w tym także żywności [Kotra i Pysz-Radziszewska 2001, Bartoszewicz 2002, Kędziński 2003]. Opinie te potwierdzają badania Błażka [2003], Haffera [2002] i Zalewskiego [2002] dotyczące zarządzania jakością w aspekcie konkurencyjności agrobiznesu, z których wynika, że zdobycie trwałej przewagi konkurencyjnej jest zdeterminowane wdrożeniem systemów zarządzania jakością, co wymaga poszerzenia i umocnienia aktualnego zakresu więzi koordynacyjno-integracyjnych w zakresie systemów dobrej praktyki agrobiznesu [Poczta i Mrówczyńska 2002]. Potwierdzeniem tej opinii w sferze wyposażenia gospodarstw rolnych jest pogląd członków Klubu Bolońskiego [Praca zbiorowa Stowarzyszenia the Club of Bologna 2002], którzy uważają, że głównym aspektem zainteresowań mechanizacji rolnictwa jest problem niezależnego zarządzania różnymi maszynami w obrębie (na rzecz) całkowitych łańcuchów produkcyjnych. Co więcej, istnieje potrzeba oceny pośrednich efektów antycypowanego popytu na rozwiązania techniczne wymagane dla różnych sytuacji w rolnictwie i w sektorze przemyśle spożywczym. Takie stanowisko potwierdzają opinie członków Klubu Bolońskiego [Praca zbiorowa Stowarzyszenia the Club of Bologna 2002] oraz Pawlaka i Wójcickiego [2004], którzy w nowych modelach produkcji żywności podkreślają wzrastającą rolę zdrowotności produktów rolniczych wymuszaną przez preferencje konsumentów, co wymaga ciągłego monitoringu procesów produkcyjnych i pełnej wiedzy o ich historii (kontrola procesów – traceability) od pola aż po dystrybucję. Autorzy uważają, że ogromną rolę do spełnienia mają tutaj inteligentne systemy sterowania maszynami, wyposażone w sensory i procesory zdolne monitorować każdy etap produkcji. Ważne też będą zintegrowane systemy gromadzenia i przetwarzania informacji zdolne generować rozwiązania

przydatne w kontroli jakości żywności i w łatwości ich prezentowania zainteresowanym, np. konsumentom żywności. Do tego celu niezbędne będą jednak wspólne projekty wielu organizacji badawczych, wytwórczych i administracyjnych, zdolnych wypracować niezbędne techniczne standardy dla rozwoju powyższych systemów. Zdaniem przedstawicieli Klubu Bolońskiego [Praca zbiorowa Stowarzyszenia the Club of Bologna 2002], uczestnicy sektora rolniczego powinni poszerzać wiedzę z zakresu technologii niezbędnych do wdrażania ciągłego monitoringu produkcji żywności (w całym łańcuchu dostaw od pola po sprzedaż detaliczną); istniejące systemy monitoringu produkcji żywnościowej to np. amerykański AGRIS dla owoców i warzyw, GraineFarm dla ziarna czy Cattle AgInfoLink dla bydła [Reid 2002]. Wdrażanie takich systemów wymuszone jest wymaganiami konsumentów dotyczącymi jakości, bezpieczeństwa i zdrowotności produktów żywnościowych. Wśród preferencji społecznych konieczność integracji łańcucha dostaw żywności wynika z takich priorytetów, jak poprawa warunków bytowania zwierząt hodowlanych czy procesy produkcji mało szkodliwe dla środowiska. Stosowane są w tym celu normy kontroli procesów realizowanych w tzw. standardzie systemów zarządzania QS, zgodnym z ISO 9000 ff. W zintegrowanym łańcuchu żywnościowym uczestniczą także dostawcy środków produkcji, którzy z uwagi na konieczne certyfikaty i etykiety muszą spełniać wymagania coraz bardziej restrykcyjnych standardów, np. DIN, EN, ISO 9000 ff itp. [Zaske 2002]. Jedną z szans na sprostanie tak wygórowanym wymaganiom międzynarodowych rynków żywności jest przystąpienie indywidualnych podmiotów do grupy producenckiej, co zdaniem niektórych autorów [Lemanowicz 2002] pozwala na poprawę efektywności gospodarowania w wyniku racjonalnego wykorzystania sprzętu i majątku trwałego oraz wzrostu efektywności inwestycji, a także wyższej dochodowości i opłacalności produkcji. Pozytywne wyniki działalności w grupach producenckich potwierdzają także badania Domagalskiej-Grędyś [2003], z których wynika, że sprostanie wymaganiom jakościowym narzucanym przez supermarkety (np. na rynku owoców) jest możliwe tylko we wspólnym działaniu umożliwiającym dostęp do odpowiedniej informacji rynkowej oraz akumulację gwarantującą innowacyjność technologii i spełnianie standardów.

W zakresie specyficznych wymagań odnośnie maszyn rolniczych, powszechną praktyką w podstawowej produkcji rolniczej jest proces gromadzenia danych dotyczących geograficznie zorientowanej ewidencji w systemie DGPS (Digital Geographic Positioning System)³. Wstępna faza przetwarzania danych odbywa się za pośrednictwem GIS (Geographic Information System)⁴ [Zesheng i Ling 1999]. Te elementy tworzą techniczną bazę dla prowadzenia tzw. precyzyjnej produkcji roślinnej. Nowe sensory lub kombinacje sensorów z procesorami powinny być wprowadzane do systemu zarządzania gospodarstwami rolnymi tak szybko, jak tylko to możliwe w celu tworzenia dokumentacji i monito-

³ Cyfrowy sSystem Ppozycjonowania (Llokalizacji).

⁴ System informacji geograficznej.

ringu czynników wpływających na bezpieczeństwo i jakość żywności, np. stałego pomiaru wilgotności, białka, zawartości toksyn itp. Można zaobserwować dynamiczny rozwój metod monitorowania drogi produktu od producenta do kupującego, np. poprzez bieżące rejestrowanie temperatury i wyświetlanie jej na tzw. aktywnej etykiecie [Zaske 2002]. Takim zadaniom sprzyjają organizacje wirtualne, które za pośrednictwem metod i środków informatyki oraz elektroniki [Stępniaak 2002] pozwalają w sposób najtańszy osiągać końcowy cel decydujący o istnieniu i rozwoju wszystkich ogniw łańcucha dostaw produktów, w tym także produkcji żywności. Upowszechnianie komputerów osobistych wraz z ich zasobami umożliwia obecnie (poprzez sieci) rozprzestrzenianie wizualnych i dźwiękowych typów danych, informacji i wiedzy [Probst i in. 2002, Kania 2003]. Zaobserwować można wyraźnie przejście związane z innowacjami hardware'owymi polegającymi na stopniowej zmianie kierunku ich wdrażania do gospodarstw rolniczych z inicjatywy instytucji zewnętrznych do stanu, kiedy zakupy realizowane są z inicjatywy końcowego użytkownika. Nabycie komputerów uzasadnia ich zastosowanie do kontroli procesów produkcji, monitorowania środowiska, a w ograniczonej liczbie przypadków, w podejmowaniu elementarnych decyzji. Wzrastającą świadomość konieczności stosowania technologii informacyjno-komunikacyjnej w procesie wspomaganie decyzji w gospodarstwach rolniczych potwierdziły badania opinii producentów rolnych przeprowadzone w kilku wysoko rozwiniętych krajach, z których wynika, że 49% respondentów uważa, że poniosą straty, jeśli nie zastosują ICT w zarządzaniu gospodarstwem [Gelb i in. 2000]. Produkcja rolna jest obecnie determinowana strategicznymi wyzwaniami trwałego rolnictwa, przyjaznego dla środowiska oraz priorytetami określanymi w ramach Wspólnej Polityki Rolnej, co powoduje, że jest ona bardziej zależna od technologii informacyjno-komunikacyjnej (ICT) i szeroko rozumianej grupy „końcowych użytkowników” [Kamp 1995]. Wyniki badań przeprowadzonych w ramach projektu EFITA w kilkunastu państwach świata⁵ w latach 1998-2003 pozwalają na stwierdzenie, że w celu lepszego przyswojenia technologii informacyjno-komunikacyjnej w gospodarstwach rolniczych istnieje potrzeba znacznego poszerzenia pakietu szkoleń dla rolników z obszaru ICT, co powinno być wspierane środkami publicznymi [Gelb i in. 2000]. Według Ridera [1997] zaawansowane systemy elektroniczne oraz systemy wspomaganie decyzji będą jednym z najważniejszych elementów decydujących o przyszłości wyposażenia gospodarstw rolniczych. Opinię o wzrastającej roli informatyki we współczesnym rolnictwie i agrobiznesie potwierdza analiza trendów gospodarki rolniczo-żywnościowej przeprowadzona przez Tomczaka [2004], uzasadniana m.in. narastaniem więzi integracyjnych między farmami a korporacjami agrobiznesu.

⁵ Belgia, Brazylia, Czechy, Dania, Francja, Niemcy, Grecja, Holandia, Węgry, Irlandia, Izrael, Włochy, Japonia, Litwa, Norwegia, Polska, Portugalia, RPA, Szwecja, Turcja, Anglia, USA. Austria, Kanada, Finlandia i Słowenia.

Biorąc pod uwagę opisane uwarunkowania funkcjonowania gospodarstw rolniczych i otoczenia gospodarczego, w którym działają, jak również fakt braku lub ograniczonej funkcjonalności systemów ewidencyjnych w gospodarstwach rolniczych, konieczne jest opracowanie metod pozwalających gromadzić i przetwarzać niezbędne informacje, w tym także dane niezbędne do oceny trafności decyzji w zakresie wyboru środków mechanizacji produkcji rolnej

Podjęcie strategicznych decyzji o zakupie lub wymianie kosztownych ciągników, kombajnów, przyczep i innych środków mechanizacji, z uwagi na wieloletnie skutki ekonomiczno-organizacyjne dla całego gospodarstwa rolniczego, musi zostać poprzedzone szczegółową analizą nakładów czasu i kosztów związanych z wprowadzeniem planowanych zmian. Złożoność i słabe ustrukturyzowanie problemu wyboru maszyn sprawia, że do oceny planowanych decyzji niezbędne jest zgromadzenie i przetworzenie dużej liczby danych eksploatacyjno-technicznych i ekonomicznych, niezbędnych do wykonania kalkulacji kosztów eksploatacji maszyn i wykonania zabiegów polowych. Konieczne jest także ustalenie nakładów czasu na wykonanie zabiegów polowych w taki sposób, aby zminimalizować ryzyko niewykonania ich w terminie. Niezbędne jest również uwzględnienie możliwości świadczenia usług, korzystania z usług mechanizacyjnych lub też wspólnego użytkowania sprzętu.

Takie zestawienia informacyjne można uzyskać na podstawie wiarygodnych i szczegółowych danych o technologiach produkcji realizowanych w specyficznych warunkach przyrodniczo-organizacyjnych i ekonomicznych konkretnych gospodarstw rolniczych. Postęp naukowo-techniczny i zmieniające się szybko warunki społeczno-ekonomiczne produkcji rolnej powodują, że niezbędne jest stałe uaktualnianie danych koniecznych do oceny skutków strategicznych decyzji o zmianach w parku maszynowym. Niedorozwój systemów informacyjnych gospodarstw rolniczych, a z drugiej strony brak dziedzinowych baz wiedzy i odpowiadających im baz danych z tego zakresu wpływa na konieczność opracowania metody oceny wyboru maszyn z zastosowaniem rozwiązań informatycznych przygotowujących takie dane i umożliwiających ich aktualizację oraz przetwarzanie dla potrzeb oceny planowanych przedsięwzięć strategicznych.

2. CEL I ZAKRES PRACY

Konieczność modernizacji potencjału wytwórczego krajowych rodzinnych gospodarstw rolniczych jawi się jako imperatyw wymuszany zarówno uwarunkowaniami wewnętrznymi jak i zewnętrznymi. Wysoki stopień deprecjacji ekonomicznej i moralnej posiadanych środków mechanizacji z jednej strony, a niekorzystne relacje cen produktów rolnych do cen środków produkcji i słaby dopływ obcych środków kapitałowych z drugiej strony uniemożliwiały producentom rolnym dokonanie niezbędnych zmian w wyposażeniu swoich gospodarstw (przedsiębiorstw) w zestawy maszyn i ciągników. O konieczności wdrożenia drogich, wysoko wydajnych, a jednocześnie gwarantujących wysoką jakość zabiegów agrotechnicznych maszyn przekonują wyzwania współczesnej gospodarki rynkowej, nastawionej na sprostanie oczekiwaniom klientów w zakresie zdrowotności produktów rolnych, jak i nowe zadania rolnictwa i obszarów wiejskich, determinujące dobre praktyki rolnicze w zakresie ochrony środowiska. Relatywnie niższe koszty wykorzystania zestawów drogich, lecz wysoko wydajnych w porównaniu z zestawami tanimi, nisko wydajnymi są kolejnym argumentem dla przyjęcia takiego kierunku modernizacji potencjału wytwórczego przedsiębiorstw rolnych. Problem jest tym ważniejszy, że decyzje o zmianach w wyposażeniu technicznym gospodarstw rolniczych, ze względu na swoje długoletnie skutki, mają wymiar strategiczny.

W zintegrowanej Europie szansą na polepszenie sytuacji w tym zakresie są nowe instrumenty finansowania inwestycji osiągalne w ramach funduszy wsparcia rolnictwa i obszarów wiejskich. Preferowane są formy wspólnego użytkowania maszyn, gwarantujące wyższą efektywność ich wykorzystania, szybsze zużycie i odtworzenie. Rozdrobnione krajowe gospodarstwa rodzinne wymagają zespołowego działania w tym zakresie, realizowanego już często poprzez formy usług międzysąsiedzkich. Warunkiem pozyskiwania środków unijnych na inwestycje modernizacyjne jest wykazanie celowości i racjonalności planowanych zmian, udokumentowanych wykonaniem odpowiednich kalkulacji i obliczeń bazujących na wiarygodnych danych. Niedobór zasobów informacyjnych w tym zakresie powoduje, że niezbędne jest opracowanie metody przydatnej w procesie wspomagania decyzji dotyczących zakupu, wymiany, usługowego, a także wspólnego użytkowania środków mechanizacji produkcji roślinnej. Wyniki takich analiz będą tym bardziej potrzebne, im więcej producentów rolnych będzie zmuszonych do wdrażania powszechnych norm i kontroli procesów produkcyjnych żywności. Instrumenty do oceny inwestycji mechanizacyjnych muszą zapewniać wysoki poziom aktualizacji, precyzji i wiarygodności danych oraz uzyskać wysoki stopień akceptacji użytkowników. Kryteria takie mogą spełnić rozwiązania technologii informacyjno-komunikacyjnej (ICT), w tym

Systemy Wspomagania Decyzji (SWD) i metody sztucznej inteligencji (SI) [Zieliński 1992, 2000, Baborski 1994].

Rangę tego problemu wyznaczają kierunki badań prowadzone w ośrodkach badawczych Holandii, Francji i innych krajów, znajdujące odzwierciedlenie w licznych cytowanych publikacjach, a także pracach wykonywanych wspólnie z innymi autorami.

W związku ze sformułowanym problemem badawczym celem pracy jest analiza uwarunkowań i ocena wyboru maszyn za pomocą narzędzi klasy Systemy Wspomagania Decyzji (SWD/DSS – Decision Support Systems) oraz sztucznej inteligencji (SI/AI – Artificial Intelligence). Dla jego realizacji w pierwszej części pracy zamierzono dokonać szczegółowego przeglądu dotychczasowego dorobku w zakresie problematyki i metod wspomagania decyzji oraz oceny wyboru maszyn i wielorakich implikacji ekonomiczno-organizacyjnych wyposażenia technicznego, wpływających na sytuację całego gospodarstwa rolniczego. W drugiej części pracy dla realizacji celu podstawowego zaplanowano opracowanie i zweryfikowanie oryginalnej metody oceny wyboru maszyn na podstawie studium stosowanych w tym zakresie metod badawczych i analizy uwarunkowań modernizacji potencjału wytwórczego gospodarstw rolniczych oraz analizy sytuacji decyzyjnych w wybranych gospodarstwach rolniczych.

Zrealizowanie sformułowanych celów wymagało po pierwsze określenia kierunków przemian systemów wspomagania decyzji w świetle nowych zadań rolnictwa i rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnej, po drugie analizy drogi rozwojowej metod oceny wyboru maszyn i ich znaczenia dla procesu doskonalenia podejmowania decyzji. Po trzecie niezbędne było opracowanie diagnozy stanu i kierunków zmian dotyczących wyposażenia gospodarstw rolniczych w środki mechanizacji, z uwzględnieniem skali i struktury działalności produkcji roślinnej. W następnym etapie pracy należało opracować metodę przydatną dla rolników i doradców do analizy i oceny skutków strategicznych decyzji w zakresie wyboru maszyn w gospodarstwach rolniczych oraz zweryfikować funkcjonalność opracowanej metody na tle innych metod wspomagania decyzji.

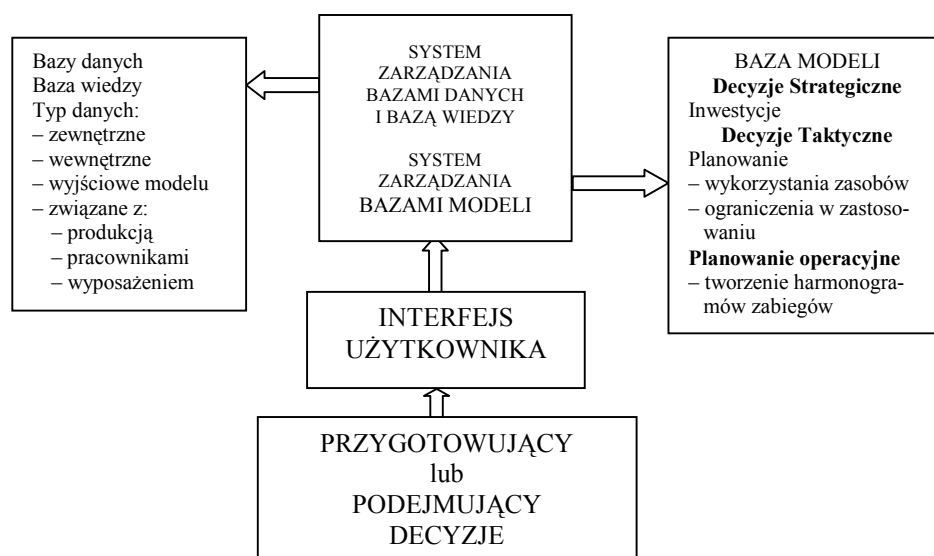
W związku ze zdefiniowanymi celami sformułowano następujące hipotezy badawcze:

1. Konieczność modernizacji wyposażenia technicznego gospodarstw rolniczych i analizy inwestycji w tym zakresie, kierunki rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnej oraz przemiany metod wspomagania decyzji w rolnictwie, w szczególności w zakresie oceny wyboru maszyn, skłaniają do poszukiwań nowych rozwiązań w obszarze metod sztucznej inteligencji.
2. Proponowana metoda oceny wyboru maszyn należąca do klasy metod SI jest przydatna w procesie analizy i oceny skutków zrealizowanych i planowanych decyzji dotyczących zmian w wyposażeniu w środki mechanizacji produkcji roślinnej, z uwzględnieniem różnych form użytkowania maszyn oraz zmian w skali i strukturze działalności produkcji roślinnej rodzinnych gospodarstw rolniczych.

3. OGÓLNY MODEL WSPOMAGANIA DECYZJI

Systemy wspomaganie decyzji (SWD/DSS) wywodzą się z DIS (Data Interpretation Systems), bazujących na komputerowych sieciach lokalnych i są wyposażone w zestaw narzędziowy, który stanowi pełne środowisko do wspomaganie decyzji, pozwalające końcowym użytkownikom tworzyć własne aplikacje [Hellwig 1998].

W odróżnieniu od DIS, systemy wspomaganie decyzji (SWD) we wczesnej fazie rozwoju, mogły dotyczyć różnych zastosowań, pod warunkiem, że ich opis był przechowywany w relacyjnej bazie danych [Nycz i Smok 2002]. Systemy te służą przede wszystkim bezpośredniemu zwiększeniu efektywności podejmowania decyzji, a nie wydajności organizacji (rys. 1), lecz poprzez wybór trafnych decyzji pośrednio również podnoszą sprawność działania organizacji.



Rys. 1. Schemat ogólnego modelu wspomaganie decyzji

System wspomaganie decyzji to system informatyczny, który dostarcza informacji z danej dziedziny z wykorzystaniem analitycznych modeli decyzyjnych z dostępem do baz danych i baz wiedzy w celu wspomaganie skutecznego działania decydentów w kompleksowym i źle ustrukturalizowanym środowisku. W definicjach SWD z jednej strony kładzie się nacisk na funkcje tych systemów, a z drugiej na współpracę człowieka z komputerem, która stała się obowiązującym standardem. Dlatego w innym ujęciu można przyjąć za Bieleckim

[2000], że SWD to systemy komputerowe wyposażone w interaktywny dostęp do danych i modeli, wspomagające rozwiązywanie specyficznych sytuacji decyzyjnych, które nie dają się automatycznie rozwiązać z użyciem samego komputera [Widom i Ceri 1995].

Zdaniem Adelmana [1991] i Herbsta [1996] SWD jest zdywersyfikowaną klasą technologii komputerowej integrującą informacje z baz danych i analityczne metody modelowania (sztuczną inteligencję, analizę decyzyjną, modele optymalizacyjne). SWD wykorzystujący metody sztucznej inteligencji definiowany jest przez niektórych autorów [Kisielnicki i Sroka 1999] jako SWD i BW, czyli system wspomagania decyzji z bazą wiedzy. Rozwiązanie sformułowanego problemu badawczego i weryfikacja hipotez zakładają możliwość wykorzystania systemów ekspertowych należących do klasy metod sztucznej inteligencji do opracowania metody oceny wyboru maszyn. Systemy ekspertowe są wyróżnione ze względu na ich funkcjonalność. Jest to podejście symulujące sposób rozwiązywania problemów przez rzeczoznawców za pomocą środków i metod informatycznych. Definicja SWD i BW cytowana powyżej klasyfikuje metodę z uwagi na rozwiązywany problem, ale z uwzględnieniem kryterium strukturalnego, które stanowi tutaj baza wiedzy. Obie definicje naświetlają dobrze charakter opracowywanej metody oceny wyboru maszyn.

4. PRAKTYCZNE ASPEKTY ZASTOSOWANIA METOD SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W SYSTEMACH WSPOMAGANIA DECYZJI W WARUNKACH REWOLUCYJNEGO POSTĘPU TECHNOLOGII INFORMACYJNO-KOMUNIKACYJNEJ

Zdaniem Sigrimisa i in. [1999], metody sztucznej inteligencji nie zajęły tak dominującej pozycji w systemach informacyjnych zarządzania, jak się tego wcześniej spodziewano, jednak ich rozwój zdecydował o szerokim stosowaniu w SWD. Wiele z opracowanych metod, np. sztuczne Sieci Neuronowe (ANN), rozmyte Systemy Bazy Wiedzy (f-KBS), uzyskały szeroką akceptację w aplikacjach wspomagania użytkownika, kontroli i zarządzania. Wiele wysiłków zostało skoncentrowanych na wykorzystaniu software'u dla aplikacji w rolnictwie, ponieważ z samej swojej natury problemy rolnicze są źle zdefiniowane i niepewne.

Systemy rozmyte i systemy sztucznych sieci neuronowych są technologiami obecnie zalecanymi dla procesów kontroli i sterowania [Schwartz 1992]. Sieciowe rozwiązania komunikacyjne i niezbędne standardy z tym związane są kolejnym elementem przełomowym w integrowaniu łańcucha dostaw żywności produkowanej w warunkach spełniających kryteria ochrony środowiska oraz w jej kontroli jakościowej i prozdrowotnej [Fazlagić 2001]. Dla wykreowania takiej informacyjnej sieci rolniczej otwartej na przyszłe zadania niezbędny jest rozwój tych rozwiązań w następujących kierunkach:

- opracowania czytelnego (dla wszystkich) systemu transmisji danych pomiędzy stacjonarnymi a mobilnymi obszarami systemu,
- opracowania centralnych zasobów dla dostarczania informacji o pozycji i przemieszczaniu się maszyn po polu uprawnym,
- wykreowania centralnych zasobów dla potrzeb diagnozy systemu sieciowego,
- opracowania zasobów informacyjnych do diagnozowania maszyn.

Do wykonania powyższych sprecyzowanych zadań niezbędne są standardy umożliwiające wymianę danych dotyczących rolnictwa. Istnieją obecnie dwa standardy komunikacyjne tego typu: German Standard Din 9684 oraz International Standard ISO 11783. Obydwa standardy bazują na systemie the Controller Area Network. Standardy te powinny być tak rozwijane, aby zapewnić ich wzajemną kompatybilność i możliwość bezkolizyjnego korzystania przez użytkowników. Według Sigrimisa i in. [1999] gwałtownie rozwijająca się infrastruktura informacyjna będzie odgrywała kluczową rolę w realizowaniu koncepcji „wioski globalnej” świata. Rolnicy i producenci żywności muszą stać się aktywnymi członkami tego świata poprzez stworzony dla nich odpowiedni system szkoleń, jak również włączenie obszarów wiejskich do systemów komuni-

kacji satelitarnej, co umożliwi korzystanie rolnikom z dobrodziejstw przepływu informacji w rozległych sieciach komputerowych. Transferowane za pośrednictwem sieci lokalnych i rozległych dane muszą być odpowiednio przetwarzane, aby zapewnić użytkownikom zestawienia przydatne w procesie podejmowania decyzji. W tym celu powinny być wykorzystane odpowiednie instrumenty.

Zastosowanie metod klasy sztucznej inteligencji (SI) jest rozwiązaniem o znaczących korzyściach praktycznych:

- jest niezależne od ekspertów, gdyż raz zgromadzona w pamięci komputera wiedza może być przechowywana i wielokrotnie wykorzystywana w zakresie zagadnień i problemów danej klasy,
- jest o wiele szybsze niż praca ekspertów,
- uwzględnia usprawnienia w zakresie posiadanej wiedzy SI, podczas gdy wiedza ludzka może być obciążona błędem przy każdorazowym jej wykorzystaniu,
- ułatwia dokumentowanie wiedzy, w odróżnieniu od subiektywnej wiedzy człowieka, na który mają wpływ m.in. na jego cechy psychologiczne (emocje, zmiany poglądów, postawy itp.),
- może wspierać określone prace w bardziej efektywny sposób, niż to czynią ludzie⁶ [Filipowicz 1988, Mulawka 1996].

Z wyżej wymienionych względów technologie sztucznej inteligencji znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach, jak na przykład:

- zadaniach klasyfikacyjnych (rozpoznawaniu obrazów),
- identyfikowaniu elementów mówionego języka naturalnego,
- automatycznym dowodzeniu twierdzeń,
- automatycznym programowaniu komputerów,
- podejmowaniu decyzji w systemach sterowania,
- wyszukiwaniu informacji w dużych bazach danych na podstawie skojarzeń kontekstowych,
- rozwiązywaniu heurystycznym problemów złożonych w warunkach niepewnej informacji itp. [Stefanowicz 2000].

Lal i in. [1990] uważają, że sama budowa modelu symulacyjnego konstruowanego za pomocą narzędzi SI (zamiast języków proceduralnych) przyczynia się do podniesienia ich elastyczności, czytelności i zwiększenia możliwości ich zastosowań. Według Gilliesa [1994] podejście psychologiczne Simona i jego grupy do sztucznej inteligencji (SI) jest próbą stymulowania indukcyjnych metod wnioskowania i poglądów znanych naukowców w celu odkrycia nowych prawidłowości funkcjonowania maszyn elektronicznych. Okazało się, że opinie znanych naukowców są zjawiskiem bardzo skomplikowanym, niemożliwym do zanalizowania za pomocą prostych metod wnioskowania (stąd słabe rezultaty zastosowania takiego podejścia w praktyce). Z drugiej strony podejście logiczne do SI oparte na ideałach Turinga [1950] wraca obecnie do pierwotnych idei tego

⁶ W. Flakiewicz, 2002. Systemy informacyjne w zarządzaniu (uwarunkowania, technologie, rodzaje), 140-141.

badacza, pozwalając łączyć logikę i praktykę. Celem takiego podejścia jest opracowanie ogólnych reguł indukcyjnych przy wykorzystaniu praw logiki i prawdopodobieństwa dla dokonania istotnych odkryć za pośrednictwem maszyn elektronicznych; np. system IRIS opiera się na wzorcu bazującym na K i e , gdzie K jest wiedzą podstawową, e jest dowodem lub daną, a H jest hipotezą sformułowaną w celu wyjaśnienia e przy użyciu K . Systemy te zostały zastosowane w IRIS iteracyjnie.

Jedną z klas metod sztucznej inteligencji są systemy ekspertowe [Turban i Watson 1994]. W opinii Kaczorowskiego i Vogelgesanga [1998] systemy ekspertowe są wysoko wyspecjalizowanymi programami komputerowymi rozwiązującymi zwykle złożone i rozmyte równania relacyjne. Równania stanowią odbicie zbiorów reguł wnioskowania opartych o logikę klasyczną i wielowartościową. Określone programy użytkowe umożliwiają również uzupełnienie własnych baz danych o nowe odkrycia naukowe i fakty, a także zapewniają interaktywną komunikację z użytkownikiem, co czyni z nich praktyczne narzędzie wspomagania decyzji. Ogólnie programy te należą do klasy systemów opartych o wiedzę (Knowledge Based System – KBS), pozwalających analizować i rozwiązywać wiele zagadnień sterowania zarówno w prostych urządzeniach technicznych, jak również w skomplikowanych systemach, np. społeczno-ekonomicznych.

Pierwsza generacja systemów ekspertowych należących do metod klasy SI dotyczyła tylko rozpoznania i eliminacji złego funkcjonowania maszyn elektronicznych. Według Kusza i in. [2000] druga generacja systemów ekspertowych pozwala na głębokie przedstawienie konkretnej dziedziny, a modele należące do tej generacji pozwalają lepiej strukturyzować problemy. Istnieją dwa podejścia: ontologiczne i semantyczne. Podejście ontologiczne posiada 2 poziomy. Pierwszy przybliża wyjaśnienie elementów i powiązań między nimi, czyli wyjaśnia fizyczną strukturę, co oznacza, że wyniki tych systemów mogą być niezrozumiałe jako grupa powiązanych elementów. Drugi poziom wyjaśnia funkcjonowanie danego systemu ekspertowego, co wymaga wiedzy z zakresu praw i prawidłowości rządzących daną dziedziną, np. z zakresu ekonomiki rolnictwa, techniki rolniczej, agronomii itp. W semantycznym podejściu wiedza jest podzielona na mniejsze grupy (głównym powodem istnienia konfliktów są powiązania pomiędzy tymi grupami). Tego typu modele mniej wyjaśniają, ale pozwalają lepiej strukturyzować problemy. Czasami dla podejmujących decyzje ważniejsze od szczegółowych rozwiązań modelu jest lepsze zobrazowanie problemu przez modele SWD. Haouche i Lamsade [1993] uważają, że podejmowanie decyzji z zakresu planowania strategicznego (do takich należy planowanie inwestycji zakupu maszyn) jest zbyt złożone, żeby mogło być wspomagane metodami konwencjonalnymi. W opinii Simona [1983] tego typu problemy (planowania strategicznego) są z natury rzeczy źle ustrukturyzowane. Planowanie takie obejmuje dekompozycję głównego problemu na podproblemy, uruchomienie procesu wnioskowania na poziomie podproblemu, a następnie ich skoordynowanie i zagregowanie dla uzyskania globalnego rozwiązania (teoria mul-

tiagentów). Zastosowanie teorii multiagentów pozwala użytkownikom systemu (np. w systemie ARISTOTE [Haouche i Lamsade 1993]) rekomendować plan akcji, a jeśli działania podejmowane w jej ramach są niekompatybilne, system udziela wyjaśnień użytkownikowi i poszukuje następnych sytuacji, które proponuje użytkownikowi. U podstaw takiego podejścia leży teoria rozdzielczości i konfliktu Marcha i Simona [Simon i Newell 1972, March i Olsen 1979, Simon 1991]. Według tej teorii często cele cząstkowe mogą być sprzeczne z celami ogólnymi i wówczas muszą działać procedury przewidujące, jak taki konflikt należy rozwiązać. W analizowanym problemie wyboru maszyn, np. w wyniku zakupu agregatu, nakłady czasu na wykonanie jednego hektara zabiegów polowych dla jednej działalności mogą ulec obniżeniu, ale dla innej działalności wzrosną (małe "roślinopola" o nie regularnym kształcie). Wówczas konieczne jest przyjęcie priorytetów dla kryteriów wyboru wariantów.

5. METODY WSPOMAGANIA DECYZJI W ROLNICTWIE

We wczesnych stadiach tworzenia i stosowania systemów wspomaganie decyzji opartych na ICT próby ich wdrożenia do praktyki często kończyły się niepowodzeniem z powodu braku odpowiednich parametrów i danych wejściowych dla potrzeb zarządzania, jak również niewystarczającego zakresu norm i normatywów [Pietraszewski 1987].

Bardziej zaawansowane systemy wspomaganie decyzji przyjmujące powyższą zasadę ewidencji za podstawową, opracowano pod koniec lat osiemdziesiątych [Budziński i in. 1989].

W historycznym rozwoju metod wspomaganie decyzji w rolnictwie odchodzono od metod analitycznych, takich jak metody statystyczne czy wykorzystujące modele procesów matematycznych, metody programowania lub symulacyjne, na korzyść systemów ekspertowych coraz częściej stosowanych w rozwiązywaniu problemów ekonomicznych [Kozłowski i Weres 2000]. Do podstawowych zalet metod sztucznej inteligencji (SI) należy zaliczyć ich elastyczność, uniwersalność i łatwość w tworzeniu aplikacji. Metody te nie wymagają znajomości modeli matematycznych diagnozowanych obiektów. Model matematyczny nie determinuje metod analitycznych, lecz może stanowić część bazy wiedzy systemu ekspertowego.

Metody sztucznej inteligencji, a szczególnie systemy ekspertowe i sztuczne sieci neuronowe coraz częściej znajdują zastosowanie w rozwiązywaniu problemów ekonomicznych w ogóle, w tym również związanych z gospodarką żywnościową [Orylska i Marjak 1998]. Zdaniem Kaczorowskiego i Vogelgesanga [1998] wiedza z dziedziny rolnictwa, ekonomii, techniki i innych obszarów obejmująca poglądy wiedzę oraz oparta na intuicji ekspertów powinna być skoncentrowana wokół problemów decyzyjnych występujących w gospodarstwach rolniczych, gdyż dopiero wówczas stworzony system wspomaganie decyzji będzie mógł być pomocny konkretnemu rolnikowi w podejmowaniu racjonalnych działań. Tak pojmowany SWD może wskazać zarządzającym specyficzną ścieżkę rozwoju ich gospodarstw z uwzględnieniem takich uwarunkowań, jak: wykształcenie, kwalifikacje, motywacje do pracy, kultura rolnicza oraz zasoby w postaci ziemi, siły roboczej, budynków, środków finansowych, sprzętu, itp. Jak dotąd zbyt wiele uwagi w metodach ekspertowych, stanowiących nowy, perspektywiczny impuls do badań w inżynierii rolniczej, poświęca się tworzeniu baz danych, a mniej analizie związków logicznych pozwalających na wypracowanie decyzji stanowiącej rzeczywistą pomoc w konkretnej sytuacji. Rozwiązanie zadania decyzyjnego wymaga takiej reprezentacji wiedzy, która mogłaby być transformowana przez system informatyczny i kończyć się regułą decyzyjną. Uczestnikiem procesu transformacji powinien być informatyk, ale

ekspert lub zespół ekspertów powinien przygotować w danej dziedzinie analizę, która określałaby w pełni sytuację decyzyjną i odpowiadałaby na prawie wszystkie pytania z nią związane.

Dotyczy to zwłaszcza przypadków, dla których:

- wiedza naukowa jest niepełna i odpowiedź jest zależna tylko od doświadczenia i intuicji eksperta,
- należy podjąć decyzje jednorazowe (niezwykle ważne decyzje określające cel działania i inicjujące dalsze procesy), np. decyzje o zakupie kombajnu zbożowego,
- trzeba określić i przyjąć krótko- i długoterminowe strategie działania, adaptujące gospodarstwa rolnicze do osiągnięcia w przyszłości wyznaczonych celów.

Dla systemów szczególnie złożonych reprezentacja wiedzy powinna być przygotowana wcześniej przez analityka systemów, który wspomaga działanie zespołu informatyków i ekspertów. Analiza systemowa umożliwia bowiem przedstawienie problemów w postaci funkcjonalnie sprzężonych podsystemów-bloków, tworząc obrazy sytuacji, które mogą być łatwo przetwarzane na języki sformalizowane. Obrazy, które kreuje analityk na podstawie współpracy z ekspertami praktyki i teorii rolniczej, utworzą zbiór stanowiący wzorcową bazę danych i reguł. Kaczorowski i Vogelgesang [1998] uważają, że wdrożenie komputerowego systemu wspomagania decyzji w rolnictwie, uwzględniającej indywidualną specyfikę każdego gospodarstwa, stanie się w niedalekiej przyszłości koniecznością, podobnie jak jest już wymogiem w innych dziedzinach życia i gospodarki.

Cros i in. [2003] określają proces podejmowania decyzji jako problem zarządzania wiedzą, który dotyczy reprezentacji i przetwarzania wiedzy. Konwencjonalne modelowanie i technologie symulacyjne [Banks i in. 1996] muszą być połączone z reprezentacją wiedzy i możliwościami wnioskowania wywodzącymi się z obszaru sztucznej inteligencji [McCluskey i in. 2000], a także z działaniami z zakresu inżynierii oprogramowania dla potrzeb opracowywania oprogramowania symulacyjnego. Bazy wiedzy mogą poszerzyć zakres analizy przyczyn podejmowania decyzji często zawężanej do parametrów ekonomicznych i techniczno-organizacyjnych. Modele SI mogą uwzględnić w analizie racjonalność postępowania rolników i ich holistyczny sposób zarządzania, wykraczając poza tradycyjnie pojmowany zakres dyscyplin zarządzania. Fakt ten może mieć korzystny wpływ na jakość SWD poprzez poszerzenie spektrum analizowanej wiedzy z takich dyscyplin, jak ergonomia lub psychologia poznawcza.

Rutkowski-Hauke [1990, 2001, 2002] stwierdza, że funkcjonowanie systemu ekspertowego jest związane ze stałą aktualizacją wiedzy. W użytkowaniu tego typu systemów aktualizacja wiedzy stanowi trudne wyzwanie merytoryczne i organizacyjne. Może to wynikać z kilku powodów, wśród których najważniejszym jest trudny dostęp do ekspertów dobrze znających dziedzinę rzeczywistości. Jedynie stała współpraca eksperta z systemem ekspertowym może pozwalać na formułowanie prawidłowych wniosków dotyczących działania w przyszłości. Przyszłości określonej jako podjęcie decyzji w danej chwili, jak

też pojmowanej jako przybliżenie kształtowania się przyszłych zjawisk. Nie ma jednak realnych możliwości na stałą współpracę z ekspertem, który by aktualizował wiedzę zaimplementowaną w systemie ekspertowym. Wynika to z faktu, że zapotrzebowanie na informacje przydatne w zarządzaniu wzrasta wraz z rozwojem przedsiębiorstw rolnych we współczesnym otoczeniu gospodarczym. Dlatego też należy budować systemy ekspertowe w taki sposób, aby mogły same dostarczać sobie wiedzy i na tej podstawie generować określone rozwiązania [Chromiec i Strzemieczna 1994]. Nie można w takim przypadku pozostawić systemów ekspertowych samym sobie i założyć, że będą generowały cały czas nową wiedzę. Za poprawność zaimplementowanej wiedzy odpowiedzialny jest człowiek. Jednym ze źródeł pozyskiwania wiedzy dla potrzeb systemów ekspertowych może być analiza danych, które miały miejsce w przeszłości. Również zastosowanie wskaźników do oceny tych modeli umożliwia ich wykorzystanie w systemach sztucznej inteligencji.

Znany jest system ekspertowy FIN-ARS⁷, który określa stan i możliwości rozwoju finansowego farm. Stosowany jest też system o większym zasięgu, np. w zarządzaniu chowem bydła mlecznego, automatycznie zbierający dane za pomocą specjalistycznych sensorów zainstalowanych w organizmach zwierząt, na stanowisku doju, w miejscach zadawania paszy czy ważenia. Następnie system przeprowadza logiczną analizę uzyskanych informacji i sugeruje określone działania związane z selekcją bądź poprawą żywienia. W skład systemu wchodzi baza danych, baza wiedzy obejmująca część regułową (operatory), proceduralną (modele) oraz sieci neuronowe (algorytmy), akwizycję wiedzy, mechanizm wnioskowania oraz moduły: objaśniający i do komunikacji z użytkownikiem. Ważnym elementem może być wiedza pozyskiwana z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych [Wong i in. 1994]. Innym przykładem systemu wspomagania decyzji do zarządzania produkcją krów mlecznych może być model van Elderena [1987], gdzie wykorzystano zupełnie inne podejście do problemów podejmowania decyzji w chowie krów mlecznych, określane mianem up-bottom⁸. Podejście to w odróżnieniu od wyżej przedstawionego FIN-ARS, gdzie zastosowano zasadę bottom-up, polega na skonstruowaniu ogólnych założeń modelu na podstawie danych statystycznych, a następnie na ich implementacji do szczegółowych rozwiązań w odniesieniu do grupy krów lub pojedynczej sztuki w zakresie decyzji odnośnie dawki paszy treściwej, objętościowej, wpuszczenia na stanowisko udojowe itp. Model ten zatem opiera się na zasadzie od ogółu do szczegółu, odwrotnie niż ma to miejsce w FIN-ARS, gdzie najpierw zbierane są dane o zachowaniu i parametrach fizjologicznych zwierząt za pośrednictwem sensorów, a następnie na podstawie wyników analizy tych danych system

⁷ J. Orylska, H. Marjak, 1998. Sztuczna inteligencja w zastosowaniach ekonomicznych, 331-338.

⁸ Podejście up-bottom („z góry na dół”) stosowane jest w modelowaniu zjawisk w myśl zasady od ogółu do szczegółu w odróżnieniu od podejścia bottom-up („z dołu do góry”) – polegającego na stosowaniu zasady odwrotnej.

wzbogaca bazę wiedzy o danej krowie i dopiero podejmuje decyzje dotyczące jej żywienia lub udoju. Na podobnej zasadzie jak FIN-ARS opierają się zrobotyzowane ферmy krów mlecznych w Holandii (Robotic Milking Barn – RMB), gdzie już sprzedano rolnikom ok. 200 takich inwestycji wraz z systemami zarządzania [Hogeveen i Meijering 2000].

Przytoczone przykłady wskazują, że nowoczesne systemy wspomaganie decyzji są i będą tym intensywniej wykorzystywane w działalności zarządczej towarowych gospodarstw rolniczych funkcjonujących w nowej gospodarce, im bardziej będzie postępowała substytucja czynnika pracy czynnikiem kapitału.

Konstruując metody ekspertowe wspomaganie decyzji dla potrzeb przedsiębiorstw rolnych, należy określić warunki, które muszą one spełniać, aby mogły zostać pozytywnie zweryfikowane w praktyce. Davis [1989] stwierdza, że kluczowym czynnikiem decydującym o akceptacji użytkowników dla SWD jest ich osobiste odczucie przydatności proponowanych narzędzi. Zdaniem Coxa [1996], istnieje technologiczna luka pomiędzy projektantami SWD a ich użytkownikami, co powoduje, że systemy te nie spełniają aktualnych potrzeb i są nieadekwatne, niedostępne i nieelastyczne. Potwierdzają to badania przeprowadzone w 8 krajach europejskich na temat tempa i metod wdrażania ICT w gospodarstwach rolniczych. Stwierdzono, że trudno jest jednoznacznie zdiagnozować przyczyny nierynkowego charakteru nasycań gospodarstw rolniczych rozwiązaniami ICT, wspomaganego przez instytucje sektora publicznego, pomimo że od strony techniczno-organizacyjnej i ilości firm usługowych ICT nie powinno być żadnej różnicy między rolnictwem a innymi sektorami gospodarki [Gelb i in. 1999]. Wyjaśniają to *curiosum* po części Daniel i Walker [2002], twierdząc, że ryzyko nieadekwatności wzrasta wraz z powiększaniem dystansu społecznego pomiędzy projektantem systemu a jego potencjalnymi użytkownikami, a w przypadku przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych w Polsce, gdzie średni poziom wykształcenia rolników jest niski (około 70%⁹ posiada wykształcenie zawodowe i podstawowe), taka różnica poziomów jest obecnie i będzie jeszcze przez dłuższy czas znacząca. Potwierdzeniem tego, że weryfikacja takich systemów jest w praktyce ograniczona, może być opinia Jacobsena [1995], według którego rzadko korzystają z nich rolnicy, ponieważ zarządzają gospodarstwami w sposób holistyczny (kompleksowy, całościowy) [McCown 2002]. Modele wspomaganie decyzji natomiast obejmują swoim zakresem najczęściej wąskie problemy decyzyjne, ponieważ trudno jest w jednym modelu ująć wszystkie czynniki i następstwa analizowanych decyzji [Bojar 1997]. Dlatego też SWD powinny poszerzać horyzonty zarządzających i pomagać w strukturalizacji problemu¹⁰, ale nie zastępować zarządzających w podejmowaniu decyzji [Kroeze i Elderen 1993].

⁹ http://www.igipz.pan.pl/miasto/zbiory/spr_2002_igipz_pan.pdf

¹⁰ Pojęcie używane w literaturze związanej z systemami wspomaganie decyzji jako rozkład problemu złożonego na cząstkowe w celu łatwiejszej prezentacji natury problemu i czynników wpływających na jego rozwiązanie.

Kluczową rolę w budowie modeli SWD miały prace badaczy holenderskich, które były następstwem m.in. zaawansowania technologicznego rozwoju i uprzemysłowienia rolnictwa tego kraju. Implikowało to w pozytywnym sprzężeniu zwrotnym rozwój technologii informacyjnych, stanowiących funkcję zaawansowania systemów wytwórczych [Drelichowski 2000]. Jednym z pierwszych badaczy zajmujących się modelowaniem symulacyjnym w rolnictwie był deWitt z Uniwersytetu w Wageningen [McCown 2002]. W opinii deWitta systemy ekspertowe powinny być bardziej kompleksowe niż modele symulacyjne, ponieważ „cegielki wiedzy” nie muszą być w nich poukładane jedna na drugiej w sposób uporządkowany, jak w modelach symulacyjnych, ale naśladują niekompletną i nieściśłą wiedzę charakterystyczną dla umysłów ludzkich. Zdaniem tego autora, niedobór ekspertów-rzeczoznawców z poszczególnych dziedzin powoduje, że rozwój metod komputerowych zastępujących ekspertów jawi się jako imperatyw [McCown 2002]. Shaffer i Broadahl [1998] stwierdzają, że główną korzyścią dla rolników z zastosowania systemu opartego na regułach wnioskowania jest zdolność do łatwiejszego testowania specyficznych reguł zarządzania dla danego gospodarstwa, które mogą mieć istotny wpływ na jego produkcję lub dochód. Obecnie rolnicy mogą wykorzystywać także systemy symulacyjne, w których zakłada się, że niektóre dane regionalne są danymi specyficznymi z konkretnych gospodarstw, a poprzez zastosowanie systemu reguł można takich danych używać do analizy decyzji w specyficznych warunkach własnych przedsiębiorstw. W połączeniu z modelem symulacyjnym złożone specyficzne reguły analizowanego gospodarstwa będą mogły być zaimplementowane i użyte do generowania rozwiązań w tymże modelu symulacyjnym.

Przedstawiciele ekonomiki rolnictwa w kraju i za granicą [Castle i Becker 1971, Maniecki 1976, Manteuffel 1980, Kierul i in. 1988, Tomczak 2004] od dawna podkreślali duże znaczenie racjonalnych zasad podejmowania decyzji stosowanych przez zarządzających gospodarstwami rolnymi. Autorzy ci traktowali wiedzę i doświadczenie rolników jako znaczące czynniki procesu zarządzania. Attonaty i in. [1991] z Instytutu Ekonomiki Rolnictwa Francji (INRA) prezentują stanowisko, że głównym weryfikatorem założeń wszelkich modeli powinien być jego końcowy użytkownik, gdyż dysponuje najpełniejszą wiedzą o tym, jakie specyficzne dane są konieczne dla poprawnego przeanalizowania jego gospodarstwa. W pracach Attonaty i in. [1991] przyjmuje się, że rolnik posiadający tzw. wiedzę niejawną (niesformalizowaną) jest ekspertem zdolnym ocenić wyniki analizy systemu ekspertowego. Jest to zgodne z opiniami przedstawicieli zajmującymi się zarządzaniem wiedzą, zdaniem których ta część wiedzy jest przynajmniej równie ważna w przedsiębiorstwie, jak część jawna w postaci sformalizowanej [Lewell i Kimon 1972, Nonaka i Konno 1998]. Takiego poglądu nie podzielają inni autorzy, którzy swoje modele budują w oparciu o parametry techniczno-organizacyjne pochodzące ze zweryfikowanych danych normatywnych, twierdząc, że czym innym jest wiedza ścisła i nie należy jej utożsamiać z intuicyjną wiedzą rolnika wynikającą wyłącznie z jego doświadczenia [Kroeze i Elderen 1993]. Jednym z ograniczeń zastosowania zaawanso-

wanych modeli wspomagania decyzji jest ich obszerny zakres, powodujący, że zawierają dużo zmiennych i przypisanych im wartości. Trudno te wartości zweryfikować z uwagi na brak danych empirycznych koniecznych do ich walidacji, tak jak np. w modelu BETHA opracowanym przez zespół INRA [Loyce i in. 2002] dla potrzeb procesu planowania uprawy pszenicy na etanol. Wydaje się, że racjonalnym podejściem do rozwiązania tego problemu może być powtarzanie analiz z udziałem użytkownika modelu, który poprzez zmianę niektórych danych wejściowych modelu i obserwację ich wpływu na uzyskane wyniki może śledzić skutki symulowanych przez siebie decyzji. Takie podejście pozwala łączyć z jednej strony możliwość korzystania z normatywnych parametrów baz danych i baz wiedzy, a z drugiej strony z parametrów rzeczywistych konkretnego przedsiębiorstwa rolnego, weryfikowanych na podstawie uzyskanych rozwiązań przez odbiorcę wyników modelu. Warunkiem powodzenia takiej metody weryfikacji danych jest dostęp do bazy normatywnej, utworzonej na podstawie badań przeprowadzonych w wielu gospodarstwach rolniczych.

W ocenie modeli wspomagania decyzji należy wziąć pod uwagę ich efektywność doradczą i wszystkie implikacje z tym związane. Stąd też ostatecznym weryfikatorem tego typu systemów powinien być końcowy odbiorca produktów SWD, zarządzający gospodarstwem rolnym. W opinii Sengi [1990] produkcja rolna jest „złożoną sekwencją działalności nazywaną dynamiczną złożonością, charakteryzującą się zróżnicowanymi implikacjami i rezultatami występującymi na przestrzeni określonego czasu”. Sherman i Schultz [1998] stwierdzają, że owa złożoność może być zdefiniowana w następujący sposób: „złożony samo dostosowujący się system zbudowany z interaktywnych agentów działających według reguł, reagujących na zmiany w lokalnym oraz globalnym środowisku i zmieniających to środowisko poprzez poszczególne pojedyncze działania”. Korzyści z technologii informacyjnej osiąga się dzięki wykorzystaniu produktów, które zapewniają zwrot kapitału zainwestowanego w technologię informacyjną. Wartość uzyskanych efektów przekracza wtedy poniesione na informację nakłady. Jednak koncentrowanie się wyłącznie na technologii informacyjnej lub systemach informacyjnych jest tworzeniem perspektywy zakładającej, że informacja jest bardziej dostępna dla użytkownika i ludzie mogą łatwiej z niej korzystać. Takie założenie budzi wątpliwości, bowiem właściciel musi kontrolować proces produkcyjny, jednocześnie rozwiązując wszystkie aspekty zarządzania głównie samodzielnie, na własne ryzyko. Wykonywanie zadań operacyjnych i zarządzania gospodarstwem pozostawia bardzo mało czasu na zastosowanie komputerowego systemu zarządzania, nie pozwalając na uzyskanie sprawności w jego obsłudze. Proces wdrożenia zależy w dużym stopniu od absolutnego przekonania rolnika o korzyściach wynikających z wdrożenia ICT. Do ograniczeń należałoby także zaliczyć takie elementy jak: tradycyjny konserwatyzm, brak infrastruktury, trudności z uzyskaniem wsparcia technicznego i inne.

Jednym z opracowanych narzędzi należących do klasy SWD jest system doradczy Ma'ayan. Sukces i akceptacja tego systemu są uwarunkowane wzrastającym zapotrzebowaniem na informację dotyczącą produkcji rolniczej, wyni-

kającym ze stałego strukturalnego procesu adaptacyjnego wymuszanego przez pogarszające się warunki handlu zdominowanego przez większe, skomercjalizowane jednostki. Im większa jest jednostka produkcyjna i wyższy stopień dywersyfikacji produkcji roślinnej, tym większe zapotrzebowanie na zarządzanie bardziej skomplikowanymi danymi i na wspomaganie procesu podejmowania decyzji [Gelb i Deaman 1992, Gelb i in. 1999, Gelb i in. 2000]. Upowszechnienie komputerów zmniejsza opór przed ich wykorzystaniem, redukuje zahamowania psychiczne i obniża koszty, co skłania rolników do poszukiwania i wdrażania software'u odpowiedniego do ich potrzeb. Mniej wymagający rolnicy mają skłonność absorbowania procesów poprzez poszukiwanie prostych, niewymagających rozwiązań. Ma'ayan wykorzystuje nieskomplikowany, przejrzysty i przyjazny dla użytkownika model zarządzania. Jego zaletą jest eliminowanie skomplikowanych modeli, które wymagają wyższego stopnia zaawansowania wiedzy z zakresu zarządzania. Jest prosty i łatwy do zrozumienia, ponieważ zawiera raporty spełniające potrzeby i oczekiwania rolników. System redukuje czas zastosowania modelu, głównie dlatego, że rolnik może utrzymywać swój tradycyjny sposób rejestracji danych wejściowych oraz format ich zapisu. Inną bezsprzeczną zaletą jest możliwość pozyskiwania zróżnicowanych raportów na podstawie przeszłych i nowych rekordów. Zaleca się, aby rozpocząć pracę z modułem rejestracji nakładów pracy, a następnie spontanicznie wraz z rosnącym doświadczeniem dodawać nowe moduły. Wcześniejsze doświadczenia wskazują, że 20% całkowitych nakładów czasu wystarcza dla zgromadzenia 80% potrzebnych informacji do wspomaganie decyzji i prowadzenia ewidencji. Doświadczenia pracy z systemem Ma'ayan wskazują, że 80% skomputeryzowanej informacji jest wystarczająca dla wsparcia podstawowych potrzeb informacyjnych rolnika. Program jest elastyczny i nie jest zdefiniowany dla danej działalności roślinnej lub danej struktury zasiewów, co często powoduje nieelastyczność i nieadekwatność narzędzi ICT do zaspokajanych potrzeb informacyjnych. Raporty są sporządzane na podstawie aktualnych danych i adekwatnych warunków dzięki prostocie i szybkości metody rejestrowania i przetwarzania danych, natomiast obsługa skomplikowanego oprogramowania zwykle wymaga szkolenia i pomocy technicznej. System pomocy w Ma'ayan jest uproszczony. Działa na życzenie użytkownika za pośrednictwem telefonu lub poczty elektronicznej. Trudności w adaptacji i wdrożeniu mogą wynikać z faktu, że rolnicy już wykorzystują inne narzędzia komputerowe, np. MS Excel, lub z osobistych preferencji czy uwarunkowań (np. część użytkowników uważa, że Ma'ayan nie jest dość przyjazny i nie zaspokaja ich specyficznych wymagań). Kolejną przyczyną może być również rozczarowanie rolników innymi narzędziami klasy wspomaganie decyzji lub słaby stopień rozpropagowania systemu na rynku. Na podstawie obserwacji można stwierdzić także, że rolnicy nie współpracujący z doradcami rolnymi nie wykorzystują software'u w ogóle, a Ma'ayanu w szczególności. Można założyć, że w świecie doskonałej informacji planowane rezultaty powinny być pewne. W przeciwnym przypadku, kiedy rezultaty decyzji nie miałyby zostać trafnie przewidziane, planowanie

i kontrola straciłyby sens. Stąd kryterium wiarygodności uzyskiwanych z SWD wyników należy uznać za podstawowe.

Innym czynnikiem sukcesu w dziedzinie zastosowań SWD jest system szkoleń ich użytkowników. Zdaniem Gelba i in. [1997], przykłady pozyskiwania wiedzy i doszkalania poprzez INTERNET, np. kursy WIRE, zostały ocenione przez rolników bardzo pozytywnie, łącznie z możliwościami wymiany doświadczeń w grupie szkolenia. Proces przekazywania wiedzy od doradcy do rolnika, jej przyswajanie i implementacja do konkretnego działania jest procesem trudnym, dlatego oprócz indywidualnego doradcy prowadzącego rolnika, może i powinien być wspomagany nowoczesnymi rozwiązaniami ICT, takimi jak kształcenie na odległość, grupy dyskusyjne, konferencje na żywo (czat) itp. [Hewlett i Weigel 2003].

Zasadniczym celem tworzenia systemu ekspertowego jest skomputeryzowanie problemów na poziomie eksperta wysokiej klasy. Tak więc wiedza powinna być łatwo dostępna i umożliwiać personelowi o niewielkich umiejętnościach wykonywanie pewnych zadań (po konsultacji z systemem ekspertowym), które w przeciwnym razie musiałyby być rozwiązywane przez rzeczoznawców.

W skład systemu ekspertowego wchodzi następujące komponenty:

- podsystem akwizycji wiedzy (Knowledge Acquisition Subsystem), spełniający funkcje gromadzenia, przesyłania i przetwarzania wiedzy eksperta-rzeczoznawcy, pochodzącej bezpośrednio od eksperta bądź z udokumentowanych źródeł wiedzy zawierających translację ekspertyzy na język programu komputerowego w celu stworzenia lub poszerzenia bazy wiedzy,
- baza wiedzy (Knowledge Base),
- mechanizm wnioskujący (Inference Engine),
- użytkownik (User),
- interfejs użytkownika (User Interface),
- obszar pracy (Blackboard-Workplace),
- podsystem wyjaśniający – uzasadniający (Explanation Subsystem (Justifier),
- system aktualizacji i uściślenia wiedzy (Knowledge Refining System).

Systemy ekspertowe (SE) naśladują proces rozumowania rzeczoznawców. Możliwości SE wynikają z jego specyficznej wiedzy, a nie z reprezentacji szczegółowej wiedzy lub schematu wnioskowania. Opracowywanie ekspertyzy jest specyficznym zadaniem pozyskiwania wiedzy (w rozumieniu wyżej wyjaśnionym) pochodzącej ze szkoleń, studiowania literatury i z doświadczenia. Eksperti mogą podejmować szybkie i trafne decyzje dotyczące złożonych sytuacji. Większość systemów SE nie ma modułu aktualizacji i uściślenia wiedzy. Wyróżnia się kilka typów systemów ekspertowych:

- systemy zastępujące systemy bazujące na wiedzy,
- systemy oparte na regułach,
- ramowe systemy ekspertowe,
- systemy hybrydowe łączące SE z sieciami neuronowymi,
- systemy oparte na modelach,
- gotowe systemy z pustymi bazami wiedzy,

- systemy czasu rzeczywistego obsługujące procesy ciągle (sterowanie lotami kosmicznymi i samolotowymi).

Ostatecznym celem systemów opartych na wiedzy (klasy KBS – Knowledge Based Systems) jest sformułowanie decyzji rozwiązujących dany problem na podstawie dostarczonej wiedzy. Ważne problemy decyzyjne nurtujące rolników wymagają uwzględnienia w analizie wielu czynników i zastosowania mniej lub bardziej uświadomionych metod oszacowania ryzyka. Niewiedza rolników może wprowadzać dodatkowe ryzyko tam, gdzie ono nie istnieje, natomiast analiza ekspertowa może pomóc przeprowadzić proces technologiczny według najlepszej wiedzy, a także wskazać strategię pozwalającą na minimalizację zwykłego ryzyka. Osiągnięcie dochodu rolniczego jest jednym z ważnych celów producenta rolnego, realizującego go w trzech fazach cyklu produkcyjnego obejmującego:

- wybór kierunku produkcji oraz przygotowanie,
- realizację produkcji,
- sprzedaż płodów rolnych lub ich przetwórstwo i sprzedaż.

Do ważnych problemów decyzyjnych w gospodarstwie należy polityka inwestycyjna i eksploatacyjna dotycząca posiadanego już kapitału rzeczowego. Błędne decyzje skutkują dotkliwymi stratami finansowymi. Rozważając problemy ekonomiki gospodarstw, można stwierdzić, że konieczne w procesie planowania jest przewidywanie ruchu cen na płody rolne i środki produkcji, tym bardziej, że przyszłe ceny powinny być określane z wyprzedzeniem przynajmniej rocznym-równym cyklowi produkcyjnemu. Ważna więc staje się ocena stabilności realnych rynków zbytu. Niektóre informacje dotyczące zjawisk obszarowych, jak: ruch cen, prognozy pogody, skażenie środowiska, geografia chorób, promocja nowych technologii i materiałów i inne, wymagają ciągłego monitoringu wyspecjalizowanych instytucji. Obserwacja tych zjawisk z poziomu gospodarstwa rolniczego jest uciążliwa i nieprecyzyjna. Wprowadzenie systemu ekspertowego wymagałoby racjonalnej dystrybucji wiedzy, co wiąże się z zaprojektowaniem architektury odpowiedniego systemu informatycznego. Rewolucyjny, dynamiczny rozwój technik telekomunikacyjnych pozwala, w granicach rozsądnych kosztów, na wymaganą obustronną łączność pomiędzy zorganizowaną siecią komputerów w gospodarstwach rolniczych a ośrodkami dystrybucji wiedzy. Łączność potrzebna tylko do aktualizacji bazy danych może funkcjonować w pierwszej fazie wdrożenia w postaci jednostronnego taniego systemu rozgłoszeniowego (broadcasting). W nowym systemie pojawiłoby się wiele problemów natury technicznej i organizacyjnej, a szczególną rolę w ich rozwiązaniu przypadłaby w udziale ośrodkom doradztwa rolniczego i izmom rolniczym, które mogłyby się przekształcić w ośrodki łączności z innymi instytucjami, ośrodkami administrowania, sieciami komputerowymi i tą drogą zapewniłyby transfer wiedzy do gospodarstw rolniczych oraz jej aktualizację. Podobną propozycję wysuwa Woźniak [2004], który na podstawie prowadzonych badań stwierdza, że w procesie podejmowania decyzji przez rolników nadal dominującą rolę pełnią tradycyjne kanały przepływu informacji (sąsiedzi, doradcy). Przy rozpowszechnianiu proponowanych metod wspomagania decyzji

największe bariery nie będą występowały jednak w sferze techniczno-organizacyjnej czy instytucjonalnej, ale w sferze przyzwyczajzeń i mentalności. Lokalni doradcy muszą uznać, że system ich nie zastępuje i nie umniejsza ich znaczenia, ale stawia nowe zadania, które według den Bana i Hawkinsa [1996] można sprowadzić do stwierdzenia, że doradca powinien uczyć rolników „...nie jakie decyzje mają podejmować, ...ale jak takie decyzje podejmować”. Od doradców trzeba oczekiwać informacji zwrotnej o potrzebach modyfikacji i uzupełniania systemu ekspertowego o nowe elementy. Rolników natomiast może przekonać tylko pragmatyzm systemu ekspertowego.

Zdaniem den Bana [1999] należy uznać za błąd wdrożenie systemu ekspertowego tylko ze względu na pokusę wykorzystania nowoczesnej techniki informatycznej, ponieważ są takie obszary rolnicze, gdzie wdrożenie systemu byłoby nieracjonalne. Autor uważa także za częściowo uzasadniony zarzut o dostarczaniu informacji korzystnych z punktu widzenia eksperta, a nieuwzględniania tych informacji, których przetworzenia wymagałoby rolnicy.

Występowanie takiej sytuacji w postaci umiarkowanej jest do przyjęcia nawet w systemie interaktywnym, ponieważ nie każdą informację można wykorzystać do rozwiązywania danego problemu.

Ponieważ metoda analizy informacji przez rolnika różni się od analizy komputerowej, prowadzi to do wyciągania rozbieżnych wniosków, zależnych od kontekstu sytuacji decyzyjnej. Jeżeli wziąć pod uwagę decyzje oparte na rzetelnej wiedzy i dużym zbiorze informacji, to przewaga systemu ekspertowego powinna być wyraźna.

Stwierdzenie, że nie można analizować sprzecznych informacji pochodzących z wielu źródeł, świadczy o pewnym nieporozumieniu, ponieważ system ekspertowy tworzy się m.in. do rozwiązywania takich sytuacji. Przyjmuje się jednak, że mogą wystąpić szczególne sytuacje decyzyjne, w których nie ma możliwości oceny wiarygodności podjętej decyzji.

Obawy uzależnienia rolników od infrastruktury informacyjnej, poza wyjątkami, nie można uznać za słuszną, ponieważ w ten sam sposób rolnik jest przecież uzależniony od producentów nawozów, maszyn itd.

Większość zasobów wiedzy w organizacjach znajduje się w dyspozycji niewielkiej grupy ekspertów. Celem technologii systemów ekspertowych jest przetransferowanie wiedzy od rzeczoznawców lub z udokumentowanych źródeł wiedzy do komputera i udostępnienie jej nie-ekspertom. Systemy ekspertowe obejmują przetwarzanie wiedzy, a nie danych. Mechanizm wnioskujący umożliwia SE proces „rozumowania”, czyli analizy i syntezy dokonywanej metodą przyczynowo-skutkową. Wiedza w SE jest oddzielona od mechanizmu wnioskowania. Systemy ekspertowe mają ograniczone możliwości objaśniania. Istnieje immanentna różnica między tworzeniem środowiska (tworzenie SE) a jego konsultowaniem (wykorzystywaniem SE). Moduł uaktualniania i uściślenia wiedzy, który jest często słabiej rozwinięty w SE, powinien być elementem efektywnego systemu wspomaganie decyzji.

Przedstawiona we wprowadzeniu oraz w rozdziałach 3, 4 i 5 charakterystyka problematyki wyboru maszyn w gospodarstwach rolniczych oraz systemów wspomaganie decyzji i roli metod sztucznej inteligencji w tych systemach uzasadnia celowość opracowania metody dotyczącej wyboru maszyn za pomocą narzędzi sztucznej inteligencji.

6. PRZEGLĄD METOD PLANOWANIA I OCENY WYBORU MASZYN W GOSPODARSTWACH ROLNICZYCH ORAZ OCENA ICH PRZYDATNOŚCI DO ROZWIĄZYWANIA OKREŚLONYCH PROBLEMÓW DECYZYJNYCH

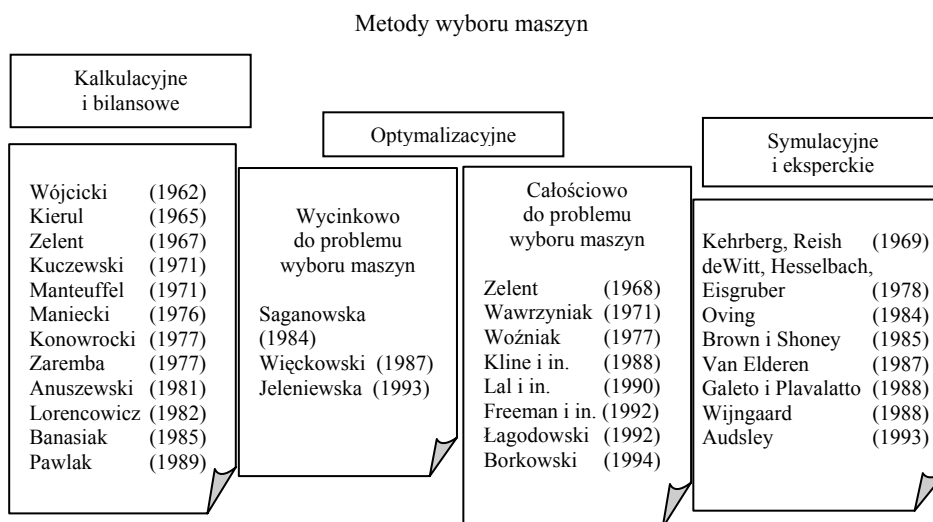
We wczesnym etapie rozwoju metod oceny wykorzystania środków mechanizacji w przedsiębiorstwach rolnych znaczącą rolę pełniły metody bilansowe i kalkulacyjne (rys. 2). W prognozowaniu krótkookresowym stosowano metody wskaźnikowe i czynnikowe. Były one wykorzystywane pod koniec lat 40-ych XX wieku dla ustalania zapotrzebowania na robociznę, siłę pociągową i moc napędową. Próby zastosowania metody technologicznej były konsultowane przez Manteuffla [1971] przy sporządzaniu projektów urządzenia i zmechanizowania PGR i RSP. Metody te stosowali specjaliści ówczesnego IMER [Wójcicki 1962, Zelent 1968, Zaremba 1977, Anuszewski i in. 1979], pracownicy IER oraz SGGW [Kierul 1965, Maniecki 1976].

Koszty mechanizacji można oszacować na podstawie odpowiednich kalkulacji lub bilansów działalności gospodarstw rolniczych obejmujących nakłady (rozchody) mechanizacyjne, takie jak: usługi, paliwa i smary, energię elektryczną i materiały eksploatacyjne, części wymienne, akcesoria i inne, a także zakupy odtworzeniowe związane z amortyzacją środków technicznych. W celu porównania łącznych kosztów mechanizacji produkcji z łączną sumą bilansową gospodarstwa można wykorzystywać różne kombinacje metod bilansowych i kalkulacyjnych.

Kalkulacyjno-bilansowa metoda ustalania kosztów mechanizacji produkcji w gospodarstwie rolniczym polega na sumowaniu kosztów utrzymania i użytkowania poszczególnych środków technicznych zestawu maszyn, wykorzystywanego w formie indywidualnej, zespołowej lub usługowo. Ze względu na błędy podwójnego liczenia koszty mechanizacji mogą być wtedy przeszacowane i przekraczać 100% sumy bilansowej. Błędy te występują przy ustalaniu kosztów garażowania i przechowywania oraz przy obliczaniu kosztów przeglądów i napraw wykonywanych we własnym zakresie.

Bilansowo-kalkulacyjna metoda ustalania kosztów mechanizacji produkcji polega na kalkulacyjnym doszacowaniu pozostałych pozycji kosztów mechanizacji, które w bilansie działalności gospodarstw nie stanowią wyodrębnionych pozycji kosztów mechanizacji, jak np. garażowanie, ubezpieczenia, robocizna własna przy odnowie, podatki, oprocentowanie, a także amortyzacja, którą trzeba wydzielić z inwestycyjnych nakładów odtworzeniowych i rozwojowych środków techniki rolniczej. Kalkulacyjna metoda szacowania kosztów eksploatacji agregatów maszynowych jest stosowana powszechnie przy wyznaczaniu kosztów

i cen usług maszynowych. Dla potrzeb prognozowania w IBMER opracowano metodę wskaźnikową [Zaremba 1977]. Metody technologiczne i czynnikowe (współczynniki) opracowali Kierul i in. [1988] oraz Pawlak [1989]. Na rysunku 2 przedstawiono najważniejsze rozwiązania metodyczne z uwzględnieniem nazwisk autorów publikowanych prac badawczych z tego zakresu.



Rys. 2. Historyczny zarys rozwoju metod wyboru maszyn w gospodarstwach rolniczych

Metoda wskaźnikowa polega na przybliżonym szacowaniu wyposażenia gospodarstw (przedsiębiorstw) rolniczych w siłę pociągową, środki transportowe, maszyny i urządzenia techniczne, przy wykorzystaniu znanych (uśrednionych) wskaźników wyposażenia energetycznego na 100 ha UR, GO i TUZ oraz liczby maszyn i urządzeń technicznych na 100 ciągników, 100 krów itp. Stosując metodę czynnikową (współczynniki), uwzględnia się także strukturę użytków rolnych, strukturę zasiewów, obsadę inwentarza i inne czynniki poprzez zastosowanie m.in. współczynników wielokrotności wykonywania prac polowych i innych do szacowania ilości różnych prac koniecznych do wykonania w ciągu roku niezbędnymi maszynami i środkami energetycznymi. Na tej podstawie zestawia się koszty zakupów maszyn, po zsumowaniu których otrzymuje się wartość zaprojektowanego zestawu maszyn. Porównując zaprojektowany zestaw maszyn z istniejącym w gospodarstwie, określa się, które maszyny z istniejącego zestawu mogą wejść do zestawu zaprojektowanego oraz ustalić kolejność zakupu maszyn. Problem wyboru maszyn jest zatem w tym podejściu rozwiązywany wycinkowo, bez wzajemnych powiązań poszczególnych środków mechanizacji i bez uwzględniania czynnika czasu, zabiegów, bilansu usług zewnętrznych i wewnętrznych itp. Metoda wskaźnikowa pozwala dokładniej niż metoda czynnikowa określić zapotrzebowanie na elementy parku ciągnikowo-maszynowego, dlatego, że uwzględnia w pewnym stopniu organizację pro-

dukcji i ogólne warunki gospodarstwa. Obie te metody wymagają od projektanta wysokich kwalifikacji, doświadczenia i wiedzy, ale nie pozwalają na uzyskanie takiego zestawu maszyn, który byłby optymalny oraz nie uzasadniają, kiedy maszynę należy wycofać z eksploatacji.

Metoda technologiczna (kompleksowa) pozwala zaprojektować poszczególne technologie produkcji roślinnej, zwierzęcej i działalności ogólnogospodarczej na podstawie zaprojektowanych kart technologicznych, umożliwiając dokładniejsze określenie doboru niezbędnego zestawu maszyn do użytkowania w formie indywidualnej, zespołowej i usługowej [Szeptycki i Wójcicki 2003].

Analiza porównawcza metody wskaźnikowej i współczynnikowej z metodą technologiczną wskazuje, że są one mniej pracochłonne, ale zamykają tok działań projektowych na etapie ustalenia zestawu maszyn i ciągników bez dokonania oceny ekonomiczno-technicznej. Są to metody o małej dokładności. Posługiwanie się w tych metodach normami przeciętnymi powoduje, że pozwalają ustalić tylko dane orientacyjne o liczebności środków mechanizacji. Wskazuje to na ich niewielką przydatność w projektowaniu zestawów dla gospodarstw rolniczych. Mogą być jednak przydatne dla potrzeb doradztwa rolniczego do określenia stopnia wyposażenia i potrzeb obsługiwanego regionu [Praca zbiorowa pod red. Banasiaka, 1999].

Zdaniem Klepackiego [1990], w ocenie przeobrażeń technologii produkcji można wykorzystywać metody rachunku ekonomicznego dotyczące zmiany środków trwałych jednego rodzaju na inne. W ocenie ekonomicznych skutków takich zmian można posługiwać się klasycznymi nieskomplikowanymi kalkulacjami dla potrzeb ustalenia opłacalności zastąpienia np. jednej technologii zbioru zbóż – o niższym stopniu mechanizacji – technologią inną – o wyższym stopniu mechanizacji [Józwiak i Kierul 1985] lub technologię zbioru siana technologią zbioru sianokiszonki [Bojar i Oving 1994]. Przy ocenie wyboru maszyn należy brać również pod uwagę kompleksowość zestawu maszyn i urządzeń, gwarantującą zmechanizowanie wszystkich czynności wchodzących w zakres danej technologii, np. zbioru zbóż kombajnami, jak również jakość pracy, która powinna być lepsza niż zestawu dotychczasowego [Goć 1974].

Wójcicki [2003] uważa, że konieczną modernizację gospodarstw rodzinnych będzie można przeprowadzić, stosując metodę technologiczną lub, w sposób uproszczony, metodę czynnikową czy wskaźnikową, a także za pomocą innych kalkulacji wchodzących w skład rachunku ekonomicznego. Metody te wymagają jednak doskonalenia i wspomaganie programami komputerowymi do symulacyjnych i optymalizacyjnych rachunków ocen i decyzji wyboru najlepszego wariantu technologicznej modernizacji rozwojowego gospodarstwa rolniczego. Zdaniem Zaremby [1977], Kierula i in. [1988], Pawlaka [1989] i Borkowskiego [1994], metody polegające na określeniu ilościowego zapotrzebowania na siłę pociągową i napędową oraz na maszyny i narzędzia, przy zastosowaniu odpowiednich normatywów i wskaźników oraz kart technologicznych poszczególnych procesów produkcji roślinnej i zwierzęcej, nie pozwalają na określenie optymalnej struktury produkcji i zasiewów, uwzględniającej struktu-

rę planowanych inwestycji. Także według opinii Tomaszewskiego i Lorencowicza [1992] stosowane metody planowania potrzeb i rozwoju postępu technologicznego (współczynnikowa, wskaźnikowa, technologiczna, normatywów) i ich różne modyfikacje nie pozwalają na uzyskanie obiektywnej oceny stopnia i perspektyw rozwoju mechanizacji w gospodarstwach indywidualnych.

Metoda Komegi opracowana przez Lorencowicza i Piskorskiego [1992] przeznaczona jest dla gospodarstw o identycznych zespołach ciągnikowo-maszynowych. Umożliwia ustalenie kosztów własnych użytkownika maszyn, kosztów usług i minimalnych dochodów zapewniających zwrot kosztów mechanizacji. Opiera się na normatywnych wydajnościach eksploatacyjnych, cenach, wskaźnikach oprocentowania, kosztach napraw i cenach usług dla danego typu maszyny.

Wraz z rozwojem metod i środków informatyki pojawiła się możliwość zastosowania metod numerycznych do optymalizacji użyteczności funkcji celu, przy jednoczesnym spełnieniu wielu ograniczeń i rozwiązywaniu różnorodnych problemów ekonomiczno-społecznych (rys. 2). W 1968 roku Zelent [1968] opracował metodę optymalnego planowania wyboru maszyn i ciągników, która w odróżnieniu od metody wskaźnikowej i współczynnikowej umożliwia znalezienie optymalnego zestawu maszyn. Rozwiązaniem problemu wyboru maszyn w węższym zakresie zajmowali się również tacy autorzy, jak Saganowska [1984], Więckowski [1987] i Jeleniewska [1993]. W roku 1993 Muzalewski [1993] 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. W roku 1994 kompleksową metodę oceny wykorzystania maszyn rolniczych w gospodarstwach chłopskich, MSERVICE opracował Borkowski [1994], który poprzez uwzględnienie w modelu programowania liniowego wielu zmiennych umożliwił rozliczanie usług międzysąsiedzkich i zbilansowanie zakupowanych, jak i świadczonych usług. Wielokryterialny model symulacyjny MSERVICE obejmujący zależności występujące w grupach podobnych gospodarstw rolniczych, pozwala określić optymalną strukturę parku maszynowego w gospodarstwie rolniczym przy różnych formach wykorzystania sprzętu rolniczego. W modelu zostały uwzględnione także aspekty organizacyjne planowania prac polowych poprzez rozliczanie ponoszonych na te prace nakładów w okresach agrotechnicznych. Wnikliwe rozpracowanie algorytmów obliczania amortyzacji i kosztów napraw pozwoliło obliczyć koszty mechanizacji prac polowych i zbilansować nakłady czasów pracy z uwzględnieniem wszystkich złożonych powiązań zestawów środków mechanizacji, ciągników i pracowników, które zachodzą w gospodarstwie w okresie roku [Borkowski 1994].

Wraz z rozwojem metod programowania i języków obiektowych, a także algorytmów symulacyjnych pojawiły się możliwości wykreowania przestrzenno-przedziałowych modeli symulacyjnych w dużej mierze naśladujących procesy rzeczywiste (rys. 2). Prekursorami rozwoju takich modeli, uwzględniających

również podejście ekspertowe, byli m.in. Kehrberg i Reisch [1969], Eisgruber [1978], Audsley i in. [1997], Hesselbach [2001] i inni (rys. 2). Işik i Say [2001] opracowali system ekspertowy dla potrzeb optymalnego wyboru ciągników rolniczych w specyficznych warunkach gospodarstw rolniczych. Nozdrovicky i Marhavy [2001] 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 rolniczych w kombajny zbożowe podjął Izdebski [2003], 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 rolniczych ma znaczący wpływ na koszty kombajnowego zbioru zbóż i roślin technologicznie podobnych. Uwzględnił w większym stopniu niż dotychczas końcowe efekty zbioru zbóż decydujące o jakości plonu, obejmując kalkulacjami koszty dosuszania ziarna w zależności od warunków pogodowych. W określaniu strategii wyposażenia w kombajny zbożowe uwzględnił także tak ważne czynniki otoczenia gospodarstw, jak rynek usług maszynowych i rynek ziarna zbóż. Podobnie jak w innych stosowanych metodach oceny wyboru maszyn, poziom rocznego wykorzystania, struktura uprawianych roślin oraz nakłady materialne (koszty eksploatacji środków technicznych i opłata pracy ludzkiej) okazały się równie ważnymi czynnikami wpływającymi na efektywność wykorzystania kombajnów zbożowych i tym samym kształtującymi odpowiednie strategie wyboru tej grupy maszyn.

Symulacyjne modele przedziałowe zastosowano także do symulacji rzeczywistych systemów produkcji rolnej, wiernie odzwierciedlając zachodzące w nich procesy [Thyssen 1995]. Modele tej klasy pozwoliły również w pewnym stopniu uniknąć tzw. „przekleństwa nieskończoności” („curse of infinity”) związanej z analizą procesów w nieskończenie wielu punktach zmiennej czasowej, a charakterystycznego w programowaniu systemów dynamicznych [Molenda i Dąbkowski 2002]. Stało się to możliwe w modelu przedziałowym, ponieważ czynnik czasu ograniczono w nim do kilkunastu punktów analizy (wyznaczanych granicami przedziałów) [Bojar i Oving 1994]. Skomplikowana postać takich modeli, z uwagi na wierne i szczegółowe odzwierciedlenie w nich procesów rzeczywistych, sprawia, że do ich rozwiązania potrzebna jest duża liczba danych wejściowych, co podnosi znacznie pracochłonność przygotowania, a równocześnie ogranicza możliwości zastosowania w praktyce [Bojar 1997]. Symulacyjny model przedziałowy IMAG-ORSPEL zaadaptowano do specyfiki rolnictwa polskiego i zastosowano z powodzeniem w gospodarstwach i przedsiębiorstwach rolnych w Polsce do oceny trafności decyzji dotyczących wyboru maszyn dla zróżnicowanego obszaru upraw, zmiany technologii produkcji, zakupu lub sprzedaży usług, wpływu współwłasności środków mechanizacji na koszty mechanizacji, wpływu korzystnych lub niekorzystnych warunków pogodowych na bilans czasów dyspozycyjnych i rzeczywistych nakładów czasu itp. [Bojar

i Kroeze 1994, Bojar i Oving 1994]. Opracowane wcześniej systemy SWD FINDS oraz FARMSYS [Freeman i Whittaker 1992] lub systemy ekspertowe Kline'a i in. [1988], oparte na metodach programowania liniowego (LP), nie pozwalały ocenić rzeczywistych możliwości wykorzystania maszyn i pracowników w takim samym stopniu jak model IMAG-ORSPEL z uwagi na fakt, że w metodach tych symulowany wybór zabiegów oraz maszyn i pracowników następuje poprzez korzystanie ze stałych zasobów dostępnych ciągle w takim samym stopniu. Tymczasem zasobów czasu dyspozycyjnego w okresach agrotechnicznych ubywa w miarę realizacji zabiegów polowych. Procedura obliczeń modelu programowania liniowego nie jest w tym zakresie dostatecznie precyzyjna. Tę samą niedogodność stwierdzono w modelu MSERVICE, w którym wystąpił problem zmienności liniowej amortyzacji w okresach agrotechnicznych i nieliniowej w roku [Borkowski 1994] z uwagi na konieczność podziału czynnika czasu jako czynnika z założenia ciągłego. 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.

Innym ograniczeniem metod optymalizacyjnych i symulacyjnych są małe możliwości strukturalizacji problemu i w związku z tym trudności w komunikacji z aktywną częścią systemu wspomagania decyzji, jaką stanowi użytkownik. Słabość strukturalizacji rozwiązywanego problemu wyjaśniona jest najlepiej pojęciem „czarna skrzynka” (black-box), które dotyczy braku możliwości zaprezentowania użytkownikowi symulacyjnych czy optymalizacyjnych procedur przetwarzania danych, gdyż ma on wgląd tylko w moduł danych wejściowych i wyjściowych. Moduł przetwarzania jest niedostępny.

Wskazane wyżej cechy instrumentów zastosowanych dotychczas do rozwiązywania problemu wyboru maszyn uwidaczniają ograniczenia, które powinny być pokonywane. Jedną z możliwości w tym zakresie może być zastosowanie narzędzi klasy SWD i SI do opracowania innej metody.

7. MATERIAŁ EMPIRYCZNY

7.1. Metody pozyskiwania danych empirycznych

W celu weryfikacji przydatności opracowanej metody w procesie wspomagania decyzji dotyczących wyboru maszyn przeprowadzono badania w 18 celowo wybranych gospodarstwach rolniczych województwa kujawsko-pomorskiego, wytypowanych metodą ekspertową przez doradców regionalnych ośrodków ODR. Wybrane obiekty należały do gospodarstw przodujących, posiadających strategiczne cele rozwojowe i najefektywniej zarządzanych spośród całej zbiorowości, a więc umożliwiających przeprowadzenie analizy zmian w latach 1998 i 2003. Liczba wybranych obiektów była konieczna i wystarczająca dla weryfikacji zaproponowanej metody oceny wyboru maszyn. Z oszacowanej wstępnie liczby parametrów zaplanowanych 36 modeli gospodarstw rolniczych (18 w roku 1998 i 18 w roku 2003) wynikało, że dane zgromadzone w 18 gospodarstwach rolniczych będą wystarczające do utworzenia dziedzinowej bazy wiedzy i baz danych niezbędnych do pozyskania danych wejściowych i opracowania reguł wnioskowania koniecznych dla interpretacji uzyskanych wyników dla potrzeb strategii wyboru maszyn. W każdym gospodarstwie dokonywano merytorycznej weryfikacji wiarygodności ewidencjonowanych w nich liczbowych danych źródłowych i tworzonych zbiorów danych technologicznych.

Dane źródłowe zgromadzono na podstawie badań własnych, prowadzonych metodą wywiadów kierowanych, oraz na podstawie informacji z kart technologicznych działalności. Wybrane gospodarstwa były zlokalizowane na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego. Badane obiekty reprezentowały powszechne dla rodzinnych gospodarstw rolniczych w Polsce nastawienie na produkcję mieszaną roślinno-zwierzęcą; z wyjątkiem 1 gospodarstwa zajmującego się produkcją roślinną.

Innymi kryteriami wyboru były: zróżnicowany obszar użytków rolnych (skala działalności) i struktura zasiewów. Powierzchnia UR zawierała się w przedziale od 12,5 do 172 ha UR, w wyniku czego badaniami objęto przedstawicieli różnych grup obszarowych, ale z ukierunkowaniem na większe, stwarzające szanse na rozwój. Liczba reprezentantów w grupach obszarowych była w 2003 r. następująca:

- 10-15 ha – 1
- 15-20 ha – 1
- 0-50 ha – 10
- > 50 ha – 6

Większość badanych gospodarstw rolniczych należała do grupy obszarowej o powierzchni powyżej 20 ha UR, o czym zdecydował celowy dobór obiektów, w których zakup maszyn stanowi ważny problem decyzyjny, a wybór ten

był również uwarunkowany zgodą na współpracę właścicieli tych gospodarstw rolniczych.

Do ustalenia i weryfikacji nakładów czasu zabiegów polowych wykorzystano również badania wstępne przeprowadzone w latach 1995-2003, które także objęły 18 przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych regionu kujawsko-pomorskiego o zróżnicowanej wielkości od 6,25 do 2629 ha UR. Zebrane dane zostały zweryfikowane przez zarządzających badanymi jednostkami, którzy potwierdzili wiarygodność parametrów ustalonych w modelach.

Badania te umożliwiły poszerzenie liczby analizowanych zabiegów polowych do 3436. Zostały one wykonane na łącznie 205 „roślinopolach” za pomocą 4434 zespołów maszyn i pracowników (tab. 1).

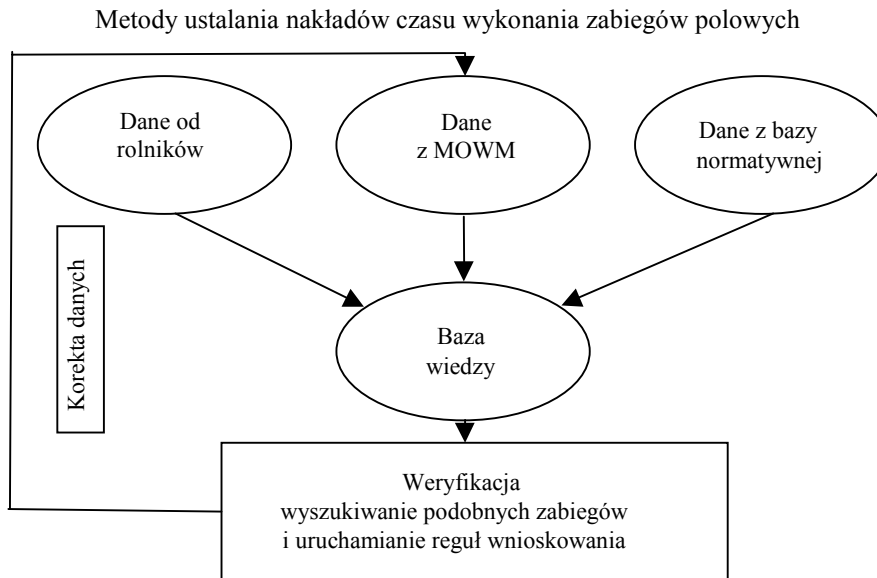
Tabela 1. Charakterystyka danych zgromadzonych w procesie badań obiektowych wykorzystanych dla celów poszerzenia bazy normatywnej

Nr obiektu	Powierzchnia (ha)	Liczba danych						
		Pola	Rośliny	Zabiegi	Typy maszyn	Zespoły	Metody pracy	Rekordy
O 1	6,25	6	6	60	21	23	70	186
O 2	7,50	7	7	95	25	49	94	277
O 3	9,00	10	8	150	28	40	146	382
O 4	9,88	6	6	189	16	48	187	452
O 5	14,20	10	7	88	21	22	58	206
O 6	17,50	6	6	48	14	24	48	146
O 7	28,68	11	9	99	22	91	355	587
O 8	35,00	12	8	156	24	31	153	384
O 9	35,50	9	9	91	64	29	87	289
O 10	35,50	10	10	101	30	102	184	437
O 11	51,72	17	10	215	38	98	480	858
O 12	250,00	8	4	86	35	22	75	230
O 13	458,00	19	8	254	37	36	386	740
O 14	649,00	14	11	131	46	53	233	488
O 15	756,00	16	12	251	67	90	642	1078
O 16	764,80	16	11	85	38	146	492	788
O 17	1448,40	14	8	135	38	39	254	488
O 18	2629,00	14	14	1202	143	39	490	1902
Suma		205	154	3436	707	982	4434	9918

Źródło: badania własne

Tak duża liczba zabiegów polowych dla zróżnicowanych wielkości pól i zestawów maszynowych pozwoliła porównać i ocenić różnice pomiędzy nakładami czasu na zabiegi polowe w gospodarstwach rolniczych będących przedmiotem analizy. W porównaniach uwzględniano zabiegi o tej samej lub zbliżonej po-

wierzchni „roślinopola” wykonywane zespołem maszyn i pracowników o tej samej lub zbliżonej wydajności. W celu weryfikacji nakładów czasu poniesionych na wykonanie zabiegów polowych opracowano system reguł wnioskowania i bazę wiedzy (rys. 3).



Rys. 3. Metody weryfikacji nakładów czasu wykonania zabiegów polowych

Do tworzenia bazy wiedzy, baz danych i zestawień analitycznych wykorzystano własne procedury przetwarzania sporządzone za pomocą pakietów oprogramowania narzędziowego Sphinx 3.0 i 4.0, MS Access, Ms Excel i rozwiązania SQL. Źródłami informacji do zasilania baz danych i baz wiedzy były poza badanymi obiektami witryny internetowe i opracowania instytucji specjalizujących się w tworzeniu takich informacji, np. SMR, IBMER, PIMR, IMR, AR w Lublinie [Jarecki i Woźniak 1995/96, Lorencowicz 1997, Gromadzki 2002, Muzalewski 2002], Pierwszy Portal Rolny, PZU S.A., Giełda Maszyn Rolniczych, NBP, ośrodki doradztwa rolniczego, GUS i wiele innych witryn zawierających m.in. ceny sprzętu rolniczego, usług rolniczych itp.

Dla potrzeb opracowania i weryfikacji metody oceny wykorzystania maszyn nazywanej dalej MOWM od nazwy oryginalnego pakietu programowego¹¹, utworzono 963 zbiory bazy wiedzy o maszynach, ciągnikach, narzędziach i środkach transportowych oraz 888 zbiorów baz danych obejmujących dane dotyczące typów maszyn, zabiegów, zestawów maszyn, nakładów czasu i kosztów.

¹¹ Dla uproszczenia nazwa opracowanej metody jest jednocześnie nazwą opracowanego pakietu programowego.

Dla potrzeb wykreowania modeli gospodarstw i zarządzania bazą wiedzy na podstawie danych z 18 rodzinnych gospodarstw rolniczych, danych z badań wstępnych oraz informacji z literatury przedmiotu utworzono 115 reguł wnioskowania, obejmujących swoim zakresem takie funkcje, jak:

- tworzenie zbiorów bazy wiedzy maszyn na podstawie wzorca,
- obliczanie poszczególnych składników kosztów dla standardowych czasów rocznego wykorzystania sprzętu,
- obliczanie łącznych i jednostkowych kosztów utrzymania, użytkowania i eksploatacji maszyn dla standardowych czasów rocznego wykorzystania,
- tworzenie zbiorów baz danych wszystkich typów maszyn niezbędnych do budowania modeli dla poszczególnych gospodarstw,
- tworzenie zbiorów standardowych zabiegów technologicznych z kodami zabiegów,
- tworzenie standardowych zbiorów działalności z kodami zabiegów dla wszystkich gospodarstw modelowych,
- obliczanie kosztów wykonania prac polowych w poszczególnych gospodarstwach,
- obliczanie rocznych rzeczywistych czasów wykorzystania maszyn w poszczególnych gospodarstwach,
- obliczanie poszczególnych składników kosztów dla rzeczywistych czasów rocznego wykorzystania,
- obliczanie łącznych i jednostkowych kosztów utrzymania, użytkowania i eksploatacji maszyn dla rzeczywistych czasów rocznego wykorzystania,
- tworzenie zbiorów bazy wiedzy maszyn na podstawie zbiorów już istniejących,
- tworzenie zbiorów kosztów zestawów maszyn dla poszczególnych modeli gospodarstw,
- wybór rodzaju i wielkości działalności dla gospodarstwa,
- obliczanie kosztów wykonania prac polowych dla poszczególnych działalności w badanym gospodarstwie rolnym,
- obliczanie łącznych kosztów wykonania prac polowych dla poszczególnych modeli gospodarstw, z możliwością wydzielenia kosztów usług i kosztów siły roboczej (obsługi sprzętu), jak również kosztów utrzymania, użytkowania i eksploatacji maszyn.

W opracowanej metodzie zastosowano zasilenia informacyjne oparte na nowoczesnych rozwiązaniach technologii komunikacyjno-informacyjnej w zakresie:

- obliczania kosztów amortyzacji metodą czasową lub degresywną (DDBM – Double Declining Balance Method) w zależności od celu analizy. Celem analizy w utworzonych modelach było ustalenie kosztów wykonania prac polowych przeciętnie w roku, biorąc pod uwagę całkowitą wartość kosztów odtworzenia maszyny. Dlatego posługiwano się metodą czasową. Gdyby użytkownika systemu wspomagania decyzji interesował rozkład wartości

- odpisów amortyzacyjnych w latach, jako dodatkowy czynnik analizy podejmowanej decyzji, wówczas może wybrać metodę DDBM,
- obliczania kosztów paliwa na podstawie normatywnego lub ewidencyjnego zużycia,
 - ustalania stopy oprocentowania kapitału metodą pozyskania danych z witryn internetowych NBP¹²,
 - pozyskiwania opinii rzeczoznawców IBMER,
 - ustalenia cen i innych parametrów maszyn metodą pobrania danych z witryn związanych ze sprzedażą i zakupem maszyn.

Interpretację reguł wnioskowania wykorzystano do generowania komunikatów informujących użytkownika o poprawności tworzenia zestawów maszynowych z uwagi na wykorzystywaną moc ciągników.

7.2. Charakterystyka badanej zbiorowości gospodarstw na tle sytuacji gospodarstw rolniczych w kraju i zagranicą

W podrozdziale 7.2 i 7.3 zaprezentowano tablicowe struktury danych odzwierciedlające parametry zawierające charakterystyki organizacyjno-techniczne maszyn rolniczych, tworzone dla poszczególnych gospodarstw rolniczych.

Dane przedstawione w tabeli 2 wskazują, że średni wiek ciągników wyniósł około 20 lat (19,78).

Analiza ilościowa wyposażenia badanych obiektów w środki mechanizacji wskazuje, że rolnicy posiadają większą liczbę podstawowych maszyn i ciągników niż średnio w kraju (w przeliczeniu na 100 gospodarstw). Różnice są bardzo duże w grupie agregatów uprawowych, ciągników, kombajnów zbożowych, kombajnów do ziemniaków i buraków, kosiarek ciągnikowych, ładowaczy obornika, opryskiwaczy, pras zbierających, przyczep skrzyniowych i wywrotek, rozsiewaczy nawozowych i wapniowych oraz sadzarek (tab. 3, por. kol. 20 i 21).

Na podstawie badań rodzinnych gospodarstw rolniczych zaobserwowano, że w latach 1998-2003 średni poziom wykorzystania 1 ciągnika w gospodarstwie w ciągu roku wahał się w przedziale od 189 godzin w gospodarstwach najmniejszych do około 1123 godzin w gospodarstwach dużych (tab. 4). W 44,44% badanych gospodarstw wykorzystywano ciągniki w przedziale od 100 do 300 godzin rocznie, w 33,33% od 300 do 500 godzin, a w 22,22% powyżej 500 h. Zatem około 77,78% rolników w badanych obiektach użytkowało ciągniki średnio od 100 do 500 godzin w roku (tab. 5).

¹² <http://www.money.pl/pieniadze/stopy/>

Tabela 2. Zmiany powierzchni i wiek ciągników w badanych gospodarstwach rolniczych

Nr gospodarstwa	Powierzchnia w 2003 r. (ha UR)	Powierzchnia w 1998 r. (ha UR)	Stosunek powierzchni 2003/1998 %	Średni wiek ciągników w 2003 r. (lata)
G 1	12,50	14,20	88,03	26,0
G 2	17,89	17,89	100,00	16,5
G 3	20,20	19,80	102,02	18,0
G 4	21,00	21,60	97,22	26,7
G 5	24,97	18,97	131,63	21,0
G 6	25,15	17,66	142,41	23,5
G 7	26,24	26,24	100,00	21,5
G 8	30,00	14,00	214,29	20,0
G 9	30,50	27,50	110,91	12,0
G 10	38,00	39,23	96,86	25,0
G 11	44,50	19,15	232,38	26,5
G 12	50,00	27,00	185,19	16,5
G 13	51,00	48,50	105,15	13,3
G 14	53,00	41,00	129,27	17,0
G 15	70,00	36,00	194,44	14,0
G 16	72,00	44,00	163,64	26,0
G 17	79,00	15,21	519,40	11,5
G 18	172,00	85,12	202,07	21,0
Średnia z 18 gospodarstw	46,55	29,62	161,94	19,78

Źródło: badania własne

Wiek ciągników użytkowanych w analizowanych gospodarstwach wskazuje na duży stopień ich deprecjacji i konieczność odtworzenia (tab. 6). 40,5% ciągników było użytkowanych powyżej 20 lat, 31% to ciągniki starsze niż 16-letnie, a więc ponad 70% tych środków mechanizacji eksploatowano powyżej 16 lat i moralnie była w poważnym stopniu zużyta. Należy zaznaczyć, że w latach 1998-2003 dokonał się postęp i 10 rolników spośród 18 badanych (czyli w 55,6% badanych gospodarstw) wymieniło ciągniki na nowe lub nowsze niż użytkowane wcześniej.

Tabela 3. Charakterystyka ilościowa wyposażenia badanych obiektów w środki mechanizacji

Rodzaj urządzenia	Numer gospodarstwa													Srednio (sztl.)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	na 100 gospodarstw	w kraju na 100 gospodarstw
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	–
Agregaty uprawowo-siewne	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	2	–	–	1	27,8	–	–
Agregaty uprawowe	–	1	–	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	88,9	4,1	–
Brony ciągnikowe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	–	–
Ciągniki	2	2	1	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	1	3	3	2	4	227,8	59,8	–
Kombajny do buraków	–	–	–	–	1	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	16,7	1,3	–
Kombajny do ziemniaków	–	–	–	1	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	33,3	3,7	–
Kombajny zbożowe	1	1	–	1	–	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	83,3	4,7	–
Kopaczki ciągnikowe	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,1	16,2	–
Kosiarki ciągnikowe	1	–	–	1	1	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	2	50	21,4	–
Kultywatory	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,1	–	–
Ładowacze obornika	1	–	–	1	1	1	1	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	66,7	7,8	–
Opryskiwacze	1	1	1	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	94,4	18,1	–
Plugi i głębosze	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	3	155,6	–	–
Prasy zbierające	1	1	–	1	–	–	1	1	1	1	1	1	–	1	–	1	1	–	66,7	5,1	–
Przetłuszczo-zgrabiarki	1	–	1	1	1	1	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	2	61,1	–	–
Przyczepy skrzyniowe, wywrotki	2	1	1	1	1	2	3	4	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	183,3	32,3	–
Przyczepy zbierające	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,9	4,8	–
Rozsiewacze nawozowe i wapniowe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	21,6	–
Roztrząsacze obornika	1	–	–	1	1	1	1	1	1	1	–	1	–	–	–	–	–	–	66,7	23,6	–
Sadzarki	1	–	–	1	–	1	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44,4	16,8	–
Siewniki jednopunktowe	–	–	1	1	–	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	33,3	–	–
Siewniki zbożowe	1	1	1	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–	–	2	1	1	88,9	–	–
Scianacze do zielonek	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,6	–	–
Razem w gospodarstwie	18	12	10	15	17	16	20	19	16	19	13	17	13	10	18	17	17	25	–	–	–

Źródło: badania własne na podstawie obliczeń modelowych oraz na podstawie badań Wójcickiego [1998] (dane w kolumnie 21)

Tabela 4. Charakterystyka wykorzystania maszyn, ciągników i narzędzi w badanych gospodarstwach w skali roku (2003 r.) (w godzinach)

Nr gospodarstwa	Agregaty	Brony	Ciągniki małe	Ciągniki duże	Ciągniki inne	Średnio na 1 ciągnik	Ładowacze	Maszyny do zbioru zielonki	Opryskiwacze	Plugi	Prasy	Przyczepy	Rozsiewacze	Siewniki	Kombajny okopowe	Kombajny zbozowe	Usługi	Pracownicy
G 1	-	35	378	-	-	189	1	2	4	52	23	157	9	36	-	22	23	459
G 2	8	51	949	384	-	667	132	9	21	73	48	614	173	94	86	55	66	1187
G 3	-	42	582	-	-	582	-	12	12	98	-	302	17	10	-	-	141	730
G 4	-	85	961	-	-	481	83	24	79	61	35	332	119	47	56	18	25	1404
G 5	65	245	1102	735	-	612	-	-	36	185	84	904	288	100	87	56	121	1882
G 6	18	79	798	-	-	399	54	5	9	100	-	429	30	69	14	-	103	833
G 7	18	40	467	390	-	428	51	-	47	72	35	637	27	22	3	80	136	1014
G 8	27	75	355	321	-	338	39	2	13	108	-	199	49	55	33	-	163	841
G 9	20	80	402	191	-	296	37	35	11	28	38	238	38	19	14	29	36	1241
G 10	6	44	481	-	131	204	-	-	92	77	35	198	55	50	-	34	-	775
G 11	122	222	771	1003	-	887	-	-	79	294	144	632	27	5	-	86	171	1958
G 12	-	162	707	388	-	548	1	-	34	159	70	327	44	136	19	35	-	906
G 13	39	54	806	201	-	336	-	9	35	102	-	433	22	22	-	84	197	1065
G 14	56	173	-	621	-	621	91	-	37	58	76	414	25	-	-	91	167	759
G 15	44	89	563	335	-	299	63	-	187	79	-	346	28	4	19	50	42	869
G 16	30	252	28	1224	-	417	56	35	17	67	152	820	137	46	-	56	152	1085
G 17	27	168	1124	-	1122	1123	121	-	20	360	109	1395	73	50	286	105	-	3067
G 18	50	396	2271	322	1495	1022	616	48	159	629	-	2359	349	329	136	219	1828	4648
Średnia liczba godzin	30	127	750	340	153	525	75	10	50	145	47	596	84	61	42	57	187	1373

Źródło: badania własne

Tabela 5. Odsetek gospodarstw w grupach rocznego wykorzystania ciągników w badanych rodzinnych gospodarstwach rolniczych

Roczne wykorzystanie ciągników (średnia liczba godzin na 1 ciągnik w gospodarstwie) (h)	Liczba gospodarstw w grupie	Procentowy udział gospodarstw w badanej zbiorowości
>500	4	22,22
od 300 do 500	6	33,33
od 100 do 300	8	44,44

Źródło: badania własne

Tabela 6. Odsetek ciągników w grupach wiekowych w badanych i gospodarstwach rolniczych

Wiek ciągników (lata)	Procentowy udział ciągników w analizowanej zbiorowości
od 0 do 5	7,1
od 6 do 10	4,8
od 11 do 15	16,7
od 16 do 20	30,9
>20	40,5
Ogółem	100,0

Źródło: badania własne

W tabeli 7 przedstawiono dane dotyczące liczby zakupionych lub wymienionych wybranych maszyn i ciągników w analizowanym okresie. Agregaty uprawowo-siewne i uprawowe zostały zakupione lub wymienione przez 7 rolników, co stanowiło 38,89% badanych gospodarstw, kombajny zbożowe i opryskiwacze przez 6 rolników (33,33%), a kombajny okopowe przez 2 rolników, tj. 11,11% badanych obiektów (tab. 7). Kombajny zbożowe zostały odtworzone wyłącznie w gospodarstwach, które powiększyły skalę działalności, natomiast opryskiwacze zarówno w gospodarstwach, które powiększyły skalę działalności produkcji roślinnej, jak też w tych, które jej nie powiększyły, w proporcji odpowiednio 4 do 2. Restytucja kombajnów do roślin okopowych nastąpiła w gospodarstwach, które znacznie poszerzyły skalę działalności (ponad 2-krotny wzrost arealu uprawy). Spośród 7 gospodarstw rolniczych, w których odtworzono agregaty, w 5 powiększono skalę działalności. Odnotowano zatem nieznaczny postęp w zakresie uprawy, zbioru i ochrony zbóż oraz roślin technologicznie podobnych i okopowych, przy czym głównym powodem restytucji środków mechanizacji było powiększenie skali działalności, a tylko w przypadku ochrony roślin również niska jakość wykonywanych zabiegów polowych przy pomocy przestarzałego i zużytego sprzętu (tab. 7).

Tabela 7. Liczba odtworzonych środków mechanizacji w badanych gospodarstwach rolniczych i liczba gospodarstw, które dokonały zakupów maszyn

Nr gospodarstwa	Zmiana powierzchni UR w latach 1998-2003 (%)	Agregaty	Kombajny zbożowe	Kombajny okopowe	Opryskiwacze	Liczba ciągników – zakup lub wymiana
		(szt.)				
G 1	88,01	-	-	-	-	-
G 2	109,00	-	-	-	-	-
G 3	102,02	-	-	-	-	-
G 4	97,22	-	-	-	-	-
G 5	75,97	1	-	-	-	1
G 6	142,41	-	-	-	-	-
G 7	100,00	-	-	-	-	-
G 8	214,29	2	-	-	1	1
G 9	110,91	-	1	-	-	1
G 10	96,86	1	-	-	1	-
G 11	232,38	1	1	1	1	1
G 12	185,19	-	1	-	-	1
G 13	105,15	-	-	-	1	-
G 14	129,27	2	1	-	-	2
G 15	194,44	1	1	1	1	2
G 16	163,64	1	1	-	1	2
G 17	519,40	-	-	-	-	1
G 18	202,07	-	-	-	-	1
Liczba gospodarstw		7	6	2	6	10

Źródło: badania własne

Struktura wyposażenia gospodarstw rolniczych jest ściśle związana z technologiami wytwarzania, na które ma wpływ skala i struktura działalności produkcji roślinnej odzwierciedlana przez strukturę zasiewów i użytków rolnych. W roku 2003 w badanej zbiorowości zboża ogółem zajmowały średnio prawie 77% powierzchni zasiewów, w gospodarstwach indywidualnych regionu 75,8%¹³, kraju 78%, a w gospodarstwach polskich ogółem 77,1%¹⁴. Odpowiednio rośliny przemysłowe w badanych obiektach stanowiły 6,24% powierzchni zasiewów, w gospodarstwach indywidualnych regionu 11%, kraju 5,7%, a w gospodarstwach polskich ogółem 7%. Ziemniaki zajmowały średnio 2,97% powierzchni zasiewów w gospodarstwach badanych, 4,5% w gospodarstwach indywidualnych regionu, 8,2% odpowiednio w kraju i 7,5% w gospodarstwach polskich ogółem. Rośliny pastewne w badanych gospodarstwach (wyłącznie

¹³ <http://www.stat.gov.pl/> (PSR – dane Powszechnego Spisu Rolnego na podstawie opracowania GUS, 2002, Warszawa).

¹⁴ Dane dla regionu i kraju ustalone na podstawie PSR, 2002 r.

buraki cukrowe i pastewne) stanowiły 4,46% powierzchni zasiewów, w gospodarstwach indywidualnych regionu 5,3%, kraju 4,8%, a w gospodarstwach polskich ogółem 5,2%. Uprawy pozostałe w badanych gospodarstwach zajmowały średnio 9,47% powierzchni zasiewów, w gospodarstwach indywidualnych regionu 2,9%, kraju 2,9%, a w gospodarstwach polskich ogółem 2,8%.

Tendencje zaobserwowanych zmian w strukturze zasiewów w latach 1996-2002 (ustalonej na podstawie PSR) i w latach 1998-2003 wskazują, że w obu zbiorowościach – ogólnokrajowej (indywidualnych gospodarstw rolnych) i badanej są podobne. Udział zbóż w przypadku gospodarstw badanych wzrósł o ok. 3 pp. (punkty procentowe), tj. z 73,83 do 76,86%, podczas gdy według PSR odpowiednio o ok. 6 pp. – z 70,9 do 77,1%. Udział ziemniaków w badanych obiektach zmalał z 4,33 do 2,97%, tj. o ok. 1,5 pp., w kraju według PSR z 10,9 do 7,5%, czyli o ok. 3,5 pp. Udział roślin przemysłowych wzrósł w obiektach badawczych znacząco – z 2,49 do 6,24%, tj. o ok. 4 pp., a odpowiednio w kraju z 6,2 do 7,0%, ok. 1 pp. Udział upraw pastewnych w gospodarstwach badanych zmalał z 5,76 do 4,46%, a w kraju z 8,2 do 5,2%. W grupie roślin pozostałych zaobserwowano spadek z 13,59 do 9,47% w badanej zbiorowości, a w kraju według GUS i PSR z 3,4 do 2,8%. Zaobserwowane trendy świadczą o tym, że badana zbiorowość podlegała przemianom restrukturyzacyjnym charakterystycznym dla gospodarstw rolniczych w kraju, również dla gospodarstw indywidualnych, wskazując na ekstensyfikację struktury produkcji i uproszczenia zabiegów polowych związane m.in. z wysokim udziałem zakupionych agregatów.

W tabeli 8 przedstawiono wskaźniki poziomu mechanizacji produkcji badanej zbiorowości na tle Polski i wybranych krajów lub grup krajów. Potwierdzeniem dużego nasycenia badanych gospodarstw rolniczych środkami mechanizacji jest wysoki poziom wskaźników powszechnie stosowanych przy tego typu ocenach, czyli udział ciągników i kombajnów zbożowych na 100 ha użytków rolnych.

Udział ciągników na 100 ha UR w badanych gospodarstwach jest bliższy poziomowi rolnictwa zachodnioeuropejskiego i przeciętnie krajów środkowo-europejskich niż średniemu poziomowi w Polsce, co świadczy o przeciętnie wysokim stopniu mechanizacji zabiegów agrotechnicznych w badanej zbiorowości na tle kraju. Tę tezę potwierdza uzyskany wskaźnik 4,06 w porównaniu z 4,50 dla Europy Zachodniej i 3,54 dla Europy Wschodniej na tle wartości 7,10 dla Polski. Wskaźnik 4,06 jest również bliższy gospodarstwom rolnym Czech i Węgier (odpowiednio 2,26 i 1,93), które posiadają znacznie korzystniejszą od krajowej strukturę agrarną, gwarantującą lepsze wykorzystanie środków mechanizacji [Florkowski i in. 1998, Takács i Bojar 2003] (tab. 8).

Tabela 8. Wskaźniki poziomu mechanizacji produkcji roślinnej w badanej zbiorowości, w kraju i wybranych krajach Europy

Wybrane wskaźniki	Węgry	Czechy	Europa Wschodnia	Polska	Europa Zachodnia	Gospodarstwa badane w regionie (18)
Ciągniki w rolnictwie						
Liczba sztuk na 100 ha UR	1,93	2,26	3,54	7,10	4,50	4,06
Kombajny zbożowe						
Liczba sztuk na 100 ha UR	0,20	0,30	0,26	1,10	1,50	1,67

Źródło: Pawlak [2002], Faostat data base results [2004], opracowanie własne

Liczba kombajnów zbożowych na 100 ha UR także potwierdza tezę o wyższym stopniu zmechanizowania zabiegów zbioru zbóż i roślin technologicznie podobnych w gospodarstwach badanych niż średnio w Polsce, ponieważ wartość 1,67 jest bliższa wskaźnikowi 1,50 dla Europy Zachodniej niż 1,10 dla kraju. Wpływ na poziom tego wskaźnika ma korzystniejsza struktura obszarowa obiektów badawczych, która jest znacznie lepsza niż przeciętnie w kraju. I tak średnia powierzchnia użytków rolnych w kraju przypadająca na 1 gospodarstwo rolne o areale powyżej 1 ha UR w roku 2002 wynosiła 8,44 ha¹⁵, podczas gdy w badanej zbiorowości 46,55 ha (tab. 2).

Lepsze wskaźniki w tym zakresie mają Czechy i Węgry (odpowiednio 0,30 i 0,20), które dzięki znacznie korzystniejszej strukturze obszarowej rolnictwa mogą osiągać wyższą efektywność ekonomiczną wykorzystania środków mechanizacji.

Z badań Karwowskiego [1998] wynika, że w miarę zacieśniania stosunków z Unią Europejską do utrzymania opłacalności produkcji i konkurencyjności cenowej produktów rolniczych będzie konieczne zwiększenie rocznego wykorzystania zdolności przerobowej maszyn z około 100 do 200 godzin na rok, natomiast ciągników z 600 do 1000 godzin na rok. Kolejnym ograniczeniem przyspieszenia tempa modernizacji wyposażenia gospodarstw rolnych w środki mechanizacji produkcji jest struktura zakupu tych środków. Zdaniem Wosia w okresie 1992-1996, maszyny zakupiło 22,5% gospodarstw, co stanowiło 35% posiadanej liczby środków mechanizacji. Co najmniej 1/3 sprzętu zakupionego w 1996 roku stanowiły maszyny używane. Udział maszyn używanych wzrósł w wyniku tego z 45% w 1996 r. do 63% w 2000 r. Zainteresowanie rolników skupiło się na maszynach do zbioru, mimo iż 61% posiada takie maszyny. Moc

¹⁵ http://www.stat.gov.pl/dane_spol-gosp/nsp/sys_ch_go_rol/publik.pdf

ciągników średniej mocy w przedziale od 25 do 60 kW w gospodarstwach badanych wynosi ok. 61% (60,98%), podczas gdy w regionie 65,1%.

Na 1 ciągnik rolniczy w 2002 r. w województwie kujawsko-pomorskim przypadało 13,2 ha UR, a w kraju około 12,4 ha. Dla porównania w badanych gospodarstwach na 1 ciągnik rolniczy przypadło 20,44 ha, co świadczy o wyższej efektywności wykorzystania środków mechanizacji w badanej zbiorowości niż w województwie kujawsko-pomorskim i w sektorze prywatnym w kraju.

Stan przyczep w gospodarstwach badanych w 2003 r. zwiększył się o 17,86% w stosunku do 1998 r. Liczba kombajnów zbożowych w latach 1998-2003 wzrosła o 36,36% (uwzględniono zastąpienie 1 starszej maszyny przez inną tego samego typu), a w regionie w latach 1996-2002 o 16,16%.

W tym samym czasie ilość opryskiwaczy ciągnikowych w województwie zwiększyła się o 22,4%, a w gospodarstwach badanych o 54,55%. Łącznie liczba opryskiwaczy i sadzarek do ziemniaków wzrosła w województwie o 15,1%, natomiast w gospodarstwach badanych nie zwiększyła się. Nastąpił także wzrost liczby pras zbierających w województwie o 19,1% i rozsiewaczy nawozów o 11,2% oraz odpowiednio w gospodarstwach badanych o 9,9 i 28,57%.

Zakupy poczynione w latach 1998-2003 w gospodarstwach badanych obejmowały w przeważającej mierze (ok. 67,5% liczby wszystkich zakupionych maszyn) maszyny i narzędzia o stosunkowo niskiej wartości. Kombajny zbożowe, ziemniaczane i buraczane, ciągniki oraz niektóre inne maszyny stanowiły zatem zaledwie 32,5% nowych zakupów w ujęciu ilościowym. Przeprowadzona analiza dowodzi, że podobne tendencje zaobserwowano w województwie kujawsko-pomorskim w latach 1996-2002. Taki trend w odtwarzaniu środków mechanizacji wskazuje na chęć utrzymania przez rolników *status quo* w metodach zakupu i użytkowania maszyn, a zahamowanie procesu przeprowadzenia zmian dostosowawczych umożliwiających np. wspólny zakup oraz użytkowanie drogich i wydajnych maszyn. Tezę tę potwierdza fakt, że tylko wśród zakupionego w 18 badanych obiektach sprzętu nowe maszyny i środki mechanizacji stanowiły zaledwie 15%, a tylko 1,56% całkowitej liczby zakupionych maszyn zadeklarowano jako zakup wspólny. Świadczy o tym również wysoki procentowy udział nowych agregatów, które stanowiły 40% ogółu tych maszyn w badanych gospodarstwach. Inwestycje te są możliwe dzięki stosunkowo niezbyt wysokim cenom tych urządzeń w stosunku do cen ciągników czy maszyn samobieżnych.

Zaobserwowana tendencja wskazuje na natężenie ogólnokrajowego zjawiska utrwalania zacofania technicznego i stagnację innowacyjności. Potwierdza to fakt, że w ciągu ostatniego dziesięciolecia Polska miała bardzo niskie wartości wskaźnika liczby kupowanych nowych kombajnów zbożowych w przeliczeniu na 1000 kombajnów użytkowanych w rolnictwie. Mieściły się one w przedziale od 3,1 do 11,8 na 1000, podczas gdy analogiczne wartości za ten sam okres dla Niemiec wynosiły od 17,3 do 25,3, dla Francji 12,4-26,5, dla USA 10,2-19,1 [Takács i Bojar 2003]. Wzrost liczby kombajnów zbożowych, jaki miał w tym czasie miejsce w rolnictwie polskim, został osiągnięty w wyniku

importu maszyn używanych, przy wydłużaniu okresu trwania posiadanych maszyn. Stan taki, wywołany dekonjunkcją w rolnictwie krajowym oraz niechęcią do zmiany form użytkowania, powoduje zwiększenie dystansu w dziedzinie technologii, jaki dzieli Polskę od przodujących krajów świata, co w związku z integracją z Unią Europejską jest zjawiskiem szczególnie niekorzystnym. Polskim rolnikom posługującym się przestarzałym sprzętem trudno będzie konkurować na rynku unijnym z lepiej wyposażonymi i zorganizowanymi rolnikami z przodujących państw UE, tym bardziej, że niedostatkowi w jakości maszyn towarzyszy niekorzystna struktura obszarowa gospodarstw.

W badanych gospodarstwach rodzinnych około 77,78% rolników użytkowało ciągniki w przedziale od 100 do 500 godzin w roku (tab. 5). W Niemczech koszty eksploatacji ciągników pracujących 300-400 godzin na rok stanowią 50% kosztów mechanizacji. Ich zmniejszenie można osiągnąć, wykorzystując ciągnik rocznie przez 1000 godzin, co powinno wystarczyć do obsługi 100 ha użytków rolnych [Schön 1991]. Zdaniem Pawlaka i Wójcickiego [2004] proces wzrostu wykorzystania mocy przerobowej ciągników w kraju będzie bardzo powolny, co jest zdeterminowane aktualną strukturą agrarno-społeczną polskiego rolnictwa z przeważającą liczbą gospodarstw drobnych. Według prognozy tych autorów, poziom 600 godzin rocznej eksploatacji ciągników mógłby zostać przekroczony nie wcześniej niż po 2025 roku.

Tempo modernizacji wyposażenia gospodarstw rolnych w środki mechanizacji produkcji jest hamowane strukturą zakupów tych środków. Zakupy poczynione w ostatnich latach w badanych gospodarstwach obejmowały w przeważającej mierze (ok. 77% wszystkich zakupionych maszyn – ilość sztuk) maszyny i narzędzia tanie i o niskiej wydajności. Tymczasem z badań zagranicznych [Schön 1991] i krajowych [Karwowski 1998] wynika, że wysokie koszty mechanizacji są powodowane przez pozornie tanie maszyny o małej wydajności i małym wykorzystaniu ich zdolności przerobowej, a nie przez maszyny drogie i o dużej wydajności oraz o prawidłowym wykorzystaniu ich zdolności przerobowej, które stanowią bazę dla działalności usługowej.

Omówione powyżej zagadnienie świadczy o tym, że problem inwestycji w środki mechanizacji wydaje być się niewralgicznym dla przyszłości polskiego rolnictwa. Ze względu na swe dalekosiężne skutki, decyzje odnośnie zakupu lub sprzedaży maszyn, oddziałujące w wymiarze strategicznym, muszą być wnikliwie analizowane w kontekście aktualnej i przyszłościowej sytuacji produkcyjno-ekonomicznej podmiotów sektora rolnictwa i agrobiznesu.

7.3. Charakterystyka danych wykorzystanych do budowy modeli gospodarstw rolniczych

Do budowy modeli gospodarstw rolniczych zostały wykorzystane dane zgromadzone i uporządkowane w strukturach zbiorów baz danych i baz wiedzy (tab. 9). Zbiory baz wiedzy zawierają charakterystyki maszyn oraz dane wskaź-

nikowe. Zbiory baz danych objęły poszczególne działalności produkcyjne i zabiegi agrotechniczne, typy maszyn, kody zabiegów, koszty zestawów maszynowych, roczne czasy wykorzystania, czasy wykorzystania typów maszyn, pracowników i usług oraz zbiorcze dane maszyn, koszty rodzajowe, koszty specyficzne oraz koszty wykonania prac polowych (tab. 9). Łącznie dla potrzeb modelowania procesów decyzyjnych utworzono 963 zbiory bazy wiedzy i 888 zbiorów baz danych.

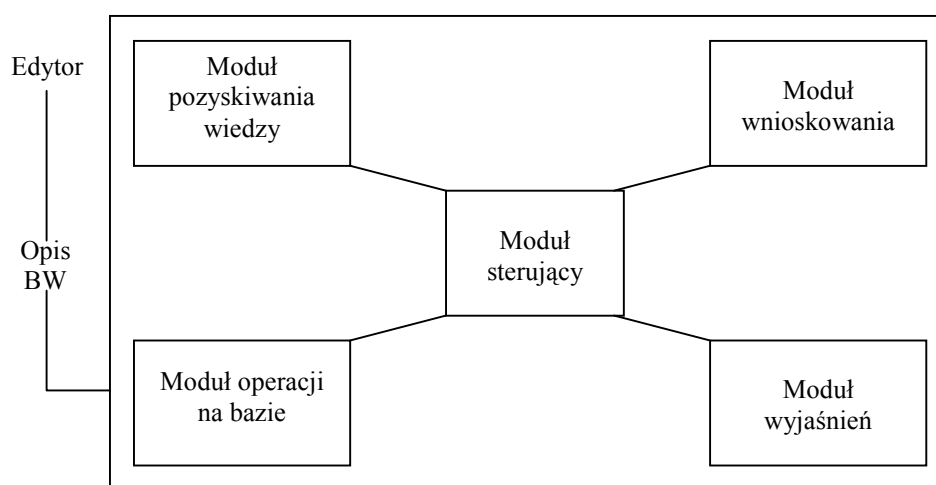
Tabela 9. Charakterystyka zbiorów baz danych i baz wiedzy niezbędnych do budowy modeli gospodarstw rolniczych

Zbiory (pliki) bazy wiedzy	Liczba zbiorów bazy wiedzy	Zbiory (pliki) baz danych	Liczba zbiorów baz danych
Maszyny	962	działalności – zabiegi	65
Dane wskaźnikowe	1	typy maszyn	144
		kody zabiegów	1
		koszty zespołów maszynowo-pracowniczych dla poszczególnych obiektów	164
		roczne czasy wykorzystania	182
		standardowe dane maszyn	4
		koszty rodzajowe (eksploatacji, użytkowania, utrzymania, pracy)	144
		koszty specyficzne maszyn	40
		koszty wykonania prac polowych w gospodarstwach rolniczych	144
Suma zbiorów	963		888

Źródło: badania własne

8. LOGICZNA I FUNKCJONALNA STRUKTURA MODELU WSPOMAGANIA DECYZJI W ZAKRESIE WYBORU MASZYN

Model wspomaganie decyzji w zakresie wyboru maszyn został zbudowany na podstawie ogólnej struktury modelu SWD i BW, obejmującej moduł pozyskiwania wiedzy, moduł operacji na bazie, wnioskowania, wyjaśnień oraz moduł sterujący (rys. 4). Moduł pozyskiwania wiedzy i moduł operacji na bazie wymagały przyjęcia niezbędnych założeń dotyczących struktury oraz zawartości baz wiedzy i baz danych, a także wzajemnych związków między nimi w taki sposób, aby objąć wszystkie istotne dane niezbędne do budowy modelu wyboru maszyn w gospodarstwach rolniczych. W modułach wnioskowania, wyjaśnień oraz sterowania uwzględniono wszystkie istotne w procesie wspomaganie decyzji zależności umożliwiające pobieranie odpowiednich danych, ich przetwarzanie według ustalonych reguł wnioskowania i formułowanie wniosków ilustrowanych odpowiednimi wyjaśnieniami, np. przez podanie rezultatu i mechanizmu tworzenia prawidłowości dotyczących składu zestawów maszynowo-ciągnikowych, z uwzględnieniem zapotrzebowania na moc ciągników.



Rys. 4. Ogólna struktura modelu SWD i BW

W celu zdefiniowania logicznej i funkcjonalnej struktury modelu przyjęto następujące założenia:

- liczba i rodzaj zabiegów agrotechnicznych zostały ustalone dla poszczególnych działalności na podstawie rzeczywistych procesów technologicznych produkcji roślinnej, zapisanych w kartach technologicznych,
- powierzchnie zabiegów mogą być dowolnie zmieniane w każdym cyklu obliczeń, co gwarantuje możliwość badania wpływu struktury i skali działalności produkcyjnych na koszty mechanizacji,
- liczba „roślinopól”, na których wykonywane są zabiegi, może być zmieniana przez użytkownika modelu, przy zachowaniu ściśle zdefiniowanych nazw działalności, np. 2 pola pszenicy o różnej powierzchni (pszenica1, pszenica2, ziemniaki1, ziemniaki2, mieszanka1, mieszanka2),
- technika wykonania danego zabiegu agrotechnicznego jest determinowana wybraną technologią oraz składem zestawów maszynowo-ciągnikowych ściśle przypisanych do specyficznych modeli gospodarstw rolniczych, decydujących również o tym, czy dany zabieg jest wykonywany sprzętem własnym czy w ramach usług,
- gospodarstwo uczestniczy we wzajemnej wymianie usług maszynowych,
- koszty eksploatacji maszyn i narzędzi rolniczych przyjęto według klasyfikacji i metody stosowanej przez IBMER [Karwowski 1998, Wójcicki 2000, Muzalewski 2002],
- parametry eksploatacyjno-techniczne i ekonomiczne do ustalania normatywnych kosztów prac agrotechnicznych pozyskiwano z wielu wiarygodnych źródeł [Lorencowicz 1997, Gromadzki 2002, Muzalewski 2002], stron internetowych: IBMER, Pierwszego Portalu Rolnego, PZU S.A., Giełdy Maszyn Rolniczych, NBP, ośrodków doradztwa rolniczego, GUS i wielu innych witryn zawierających m.in. ceny sprzętu rolniczego, usług rolniczych itp.

W modelu „zabieg agrotechniczny” (czynność) jest rozumiany jako wyodrębniona część operacji, część procesu technologicznego, ściśle zdefiniowana zestawem dla specyficznego modelu gospodarstwa, np. orka w jednym gospodarstwie jest wykonywana pługiem 7-skibowym, a w innym 3-skibowym. Uproszczenie modelowe dotyczy zdefiniowania zabiegów złożonych, które obejmują np. zbiór, transport, załadunek i rozładunek. Założono, że maszyna główna (wiodąca) zestawu jest wykorzystana racjonalnie, tzn. wszystkie elementy zestawu zostały tak zaplanowane, aby maszyna główna nie miała przestojów, oraz aby jej wydajność nie przekraczała maksymalnych możliwości przerobowych urządzeń załadunkowo-transportowych.

Przez koszty wykonania prac polowych rozumie się koszty eksploatacji własnego sprzętu rolniczego, zakupu usług maszynowych oraz koszty opłaty pracy najemnej i własnej, niezbędnej do obsługi sprzętu. Koszty opłaty pracy własnej zostały ustalone przy założeniu, że mają one alternatywny charakter w gospodarce rynkowej, w której dany zasób siły roboczej może być dowolnie zadysponowany, a zatem może być wyceniony w oparciu o stawki wynagrodzeń ukształtowane przez popyt i podaż na rynku pracy. Nieuwzględnienie kosztów pracy własnej rolnika z tytułu posiadanego kapitału i poniesionych na kładów pracy powoduje, że rachunek kosztów mechanizacji prac polowych jest

nieadekwatny do warunków gospodarki rynkowej, w której każda działalność gospodarcza może być zastąpiona innym rodzajem działalności.

W strukturze modelu wspomagania decyzji dotyczących wyboru maszyn wydzielono bloki funkcji dotyczących:

- weryfikacji budowy zestawów ciągnikowo-maszynowych według kryterium zapotrzebowania na minimalną moc siły pociągowej,
- metod ustalania nakładów czasu i kosztów dla poszczególnych typów i grup maszyn,
- tworzenia zestawów maszynowo-ciągnikowych obejmujących metody i techniki wykonania prac polowych,
- tworzenia zespołów zestawów maszynowo-ciągnikowych i pracowników.

W bloku funkcji weryfikacji budowy zestawów ciągnikowo-maszynowych według kryterium zapotrzebowania na minimalną moc siły pociągowej wykorzystano dane z baz danych o mocy ciągników i minimalnym zapotrzebowaniu współpracujących z nimi maszyn oraz odpowiednie reguły wnioskowania.

W bloku funkcji dotyczących metod ustalania nakładów czasu i kosztów wykonania prac polowych najistotniejsza jest metoda ustalenia wydajności eksploatacyjnej maszyn i związanych z nią nakładów czasu. W modelu wykorzystano doświadczenia innych autorów [Goć i in. 1992, Karwowski 1993, Borkowski 1994], którzy wykazali, że wydajność eksploatacyjna maszyn jest nieliniową funkcją wielu zmiennych (długości i szerokości pola, prędkości pracy, typu i zwięzłości gleby, ukształtowania terenu, stanu gleby i roślin i wielu innych), co również brali pod uwagę autorzy w modelach wspomagania decyzji przy określaniu wydajności eksploatacyjnych dla zabiegów w warunkach gospodarstw polskich [Bojar i Oving 1994]. W innych pracach wykazano, że jednym z najistotniejszych czynników determinujących efektywny czas pracy T_{02} zestawów maszyn jest wielkość i kształt pola [Lint 1972, Perdok i Werken 1983] oraz grupa czasów przygotowawczo-zakończeniowych, zdefiniowana w klasyfikacji upowszechnionej w Polsce przez Manieckiego [1976]. W opisywanym modelu powyższe zależności uwzględniono na podstawie doświadczeń innych autorów, ustalając wysokość wskaźnika korygującego techniczną wydajność maszyn głównych na podstawie wielkości pola i przybliżonych wartości pozostałych czasów w strukturze czasu całkowitego T_{07} . Sformułowano cztery poziomy współczynników. Jest to pewne uproszczenie modelowe, ale z uwagi na dużą zmienność czasu efektywnego, determinowaną wieloma uwarunkowaniami wykonania zabiegów agrotechnicznych, przyjęto zasadę kompensacji błędów. Takie założenie modelowe zostało zweryfikowane na podstawie porównania obliczonych wielkości modelowych z rzeczywistymi nakładami pracy zarejestrowanymi na wielu polach w badanych obiektach, jak również na podstawie badań wcześniejszych (tab. 1). Odchylenia in „+” i in „-” w granicach 5-8% procent wykazały, że można stosować zasadę kompensacji błędów dla przyjętych współczynników w celu obliczenia wydajności eksploatacyjnych na podstawie wydajności technicznych bez popełnienia niedopuszczalnie dużych błędów.

Tworzenie zestawów maszynowo-ciągnikowych i zespołów zestawów oraz pracowników nastąpiło w oparciu o zweryfikowane w wywiadach bezpośrednich z rolnikami dane empiryczne zarejestrowane na kartach technologicznych.

Dany zabieg na danym polu może być wykonany różnymi metodami pracy definiowanymi jako sposób wykonania danego zabiegu wyodrębniony pod względem techniczno-organizacyjnym i ekonomicznym [Oving 1989, Bojar i Kroeze 1994]. Jeśli do wykonywania tego samego zabiegu są stosowane dwie różne techniki, to w bazie danych zestawów maszynowych danego gospodarstwa są określone wszystkie zestawy charakterystyczne dla tych technik, np. orka może być wykonana za pomocą zestawu z pługiem 3-skibowym (technika 1), 7-skibowym (technika 2) i 4-skibowym (technika 3) lub pługami 3- i 4-skibowymi jednocześnie (technika 4).

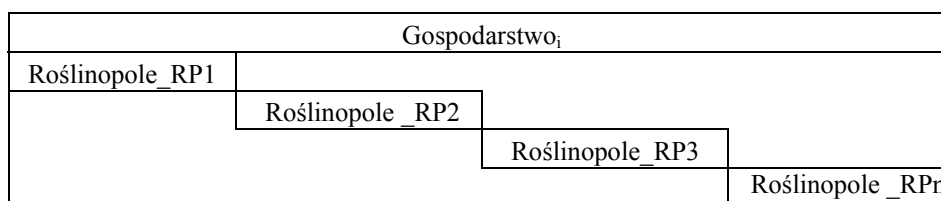
Metody wykonania prac polowych mogą być zróżnicowane również pod względem ekonomicznym, np. orka wykonywana przez właściciela gospodarstwa daną techniką jest droższa od orki wykonywanej przez pracownika najemnego tą samą techniką, gdyż jego praca jest tańsza od pracy rolnika. W modelu wystąpią wówczas 2 różne metody pracy (zestawy) do wykonania tego samego zabiegu. Przy innych relacjach kosztów pracy najemnej i własnej, ustalonych dla różnych metod pracy, będą im przypisane inne koszty.

Kody zabiegów zdefiniowane w odrębnych bazach danych umożliwiają uwzględnienie w obliczeniach modelowych wszystkich metod pracy, np. poprzez kilkakrotną analizę orki przypisanej do różnych zestawów w różnych gospodarstwach rolniczych.

„Roślinopole” jest definiowane nazwą działalności i powierzchnią pola.

Liczba „roślinopól” przyjętych w modelu jest ustalana na etapie wykonywania obliczeń kosztów i nakładów czasu dla całego gospodarstwa i nie jest związana z istniejącymi bazami danych i bazą wiedzy.

Cykl obliczeń modelowych dla jednego gospodarstwa przedstawiono na rysunku 5, a dla wszystkich badanych gospodarstw na rysunku 6.



Rys. 5. Cykl obliczeń modelowych dla jednego gospodarstwa

Procedury i formuły przetwarzania opisujące konstrukcję modelu zastosowanego w MOWM zastały opisane wzorami od 1 do 34.

Dwie poniżej przedstawione formuły – 1 i 2 – opisują metodę definiowania roślinopól, polegającą na ustaleniu ich unikalnych nazw i określeniu powierzchni, których suma nie może przekroczyć obszaru użytków rolnych w danym gospodarstwie:

$$\bigwedge_{nr_j \in (1,2,\dots,n)} ro_{nr_j} = upr + pow \quad (1)$$

gdzie:

- znak „+” – symbol łączenia różnych atrybutów,
- \wedge – symbol oznaczający „dla każdego elementu na leżące do zbioru” zbiór jest zdefiniowany pod kreską ułamkową,
- ro – definicja „roślinopola”,
- nr_j – numer kolejnego „roślinopola”,
- n – numer ostatniego „roślinopola”,
- upr – nazwa uprawy $upr \in bd_metody_pracy$,
- bd_metody_pracy – wewnętrzna baza danych zespołów zestawów maszynowo-ciągnikowych i pracowników.

$$\sum_{nr_j=1}^n ro_{nr_j} \cdot pow \leq pow_uż \quad (2)$$

gdzie:

- \sum – suma,
- ro – definicja „roślinopola”,
- nr_j – numer kolejnego „roślinopola”,
- n – numer ostatniego „roślinopola”,
- $pow_uż$ – powierzchnia użytków rolnych w i-tym gospodarstwie (ha),
- pow – powierzchnia „roślinopola” (ha).

Zespoły (metody prac) definiuje użytkownik na podstawie danych z bazy wiedzy i baz danych dotyczących typów maszyn, ciągników, środków transportowych i pracowników wykonawczych występujących w jego gospodarstwie.

Poniżej opisano blok funkcji ustalania nakładów czasu i kosztów dla poszczególnych grup i typów maszyn.

Maszyny i narzędzia rolnicze, które pozwalają na wykonanie tego samego rodzaju prac polowych, zostały usystematyzowane w tzw. grupach maszyn. Autor wykorzystał do grupowania klasyfikację Systemu Maszyn Rolniczych [Regulski 1985].

Dla potrzeb modelu wyodrębniono 16 grup maszyn, ciągników, narzędzi i środków transportowych, przy czym wprowadzono modyfikacje pozwalające sprawniej selekcjonować typy maszyn z określonych grup, np. ciągniki małe i duże, agregaty itp. Nie ma ograniczeń w modelu co do liczby typów maszyn w każdej grupie. Zdefiniowano od 8 typów dla grupy „Prasy” do 30 typów dla grupy „Agregaty” (okopowe – 13, brony – 28, agregaty – 30, ładowacze – 26, maszyny do zielonki – 23, opryskiwacze – 13, pielęgnacyjne – 11, pługi – 20, prasy – 8, przyczepy – 23).

Gospodarstwo _i									
Roślinopole RP_j		Roślinopole RP_{j+1}		...		Roślinopole RP_n			
Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda
$pracy_{i,j,m}$	$pracy_{i,j,m+1}$	...	$pracy_{i,j,z}$	$pracy_{i,j+1,m+1}$	...	$pracy_{i,j+1,z}$	$pracy_{i,n,m}$	$pracy_{i,n,m+1}$	...
Gospodarstwo _{i+1}									
Roślinopole RP_j		Roślinopole RP_{j+1}		...		Roślinopole RP_n			
Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda
$pracy_{i+1,j,m}$	$pracy_{i+1,j,m+1}$	...	$pracy_{i+1,j,z}$	$pracy_{i+1,j+1,m+1}$	...	$pracy_{i+1,j+1,z}$	$pracy_{i+1,n,m}$	$pracy_{i+1,n,m+1}$	...
Gospodarstwo _k									
Roślinopole RP_j		Roślinopole RP_{j+1}		...		Roślinopole RP_n			
Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda	Metoda
$pracy_{k,j,m}$	$pracy_{k,j,m+1}$	...	$pracy_{k,j,z}$	$pracy_{k,j+1,m+1}$	...	$pracy_{k,j+1,z}$	$pracy_{k,n,m}$	$pracy_{k,n,m+1}$	...

Rys. 6. Schemat blokowy zmiennych decyzyjnych dotyczących metod wykonania prac polowych w gospodarstwie, gdzie zabieg jest wykonywany i-tym gospodarstwie na j-tym „roślinopolu”, m-tą metodą pracy

gdzie:

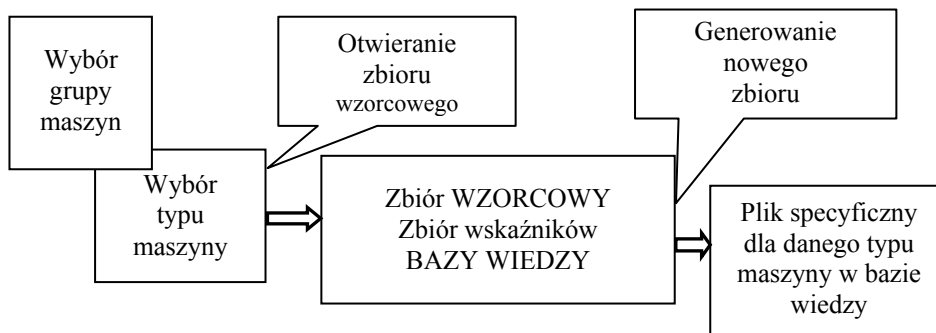
- i...k – liczba gospodarstw,
- j...n – liczba „roślinopól”,
- m...z – liczba metod pracy.

Źródło: badania własne

Grupa maszyn stanowi w bazie danych jeden zbiór charakteryzujący w jednolity sposób poszczególne typy maszyn. Wyróżnia się w nim takie charakterystyki, jak: nazwę, symbol, sposób łączenia z ciągnikiem, szerokość roboczą (m), głębokość roboczą (m), masę (kg), minimalne zapotrzebowanie na moc (kW), wydajność ($\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$), cenę (zł), cenę usługi adekwatnej do funkcji danego typu maszyny ($\text{zł}\cdot\text{h}^{-1}$), czas trwania maszyny na poziomie niskim, średnim i wysokim (h), jak również roczne czasy wykorzystania na poziomie niskim, średnim i wysokim (h) oraz normatywne wskaźniki napraw (w odsetkach wartości nowej maszyny). W przypadku ciągników występuje dodatkowo również zużycie paliwa ($\text{dm}^3\cdot\text{h}^{-1}$), moc (kW), promień skrętu (m) i maksymalny udźwieg podnośnika hydraulicznego (kN).

W celu ustalenia kosztów użytkowania, utrzymania i eksploatacji danego typu maszyny konieczny jest wybór przez użytkownika odpowiedniej grupy oraz odpowiedniego typu maszyny, co pozwala zainicjować działanie procedur obliczania kosztów.

Po wyborze typu maszyny uaktywniany jest zbiór wzorcowy bazy wiedzy i tworzony jest na jego podstawie zbiór specyficzny danego typu maszyny, zawierający parametry wejściowe, jak również wartości wynikowe w postaci obliczonych kosztów. W procedurach obliczania kosztów niezbędny jest także zbiór wskaźników stałych, niezależnych od typu maszyny, jak np. cena paliwa, energii elektrycznej itp. (rys. 7).



Rys. 7. Moduł akwizycji wiedzy generujący specyficzne pliki typów maszyn w bazie wiedzy

Opis modułu definiującego maszynę w modelu podano we wzorze 3:

$$\frac{\wedge}{kod_masz \in \{1, 2, \dots, gm\}} \frac{\wedge}{s_masz \in \{1, 2, \dots, m\}} maszyna_{kod_masz, s_masz} = symbol + nazwa$$

(3)

gdzie:

$symbol, nazwa \in \{bd_ciagniki_male \cup bd_plugi \cup \dots\}$	
$maszyna$	– definicja maszyny,
$symbol$	– typ maszyny,
$nazwa$	– nazwa maszyny,
bd	– baza danych,
bd_ciagn_male	– baza danych grupy ciągników małych., bd_plugi – baza danych grupy pługów itd., ¹⁶
kod_masz	– identyfikator kodowy typu maszyny,
gm	– liczba grup typów maszyn,
s_masz	– symbol danej maszyny dla danego typu,
m	– liczba maszyn danego typu.

Definicja zespołów maszyn i pracowników oraz przypisanych im kosztów opisana jest przez następującą zależność:

$$\bigwedge_{n_zest \in \{1, 2, \dots, lz\}} zespol_{n_zest} = idz + mg + \sum_{nmz=1}^{lmz} md_{nm} + \sum_{npz=1}^{lpz} pr_{np} + kosztz \quad (4)$$

gdzie:

$znak \text{ „, +”}$	– symbol łączenia w zespole różnych jego atrybutów,
lz	– liczba zespołów,
n_zest	– nazwa zespołu (zestawu),
$zespol_{n_zest}$	– zespół maszyn i pracowników dla n-tego zestawu maszynowego,
idz	– identyfikator zabiegu i zespołu ,
mg	– maszyna główna (wiodąca),
md	– maszyna dodatkowa,
pr	– pracownik,
np	– nazwa pracownika,
nm	– nazwa maszyny,
lpz	– liczba pracowników w zespole,
lmz	– liczba maszyn w zespole,
nmz	– numer maszyny w zespole,
$kosztz$	– koszt pracy zespołu ($zł \cdot h^{-1}$).

Definicję metod pracy przedstawia zależność opisana we wzorze 5:

$$\bigwedge_{po \in \{1, 2, \dots, lp\}} \bigwedge_{za \in \{1, 2, \dots, lzab\}} metoda_{po, za} = zespol + wyd + po + za + pow + czas \quad (5)$$

¹⁶ Grupy maszyn: prasy, agregaty, okopowe, brony, ładowacze, maszyny do zielonki, opryskiwacze, pielęgnacyjne, pługi, przyczepy.

gdzie:

<i>metoda</i>	– metoda pracy,
<i>metoda_{po, za}</i>	– metoda pracy dla danego pola i zabiegu,
<i>po</i>	– pole,
<i>lp</i>	– liczba pól,
<i>za</i>	– zabieg,
<i>lزاب</i>	– liczba zabiegów,
<i>zespol</i>	– zespół maszyn i pracowników,
<i>wyd</i>	– wydajność w czasie T_{07} ,
<i>pow</i>	– powierzchnia, na której wykonywany jest zabieg daną metodą (ha),
<i>czas</i>	– czas wykonania zabiegu na danym polu określoną metodą pracy przy wykorzystaniu danego zespołu – funkcja wydajności i powierzchni (h).

8.1. Procedury obliczania poszczególnych składników kosztów

Amortyzacja jest ustalana metodą odtworzeniową na podstawie urealnionej wartości początkowej po odjęciu tzw. wartości kasacji przyjmowanej według wielu autorów [Oving 1989] na poziomie 10% wartości maszyny. Tzw. amortyzację normatywną ustalono metodą czasową według formuły:

$$Koszty_a = Cena_m \cdot 0,9/Lata \quad (6)$$

gdzie:

<i>Koszty_a</i>	– wartość rocznych odpisów amortyzacyjnych,
<i>Cena_m</i>	– urealniona cena zakupu maszyny (wartość odtworzeniowa),
<i>0,9</i>	– współczynnik uwzględniający wartość kasacyjną maszyny,
<i>Lata</i>	– czas użytkowania maszyny ustalony na podstawie norm technicznych (lata),

lub w zależności od wyboru użytkownika metodą degresywną DDBM (The Double Declining Balance Method) zastosowaną przez Borkowskiego [1994], w której odpis amortyzacyjny dla każdego roku oblicza się jako stałą część wartości środka trwałego według następującego formuły:

$$An = \frac{2}{T(1 - \frac{2}{T})^{n-1}} Wp \quad (7)$$

gdzie:

<i>An</i>	– odpis amortyzacyjny (tys. zł) w roku n, n = 1,2,...,T,
<i>T</i>	– okres amortyzacji (lata), T >= 2,
<i>Wp</i>	– urealniona wartość początkowa środka trwałego (tys. zł).

Przebieg wartości rocznych odpisów amortyzacyjnych w latach obliczonych przy użyciu metody DDBM odzwierciedlają krzywe wykładnicze. Z wielu badań wynika, że początkowy spadek wartości maszyn jest bardzo szybki, natomiast potem coraz wolniejszy, zwłaszcza przy odpowiedniej eksploatacji i dbałości o sprzęt [Liechti 1994]. W modelu ważniejsza jest łączna wartość wszystkich odpisów amortyzacyjnych, decydująca o możliwościach modernizacji wyposażenia gospodarstw, stąd też zarówno metoda czasowa, jak i degresywna są przydatne do oceny możliwości wyboru maszyn, chociaż metoda DDBM wierniej odzwierciedla rzeczywisty proces utraty wartości środków technicznych.

Amortyzację normatywną oblicza się wówczas, jeśli roczny czas wykorzystania maszyny jest tak krótki, że liczba lat użytkowania wynikająca z czasu rocznego i technicznego czasu trwania maszyny przekracza wszelkie normy. Z reguły w warunkach polskich jest to czas zbyt długi [Bojar 1999a].

Jeśli natomiast czas rocznego wykorzystania mieści się w przyjętych normach, zastosowano zmodyfikowaną metodę czasową, bazującą na dokładniejszej procedurze ustalania wartości amortyzacji, gdzie podstawową jednostką obliczeniową nie jest rok, lecz godzina. Wówczas wartość amortyzacji rozkłada się na podstawie charakterystycznej dla danej maszyny funkcji według formuły:

$$Ka_i = \frac{P_i \cdot 0,9}{T_i} \quad (8)$$

w którym:

$$T_i = \frac{\left\{ \left[\frac{(Wr \max_i - Wr \min_i)}{(T \max_i - T \min_i)} \cdot 0 \cdot Wrz_i - \left(\frac{Wr \max_i - Wr \min_i}{T \max_i - T \min_i} \right) \cdot T \min_i \right] + T \min_i \right\}}{Wrz_i} \quad (9)$$

gdzie:

- T_i – całkowity czas wykorzystania maszyny (h),
- P_i – urealniona cena maszyny (zł),
- I – numer maszyny w gospodarstwie,
- $Wr \min_i$ – minimalne roczne wykorzystanie maszyn (h),
- $Wr \max_i$ – maksymalne roczne wykorzystanie maszyn (h),
- Wrz_i – wykorzystanie rzeczywiste maszyn (h),
- $T \min_i$ – trwanie dla minimalnego rocznego wykorzystania maszyn (h),
- $T \max_i$ – trwanie dla maksymalnego rocznego wykorzystania maszyn (h),
- Ka_i – roczny odpis amortyzacji (zł) [Dzieża 1998, Bojar 1999a].

W przypadku ustalenia rocznego czasu wykorzystania ciągników i przyczep nie wystarcza uwzględnienie w obliczeniach nakładów na prace polowe. Niezbędne jest również doliczenie narzutu do nakładów na prace polowe w związku z różnego rodzaju pracami transportowymi i ogólnogospodarczymi wykonywa-

nymi ciągnikami i przyczepami w gospodarstwach rolniczych, a w przypadku prowadzenia produkcji zwierzęcej – również do prac związanych z tym działem produkcji [Pawlak 1997]. Uwzględniono ten fakt w modelowych obliczeniach kosztów, dokonując uproszczeń polegających na przypisaniu dodatkowych nakładów każdemu z użytkowanych ciągników i przyczep w oparciu o wyniki badań empirycznych prowadzonych w IBMER [Wójcicki i in. 1993], a odzwierciedlonych w regułach bazy wiedzy.

Ustalenie kosztów napraw metodą wskaźnikową wpływa na równomierny rozkład kosztów napraw w całym okresie użytkowania sprzętu rolniczego. W praktyce koszty te nie są funkcjami liniowymi [Kierul 1980]. Wierniej koszty te można ustalić poprzez zastosowanie funkcji potęgowej [Borkowski 1994], ponieważ koszty napraw w pierwszym roku użytkowania są nierówne tym kosztom w 12 roku użytkowania maszyny. Wysoka zmienność jest charakterystyczna dla różnych typów narzędzi i maszyn. Zmienność ta w opinii Wojdaka i Griegera [1976] wynika ze złożoności czynników i kryteriów wpływających na celowość regeneracji (napraw), obejmujących kryteria eksploatacyjne, technologiczne, organizacyjne, ekonomiczne i przypadkowe. Z tego powodu nawet w najbogatszych krajach nie ma dostatecznych środków finansowych na opracowanie wiarygodnych norm uwzględniających wszystkie typy maszyn, np. normy ASAE (American Society of Agricultural Engineers Standards) są niekompletne [Hunt 1995]. Dlatego też w opracowanej metodzie przyjęto normatywne wskaźniki napraw według Systemu Maszyn Rolniczych, a dla maszyn nowszych – przybliżone wartości charakterystyczne dla danej grupy maszyn, np. pługi od 50 do 100% zużycia w czasie trwania tych narzędzi. Zastosowano następującą formułę obliczeń dla ustalenia rocznych kosztów napraw:

$$Koszty_{n_{n_masz}} = (Cena_{m_{n_masz}} \cdot Wart[1]_{n_masz}) / Lata_{n_masz} \quad (10)$$

gdzie:

- $Koszty_{n_{n_masz}}$ – roczne koszty napraw danej maszyny (ciągnika, środka transportu) w czasie jej trwania (zł),
- $Cena_{m_{n_masz}}$ – urealniona cena danej maszyny (ciągnika, środka transportu) (zł),
- $Wart[1]_{n_masz}$ – wskaźnik napraw danej maszyny (ciągnika, środka transportu) w ujęciu procentowym, np. dla pługa 60%,
- $Lata_{n_masz}$ – czas trwania danej maszyny (ciągnika, środka transportu) (lata).

Roczne koszty zużycia paliwa, olejów i smarów obliczane są dwiema metodami – do wyboru przez użytkownika:

- metodą normatywną na podstawie jednostkowego zużycia paliwa i jego ceny,
- czasu rzeczywistego pracy maszyny oraz współczynnika paliw i smarów w wysokości 4% dla ciągników i 6% dla kombajnów [Muzalewski 2002], według formuły:

$$Koszty_{p_{n_masz}} = Wart[0] \cdot Wart[1]_{n_masz} \cdot Wart[2]_{n_masz} \cdot 1,04 \cdot 1,06 \quad (11)$$

gdzie:

- $Koszty_{p_{n_masz}}$ – roczne koszty zużycia paliwa i smarów (zł) danej maszyny samobieżnej, ciągnika, środka transportu
- $Wart[0]$ – cena paliwa ($zł \cdot dm^{-3}$),
- $Wart[1]_{n_masz}$ – roczny rzeczywisty czas pracy danej maszyny samobieżnej, ciągnika, środka transportu (h),
- $Wart[2]_{n_masz}$ – jednostkowe normatywne zużycie paliwa danej maszyny samobieżnej, ciągnika, środka transportu ($dm^3 \cdot h^{-1}$),
- 1,04 – wskaźnik podwyższenia kosztów ze względu na zużycie olejów i smarów przez ciągniki,
- 1,06 – wskaźnik podwyższenia kosztów ze względu na zużycie olejów i smarów przez kombajny,

lub na podstawie rzeczywistej ewidencji zużycia paliwa według formuły:

$$Koszty_{p_{n_masz}} = Cena_{paliwa} \cdot Wart[2]_{n_masz} \cdot 1,04 \cdot 1,06 \quad (12)$$

gdzie:

- $Koszty_{p_{n_masz}}$ – roczne koszty zużycia paliwa i smarów danej maszyny samobieżnej, ciągnika, środka transportu (zł),
- $Cena_{paliwa}$ – cena paliwa ($zł \cdot dm^{-3}$),
- $Wart[2]_{n_masz}$ – ewidencjonowane zużycie paliwa danej maszyny samobieżnej, ciągnika, środka transportu (dm^3),
- 1,04 – wskaźnik podwyższenia kosztów ze względu na zużycie olejów i smarów przez ciągniki,
- 1,06 – wskaźnik podwyższenia kosztów ze względu na zużycie olejów i smarów przez kombajny.

Jednostkowe koszty energii elektrycznej eksploatowanych urządzeń ustalane są na podstawie formuły:

$$Koszty_{een_masz} = J_{zun_masz} \cdot cena_{ee} \quad (13)$$

gdzie:

- $Koszty_{een_masz}$ – koszty energii elektrycznej danego urządzenia (zł),
- J_{zun_masz} – jednostkowe zużycie energii elektrycznej danego urządzenia (kWh),
- $cena_{ee}$ – cena energii elektrycznej ($zł \cdot kWh^{-1}$).

Roczne koszty przechowywania i konserwacji obliczono według formuły:

$$P_{i_k_{n_masz}} := Cena_{m_{n_masz}} \cdot K \quad (14)$$

gdzie:

- n_masz – nazwa maszyny,

- $P_{i_k n_{masz}}$ – roczne koszty przechowywania i konserwacji danej maszyny (ciągnika, środka transportu) (zł),
 $Cena_{m_n_{masz}}$ – urealniona cena zakupu (wartość odtworzeniowa) danej maszyny (ciągnika, środka transportu) (zł),
 KK – wskaźnik rocznych kosztów przechowywania i konserwacji wynoszący 2% [Muzalewski 2002].

Koszty ubezpieczenia rocznego przyjęto na podstawie powszechnie obowiązujących stawek ubezpieczenia dla ciągników i przyczep rolniczych.

Według opinii ekonomistów IBMER [Muzalewski 2002] koszt oprocentowania kapitału nie stanowi rzeczywistego wydatku (kosztu), jaki ponosi rolnik i z tego względu nie powinien być zaliczany do kosztów własnych eksploatacji stosowanych do rozliczeń za usługi maszynowe. Natomiast wartość tego kosztu powinna być brana pod uwagę w przypadku dokonywania wyboru pomiędzy różnymi sposobami alokacji zainwestowanych środków pieniężnych. Uważa się, że wartość kosztów utraconych korzyści jest w wystarczającym stopniu rekompensowana przez obliczanie kosztu amortyzacji każdorazowo od aktualnej ceny odtworzeniowej maszyny. Zdaniem innych autorów polskich i zagranicznych [Noniewicz 1969, Oving 1989, Wójcicki 1992, Pawlak 1993, Karwowski 1998], pomijanie kosztów oprocentowania zniekształca rachunek opłacalności produkcji w gospodarstwach i jak twierdzi Karwowski [1993] „...tworzy z gospodarstwa rolnego przedsiębiorstwo – dziwoląg nie spotykany w żadnej gałęzi gospodarki...”. W opinii Karwowskiego [1998] roczne koszty oprocentowania kapitału będą musiały być uwzględnione przy zastosowaniu współczynnika 0,5, nieco niższego niż w RFN i w Austrii, gdzie jego wartość wynosi od 0,55 do 0,60. Biorąc pod uwagę cele proponowanej metody, ukierunkowanej na podejmowanie decyzji w warunkach wzrastającej konkurencji rynkowej uznano, że należy w niej uwzględnić koszty oprocentowania rocznego, zgodnie z formułą zaproponowaną przez Karwowskiego [1998]:

$$Koszty_{o_n_{masz}} = Ro[0] \cdot 0,5 \cdot Cena[1]_{n_{masz}} / 100 \quad (15)$$

gdzie:

- $Koszty_{o_n_{masz}}$ – koszty oprocentowania kapitału wydanego na zakup maszyny (ciągnika, środka transportu) (zł),
 $Ro[0]$ – roczna stopa oprocentowania kapitału wydanego na zakup danej maszyny (ciągnika, środka transportu) (%); przyjęto 5,75% wg NBP,
 $0,5$ – współczynnik,
 $Cena[1]_{n_{masz}}$ – urealniona cena danej maszyny (ciągnika, środka transportu) (zł).

Użytkownik modelu może również po konsultacji z doradcami zmienić te koszty w rachunku, jeśli uzna, że dla oceny skutków jego własnych przedsięwzięć i celów są one nieadekwatne. W przypadku zużycia, np. sznurka czy in-

nych materiałów, uwzględnia się je w grupie kosztów pomocniczych według ich rzeczywistej wartości zużycia podanej przez użytkownika.

Koszty najemnej siły roboczej niezbędnej do obsługi sprzętu ustalono na podstawie stawek naliczonych w 2003 roku przez Wielkopolską Izbę Rolniczą i rzeczywistych stawek stosowanych w gospodarstwach rolniczych województwa kujawsko-pomorskiego ($5\text{zł}\cdot\text{h}^{-1}$)¹⁷, natomiast podstawą ustalenia kosztów pracy właściciela gospodarstwa i członków jego rodziny był parytet dochodowy bazujący na średniej wysokości płacy miesięcznej w gospodarce narodowej według danych GUS (na koniec 2002 r.). Autor posłużył się taką metodą, uznając, że dane gospodarstwo tylko wtedy będzie miało perspektywę rozwojową, jeśli zapewni rodzinie rolnika godziwe dochody porównywalne do dochodów rodzin utrzymujących się z pozarolniczych źródeł zarobkowania. Koszty obsługi sprzętu dla danego zabiegu ustalono na podstawie następującej formuły:

$$Siła_rob_{n_met\ n_prac} = Wart[1]_{n_met} \cdot Wart[0]_{n_prac} \quad (16)$$

gdzie:

- $Siła_rob_{n_met\ n_prac}$ – koszty siły roboczej dla obliczenia kosztów wykonania zabiegu dla danego pracownika i danej metody pracy,
- n_met – nazwa metody pracy,
- n_prac – nazwa pracownika,
- $Wart[1]_{n_met}$ – rzeczywisty czas pracy dla danej metody pracy (zabiegu) (h),
- $Wart[0]_{n_prac}$ – stawka opłaty za pracę danego pracownika (członek rodziny lub najemnego) ($\text{zł}\cdot\text{h}^{-1}$).

8.2. Rodzaje kosztów w grupach według metodologii IBMER

Koszty utrzymania, użytkowania i eksploatacji maszyn, ciągników, środków transportu zostały ustalone na podstawie metodologii opracowanej w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa według poniżej przedstawionych formuł:

a) koszty utrzymania:

$$Koszty_utr_{n_masz} = Koszty_a_{n_masz} + Koszty_o_{n_masz} + P_i_k_{n_masz} + Koszty_u_{n_masz} \quad (17)$$

gdzie:

- n_masz – nazwa maszyny,
- $Koszty_utr_{n_masz}$ – koszty utrzymania danej maszyny (ciągnika, środka transportu),

¹⁷ <http://www.kki.pl/wirpoz/kalk/pszenica.htm>

- $Koszty_{a_n_{masz}}$ – koszty amortyzacji danej maszyny (ciągnika, środka transportu),
- $Koszty_{o_n_{masz}}$ – koszty oprocentowania kapitału wydanego na zakup danej maszyny (ciągnika, środka transportu),
- $P_{i_k_n_{masz}}$ – koszty przechowywania i konserwacji danej maszyny (ciągnika, środka transportu),
- $Koszty_{u_n_{masz}}$ – koszty ubezpieczenia danego ciągnika, środka transportu;

b) koszty użytkowania:

$$Koszty_{uż_n_{masz}} - Koszty_{n_n_{masz}} + Koszty_{p_n_{masz}} + Koszty_{een_{masz}} + Pomocnicze_{n_{masz}} \quad (18)$$

gdzie:

- n_{masz} – nazwa maszyny,
- $Koszty_{uż_n_{masz}}$ – koszty użytkowania danej maszyny (ciągnika, środka transportu),
- $Koszt_{n_n_{masz}}$ – koszty napraw danej maszyny (ciągnika, środka transportu),
- $Koszty_{p_n_{masz}}$ – koszty paliw, olejów i smarów danej maszyny (ciągnika, maszyny samobieżnej, środka transportu),
- $Koszty_{een_{masz}}$ – koszty energii elektrycznej danego urządzenia,
- $Pomocnicze_{n_{masz}}$ – koszty materiałów pomocniczych danej maszyny;

c) koszty eksploatacji:

$$Koszty_{eks_n_{masz}} = Koszty_{utr_z_n_{masz}} + Koszty_{uż_n_{masz}} \text{ danej maszyny (ciągnika, środka transportu)} \quad (19)$$

gdzie:

- $Koszty_{eks_n_{masz}}$ – koszty eksploatacji danej maszyny (ciągnika, środka transportu).

W celu weryfikacji rzeczywistych nakładów czasu, w modelu opracowano reguły i wskaźniki korygujące czas pracy zespołów ustalony na podstawie ich wydajności techniczno-eksploatacyjnych.

Poniżej zaprezentowano blok warunków sumujących czas pracy elementów zespołów (pracowników i środków mechanizacji).

Reguły wnioskowania:

$$wsk.czasu = X_i \text{ if } pow = y \text{ and } y \leq X_j \quad (20)$$

gdzie:

- wsk.czasu* – zmienna współczynnika korygującego całkowity czas pracy ustalana na podstawie wydajności techniczno-eksploatacyjnej w zależności od powierzchni pola i udziału czasu wykonania T_{04} w czasie całkowitym T_{07} zabiegu agrotechnicznego,
- Xi* – wartość współczynnika wskaźnika czasu
- Pow* – zmienna powierzchnia „roślinopola”, na którym wykonywany jest zabieg (ha),
- Y* – powierzchnia pola (ha) – wartość graniczna zmiennej *pow* uzależniająca przyjmowane wartości współczynnika czasu.

Bardzo ważną, funkcjonalną częścią modelu jest blok warunków wyszukiwanych i obliczających koszty oraz weryfikujących rzeczywiste czasy roczne wykorzystania poszczególnych elementów zespołów (metod pracy) w danym gospodarstwie.

Poniżej przedstawiono wykorzystane w tej części procedury obliczeniowe:

Procedura wyszukiwania wydajności i kosztów zespołu dla *i*-tego elementu zespołu, dla zabiegu oznaczonego kodem *id_zabiegu*:

```
sprintf(Query, "SELECT t0.koszty_zes, t0.wydajnosc, t0.id_zabiegu,
t1.nazwa_zab FROM %s t0, %s t1 Where t0.nazwa_zest = '%s' AND
t0.ID_ZABIEGU=t1.ID_ZABIEGU",Wzorce5[Licz],Wzorce8[Sel],Zestawy5[I])
```

(21)

gdzie:

- t0.koszty_zes* – koszty zestawu dla danej maszyny głównej (wiodącej),
- t0.wydajnosc* – wydajność techniczno-eksploatacyjna maszyny głównej danego elementu zestawu pobierana ze zbioru bazy danych według Systemu Maszyn Rolniczych ($\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$),
- t0.ID_ZABIEGU* – kod zabiegu pobierany z bazy kodowej wszystkich zabiegów agrotechnicznych,
- t1.ID_ZABIEGU* – kod zabiegów pobierany ze zbioru zabiegów poszczególnych działalności na danym „roślinopolu”,
- Wzorce5[Licz]* – zmienna przechowująca nazwę wybieranego do obliczeń gospodarstwa,
- Wzorce8[Sel]* – zmienna przechowująca wartość wybranej do analizy działalności w danym gospodarstwie,
- Zestawy5[I]* – zmienna przechowująca nazwę wybranego zespołu (zestawu i pracowników) do analizy (nazwa zespołu = nazwie odpowiedniego zabiegu).

Procedura ustalania liczby niezbędnych godzin na 1 ha wykonania i-tego zabiegu na podstawie wydajności maszyny głównej zestawu ($ha \cdot h^{-1}$):

$$LHHA[I] = 1/Godziny \quad (22)$$

gdzie:

$LHHA[I]$ – nakłady czasu na wykonanie i-tego zabiegu na 1 ha (h),
 $Godziny$ – wydajność zestawu ($ha \cdot h^{-1}$).

Budowa atrybutów zabiegu jest następująca:

$$\overline{_{lz = \{1,2,\dots,n\}}^{\wedge}} za = id_za \cup j_koszty_zes \cup wy_zes \quad (23)$$

gdzie:

za – zabieg,
 lz – liczba kolejnego zabiegu,
 n – liczba zabiegów,
 id_za – identyfikator kodowy zabiegu,
 j_koszty_zes – jednostkowe przeciętne koszty zespołu,
 wy_zes – wydajność jednostkowa zespołu.

Procedura obliczania łącznych kosztów wykonania pracy dla danego zabiegu na danej powierzchni „roślinopola”:

$$Koszt_ros[I] = Koszt_zabieg[I] \cdot (LHHA[I]/Wsk_czasu) \cdot Pow \quad (24)$$

gdzie:

$Koszt_ros[I]$ – obliczenie kosztu i-tego zabiegu danej działalności,
 $Koszt_zabieg[I]$ – koszt jednostkowy i-tego zabiegu,
 Pow – powierzchnia zabiegu,
 Wsk_czasu – wskaźnik czasu uwzględniający wzrost nakładów czasu z tytułu kształtu pola i czasu przygotowawczo-zakończeniowego,
 $LHHA[I]$ – nakłady czasu na wykonanie i-tego zabiegu na 1 ha (h).

Procedura obliczania łącznych kosztów działalności na danym „roślinopole”:

$$Koszty_dzial = Koszty_dzial + Koszt_ros[I] \quad (25)$$

gdzie:

$Koszty_dzial$ – łączne koszty działalności na danym „roślinopole”,
 $Koszt_ros[I]$ – obliczenie kosztu i-tego zabiegu danej działalności.

Procedura obliczania czasu wykorzystania i-tego elementu zestawu w i-tym zabiegu w gospodarstwie na określonej powierzchni „roślinopola” z uwzględnieniem współczynnika korygującego:

$$Czas8[I] = (LHHA[I] \cdot Pow) / Wsk_czasu \quad (26)$$

gdzie:

$Czas8[I]$ – nakłady czasu na wykorzystanie i-tego elementu zestawu w i-tym zabiegu.

Procedura obliczania łącznego czasu wykorzystania i-tego elementu zespołu id-tego zabiegu, (w których występuje (Id) na wszystkich „roślinopolach” w gospodarstwie):

$$Czas1[Id] = Czas1[Id] + Czas8[I] \quad (27)$$

gdzie:

$Czas1[Id]$ – łączne nakłady czasu wykorzystania i-tego elementu zespołu id-tego zabiegu.

Procedura dodania do zbioru bazy danych gospodarstwa łącznych czasów wykonania zabiegów dla poszczególnych zespołów (zestawów i pracowników):

```
sprintf(Query1, "UPDATE %s SET Czas=%f WHERE
nazwa_zest=%s", Wzorce5[Licz], Czas1[Id], Zestawy5[I]) \quad (28)
```

gdzie:

$Czas$ – kolumna w zbiorze bazy danych do zapisania łącznych czasów wykonania zabiegów dla poszczególnych zespołów (zestawów i pracowników),

$Wzorce5[Licz]$, $Czas1[Id]$, $Zestawy5[I]$ – zmienne służące odpowiednio do przechowywania nazwy gospodarstwa, łącznego czasu wykonania zabiegu, danego zespołu (zestawu maszyn i pracowników).

Procedura ustalenia jednostkowych kosztów usług dla i-tego zespołu w bazie danych typów maszyn na podstawie cen rynkowych zabiegów mechanizacyjnych oraz na podstawie kalkulacji zakładających lepsze wykorzystanie roczne maszyn, a także zwiększone ryzyko nieterminowego wykonania zabiegu za pomocą usług z zewnątrz [Bojar i Kroeze 1994, Bojar i Oving 1994]:

```
sprintf(Query, "SELECT NAZWA, USLUGA, TN, AN, WYDAJN, TYPY FROM
maszyny5_rynkowe") \quad (29)
```

gdzie:

$maszyny5_rynkowe$ – zbiór bazy danych przechowujący wszystkie parametry techniczno-ekonomiczne typów maszyn użytkowanych w badanych gospodarstwach rolniczych,

NAZWA, USLUGA, TN, AN, WYDAJN, TYPY – kolumny w wyżej wymienionym zbiorze bazy danych oznaczające odpowiednio: nazwę typu maszyny, koszty jednostkowe usługi mechanicznej charakterystycznej dla maszyny głównej danego typu ($\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$), czas trwania maszyny (ciągnika, środka transportu) (h), roczny normatywny czas wykorzystania danego środka mechanizacji (h) oraz grupę maszyn (np. siewniki).

Procedura wyszukania i przypisania kosztów jednostkowych usług rynkowych z bazy danych typów maszyn do Id-ego zabiegu danego zestawu danego gospodarstwa obejmująca:

- wyselekcjonowanie kosztów usług zabiegów mechanicznych z bazy danych typów maszyn (maszyna główna zabiegu z określoną wydajnością decyduje o koszcie usługi całego zestawu),
- wprowadzenie wartości usług dla poszczególnych zestawów (zabiegów) danego gospodarstwa.

$$\text{sprintf}(\text{Query}, \text{"UPDATE } \%s \text{ SET USLUGA} = \%f \text{ Where NAZWA} = \%s' ", \text{VI}, \text{Usln}[\text{I}], \text{MaszynyI}[\text{I}] \quad (30)$$

gdzie:

USLUGA – kolumna w zbiorze bazy danych do zapisania jednostkowych kosztów usług dla danej maszyny głównej określonego zespołu (zestawu ciągnikowo-maszynowego i pracowników),

VI, Usln[I], MaszynyI[I] – zmienne służące odpowiednio do przechowywania nazwy typu maszyny, jednostkowego kosztu usługi mechanicznej, konkretnego numeru i-tej maszyny.

Procedura obliczania kosztów wykonania zabiegów według cen rynkowych dla poszczególnych gospodarstw na podstawie danych o usługach i czasie wykonania, pochodzących z baz danych gospodarstw – formuły MS EXCEL – podsumowania kosztów rynkowych¹⁸ zabiegów i ustalania kosztów alternatywnych usługowo wykonanych zabiegów (K_{au}) według formuły:

$$\hat{K}_{au_{n_met \in \{1,2,\dots,lm\}}} = W_{r_{n_met}} \cdot C_{u_{n_met}} \quad (31)$$

¹⁸ Koszty rynkowe są sumą kosztów wykonania wszystkich zabiegów polowych za pomocą usług mechanicznych, skalkulowaną na podstawie opłaty za 1 godzinę zabiegu i poniesionych nakładów czasu (w godzinach) na podstawie terminologii stosowanej w systemie IMAG-ORSPEL – MARKET COSTS of OPERATIONS.

gdzie:

- Kau_{n_met} – koszty usług dla wykonania zabiegu metodą pracy o numerze n_met ,
- n_met – numer metody pracy,
- lm – liczba metod pracy w gospodarstwie w cyklu rocznym,
- Wr – faktycznie poniesione nakłady na wykonanie danej usługi daną metodą pracy) (h),
- Cu – przeciętna cena usługi (zł) na lokalnym rynku mechanizacji – $usluga \in \{bd_ciagnik \cup bd_plug \cup \dots\}$ – bazy danych jak we wzorze 3.

Oznacza to, że usługa jest wykonywana zestawem maszynowo-ciągnikowym definiowanym na podstawie zbioru złożonego z maszyn, ciągników i innych środków mechanizacji pozwalających wykonać dany zabieg polowy określoną metodą pracy – całkowity koszt zabiegów alternatywnych w gospodarstwie w ciągu roku wynosi:

$$Kau = \sum_{n_met=1}^{lm} Kau_{n_met} \quad (32)$$

gdzie:

- Kau – całkowity koszt zabiegów alternatywnych w gospodarstwie w ciągu roku (zł)
- Kau_{n_met} – koszt alternatywny n-tego zespołu (metody pracy) (zł),
- Lm – liczba metod pracy w gospodarstwie w cyklu rocznym,
- n_met – kolejny numer metody (zespołu) pracy.

Powyższe procedury służą do ustalania kosztów wykonania prac polowych, koszty rynkowych usług oraz różnicy między tymi wielkościami. Koszty wykonania prac polowych są ustalane według następującej procedury:

$$Kwpp = \sum_{n=1}^{l_ros} \sum_{m=1}^{l_zab} zabieg \cdot koszt_jednostkowy \quad (33)$$

gdzie:

- $Kwpp$ – koszt wykonania prac polowych w gospodarstwie (zł),
- $zabieg$ – nakłady poniesione na wykonanie danego zabiegu (h),
- l_ros – liczba „roślinopól” w gospodarstwie,
- l_zab – liczba zabiegów na danym „roślinopolu”,
- $koszt_jednostkowy$ – koszt jednostkowy wykonania danego zabiegu daną metodą pracy (zł·h⁻¹).

Suma iloczynów nakładów (w h) na wykonanie wszystkich zabiegów polowych i kosztów jednostkowych odpowiednich zespołów na danym „roślino-

polu” stanowi koszty prac polowych na danym „roślinopolu”, a suma tych kosztów z „roślinopól” stanowi sumę kosztów prac polowych danego gospodarstwa w ciągu roku.

Różnica kosztów wykonania prac polowych (K_{wpp}) i kosztów rynkowych usług ($K_{au} - K_r$) (całkowity koszt zabiegów alternatywnych) (R) stanowi miernik oceny wykorzystania własnych zasobów użytych do mechanizacji zabiegów polowych w danym gospodarstwie.

Różnicę między tymi wielkościami oblicza się na podstawie następującej formuły:

$$R = K_{wpp} - K_{au} \quad (34)$$

gdzie:

- K_{wpp} – koszt wykonania prac polowych w gospodarstwie (zł),
- K_{au} – całkowity koszt zabiegów alternatywnych (kosztów rynkowych – K_r) w gospodarstwie w ciągu roku (zł).

9. WERYFIKACJA METODY OCENY WYKORZYSTANIA MASZYN NA PODSTAWIE WYNIKÓW ANALIZ BADANYCH GOSPODARSTW ROLNICZYCH

W niniejszym rozdziale zaprezentowano wyniki badań dotyczących kosztów mechanizacji produkcji roślinnej w badanej zbiorowości gospodarstw rolniczych w celu sprawdzenia przydatności opracowanej metody (realizowanej za pomocą oryginalnego pakietu software'owego MOWM) do oceny trafności podejmowanych decyzji strategicznych w zakresie wyboru maszyn.

Podstawę treści rozdziału 9 stanowią rezultaty obliczeń uzyskanych z modeli opracowanych z zastosowaniem pakietu narzędziowego sztucznej inteligencji SPHINX w klasie metod systemów ekspertowych PC Shell. Autorskie rozwiązania modeli wspomagania decyzji wykorzystujących bazy wiedzy i reguły wnioskowania opracowane dla wyznaczania kosztów realizacji procesów technologicznych stanowiły podstawę generowania wyjść interpretowanych w niniejszym rozdziale.

W podrozdziale 9.1 zamieszczono wyniki analiz kosztów mechanizacji prac polowych dotyczących poszczególnych maszyn, zestawów maszynowo-ciągnikowych i zabiegów polowych. Przedstawiono w nich symulowane warianty kosztów w zależności od wybranej metody obliczeń. Dotyczyło to kosztów amortyzacji, oprocentowania kapitału, skutków zespołowego lub usługowego wykorzystania maszyn i ich wpływu na koszty utrzymania oraz eksploatacji maszyn, jak również kosztów eksploatacji zestawów i kosztów wykonania zabiegów.

Wykonane obliczenia modelowe obejmowały 18 zestawów parametrów techniczno-ekonomicznych dotyczących danych źródłowych z badanych gospodarstw rolniczych.

Dane źródłowe zawierały informacje o posiadanych ciągnikach, maszynach, narzędziach i środkach transportowych. Uwzględniono w nich także cykle technologiczne zabiegów agrotechnicznych wykonywanych na każdym „roślinopolu”. W każdym cyklu technologicznym określono skład zespołów maszynowo-pracowniczych realizujących zabiegi polowe, jak również nakłady czasu niezbędnego na ich wykonanie. Dla zidentyfikowanych w gospodarstwach typów maszyn, ciągników i środków transportu utworzono bazę danych parametrów techniczno-eksploatacyjnych w oparciu o dane z Systemu Maszyn Rolniczych oraz dostępnych katalogów i opracowań ośrodków naukowo-badawczych zajmujących się tą problematyką. Utworzono w tym celu 16 zbiorów źródłowych dla unikalnych grup maszyn, które objęły łącznie 195 typów maszyn. W jednym gospodarstwie rolnym wyodrębniono od 11 do 28 typów maszyn przeciętnie 19. Dla każdego typu określono od 21 do 27 parametrów, co

stanowiło łącznie 4680 danych. Na tej podstawie wygenerowano zbiór wyników obejmujący 150 środków mechanizacji zawierający łącznie 2850 danych. Utworzono 8 specyficznych zbiorów baz danych dotyczących maszyn jednego gospodarstwa, z których każdy zawierał od 198 do 504 danych.

Kolejnym etapem tworzenia modeli gospodarstw było opracowanie zbioru danych źródłowych zawierających informacje o cyklach zabiegów technologicznych wykonywanych w ciągu roku dla prowadzenia danej działalności. Cykle ustalono na podstawie zapisów w kartach technologicznych i wywiadów kierowanych z rolnikami. Dla ułatwienia identyfikacji w kolejnych etapach generowania modeli cykle technologiczne nazwano tak jak działalności, których dotyczą, np. pszenica1, pszenica2. Łącznie opracowano 58 takich cykli obejmujących nazwy i sekwencję zabiegów agrotechnicznych identyfikowanych unikalnymi kodami. Na podstawie badań wcześniejszych [Bojar i Oving 1994] ustalono identyfikatory kodowe 65 zabiegów agrotechnicznych. Dla jednego gospodarstwa ustalono od 4 do 10 sekwencji technologicznych zabiegów, przeciętnie około 7.

W następnym cyklu procesu opracowywania modelu utworzono zbiory bazy wiedzy specyficznych maszyn, ciągników, środków transportu i narzędzi. Obejmowały one niektóre parametry techniczno-ekonomiczne pochodzące z powyższych baz danych, np. ceny, jak również poszczególne elementy kosztów utrzymania, użytkowania i eksploatacji. Łącznie dla wszystkich symulowanych wariantów sytuacji decyzyjnych wygenerowano 963 zbiory bazy wiedzy na podstawie danych pochodzących bezpośrednio od rolnika, z baz danych normatywnych oraz bezpośrednio z witryn internetowych ośrodków naukowo-badawczych lub instytucji. Dla jednego gospodarstwa wygenerowano od 88 do 224 zbiorów bazy wiedzy. Obliczenia przeprowadzono na podstawie własnych algorytmów przetwarzania i reguł wnioskowania.

Na podstawie utworzonych baz wiedzy i wyników obliczeń kosztów wygenerowano jeden specyficzny zbiór bazy danych obejmujących dane standardowe dotyczące wszystkich typów środków mechanizacji występujących w badanych gospodarstwach rolniczych oraz jednostkowe koszty utrzymania, użytkowania i eksploatacji.

W następnej fazie modelowania na podstawie opracowanych cykli technologicznych zabiegów agrotechnicznych wygenerowano zbiory baz danych zawierające informacje o zespołach maszynowo-pracowniczych niezbędnych do wykonania zabiegów polowych. Każdy zbiór odpowiada jednemu wariantowi obliczeń jednego gospodarstwa rolnego. Obejmuje on dane o grupach i typach maszyn oraz pracownikach tworzących dany zespół. Zawiera m.in. kod zabiegu, który dany zespół wykonuje, jednostkowe koszty eksploatacyjne poszczególnych elementów zespołu oraz jednostkowe koszty eksploatacyjne całego zespołu, a także koszt alternatywny usługi odpowiadającej danemu zespołowi i zabiegowi. Dla jednego gospodarstwa utworzono od 9 do 26 zespołów maszynowo-pracowniczych, przeciętnie 17. Prawidłowe określenie zapotrzebowania na siłę pociągową wykorzystywaną w każdym zestawie ciągnikowo-maszynowym wy-

magą opracowania zespołu reguł wnioskowania interpretujących minimalną i maksymalną wykorzystywaną moc ciągnika w celu zagwarantowania odpowiedniej współpracy z maszynami i narzędziami zestawu. W ten sposób w trakcie projektowania zestawów użytkownik modelu był informowany o prawidłowości lub nieprawidłowości symulowanego doboru ciągników do maszyn lub narzędzi.

Kolejnym krokiem niezbędnym dla symulacji sytuacji decyzyjnych było przeprowadzenie obliczeń i wygenerowanie zbiorów baz danych kosztów wykonania prac polowych w gospodarstwach rolniczych. W tym celu na podstawie opracowanych cykli technologicznych roślin uprawianych w gospodarstwie, ich powierzchni oraz zbiorów danych zespołów maszynowo-pracowniczych obliczono standardowe¹⁹ koszty wykonania prac polowych. Tym samym uwzględniono wpływ struktury i skali działalności produkcji roślinnej na koszty utrzymania, użytkowania i eksploatacji parku maszynowego. W tym cyklu obliczeń nakłady czasu rocznego wykorzystania środków mechanizacji ustalono na poziomie nakładów normatywnych charakterystycznych dla określonej skali działalności badanego gospodarstwa. Rezultatem tej fazy obliczeń były łączne czasy wykonania poszczególnych zabiegów polowych, wygenerowane automatycznie na podstawie wydajności eksploatacyjno-technicznych maszyn i opracowanych reguł wnioskowania. Następnie czasy te były weryfikowane w oparciu o nakłady rzeczywiste zarejestrowane w kartach technologicznych i skonfrontowane z wynikami obliczeń pochodzącymi ze wstępnych badań autora (tab. 1). Taka procedura pozwoliła ustalić rzeczywiste roczne czasy wykorzystania maszyn, ciągników, narzędzi i środków transportu. Opracowano reguły wnioskowania dotyczące ciągników i środków transportu podwyższające nakłady na prace polowe o nakłady poniesione na prace transportowe. Źródłem wartości współczynników korygujących były badania IBMER [Wójcicki i in. 1993]. Łącznie dla wszystkich symulowanych wariantów decyzyjnych wygenerowano 182 zbiory danych o rocznych czasach wykorzystania, przeciętnie 10 zbiorów na jedno gospodarstwo rolne.

Ostatnim etapem w procesie modelowania było obliczanie kosztów alternatywnych usług (kosztów rynkowych) w każdym gospodarstwie na podstawie nakładów czasu wykonania zabiegów oraz cen rynkowych usług mechanizacyjnych niezbędnych do ich wykonania. Po wykonaniu obliczeń dane o kosztach jednostkowych usług zostały zarchiwizowane w zbiorach danych o zespołach maszynowo-pracowniczych.

W końcowym etapie na podstawie kosztów wykonania prac polowych (kwpp) i kosztów rynkowych usług (kr) ustalono różnicę między tymi dwiema wielkościami ($R = kwpp - kr$). Jeśli kwpp przyjmowały wartość wyższą od kr i uzyskana różnica R była ujemna, uzyskany rezultat interpretowano jako nie-

¹⁹ Ustalone na podstawie normatywnych rocznych czasów wykorzystania poszczególnych środków mechanizacji, a nie na podstawie rzeczywistych nakładów czasu zarejestrowanych w kartach technologicznych.

korzystny, gdyż koszty wykorzystania zasobów własnych dla wykonania prac polowych w ciągu roku były wyższe niż łączne koszty wykonania tych zabiegów usługowo. I na odwrót, różnica dodatnia była wyznacznikiem racjonalnego gospodarowania sprzętem zmechanizowanym.

Opisany powyżej cykl modelowania dotyczył jednego wariantu decyzyjnego, którego celem było ustalenie kosztów standardowych przy normatywnym wykorzystaniu środków mechanizacji w ciągu roku. Poniżej opisano kolejne warianty decyzyjne wraz z ich interpretacją merytoryczną w kontekście prawidłowego doboru maszyn.

Warianty te dotyczyły różnych lat, różnych metod obliczania kosztów pracy oraz metod racjonalizacji wykorzystania posiadanego przez gospodarstwa sprzętu zmechanizowanego, takich jak wzrost liczby godzin świadczonych usług, wzrost liczby godzin zakupionych usług uwzględniający likwidację własnej maszyny oraz wspólne użytkowanie sprzętu. Łącznie wykonano 8 cykli obliczeń dla 18 gospodarstw rolniczych, generując 888 zbiorów baz danych oraz 963 zbiory baz wiedzy (tab. 9). Utworzone zbiory baz danych i bazy wiedzy pozwalają znacząco przyspieszyć symulowanie kolejnych sytuacji decyzyjnych, skracając czas wykonania całkowitych obliczeń do kilkadziesiąt minut.

9.1. Symulacja wariantów decyzyjnych dotyczących wyposażenia w środki mechanizacji

Wszystkie tabele w rozdziale 9.1 zostały opracowane w oparciu o arkusze MS Excel, wygenerowane automatycznie za pomocą pakietu MOWM po przeprowadzeniu obliczeń modelowych.

W tabeli 10 przedstawiono wpływ kosztów oprocentowania kapitału na koszty eksploatacji ciągników i maszyn zestawu do zbioru buraków cukrowych i całego zestawu ciągnikowo-maszynowego w dwóch wariantach. Z analizy danych zamieszczonych w tabeli 10 wynika, że koszt zbioru buraków cukrowych jest o 16,43% wyższy (100-83,57) w przypadku uwzględniania kosztów alternatywnych oprocentowania kapitału niż bez tych kosztów. Jeżeli rolnik będzie chciał skalkulować koszt usług międzysąsiedzkich, to nie powinien doliczać kosztów oprocentowania kapitału. Rachunek kosztów działalności całego gospodarstwa jako podmiotu gospodarczego powinien uwzględnić również koszty oprocentowania kapitału, czyli korzyści utraconych z tytułu zamrożenia kapitału w działalności produkcyjnej [Karwowski 1998].

Kolejny przykład wariantowania rozwiązań opracowaną metodą dotyczy różnicy w kosztach eksploatacji ciągnika w zależności od poziomu rocznego wykorzystania i przyjętej metody obliczeń amortyzacji.

W tabeli 11 zaprezentowano wyniki symulacji zmian jednostkowych kosztów eksploatacji ciągnika C360 na skutek różnego poziomu kosztów amortyzacji uzyskanego w wyniku przyjętej metody obliczeń. Analiza wyników uwiadczenia bardziej precyzyjne rozliczanie kosztów metodą amortyzacji rzeczy-

wistej niż normatywnej, gdyż koszt ten jest niższy o ok. 2,5%, co rzutuje na obniżenie jednostkowych kosztów utrzymania i eksploatacji z poziomu 6,48 i 23,40 zł do poziomu odpowiednio 6,41 i 21,04 zł. Kilkakrotnie niższy poziom rocznego wykorzystania ciągnika (164 h) oczywiście znacząco podwyższa koszty jednostkowe utrzymania i eksploatacji odpowiednio do 24,45 i 47,49 zł, ponieważ wówczas konieczne jest przyjęcie czasu trwania ciągnika na normatywnym poziomie 20 lat (a nawet 30 lat aż do granicy zużycia moralnego).

Tabela 10. Wpływ kosztów oprocentowania kapitału na koszty eksploatacji zestawu do zbioru buraków cukrowych

Maszyna	Koszty eksploatacji			
	z oprocentowaniem kapitału		bez oprocentowania kapitału	
	jednostkowe (zł·h ⁻¹)	jednostkowe zestawu (zł·ha ⁻¹)	jednostkowe (zł·h ⁻¹)	jednostkowe zestawu (zł·ha ⁻¹)
Kombajn buraczany	293,33		245,33	
Przyczepa 1	24,24		19,16	
Przyczepa 2	24,24		19,16	
C360	50,71		43,21	
C330	31,55		27,54	
Suma	424,07	4 240,70	354,40	3 544,00
Udział kosztów eksploatacji (%)	Suma = 100	Suma = 100	Suma = 83,57	Suma = 83,57

Źródło: badania własne

Tabela 11. Wariantowanie rozwiązań modelowych w zależności od wybranej metody obliczeń kosztów amortyzacji

Maszyna	Cena nowej maszyny (zł)	Okres użytkowania (lata)	Roczne użytkowanie (h)	Koszty amortyzacji (zł·rok ⁻¹)	Jednostkowe koszty utrzymania (zł·h ⁻¹)	Jednostkowe koszty eksploatacji (zł·h ⁻¹)
C360 amortyzacja normatywna	41000	20,00	164	1 845,00	24,45	47,49
C360 amortyzacja rzeczywista	41000	18,46	650	1 998,75	6,41	21,04
C360 amortyzacja normatywna	41000	18,00	650	2 050,00	6,48	23,40

Źródło: badania własne

W tabeli 12 zaprezentowano wyniki symulacji dwóch sytuacji decyzyjnych:

- 1) indywidualne użytkowanie kombajnu do zbioru buraków cukrowych (bez usług),
- 2) indywidualne użytkowanie i świadczenie nim usług.

Wynikająca z symulacji różnica w kosztach utrzymania wpływa na koszty mechanizacji zabiegów agrotechnicznych niezbędnych do prowadzenia tej działalności w gospodarstwie rolnym.

Dane przedstawione w tabeli 12 wskazują, że niemalże 2-krotnie niższy poziom wykorzystania kombajnu buraczanego (16 h w stosunku do 30 h) osiągną w gospodarstwie na skutek niewykorzystywania maszyny poza gospodarstwem (usługowo) powoduje, że koszty mechanizacji uprawy buraków (wszystkich niezbędnych zabiegów agrotechnicznych) w sytuacji „bez usług” są prawie o 23% wyższe niż w przypadku pełniejszego wykorzystania analizowanej maszyny. Podejmujący decyzję może zatem w oparciu o wyniki modelowe przewidywać skutki decyzji dotyczących form użytkowania i wykorzystania posiadanych środków mechanizacji.

Tabela 12. Warianty kalkulacji kosztów utrzymania kombajnu buraczanego i ich wpływu na koszty mechanizacji²⁰ (kwpp) uprawy buraków cukrowych w zależności od formy użytkowania kombajnu buraczanego

Kombajn do buraków ²¹	Cena nowej maszyny (zł)	Roczne wykorzystanie (h)	Roczne wykorzystanie (ha)	Okres użytkowania (lata)	Jednostkowe koszty utrzymania (zł·h ⁻¹)	Koszty użytkowania (zł·h ⁻¹)	Koszty mechanizacji uprawy buraków (zł)	Koszty mechanizacji uprawy buraków (zł·ha ⁻¹)	Procentowy udział kosztów mechanizacji uprawy buraków (%)
Z usługami	48000	30,00	3,00	15	176,00	106,67	25204,38	8401,46	77,26
Bez usług	48000	16,00	1,60	15	330,00	200,00	17399,64	10874,78	100,00
Różnica									22,74

Źródło: badania własne

²⁰ Koszty mechanizacji uprawy buraków cukrowych obejmują koszty wykonania wszystkich zabiegów agrotechnicznych składających się na proces technologiczny-prowadzenia tej działalności.

²¹ O maksymalnej wydajności eksploatacyjnej 0,1 ha·h⁻¹.

W tabeli 13 przedstawiono zróżnicowane koszty utrzymania kombajnu buraczanego w zależności od formy użytkowania: indywidualnej lub zespołowej.

Na skutek zespołowego wykorzystywania kombajnu buraczanego nastąpił 3-krotny spadek kosztów utrzymania obciążającego każdego z członków 3-osobowego zespołu w porównaniu z sytuacją indywidualnego użytkownika maszyny, odpowiednio z 5280 zł do 1760 zł. Nawet uwzględniając przewidywany wzrost kosztów napraw i przeglądów z tytułu intensywniejszego wykorzystania maszyny, jej utrzymanie w formie zespołowej będzie znacznie tańsze niż w użytkowaniu indywidualnym, gdyż naprawy generują tylko jeden ze składników kosztów utrzymania.

Tabela 13. Skutki zespołowego i indywidualnego wykorzystania kombajnu buraczanego

Kombajn do buraków	Cena nowej maszyny (zł)	Maszyna obrabia (ha-rok ⁻¹)	Okres użytkowania (lata)	Całkowita ilość wykonanej pracy (h)	Jednostkowy koszt utrzymania (zł·h ⁻¹)	Udział w zakupie (%)	Obrabiana powierzchnia u siebie (ha)	Koszt utrzymania wg udziału (zł)
Użytkowany indywidualnie	48000	3	15	45	176	100,00	3	5280
Użytkowany zespołowo	48000	9	15	135	176	33,33	3	1760

Źródło: badania własne

9.1.1. Porównywanie kosztów zestawów maszynowych w wybranym gospodarstwie

W tabeli 14 porównano koszty zespołów maszynowo-pracowniczych stanowiących zestawienie wyjściowe uzyskane na podstawie stworzonego modelu gospodarstwa rolnego opracowaną metodą.

Porównanie kosztów zestawów maszynowych umożliwia zarządzającemu uzyskanie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób może osiągnąć poprawę wyniku całościowego, zmieniając poszczególne elementy zestawów ciągnikowo-maszynowych, które mogą wpłynąć na obniżkę kosztów wykonania prac pólowych (tab. 14).

Tabela 14. Zestawienie kosztów zespołów maszynowo-pracowniczych w gospodarstwie

Grupa maszyn	Typ maszyny	Jednostkowe koszty eksploatacyjne elementów zestawów (zł·h ⁻¹)	Nazwa zestawu (zabiegu)	Jednostkowe koszty eksploatacyjne zestawów (zł·h ⁻¹)
Ciągniki inne	MTZ-82	35,41	podorywka	44,97
Pługi	U037/1	4,57		
Pracownicy	PR1	5,00		
Ciągniki inne	MTZ-82	35,41	orka	43,96
Pługi	U023/1	3,55		
Pracownicy	PR1	5,00		
Ciągniki inne	MTZ-82	35,41	agregatowanie	67,9
Agregaty	U750	27,50		
Pracownicy	PR1	5,00		
Ciągniki inne	MTZ-82	35,41	agregatowanie + siew	78,79
Agregaty	U771/W	33,39		
Pracownicy	PR1	5,00		
Pracownicy	PR1	5,00		
Ciągniki małe	C360	20,45	nawożenie	45,65
Rozsiewacze	N039	13,19		
Pracownicy	GOSP-DARZ	12,00		
Ciągniki małe	C360	20,45	bronowanie	26,17
Brony	U212/2	0,72		
Pracownicy	PR1	5,00		

Źródło: badania własne

9.2. Analiza standardowych kosztów wykonania prac polowych w porównaniu z kosztami rzeczywistymi

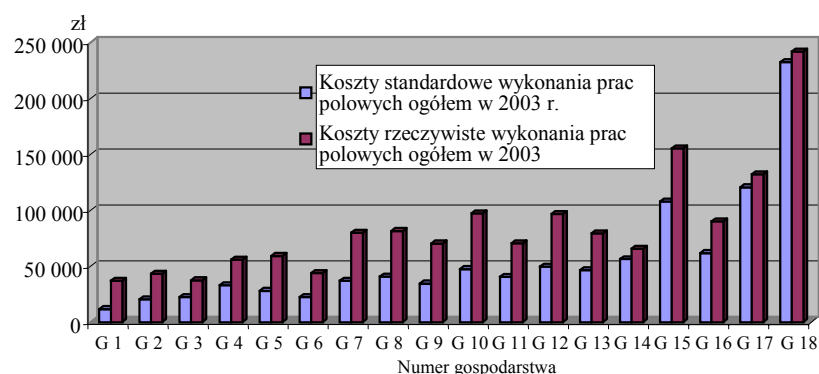
Utworzone modele 18 badanych gospodarstw rolniczych pozwoliły w pierwszym cyklu obliczeń ustalić koszty wykonania prac polowych dla normatywnych poziomów wykorzystania maszyn, przy czym normatywne wskaźniki wykorzystania rocznego poszczególnych maszyn zostały ustalone na podstawie miarodajnych źródeł²². Po obliczeniu kosztów standardowych²³ na podstawie wyników uzyskanych z pierwszego cyklu obliczeń ustalono roczne ure-

²² SMR, IBMER, PIMR, IMR AR Lublin [Regulski 1985, Lorencowicz 1997, Grodzadzki 2002, Muzalewski 2002].

²³ Taki termin przyjęto dla bardziej komunikatywnego opisu wyników badań.

alnione czasy²⁴ wykorzystania środków mechanizacji w badanych obiektach, a następnie wykonano drugi cykl obliczeń. W rezultacie uzyskano urealnione wartości kosztów wykonania prac polowych i porównano je odpowiednio z wartościami normatywnymi.

Na podstawie wykresu przedstawionego na rysunku 8 można stwierdzić, że we wszystkich obiektach koszty rzeczywiste²⁵ były wyższe od kosztów standardowych. Fakt ten może stanowić wskazówkę dla menedżerów, że powinni przedsięwziąć działania w celu lepszego wykorzystania posiadanych środków mechanizacji produkcji roślinnej.



Rys. 8. Porównanie standardowych i rzeczywistych kosztów wykonania prac polowych w badanych gospodarstwach rolniczych w roku 2003

9.3. Analiza kosztów wykonania prac polowych w porównaniu z kosztami rynkowymi wykonania tych prac w latach 1998 i 2003

Wstępne symulacje wykazały, że różnice wyników uzyskanych w kolejnych latach – począwszy od roku 1998 – nie miały większego znaczenia dla interpretacji rezultatów, a zarazem diagnozy stanu analizowanych sytuacji decyzyjnych. W związku z tym do analizy wybrano dwa skrajne lata: 1998 i 2003, ponieważ w tym okresie zaobserwowano w badanych gospodarstwach rolniczych znaczące zmiany.

²⁴ Urzeczywistrealnione czasy roczne ustalono ustalono na podstawie nakładów czasu pracy zewidencjonowanych w kartach technologicznych pól badanych obiektów a także nazweryfikowanych na podstawie modelowych obliczeń tych nakładów. zob. rozdz. 8.2.

²⁵ Dla urealnionych rocznych czasów wykorzystania środków technicznych przyjęto taki termin dla bardziej komunikatywnego opisu wyników badań.

Analiza porównawcza rzeczywistych i standardowych kosztów wykonania prac polowych nie jest jedyną i miarodajną metodą oceny wykorzystania włas-

nego parku maszynowego. Taka interpretacja może być niewystarczająca szczególnie w warunkach dominacji małych obszarowo gospodarstw rodzinnych o niskim wykorzystaniu rocznym drogiego sprzętu. W gospodarce rynkowej wykorzystującej alternatywne możliwości alokacji zasobów własnych lub obcych, sprawdzoną i uznaną przez wielu autorów [Oving 1989, Muzalewski 1993] metodą oceny racjonalności wykorzystania środków mechanizacji jest porównanie kosztów wykonania prac polowych w oparciu o zasoby własne z kosztami alternatywnymi wykonania tych prac przy pomocy usług, nazywanych często z racji ich wyceny rynkowej kosztami rynkowymi. Obniżka kosztów wykonania prac polowych prowadzi do poprawy efektywności wykorzystania własnych zasobów przy danym poziomie produkcji, a więc pośrednio zastosowany miernik może być użyty także do oceny efektywności produkcji. W odróżnieniu od kosztów standardowych obliczanych przy pełnym wykorzystaniu sprzętu, co stanowi założenie często nierealistyczne, koszty rynkowe uwzględniają rzeczywiste możliwości menedżerów gospodarstw rolniczych w zakresie racjonalizacji kosztów mechanizacji, gdyż właściciel gospodarstwa może kupić lub sprzedać usługę mechanizacyjną na rynku. W miarę rozwoju gospodarki rynkowej koszty te odzwierciedlają w coraz większym stopniu rzeczywiste uwarunkowania ekonomiki produkcji rolnej. Usługodawca dąży do maksymalnego wykorzystania zasobów własnych, obniżając tym samym jednostkowe koszty utrzymania sprzętu. Szybciej zatem amortyzuje sprzęt i gromadzi środki na odtworzenie, co stwarza większe szanse na zachowanie ich ekonomicznej i moralnej wartości. Taki sposób działania może być szczególnie atrakcyjny dla rozdrobnionych gospodarstw rodzinnych, których nie stać na utrzymanie wszystkich niezbędnych środków mechanizacji. Niski poziom wykorzystania maszyn w tych gospodarstwach związany jest również z różnorodnością technologiczną uprawianych roślin. W Polsce, odmiennie niż na przykład w Holandii, gdzie dominuje tzw. kontraktorski system usług mechanizacyjnych, przeważa model usług międzysąsiedzkich [Borkowski 1994]. Jednak model taki nie wyklucza również potraktowania tych usług w sposób rynkowy, gdyż jeden rolnik może specjalizować się na przykład w zbiorze zbóż, a drugi buraków cukrowych [Bojar i Drelichowski 1994], zwiększając w ten sposób poziom rocznego wykorzystania drogich maszyn u siebie i sąsiada. Rozliczenie oparte na rzetelnym rachunku kosztów zapewnia przejrzystość transakcji, wzrost wzajemnego zaufania usługodawców i usługobiorców, przyczyniając się do rozwoju tej formy współdziałania rolników [Karwowski 1998]. Dostępność usług, ich niezawodność, jakość i sprawny sposób rozliczeń będzie decydował o ich stopniu wykorzystania przez rolników. Niezależnie jednak od realnej sytuacji gospodarstwa rolniczego, podejmowanie decyzji z wykorzystaniem modelu kosztów rynkowych usług w znacznym stopniu przybliży rolnikowi możliwość racjonalizacji kosztów mechanizacji i uświadomienia sobie sytuacji wła-

snego gospodarstwa. W celu zanalizowania dynamiki zmian w tym zakresie w badanych obiektach utworzono 36 modeli gospodarstw rolniczych (18 w roku 1998 i 18 w roku 2003). Pozwoliło to w pierwszym cyklu obliczeń ustalić rzeczywiste koszty wykonania prac polowych odpowiednio dla struktury i skali działalności produkcyjnych i parku maszynowego w analizowanych latach. Następnie określono koszty rynkowe na podstawie aktualnych cen zabiegów mechanicznych (pochodzących z różnych witryn internetowych ODR)²⁶ i czasów wykonania zabiegów polowych w gospodarstwach. Poziom kosztów pracy członków rodziny rolnika – 12 zł za 1 rbh – skalkulowano na podstawie parytetu dochodów osiągniętych w gospodarce narodowej. Założenie to wynika z faktu, że gospodarstwo może być konkurencyjne i rozwojowe wyłącznie wtedy, gdy jego właściciele będą mogli uzyskiwać dochód gwarantujący standard życia porównywalny z poziomem innych grup zawodowych. Przyjęte założenie jest tym bardziej zasadne, że jednym z priorytetów Wspólnej Polityki Rolnej Unii Europejskiej jest utrzymywanie dochodów rodzin rolniczych na takim poziomie, który zagwarantuje odpowiednio wysoką stopę życiową. Cenę siły roboczej pracowników najemnych w wysokości 5 zł za robotnikogodzinę przyjęto na podstawie aktualnych cen rynkowych siły roboczej wykorzystywanej w rolnictwie.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że 13 spośród 18 obiektów badawczych (72,2%) osiągnęło w roku 2003 wyniki dodatnie miernika R²⁷, uzyskując wyższe własne koszty wykonania prac polowych od kosztów rynkowych (tab. 15). Świadczy to o niskim stopniu wykorzystania sprzętu zmechanizowanego i wysokich kosztach odtworzenia środków mechanizacji. Bardzo zadowalający rezultat w tym zakresie (-90035,65 zł oszczędności) uzyskało gospodarstwo nr G 18 o dużej skali działalności (172 ha UR) i korzystnej strukturze zasiewów (wysokim udziale okopowych – około 11%), zapewniającej wysoki udział kosztów pracy w stosunku do kosztów wykonania prac polowych (26,22%). Niższe koszty własne wykonania prac polowych w stosunku do rynkowych kosztów zabiegów (-10475,52 zł) uzyskało również średnie gospodarstwo G 3 (20,2 ha UR), które w największym stopniu spośród wszystkich badanych korzystało z zakupu usług (33,59% w stosunku do kosztów wykonania prac polowych). Pożądany rezultat (-5101,12 zł) uzyskało również gospodarstwo nr G 4 (21 ha UR), które wraz z gospodarstwem nr G 18 najlepiej wykorzystywało zasoby pracy żywej (23,16% w stosunku do kwpp). Korzystny rezultat (-3572,45 zł) stwierdzono w gospodarstwie G 10, prowadzącym produkcję roślinną na większą skalę (38 ha UR) i dobrze wykorzystujące maksymalne możliwości przerobowe drogich maszyn, np. kombajnu Bizon Z056 w ok. 68% możliwości normatywnych. Korzystny rezultat zaobserwowano tak-

²⁶ <http://www.rcd.wroc.pl/Ekonomika/notowania/uslugi/uslugi.htm>
<http://www.odrminikowo.com.pl/>

²⁷ R = koszty wykonania prac polowych – koszty rynkowe

że w gospodarstwie G 17 (-38949,34 zł) wskutek dużej skali działalności (79 ha UR) i racjonalnego użytkowania sprzętu.

W pozostałych 13 gospodarstwach rolniczych odnotowano rezultaty dodatnie miernika R, wskazujące na wyższe kwpp niż koszty rynkowe. Wyniki takie zostały potwierdzone rezultatami innych badań prowadzonych w rodzinnych gospodarstwach rolniczych [Bojar i Oving 1994]. Dowodem wysokich kosztów odtworzenia maszyn w gospodarstwach rodzinnych są także wyniki badań modelowych prowadzonych przez Szeptyckiego i Wójcickiego [2003], wskazujące na wysoki udział kosztów mechanizacji w kosztach produkcji i wysoki udział amortyzacji w kosztach mechanizacji. Z uwagi na przyrodniczy charakter produkcji rolnej zarządzający gospodarstwami muszą uwzględniać ryzyko wynikające z wpływu warunków pogodowych i klimatycznych na terminowość wykonywanych zabiegów agrotechnicznych. Dlatego też w swoich strategicznych decyzjach dotyczących wyboru maszyn powinni uwzględniać tzw. koszty opóźnień. Nawet jednak po ich uwzględnieniu może okazać się, że w roku krytycznie niekorzystnym, np. dla zbioru zbóż, konieczne jest posiadanie większej liczby środków mechanizacji niż wynikałoby to z zapotrzebowania ustalonego dla warunków przeciętnych. Wówczas rozwiązaniem optymalnym ekonomicznie i organizacyjnie może być skorzystanie z usług po uwzględnieniu większego ryzyka związanego z wynajęciem. W krajach rolnictwa wysoko uprzemysłowionego, o zaawansowanym stopniu specjalizacji gospodarstw rolnych, do których należy np. Holandia, ukształtował się kontraktorski system usług mechanizacyjnych opartych na outsourcingu²⁸. System taki w poważnym stopniu pozwala łagodzić sprzeczności występujące między chęcią minimalizacji kosztów mechanizacji a koniecznością zagwarantowania wykonania prac polowych w terminie optymalnym. Wydaje się, że w warunkach rolnictwa polskiego problem optymalnego wykorzystania maszyn może być rozwiązywany w oparciu o różne formy. Dominującym wydaje się być model usług międzysąsiedzkich, ale jest także z pewnością miejsce na formy zespołowego użytkowania i outsourcing.

O konieczności stosowania przez menedżerów przedsiębiorstw rolnych precyzyjnych metod wspomaganie decyzji świadczy analiza trendów zmian w wykorzystaniu zasobów pracy i maszyn w roku 2003 w porównaniu z 1998. Wielość czynników determinujących efektywność wykorzystania środków mechanizacji i ich obsługi, takich jak skala i struktura działalności, struktura parku maszynowego czy udział usług mechanizacyjnych, powoduje, że bez kompleksowego ujęcia modelowego trudno ocenić rzeczywistą sytuację w tym zakresie. Z analizy wynika, że polepszenie relacji kwpp w stosunku do kosztów rynkowych w 2003 r. w porównaniu z 1998 r. wystąpiło w 8 gospodarstwach rolniczych o zróżnicowanej skali działalności – od 17,89 ha w obiekcie G 2 do 172 ha UR w obiekcie G 18. W pozostałych 10 gospodarstwach zaobserwowano negatywne tendencje

²⁸ Nowoczesna strategia zarządzania, która polega na oddaniu na zewnątrz (partnerowi zewnętrznemu – outsourcerowi) zadań nie związanych bezpośrednio z podstawową działalnością firmy.

zmian kosztów, przy czym pogorszenie nastąpiło zarówno w obiektach dużych, które znacznie poszerzyły skalę działalności (np. w obiekcie G 16 o powierzchni 72 ha UR, w którym powiększono areał uprawny o 64%), jak i w obiektach mniejszych (np. w obiekcie G 3 o powierzchni 20,2 ha UR, gdzie powierzchnia uprawy uległa niewielkiej zmianie, lub w obiekcie G 1, w którym nawet zmniejszono skalę działalności do 12,5 ha) (tab. 15). Dopiero analiza innych czynników może przybliżyć przyczyny zdiagnozowanego stanu gospodarstw. W obiekcie G 11 nastąpił 2,3-krotny wzrost areału uprawnego w stosunku do roku 1998. Wynikający z tego wzrost rocznego wykorzystania maszyn nie skompensował zwiększonych kosztów modernizacji parku maszynowego, co spowodowało drastyczne pogorszenie relacji kwpp do kr i przejście od wyniku ujemnego do dodatniego. Stan taki można tłumaczyć również pomniejszeniem udziału kosztów pracy w stosunku do kwpp, wynoszącego 18,97% w roku 1998 i 14,08% w roku 2003, wskutek zwiększenia udziału roślin zbożowych w strukturze zasiewów. W efekcie zredukowanie relatywnie taniego czynnika pracy w stosunku do kapitału spowodowało wzrost kosztów wykonania prac polowych (tab. 15). Podobna sytuacja wystąpiła w obiekcie G 5, gdzie również koszty modernizacji parku maszynowego nie zostały skompensowane 25% wzrostem powierzchni UR. W tym gospodarstwie w wyniku wzrostu udziału zbożowych i zmniejszenia udziału okopowych w strukturze zasiewów także nastąpił spadek udziału kosztów pracy w stosunku do kwpp z 22,36 do 16,82%. W efekcie zaobserwowano pogorszenie miernika oceny kosztów mechanizacji z -6896,25 zł w 1998 r. do 14106,75 zł w roku 2003 (tab. 15). Podobna sytuacja wystąpiła w gospodarstwach G 8, G 12 i G 16, gdzie prawdopodobnie koszty zmian w wyposażeniu nie zostały skompensowane odpowiednimi zmianami w skali i strukturze działalności, wskutek czego relacje kwpp do kr w badanym okresie uległy pogorszeniu. Niekorzystne relacje kosztowe w obiekcie G 6 wyjaśnia wzrost areału o 46% i ekstensyfikacja struktury produkcji (redukcja udziału okopowych) oraz pogorszenie relacji cen środków mechanizacji w stosunku do usług mechanizacyjnych. Spowodowało to wzrost kwpp w stosunku do kr mimo braku zmian w wyposażeniu gospodarstw (tab. 15). Przykładem nieudanej restrukturyzacji są gospodarstwa G 7 i G 13, praktycznie nie poszerzające skali działalności (wzrost odpowiednio o 0 i 5%), ale próbujące zmodernizować park maszynowy, gdzie w połączeniu z ekstensyfikacją struktury produkcji lub brakiem zmian w tej strukturze nastąpiło wyraźne pogorszenie relacji kosztowych od 2560,74 do 14394,49 zł w obiekcie G 7 i od-13424,98 do 18907,58 zł w obiekcie G 13 (tab. 15).

Przyczyn nieznacznego polepszenia relacji kwpp do kr w obiektach G 2, G 4 i G 10, w których nie stwierdzono w badanym okresie zmian w wyposażeniu ani w skali działalności, należy dopatrywać się w zmianach struktury zasiewów. Wyraźna poprawa relacji nastąpiła w gospodarstwach G 9, G 14, G 15, G 17 i G 18, gdzie znacząco zwiększyła się powierzchnia użytków rolnych i skala prowadzonych działalności produkcji roślinnej.

Tabela 15. Analiza relacji własnych kosztów wykonania prac polowych do kosztów usług w latach 1998-2003

Nr gospodarstwa	Powierzchnia UR (ha)		Wskaźnik R (zł)		Wskaźnik R w 2003 r. (dysparytet) (zł)	Ocena wykorzystania zasobów pracy i maszyn w 2003 r.	Ocena trendu zmian wykorzystania pracy i maszyn w latach 1998-2003	% kpracy/kwpp*		% kutrż/kekspl**		% uslug/kwpp***		Zmiana parku maszyn w latach 1998-2003
	2003 r.	1998 r.	1998 r.	2003 r.				1998 r.	2003 r.	1998 r.	2003 r.	1998 r.	2003 r.	
G 1	12,50	13,60	16994,47	19402,36	17648,91	ujemna	pogorszenie	17,78	13,24	62,13	62,99	0,30	0,00	nie
G 2	17,89	17,85	17125,86	13346,73	12154,13	ujemna	popieszenie	17,26	18,31	56,87	55,80	0,00	0,19	nie
G 3	20,20	19,79	-11031,34	-10475,52	-12813,61	dodatnia	pogorszenie	27,67	23,71	41,14	41,14	22,51	33,59	nie
G 4	21,00	21,00	-4364,93	-5101,12	-8236,98	dodatnia	popieszenie	24,18	23,16	54,22	54,73	0,76	1,12	nie
G 5	24,97	18,97	-6896,25	14106,75	12314,74	ujemna	pogorszenie	22,36	16,82	51,50	49,33	11,88	11,74	tak
G 6	25,15	17,21	-7396,89	1496,78	-506,23	ujemna	pogorszenie	31,36	21,79	46,05	49,57	12,07	16,69	nie
G 7	26,24	26,24	2560,74	14394,49	12365,06	ujemna	pogorszenie	14,83	14,90	52,93	55,23	19,09	16,09	tak
G 8	30,00	14,00	10428,70	32325,74	29524,59	ujemna	pogorszenie	16,08	12,37	59,83	53,21	4,52	2,32	tak
G 9	30,50	25,61	41787,85	26596,44	24661,95	ujemna	popieszenie	9,03	15,85	64,73	52,49	1,39	1,21	tak
G 10	38,00	38,00	-2705,66	-3572,45	-4188,50	dodatnia	popieszenie	13,73	13,64	48,92	49,01	1,50	2,41	tak
G 11	44,50	19,15	-6721,06	18800,01	19788,30	ujemna	pogorszenie	18,97	14,08	51,35	50,63	22,48	5,10	tak
G 12	50,00	27,00	1319,97	38415,46	45288,58	ujemna	pogorszenie	17,23	11,27	50,75	54,62	13,90	0,00	tak
G 13	51,00	48,50	-13424,98	18907,58	21693,71	ujemna	pogorszenie	13,40	10,25	39,83	46,94	7,31	13,67	tak
G 14	53,00	41,00	18010,47	6738,96	11121,09	ujemna	popieszenie	10,47	16,73	52,44	40,80	5,19	1,95	tak
G 15	70,00	32,50	21385,94	8163,18	31202,28	ujemna	popieszenie	11,65	14,53	57,05	42,56	0,00	1,59	tak
G 16	72,00	44,00	7034,71	16677,05	34247,79	ujemna	pogorszenie	18,16	13,88	49,68	46,21	3,07	4,05	tak
G 17	79,00	15,21	25743,30	-38949,34	-1962,16	dodatnia	popieszenie	9,25	22,11	59,86	38,69	0,00	0,00	tak
G 18	172,00	89,31	-49747,40	-90035,65	-50860,78	dodatnia	popieszenie	25,28	26,22	38,99	34,60	4,96	0,00	tak

Źródło: badania własne

Wskaźnik R – miernik oceny wykorzystania środków mechanizacji i siły roboczej

* % kpracy/kwpp – procentowy udział kosztów pracy w ciagu roku w gospodarstwie

** % kutrż/kekspl – procentowy udział kosztów utrzymania maszyn w kosztach eksploatacji w ciagu roku w gospodarstwie

*** % uslug/kwpp – procentowy udział zakupionych usług mechanizacyjnych w kosztach wykonania pracy w ciagu roku w gospodarstwie

9.4. Analiza kosztów wykonania prac polowych w 2003 roku przy uwzględnieniu kosztów pracy członków rodziny rolnika wynikających z dysparytetu dochodów

Kolejna symulacja kwpp dotyczyła dostosowania kosztów pracy rodziny rolnika do realnej sytuacji ekonomicznej, której miarą jest dysparytet dochodowy²⁹. Z badań Józwiaka [2003] wynika, że gospodarstwa duże o powierzchni 72,2 ha mają znacznie większy parytet dochodowy niż gospodarstwa bardzo małe – 8,4 ha, odpowiednio: 218 i 36% (tab. 16).

Tabela 16. Stopa dysparytetu dochodów w gospodarstwach rolnych

Gospodarstwa	Wielkość w ESU*		Obszar użytków rolnych (ha)	Stopa dysparytetu dochodów (%)
	od - do	średnio		
Nieużytkowane	–	–	1,2	–
„Mikro”	do 0,99	0,4	2,9	11
Bardzo małe	1-3,99	2,3	8,4	36
Małe	4-7,99	5,9	18,8	67
Średnie	8-15,99	11,4	33,0	78
Duże	16-99,99	32,4	72,2	218
Średnie ważone	x	2,1	7,2	30

Źródło: Józwiak [2003]

* ESU (European Size Unit – Europejska Jednostka Wielkości) – wielkość ekonomiczna gospodarstwa rolnego, która jest określana na podstawie Standardowej Nadwyżki Bezpośredniej tego gospodarstwa. Wartość jednej ESU jest stałą kwotą euro Standardowej Nadwyżki Bezpośredniej, ustalaną i uaktualnianą co roku przez Komisję Europejską według ekonomicznego wskaźnika zmian w rolnictwie Unii Europejskiej.

Stopa dysparytetu implikuje zatem różne koszty nakładów pracy rodziny rolnika (tab. 17), które w wariacie podstawowym przyjętym do analizy w podrozdziale 9.3 ustalono jednolicie na przeciętnym poziomie 12 zł za 1 rbh dla wszystkich modeli badanych gospodarstw rolniczych.

Uwzględnienie w kosztach wykonania prac polowych kosztów pracy, wycenionych na podstawie zróżnicowanego dysparytetu dochodowego, nie zmieniło zasadniczo relacji tych kosztów do alternatywnych kosztów usług z wyjątkiem obiektu G 6. Nastąpiło w nim zmniejszenie wartości tych kosztów poniżej kosztów rynkowych usług (tab. 15). W pozostałych gospodarstwach zaobserwowano również ważne zmiany, lecz nie nastąpiło odwrócenie relacji kwpp do kr opisane powyżej.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazują, że pogorszenie relacji kwpp w stosunku do kr nastąpiło przede wszystkim w obiektach większych obszarowo

²⁹ W. Józwiak, 2003. Wpływ integracji z UE na sytuację ekonomiczną polskich gospodarstw rolniczych.

– G 11, G 12, G 13, G 14, G 15, G 16, G 17, G 18 o powierzchni UR odpowiednio: 44,5, 50, 51, 53, 70, 72, 79 i 172 ha (tab. 15), gdzie koszty pracy z uwagi na korzystny dysparytet wzrosły znacząco w stosunku do kosztu przeciętnego.

Tabela 17. Wycena wartości robotnikogodziny członków rodziny rolnika na podstawie dysparytetu dochodowego w rolnictwie w stosunku do innych działów gospodarki narodowej w roku 2003

Stawka 1 rbh (zł)	Stopa dysparytetu (%)	Powierzchnia UR (ha)
4,71	36	8,4
8,76	67	18,8
10,20	78	33,0
28,51	218	72,2

Źródło: obliczenia własne na podstawie badań IER i GŹ

Miernik oceny wykorzystania maszyn R w największym stopniu uległ pogorszeniu w obiektach G 14, G 15, G 16, G 17 i G 18, odpowiednio o 65,03, 282,23, 105,36, 1885,02 i 77,02%, czego powodem mógł być znaczący udział nakładów pracy członków rodziny rolnika w kosztach wykonania prac polowych. W gospodarstwach nr G 11, G 12 i G 13 rezultat mierzony różnicą kwpp – kr uległ niewielkiemu pogorszeniu, odpowiednio o 5,26, 17,89 i 14,74%. Charakterystyczny jest mniejszy obszar UR i wysoki udział usług mechanizacyjnych w obiekcie G 11, dyskontujący wzrost kosztów pracy rodziny rolnika (tab. 15). W pozostałych badanych gospodarstwach nastąpiło polepszenie efektywności mechanizacji, a więc obniżka kwpp w stosunku do kr, co wynikało z ich mniejszego obszaru (w przedziale od 12,5 do 30,5 ha) i gorszego dysparytetu dochodów (tab. 15). Znacząco wyższe rezultaty uzyskały dwa obiekty – G 4 i G 6 – o powierzchni odpowiednio 21 i 25,15 ha, w których odnotowano poprawę relacji kwpp/kr w wysokości odpowiednio o 61,47 oraz o 133,82%. Na uwagę zasługuje gospodarstwo G 6, w którym nastąpiła zmiana relacji kosztów wykonania prac polowych do kosztów rynkowych usług. Dla przyjętego przeciętnego dysparytetu w gospodarce narodowej i kosztu 1 rbh pracy rodziny rolnika 12 zł, kwpp w tym gospodarstwie były wyższe od kosztów rynkowych usług o 1496,78 zł. Po przyjęciu dysparytetu realnego, implikującego koszt pracy na poziomie 9,48 zł, kwpp były niższe o 506,23 zł od kr. Był to jedyny obiekt, w którym uzyskano taki efekt w wyniku wprowadzonych zmian metody wyceny pracy rolnika i jego rodziny. Należy podkreślić wysoki udział kosztów pracy oraz kosztów usług mechanizacyjnych w kwpp w tym gospodarstwie, odpowiednio: 21,79 i 16,69% w porównaniu z innymi obiektami (tab. 15). Analiza wyników wyżej omówionej symulacji wskazuje, że uwzględnienie dysparytetu dochodowego gospodarstw rolniczych w stosunku do innych działów gospodarki narodowej pozwala wierniej odzwierciedlić realną sytuację ekono-

miczną gospodarstw rolniczych w zakresie efektywności wykorzystania zasobów własnych w zabiegach polowych.

9.5. Warianty różnicowania kosztów wykonania prac polowych w gospodarstwach rolniczych

Przeanalizowano skutki lepszego wykorzystania maksymalnej mocy przerobowej kombajnów zbożowych, zwiększając poziom rzeczywistego rocznego wykorzystania do wartości normatywnej. Założono, że kombajny będzie można intensywniej eksploatować, wykonując usługi mechanizacyjne na rzecz sąsiadów. Analizę przeprowadzono w tych gospodarstwach, w którym poziom rocznego wykorzystania był niższy od normatywnego. Symulacje przeprowadzono dla 11 obiektów. Rezultaty obliczeń wskazują, że w wyniku świadczenia usług kombajnem zbożowym i jego lepszego rocznego wykorzystania wszystkie wybrane gospodarstwa rolne polepszyłyby efektywność użycia własnych zasobów – środków mechanizacji i pracowników – w stosunku do cen rynkowych zabiegów polowych. Procentowa zmiana wskaźnika R dla wszystkich analizowanych obiektów była korzystna i wahała się od 15,87 do 60,12% w zależności od poziomu wykorzystania kombajnu we własnym gospodarstwie i różnicy między poziomem normatywnym a rzeczywistym (tab. 18). Gospodarstwo G 8, które zyskałoby najmniej w wyniku wprowadzenia usług wykazało też najmniejszą liczbę godzin usług mechanizacyjnych – 30 (tab. 18). W żadnym analizowanym gospodarstwie, z wyjątkiem obiektów nr G 4 i G 10, które wcześniej wykazały różnicę (kwpp – kr) ujemną, nie udało się obniżyć kwpp w takim stopniu, aby były one niższe od kosztów rynkowych (tab 18 – II wskaźnik R).

Kolejna symulacja została przeprowadzona w celu poszukiwania możliwości dalszej poprawy efektywności wykorzystania zasobów własnych w zmechanizowanych zabiegach produkcji polowej. Obliczenia modelowe wykonano dla 9 gospodarstw rolniczych, w których koszty wykonania prac polowych nadal okazały się wyższe od rynkowych kosztów tych prac, pomimo lepszego wykorzystania kombajnów zbożowych (obiekty G 1, G 2, G 7, G 8, G 9, G 11, G 12, G 15, G 16). Wprowadzenie usług zamiast eksploatacji dróg, lecz mało intensywnie wykorzystywanych maszyn wyraźnie obniżyłoby koszty wykonania prac polowych w badanych gospodarstwach (tab. 19 – III wskaźnik R).

W tabeli 19 przedstawiono procentową zmianę wskaźnika R, która świadczy o tym, że w obiektach G 15 i G 11 relacje kwpp do kr polepszyłyby się odpowiednio o 9,01 i 47,3%.

Uzyskane na podstawie takich założeń wyniki badań wykazały, że korzyści w stosunku do parytetowego poziomu kwpp są wyższe zarówno od kwpp uzyskanych dla sytuacji usługowego wykorzystania kombajnów zbożowych (tab. 18 – II i III wskaźnik R), jak również dla sytuacji usługowego wykorzystania kombajnów zbożowych z jednoczesnym usługowym wykorzystaniem innych dróg i w małym stopniu użytkowanych maszyn.

Tabela 18. Analiza oceny wykorzystania własnych zasobów (sprzętu i pracowników) po symulacji skutków wykorzystania kombajnów zbożowych w roku 2003

Nr gospodarstwa	Powierzchnia UR (ha)	Wskaźnik R (dysparytet) 100% (zł)	I wskaźnik R (zł) ³⁰	Zmiana wskaźnika R 100% – (kol. 4/kol. 3) (%)	Wielkość usług świadczonych kombajnem zbożowym (h)	II wskaźnik R ³¹ (zł)	Zmiana wskaźnika R 100% – (kol. 7/kol. 3) (%)	%kpracy/kwpp*	%uslug/kwpp**	Zmiana parku maszyn w latach 1998-2003
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
G 1	12,50	17648,91	6870,61	61,07	58	12113,14	31,37	13,24	0,00	nie
G 2	17,89	12154,13	2348,43	80,68	46	4847,33	60,12	18,31	0,19	nie
G 3	20,20	-12813,61						23,71	33,59	nie
G 4	21,00	-8236,98			62	-13740,64	40,05	23,16	1,12	nie
G 5	24,97	12314,74						16,82	11,74	tak
G 6	25,15	-506,23						21,79	16,69	nie
G 7	26,24	12365,06	2534,76	79,50	40	6068,88	50,92	14,90	16,09	tak
G 8	30,00	29524,59	12476,67	57,74	30	24838,15	15,87	12,37	2,32	tak
G 9	30,50	24661,95	8761,77	64,47	51	15460,74	37,31	15,85	1,21	tak
G 10	38,00	-4188,50			25	-8237,00	49,15	13,64	2,41	tak
G 11	44,50	19788,30	3237,19	83,64	57	9225,19	53,38	14,08	5,10	tak
G 12	50,00	45288,58	17445,86	61,48	65	22766,08	49,73	11,27	0,00	tak
G 13	51,00	21693,71						10,25	13,67	tak
G 14	53,00	11121,09						16,73	1,95	tak
G 15	70,00	31202,28	18934,79	39,32	44	23070,15	26,06	14,53	1,59	tak
G 16	72,00	34247,79	20211,65	40,98	44	26233,34	23,40	13,88	4,05	tak
G 17	79,00	-1962,16						22,11	0,00	tak
G 18	172,00	-50860,78						26,22	0,00	tak

Źródło: badania własne

* %kpracy/kwpp – procentowy udział kosztów pracy w kosztach wykonania pracy w ciągu roku w gospodarstwie

** %uslug/kwpp – procentowy udział usług mechanizacyjnych z zewnątrz w kosztach wykonania pracy w ciągu roku w gospodarstwie w stosunku do dysparytetu

³⁰ I wskaźnik R obliczony dla sytuacji, w której kombajn zbożowy jest wykorzystywany przez 4 wspólników i świadczy się usługi niektórymi drogimi maszynami.³¹ II wskaźnik R obliczony podobnie jak I wskaźnik R dla sytuacji odmiennej, w której kombajn zbożowy jest własnością indywidualną, a poziom świadczonych nim usług mechanizacyjnych zapewnia jego roczne wykorzystanie na poziomie normatywnym [Muzalewski 2002].

Tabela 19. Analiza oceny wykorzystania własnych zasobów mechanizacyjnych po symulacji usługowego wykorzystania dróg, w małym stopniu eksploatowanych maszyn i kombajnu zbożowego w stopniu normatywnym w roku 2003

Nr gospodarstwa	Powierzchnia UR (ha)	Wskaźnik R (dysparytet) (zł)	II wskaźnik R ³² (zł)	III wskaźnik R ³³ (zł)	Zmiana wskaźnika R 100% – (kol. 5/kol. 4) (%)
1	2	3	4	5	6
G 1	12,50	17648,91	12113,14	7745,34	36,06
G 2	17,89	12154,13	4847,33	4091,73	15,59
G 3	20,20	-12813,61			
G 4	21,00	-8236,98	-13740,64		
G 5	24,97	12314,74			
G 6	25,15	-506,23			
G 7	26,24	12365,06	6068,88	4112,66	32,23
G 8	30,00	29524,59	24838,15	15439,34	37,84
G 9	30,50	24661,95	15460,74	10594,78	31,47
G 10	38,00	-4188,50	-8237,00		
G 11	44,50	19788,30	9225,19	4861,86	47,30
G 12	50,00	45288,58	22766,08	19215,98	15,59
G 13	51,00	21693,71			
G 14	53,00	11121,09			
G 15	70,00	31202,28	23070,15	20991,14	9,01
G 16	72,00	34247,79	26233,34	22299,25	15,00
G 17	79,00	-1962,16			
G 18	172,00	-50860,78			

Źródło: badania własne

Następny wariant obliczeń wykonano w celu ustalenia możliwości dalszej poprawy efektywności wykorzystania własnych zasobów: środków mechanizacji i pracy poprzez obniżenie kosztów wykonania prac polowych w stosunku do kosztów rynkowych zabiegów polowych. Obliczono koszty utrzymania kombajnów zbożowych, ale użytkowanych wspólnie, przy czym podstawowym założeniem dla powstania zespołu maszynowego był górny pułap normatywny rocznego czasu użytkowania danego typu kombajnu zbożowego, który nie mógł być wyraźnie przekroczony przez członków zespołu maszynowego, np. dla kombajnu CLASS

³² Znaczenie II wskaźnika R objaśniono w przypisach do tabeli 18.

³³ III wskaźnik R obliczony dla sytuacji, w której kombajn zbożowy jest własnością indywidualną, a poziom świadczonych nim usług mechanizacyjnych zapewnia jego roczne wykorzystanie na poziomie normatywnym, a dodatkowo usługi są świadczone innymi drogami i w małym stopniu wykorzystywanymi maszynami.

Terminator 86 poziom ten wyznaczała granica 130 h rocznie. Przyjęto również założenie, że każdy z członków zespołu maszynowego wykorzystuje maszynę na tym samym poziomie. Założenie o usługowym wykorzystaniu innych drogich, ale mało eksploatowanych maszyn pozostało utrzymane. Efekty wdrożenia takich hipotetycznych sytuacji decyzyjnych prezentuje tabela 20, z której wynika, że obiekty G 1, G 2, G 7, G 8, G 9, G 11, G 12 oraz G 15 i G 16 uzyskały odpowiednio o 61,07, 80,68, 79,50, 57,74, 64,47, 83,64, 61,48, 39,32 i 40,98% lepsze wyniki niż rezultaty uzyskane dla rzeczywistej sytuacji decyzyjnej. Wprawdzie żadne z wybranych do analizy gospodarstw rolniczych nie przekroczyło progu 0, czyli nie pomniejszyło swoich kwpp w takim stopniu, aby zrównoważyć koszty rynkowe prac polowych i uzyskać ujemny wskaźnik oceny R (tab. 20 – I wskaźnik R), jednak dokonanie przewidywanych zmian znacznie obniżyłoby koszty, których zaoszczędzenie pozwoliłoby w przyszłości na odtworzenie sprzętu.

Tabela 20. Analiza oceny wykorzystania własnych zasobów po symulacji usługowego wykorzystania drogich, w małym stopniu wykorzystanych maszyn i wspólnego użytkowania kombajnu zbożowego w roku 2003

Nr gospodarstwa	Powierzchnia UR (ha)	Wskaźnik R (dysparytet) (zł)	I wskaźnik R w 2003 r. ³⁴ (zł)	Zmiana wskaźnika R w stosunku do dysparytetu 100% – (kol. 4/kol. 3) (%)
1	2	3	4	5
G 1	12,50	17648,91	6870,61	61,07
G 2	17,89	12154,13	2348,43	80,68
G 3	20,20	-12813,61		
G 4	21,00	-8236,98		
G 5	24,97	12314,74		
G 6	25,15	-506,23		
G 7	26,24	12365,06	2534,76	79,50
G 8	30,00	29524,59	12476,67	57,74
G 9	30,50	24661,95	8761,77	64,47
G 10	38,00	-4188,50		
G 11	44,50	19788,30	3237,19	83,64
G 12	50,00	45288,58	17445,86	61,48
G 13	51,00	21693,71		
G 14	53,00	11121,09		
G 15	70,00	31202,28	18934,79	39,32
G 16	72,00	34247,79	20211,65	40,98
G 17	79,00	-1962,16		
G 18	172,00	-50860,78		

Źródło: badania własne

³⁴ Znaczenie I wskaźnika R objaśniono w przypisach do tabeli 18.

Zaprezentowane w rozdziale 9 rezultaty analizy pozwalają stwierdzić, że precyzyjny rachunek kosztów przeprowadzony za pomocą opracowanych modeli decyzyjnych gospodarstw rolniczych w zakresie wyboru maszyn umożliwia zracjonalizowanie kosztów wykonania prac polowych i tym samym zwiększenie konkurencyjności rodzinnych gospodarstw rolniczych.

10. ANALIZA PORÓWNAWCZA METOD OCENY WYKORZYSTANIA MASZYN

W rozdziale 10 dokonano analizy opracowanej metody w celu stwierdzenia jej funkcjonalności i przydatności w procesie wspomaganie decyzji w zakresie wyboru maszyn, jak również dla przeprowadzenia porównania z rozwiązaniami stosowanymi w tym zakresie przez innych autorów.

Przeprowadzono analizę porównawczą prezentowanej metody z metodami programowania, symulacyjnymi oraz kalkulacyjno-bilansowymi. Scharakteryzowano także uproszczenia modelowe i ich wpływ na uzyskiwane wyniki rozwiązań oraz strukturyzację problemów decyzyjnych w świetle jej znaczenia dla użytkownika końcowego modelu SWD. Zostało przybliżone również znaczenie bazy normatywnej i jej wpływ na precyzję oraz wiarygodność uzyskiwanych na podstawie modelu wyników. Opisano typ uzyskiwanych wyjściowych zestawień wynikowych, który przesądza o otwartości uzyskiwanych rozwiązań i ich przydatności w zaawansowanych systemach informacyjno-analitycznych.

10.1. Analiza porównawcza prezentowanej metody z metodami programowania i symulacyjnymi

W tabeli 21 zaprezentowano cechy charakterystyczne metod modelowania sytuacji decyzyjnych, uwzględniając rozwiązania oparte na metodach symulacyjnych, programowania oraz sztucznej inteligencji. Z wymienionych w tabeli cech na uwagę zasługują różnice i podobieństwa poszczególnych narzędzi wskazujące na ich wady i zalety użytkownikom końcowych rozwiązań modelowych, którzy są aktywnymi elementami procesu wspomaganie decyzji.

Zastosowane procedury i algorytmy przetwarzania nie mają większego znaczenia dla użytkownika, gdyż jest to wyłącznie problem projektantów systemu. Mogą być jednak ważne, ponieważ czas wykonywania procesu przetwarzania zwiększa czas oczekiwania na rozwiązania. W tym kontekście algorytmy oparte na układach nierówności wymagają większych mocy obliczeniowych i dłuższego czasu przetwarzania niż metody symulacyjne, czy też metody sztucznej inteligencji. Potwierdzeniem tego faktu jest porównanie metody MSERVICE [Borkowski 1994], w której czas oczekiwania na uzyskanie rozwiązań mieścił się w przedziale od kilku do kilkunastu godzin, IMAG-ORPSEL [Bojar i Kroeze 1994, Bojar i Oving 1994] i MASZYNY [Bojar 2001], gdzie czas procedur przetwarzania wynosił od kilku do kilkunastu minut, oraz MOWM, gdzie czas ten mieścił się w przedziale od kilku do kilkunastu sekund. Znacznie bardziej pracochłonnym procesem w modelowaniu sytuacji decyzyjnych jest proces przygotowania danych wejściowych, polegający we

wszystkich omawianych metodach na implementacji i dostosowaniu danych standardowych do specyficznych warunków modelowanych gospodarstw. Zasadniczą rolę w tym procesie odgrywa interfejs³⁵ użytkownika oraz metoda prezentacji rozwiązywanych problemów decyzyjnych. We wszystkich omawianych podejściach proces przygotowywania danych tworzących specyficzny model gospodarstwa użytkownika jest dość długi, jednak został on znacznie skrócony w metodzie MASZYNY i MOWM w porównaniu z MSERVICE i IMAG-ORSPEL (tab. 21). Było to możliwe dzięki wprowadzeniu pewnych zagregowanych, standardowych wielkości obniżających pracochłonność przygotowania danych, np. sekwencje zabiegów procesów technologicznych. Na podkreślenie zasługuje także problem kompletności danych i sposób jego rozwiązania w różnych wariantach rozwiązań. W MSERVICE musi istnieć kompletna główna baza danych, w metodach MASZYNY i MOWM bazy danych i baza wiedzy, jednak w przypadku tych narzędzi w trakcie realizacji procedur poszukiwania rozwiązań generowane są odpowiednie komunikaty informujące użytkownika, o jakie dane należy uzupełnić model dla uzyskania rozwiązania.

Liczba kroków (etapów) w procedurze uzyskiwania rozwiązań ma aspekt dwuwymiarowy. Przetwarzanie w procedurach LP zastosowane w MSERVICE przebiega jednoetapowo, dlatego proces odzwierciedlenia przebiegu prac polowych w okresach agrotechnicznych komplikuje się, natomiast w modelach wieloprzedziałowych odbywa się to w sposób naturalny, gdyż symulacja procesów rzeczywistych odbywa się sekwencyjnie, tak jak następują kolejne okresy agrotechniczne. Stąd IMAG-ORSPEL i MASZYNY lepiej symulują procesy pracy w produkcji rolnej niż MSERVICE. Odrębne kryterium trzeba zastosować do metod sztucznej inteligencji reprezentowanych przez MOWM, gdzie istnieje kilkanaście odrębnych procedur przetwarzania, które każdorazowo musi zainicjować użytkownik. Jest to niewątpliwie wada w stosunku do automatycznych procedur inicjacji procesu przetwarzania w MASZYNACH i MSERVICE. Zaletą jest fakt, że istnieje pełna możliwość kontroli i wglądu użytkownika w generowane rozwiązania w całym procesie modelowania gospodarstwa na każdym etapie procedury poszukiwania rozwiązania i wyjaśniania mu, w jaki sposób doszło do uzyskania określonych wyników.

Kolejne kryterium analizy porównawczej badanych metod dotyczy problemu optymalności uzyskiwanych rozwiązań. W modelu MASZYNY i MOWM nie ma de facto procedur optymalizacyjnych, istnieje jednak możliwość łatwego wariantowania rozwiązań w zależności od zmienianych parametrów decyzyjnych. Z tego punktu widzenia użytkownik może badać wrażliwość uzyskanego rozwiązania na zmieniane parametry i na tej podstawie interpretować wyniki. Zdaniem niektórych autorów taka interpretacja jest ważniejsza od wartości rezultatów dla pojedynczych wariantów decyzyjnych [Kroeze i Elderen 1993]. Wówczas użytkownik staje się w pełni świadomym podmiotem procesu podejmowania decyzji. Najlepsze rozwiązanie wybrane spośród wielu wariantów też

³⁵ Sposób komunikacji użytkownika z komputerem.

może być określane mianem optymalnego [Krawiec 1991] i w takim ujęciu SWD MASZYNY i MOWM również należą do metod optymalizacyjnych. Metody programowania liniowego także z założenia uwzględniają wielowariantowość poprzez zmianę wartości zmiennych, ale z uwagi na pracochłonność przeliczeń modelu sprawdzenie kolejnego wariantu rozwiązania jest w praktyce bardziej czasochłonne (szczególnie przy rozbudowanych modelach) w odróżnieniu od metod symulacyjnych i sztucznej inteligencji pozwalających uzyskać kolejny wynik niemal natychmiast.

Struktura modeli determinuje wykonalność, co się ściśle wiąże z omówioną wyżej liczbą etapów procedur przetwarzania. Sekwencja chronologiczna przyjęta arbitralnie w IMAG-ORPSEL i MASZYNACH, a warunkowana przyrodniczymi procesami zachodzącymi w produkcji rolnej, w MSERVICE musiała być rozwiązana w sposób bardziej skomplikowany, gdyż w modelu LP ten warunek nie może być spełniony w obrębie okresów, a jedynie między okresami. W MOWM zastosowana została logiczna sekwencja zgodna ze strukturą rozwiązywanego problemu. Zagregowana wykonalność dotyczy konieczności dokonania przybliżeń i uproszczeń pewnych wielkości. W metodzie programowania liniowego straty przepływu danych występują na etapie zamiany wartości ułamkowych na całkowitoliczbowe lub na skutek konieczności zachowania poprawności uzyskanych rozwiązań modelu. Potwierdzają to obserwacje Krawca [1991], zdaniem którego wiele problemów występujących w zagadnieniach podejmowania decyzji w rolnictwie można rozwiązać tylko przy użyciu programowania w liczbach całkowitych, ponieważ wynika to z naturalnego faktu, że zmienne w modelach i w rzeczywistości mogą przyjmować tylko wartości całkowite (np. dotyczące liczby maszyn), a niedopuszczalne jest zaokrąglanie wartości zmiennych, które mogą leżeć poza zbiorem rozwiązań dopuszczalnych. Równe przedziały zastosowane w modelach przedziałowych MASZYN i IMAG-ORSPEL są też wielkościami arbitralnymi, niekoniecznie odzwierciedlającymi rzeczywiste okresy agrotechniczne wykonania zabiegów polowych. W MOWM agregowanie jest również wymuszane strukturą samego modelu, determinowaną przez problem decyzyjny.

Standardowe procedury programowania liniowego zastosowane w MSERVICE ułatwiają budowę, natomiast unikalne procedury i funkcje oraz reguły wnioskowania zastosowane w MASZYNACH, IMAG-ORSPEL i w MOWM raczej utrudniają pracę konstruktorom SWD. Unikalne procedury przetwarzania zastosowane w instrumentach symulacyjnych i sztucznej inteligencji też bazują na pewnych funkcjach standardowych (np. języka SQL, pętlach, warunkach, podprogramach itp.), ale trzeba je ustrukturyzować i zintegrować w celu zaimplementowania w procesach wspomagania decyzji. Sztywność struktur modeli determinowana założeniami procedur przetwarzania powoduje, że istnieją pewne ograniczenia co do ich wielkości w metodach MSERVICE [Borkowski 1994] i IMAG-ORSPEL [Bojar i Oving 1994], a nie występują one w metodach MASZYNY [Bojar 2001] i MOWM.

Tabela 21. Cechy charakterystyczne metod modelowania procesów decyzyjnych

Pozycje	Metody modelowania			sztuczna inteligencja MOWM
	programowanie liniowe MSERVICE	IMAG-ORSPEL	symulacyjne MASZYNY	
1	2	3	4	5
Przygotowanie danych wejściowych	kilkadziesiąt godzin	kilkadziesiąt godzin	kilkanaście godzin	kilkanaście godzin
Procedura – algorytm	simplex, całkowitoliczbowe i inne	strategia heurystyczna	strategia heurystyczna	algorytmy oparte na funkcjach i ich argumentach, reguły wnioskowania
Liczba kroków – etapów obliczeń	jeden	jeden w każdym przedziale	jeden w każdym przedziale	kilkanaście
Optymalizacja	znalezienie optimum – perfekcyjna informacja	rozwiązania suboptymalne – strategia krótkowzroczna	rozwiązania suboptymalne – strategia krótkowzroczna	rozwiązanie satysfakcjonujące użytkownika
Wykonalność	czas obliczeń – brak sekwencji chronologicznej	sekwencja chronologiczna przyjęta arbitralnie	sekwencja chronologiczna przyjęta arbitralnie	sekwencja logiczna wg struktury rozwiązywanego problemu – menu użytkownika
Zagregowana wykonalność	straty z powodu zakłóceń przepływu danych	arbitralna kolejność i zuniformalizowane – równe przedziały	arbitralna kolejność i zuniformalizowane – równe przedziały	wymuszona strukturą problemu
Procedury poszukiwania rozwiązania	standardowy algorytm	unikalne rozwiązania	unikalne rozwiązania	unikalne rozwiązania

cd. tabeli 21

1	2	3	4	5
Model	nierówności	sieć	sieć	struktura rozgałęziona
Rozwiązanie	optymistyczne	sub-optymalne	satisfakcjonujące	satisfakcjonujące
Wielkość modelu	ograniczona	ograniczona	brak ograniczeń	brak ograniczeń
Akceptowana wielkość	zagregowana	Zagregowana lub nie – w praktyce także uproszczenia – zagregowanie pól	zagregowana lub nie – w praktyce także uproszczenia – zagregowanie pól	zagregowana lub nie – w praktyce także uproszczenia – zagregowanie pól
Strukturyzacja problemu	niewielki stopień	średni stopień	średni stopień	wysoki stopień
Otwartość modelu na dane zewnętrzne	niewielki stopień	niewielki stopień	niewielki stopień	wysoki stopień
Pracochłonność	wysoka	wysoka	średnia	średnia

Źródło: opracowanie własne na podstawie Elderena [1987]

W modelu IMAG-ORSPEL opartym na strategii heurystycznej, w procedurze poszukiwania rozwiązań występują limity niezbędne do ograniczenia przestrzeni rozwiązań:

- określona dla każdego typu minimalna i maksymalna liczba maszyn,
 - maksymalna pojemność systemu ograniczona do 100 różnych typów maszyn i 999 sztuk dla każdego typu, 1500 zabiegów polowych i 2500 metod pracy,
 - liczba możliwych do uzyskania rozwiązań określona w przedziale od 1 do 5.
- Ma to jednak raczej znaczenie teoretyczne niż praktyczne, bo górne limity ograniczeń w dwu pierwszych metodach są tak duże, że trudno je wyczerpać.

Praktyczna wielkość modeli jest bardziej zdeterminowana długością etapu przygotowania danych wejściowych i modelowania gospodarstwa. Mimo to jednak bardziej otwarta i elastyczna struktura modeli MASZYNY i MOWM daje potencjalnie większe możliwości zastosowania niż MSERVICE i IMAG-ORSPEL. Świadczy o tym fakt, że w MOWM wprowadzenie innego algorytmu obliczeniowego dla ustalenia amortyzacji (np. funkcji wykładniczej – nieliniowej) nie pociąga za sobą konieczności innej konstrukcji całego modelu, gdyż nie występuje w tej metodzie problem zmienności liniowej amortyzacji w okresach agrotechnicznych i nieliniowej w roku, jak w MSERVICE [Borkowski 1994].

W MOWM występuje zatem mniej determinantów usztywniających metodę obliczeń amortyzacji środków mechanizacji. Dlatego do ustalenia poziomu kosztów amortyzacji wykorzystano 3 rodzaje algorytmów: metodę czasową stosowaną w przypadku nienormatywnego rocznego poziomu wykorzystania maszyn (m.in. przez Meimberga, Kierula), zmodyfikowaną czasową, której użycie było celowe w przypadku rzeczywistego czasu eksploatacji maszyny w roku mieszczącego się w przedziale normatywnym [Dzieża 1998, Bojar 1999a] oraz zmodyfikowaną metodę degresywną (wg Shaeffera-Khenerta, stosowaną m.in. przez Lorenkowicza, Culpina, Łagodowskiego i Kierula) opartą na funkcji wykładniczej DDBM (Double Declining Balance Method) i wykorzystaną przez Borkowskiego [1994]. Łatwość wprowadzania różnych algorytmów obliczeniowych zwiększa możliwości wariantowania rozwiązań w opracowanej metodzie, co podnosi jej użyteczność w procesie wspomagania decyzji. Struktura modeli wymuszana stosowanymi algorytmami ma wpływ na ich złożoność i wymagane moce obliczeniowe oraz szybkość uzyskiwania wyników kolejnych symulacji.

Ważną cechą MOWM jest otwartość na dane zewnętrzne i bezpośrednia możliwość ich implementowania w modelu. Pod tym względem oferowana metoda stanowi rozwiązanie otwarte na integrację z różnymi standardami wykorzystywanych danych źródłowych. Przykładem jest tu zagwarantowanie przez interfejs użytkownika połączenia z witrynami zawierającymi informacje o aktualnych stopach oprocentowania kapitału czy cenach maszyn, a także konwersję wybranych wartości do modelu.

10.2. Porównanie opracowanego modelu z metodami kalkulacyjno-bilansowymi

Porównując zaproponowane rozwiązanie z metodą współczynnikową i wskaźnikową, należy podkreślić prostotę obliczeń wykonanych tymi metodami w zakresie ustalania kosztów użytkowania, utrzymania i eksploatacji maszyn (rozdz. 6). Bilansowy charakter przeprowadzanych obliczeń pozwala wyjaśnić rolnikowi, w jaki sposób ustalane są elementy składowe kosztów poszczególnych maszyn i zestawów ciągnikowo-maszynowych (amortyzacja, naprawy, oprocentowanie kapitału, paliwo itp.). Nieskomplikowany charakter obliczeń czyni klasę metod kalkulacyjno-bilansowych oraz SWD i BW przystępną i zrozumiałą dla użytkowników, co podnosi ich stopień akceptacji dla uzyskiwanych rezultatów. Z uwagi na niski poziom wykształcenia właścicieli gospodarstw rodzinnych ten czynnik jest tym bardziej decydujący w sferze upowszechnienia takich rozwiązań w praktyce.

Wadą metod wskaźnikowych i czynnikowych jest to, że w projektowaniu planowanych rozwiązań trzeba dysponować wiedzą i doświadczeniem rzeczoznawcy. Ekspertów w tej dziedzinie brakuje, a ich zatrudnienie jest kosztowne. W MOWM rolę „rzeczoznawcy” spełnia baza wiedzy oraz reguły wnioskowania pozwalające interpretować fakty z bazy wiedzy i zastępować w ten sposób ekspertów. Mankamentem metod kalkulacyjno-bilansowych jest wycinkowość i niekompleksowość uzyskiwanych rozwiązań. Nie są brane pod uwagę organizacyjne relacje występujące w gospodarstwie rolnym pomiędzy poszczególnymi zespołami maszynowo-pracowniczymi oraz maszynami i narzędziami konkurującymi o czas dyspozycyjny ciągników w ciągu roku i w okresach agrotechnicznych. Nie są uwzględniane także determinanty związane z zakupem i sprzedażą usług mechanizacyjnych wpływających na ekonomikę i organizację wykorzystania własnego wyposażenia technicznego gospodarstw w aspekcie struktury i skali działalności produkcji roślinnej. Opracowana metoda poszerza zakres możliwości metod kalkulacyjno-bilansowych, gdyż obejmuje organizację produkcji w gospodarstwie, uwzględniając w obliczeniach wpływ skali działalności (mierzonej powierzchnią w hektarach) i systemu użytkowania ziemi na koszty eksploatacji maszyn oraz bilans usług mechanizacyjnych. W omawianej metodzie zmienność struktury zasiewów nie stanowi ograniczenia, jak np. w metodzie wskaźnikowej IBMER, ponieważ można w kolejnym wygenerowanym wariantcie obliczeń zmienić powierzchnię prowadzonych działalności produkcji roślinnej (w metodach optymalizacyjnych i symulacyjnych podobnie). Użytkownik MOWM może samodzielnie wygenerować kolejne warianty obliczeń bez udziału projektanta. Metody MASZYNY i MOWM poprzez łatwość generowania wielu wariantów rozwiązań pozwalają zastosować podejście heurystyczne [Attonaty i in. 1991] i wybrać rozwiązanie najbardziej satysfakcjonujące użytkownika bez udziału kosztownego rzeczoznawcy, w odróżnieniu od metod stosowanych wcześniej. Na podstawie doświadczenia i intu-

icji (tzw. wiedzy niejawnej) zarządzających wybierana jest heurystycznie najciekawsza ścieżka rozwiązań, uwzględniająca specyficzne warunki gospodarstwa rolnego i osobiste preferencje jego właściciela [Wijngaard 1988, Kroeze i Elderen 1993, McCown 2002]. Umożliwienie użytkownikowi ingerencji w założenia modelowe rzutujące na wybór ścieżek rozwiązań ma pozytywny wpływ na efektywność systemu wspomagania decyzji, która w dużym stopniu zależy od zaufania jego najważniejszego elementu, czyli użytkownika (rys. 1).

Przeprowadzanie obliczeń dla kolejnych wariantów sytuacji decyzyjnych metodami kalkulacyjno-bilansowymi i bilansowo-kalkulacyjnymi było bardzo pracochłonne, wymagało udziału eksperta i tym samym utrudniało wybór najlepszej z możliwych decyzji dotyczących inwestycji w środki mechanizacji.

Metody tej klasy udoskonalone środkami i metodami informatyki do wykonywania rachunków optymalizacyjnych i symulacyjnych mogą stanowić narzędzie wspomagania decyzji dotyczących technologicznej modernizacji rozwojowych gospodarstw rolnych [Wójcicki 2003].

10.3. Charakterystyka uproszczeń modelowych i ich znaczenie dla uzyskiwanych rozwiązań

Analizując efektywność modeli dla procesu wspomagania decyzji, należy podkreślić, że nie wynaleziono dotychczas „złotego środka”, pozwalającego wiernie odzwierciedlić rzeczywistość w modelu. Potwierdza to opinia Świtalskiego [1983], który twierdzi, że nie istnieją sprawdzone i niezawodne metody budowy modeli symbolicznych odwzorowujących założenia pewnych teorii, nie ma również gwarantowanych metod modelowania dla potrzeb dydaktycznych i zarządzania. Są to zdaniem tego autora zadania, które na obecnym etapie poznania i opisu rzeczywistości oraz w zakresie aktualnie istniejących paradygmatów metodologii budowy modeli mają charakter heurystyczny. Przyczyną trudności w wiernym symbolicznym opisie zjawisk oraz procesów rzeczywistych są uproszczenia, które według Elderena [1992] są integralną częścią procesu modelowania rozumianego jako odwzorowanie rzeczywistego procesu w modelu.

Uproszczenia modelu obejmują następujące działania:

- identyfikację komponentów, opis zmiennych i interakcji występujących między nimi,
- agregację w czasie i w przestrzeni (np. łączenie kilku „roślinopól” w jedno pole, kilku zestawów maszynowo-ciągnikowych w 1 zestaw itp. – modele stosowane w metodach IMAG-ORSPEL, MASZYNY, MSERVICE, MOWM),
- konwersję od zależności deterministycznych do stochastycznych i odwrotnie.

Dokładność uzyskanych rozwiązań w stosunku do realnych jest często zbyt optymistyczna lub pesymistyczna, a zależy od trzech czynników:

- danych wejściowych,
- struktury modelu,
- algorytmu determinującego metodę obliczeń.

W badaniach jest rzeczą niemożliwą odróżnić efekty spowodowane strukturą modelu od efektów spowodowanych przez algorytm, gdyż nigdy nie można uzyskać dwóch identycznych modeli z różnymi procedurami obliczeń. Innymi słowy, model determinuje procedurę obliczeń i *vice versa*, np. LP-model i Simplex algorytm, DP-model i optymalizacja wsteczna „backward optimization”, symulacja i strategia heurystyczna. Stąd w literaturze nie można uzyskać informacji o efektach rozwiązań warunkowanych tylko strukturą modeli, wyłącznie algorytmem lub agregacją tych wielkości niezależnie. Tych trzech integralnych determinantów uzyskanych efektów nie da się rozdzielić. Elderen [1992] wykazał, że istnieje bardzo istotna różnica pomiędzy pesymistycznymi rezultatami symulacji spowodowanymi „krótkowzroczną” procedurą poszukiwania rozwiązania a optymistycznymi wynikami programowania liniowego determinowanymi algorytmem opartym na perfekcyjnej znajomości przyszłości i agregacją godzinnych przedziałów czasu dyspozycyjnego do 2-tygodniowych okresów analizy zabiegów. Na podstawie wyników badań trudno jest stwierdzić, które rozwiązania – pesymistyczne, czy też optymistyczne są bliższe rzeczywistości, ponieważ w momencie obliczeń nikt nie zna realnych wyników. 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.

W analizowanych metodach (IMAG-ORPSEL, MASZYNY, MOWM) wprowadzono następujące uproszczenia modelowe:

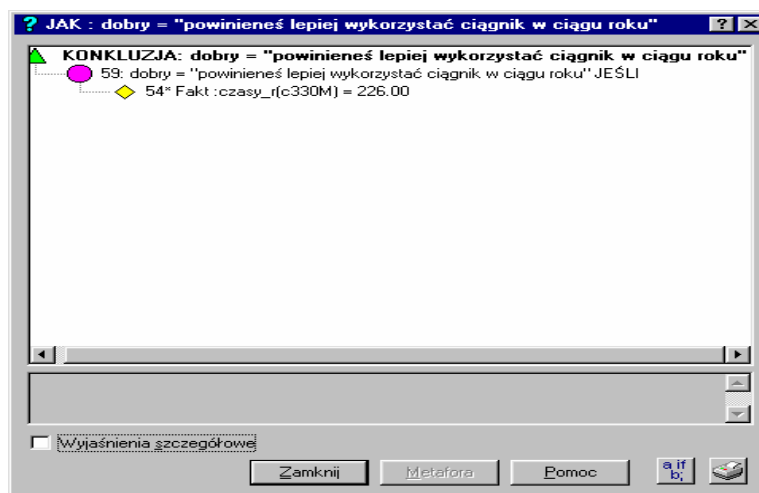
- 1) kilka „roślinopól” połączono w 1 pole, ponieważ w modelach małych gospodarstw rolniczych bliskie odległości „roślinopól” powodują, że ich wpływ na zróżnicowanie obliczonych nakładów czasu na poszczególne zabiegi jest minimalny w stosunku do błędów obliczania wydajności, np. czas przygotowawczo-zakończeniowy jest w tych modelach uwzględniany z dużym przybliżeniem, stąd w przypadku małych różnic między polami i identycznej technologii rozgraniczanie „roślinopól” nie powoduje wzrostu dokładności rezultatów obliczeń; w modelach dużych przedsiębiorstwach rolnych (około 100 „roślinopól”) [Bojar 1999c] odrębne uwzględnienie wszystkich jednostek kalkulacyjnych powiększa model do rozmiarów znacznie podwyższających pracochłonność obliczeń, które z uwagi na przybliżone wartości uzyskiwanych wydajności zabiegów nie polepszają wyraźnie precyzji uzyskiwanych rezultatów; stąd zastosowano pewne uproszczenia, redukując liczbę „roślinopól”;
- 2) w metodach IMAG-ORSPEL i MSERVICE niezbędne uproszczenia związane są z koniecznością zaokrąglania wyników dla środków mechanizacji do liczb całkowitych ze względu na niepodzielność tych środków, podczas gdy

obliczenia matematyczne pozwalają uzyskiwać wyniki w postaci liczb rzeczywistych.

Programowanie całkowitoliczbowe zastosowane w MSERVICE czy też procedury zaokrąglające w IMAG-ORSPEL pozwalają na wyjściu uzyskać liczby całkowite. W metodach MASZYNY i MOWM takich uproszczeń nie trzeba stosować, gdyż do modelu wchodzi tylko jednostki odzwierciedlające stan faktycznej liczby egzemplarzy maszyn i ciągników.

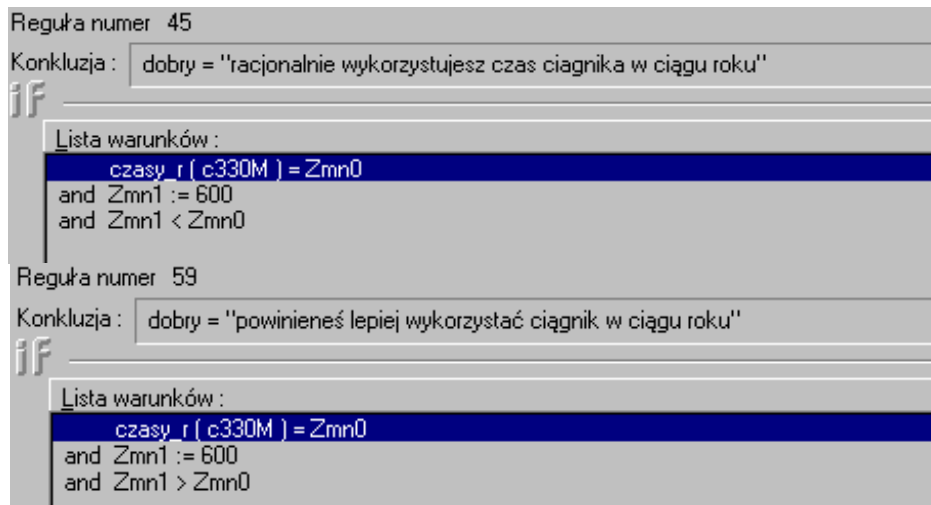
10.4. Strukturyzacja problemów decyzyjnych

W opracowanej metodzie problem decyzyjny jest lepiej ustrukturyzowany (rys. 9) niż w innych przedstawianych metodach. Wysoki stopień strukturalizacji problemu w MOWM zagwarantowany został przez założenia konstrukcji instrumentów inżynierii wiedzy charakterystyczne dla rozwiązań klasy SWD i BW, w których zarówno baza wiedzy, bazy danych, aparat interpretacyjny i moduł sterowania pozwalają w sposób przejrzysty naświetlić użytkownikowi problematykę oceny wyboru maszyn. Jest to możliwe na każdym etapie analizy rozpatrywanych decyzji, począwszy od ustalenia składników kosztów pojedynczej maszyny aż po obliczenie kosztów wykonania prac polowych i kosztów rynkowych zabiegów dla całego gospodarstwa (rozd. 9). W porównaniu z metodami MASZYNY, IMAG-ORSPEL i MSERVICE stanowi to niewątpliwą zaletę tego narzędzia w procesie wspomaganie decyzji, gdyż czyni on końcowego użytkownika uzyskiwanych rozwiązań, a więc rolnika, doradcę rolnego, menedżera fabryki maszyn rolniczych lub pracownika naukowo-badawczego aktywnym podmiotem systemu wspomaganie decyzji.



Rys. 9. Mechanizm objaśniający użytkownikowi metodę oceny wykorzystania ciągnika w MOWM

Przyczyną lepszej strukturyzacji problemu w MOWM niż w metodach programowania lub symulacyjnych jest obecność funkcji wyjaśniających, które nie występują w innych podejściach. Rysunki 9 i 10 obrazują rezultat procedury wnioskowania oraz sposób, w jaki system wyprowadził określone wnioski. Na podstawie faktu z bazy wiedzy informującego, że roczny poziom wykorzystania ciągnika C330M wynosi np. 226 h, następuje uruchomienie reguły wnioskowania typu if...then... (rysunek 10 – reguła nr 59). Jeśli poziom obliczonego czasu wykorzystania rocznego nie przekracza ustalonego przez rzeczoznawców poziomu 600 h, wówczas pojawia się stosowny komunikat: „powinieneś lepiej wykorzystać ciągnik w ciągu roku” (tak jak w analizowanej sytuacji decyzyjnej). Jeśli jest sytuacja odwrotna, pojawia się komunikat wygenerowany na podstawie reguły nr 45 – „racjonalnie wykorzystujesz czas ciągnika w ciągu roku” (rys. 10). Powyższa podpowiedź jest wynikiem ekspertyzy przeprowadzonej przez aparat interpretacyjny MOWM w sposób automatyczny. Rzeczywisty roczny poziom wykorzystania ciągnika obliczony w modelu zostaje skonfrontowany z wartością graniczną uznaną przez rzeczoznawców za zadowalającą w danych warunkach użytkowania i na tej podstawie zostaje wygenerowany stosowny komunikat. Wyjaśnienia te są dostępne w oknie rozwiązań po zakończeniu procesu wnioskowania. Służą one udokumentowaniu i przedstawieniu użytkownikowi, w jaki sposób system wyprowadził dany zbiór konkluzji (rozwiązań). Wyjaśnienia mają w tym przypadku charakter retrospektywny.



Rys. 10. Ekran objaśniający użytkownikowi modelu działanie mechanizmu interpretacji faktów bazy wiedzy na podstawie wprowadzonej reguły wnioskowania

10.5. Precyzja rezultatów modelowania w świetle dostępności bazy normatywnej

Warunkiem prawidłowego modelowania sytuacji decyzyjnych jest dysponowanie wystarczająco obszerną bazą normatywną, gdyż niezależnie od parametrów specyficznych pewne wartości muszą być uśredniane, np. chwilowa wydajność pługa na danym polu w danym momencie nie odzwierciedla przeciętnych warunków orki na danym polu. Dopiero wiele pomiarów czasu orki w różnych warunkach wilgotności gleby może pozwolić na obliczenie wiarygodnej przeciętnej wydajności tego zabiegu, a więc normatywu.

Tworzenie uniwersalnych baz danych zawierających normy okazało się w praktyce za drogie z uwagi na wielość kombinacji wynikających ze zmienności przyrodniczej, jak też różnorodności technologicznej kierunków produkcji rolnej (przykład baz danych kosztów napraw ASAE [Hunt 1995]. W MOWM użytkownik może stosunkowo łatwo samodzielnie weryfikować bazę normatywną poprzez uaktualnianie i weryfikowanie bazy wiedzy, którą się posługuje. W kolejnych wariantach modelowania może on dostosować parametry, które jego zdaniem uległy zmianie w kolejnym roku lub też od początku odbiegały od wartości odzwierciedlających specyficzne warunki, w których funkcjonuje jego gospodarstwo, np. ceny usług mechanizacyjnych na już występujące na rynku lokalnym czy poziom rocznego wykorzystania maszyny (Lista warunków: czasy_r (C330M) – na rysunku 10).

10.6. Funkcjonalność opracowanej metody w świetle zaawansowanych systemów informacyjno-analitycznych

Newralgiczne znaczenie dla przydatności zastosowanych instrumentów wspomagania decyzji ma możliwość dalszego przetwarzania uzyskanych zestawień wyjściowych innymi dostępnymi narzędziami. Takie szanse daje opracowana metoda, ponieważ raporty można uzyskiwać albo w plikach arkusza kalkulacyjnego MS Excel, albo w postaci zbiorów dbf, również łatwo dających się zaimplementować do systemu zarządzania bazami danych MS Access lub przekształcić do formatu czytelnego dla standardu MS Excel. Biorąc pod uwagę fakt, że podstawowym narzędziem analitycznym Microsoft jest arkusz kalkulacyjny MS Excel znajdujący szerokie zastosowanie w większości przedsiębiorstw, można stwierdzić, że MOWM spełnia standardy nowoczesnych systemów wspomagania decyzji. Stwierdzenie takie jest tym bardziej zasadne, że poza standardową funkcjonalnością arkusza kalkulacyjnego MS Excel zawiera również funkcje statystyczne, a w połączeniu z aplikacją MS Query staje się elastycznym narzędziem raportowania i generowania zapytań *ad hoc* z różnorodnych źródeł danych. Ponadto w MS Excel występuje tabela przestawna, która korzystając z Analysis Services staje się klientem OLAP o podstawowej

funkcjonalności [Berry i Linoff 1997, Świerzowicz 2003]. Komponent tabeli przestawnej jako jeden z elementów Office Web Components może być również osadzony w środowisku WWW [Dudycz i Sierocki 2003].

W tym kontekście możliwość uzyskiwania na wyjściu MOWM arkuszy kalkulacyjnych czyni zaproponowaną metodę w pełni przydatną funkcjonalnie w zaawansowanych systemach informacyjno-analitycznych przedsiębiorstw (ZSIA), ponieważ umożliwia włączenie uzyskanych rozwiązań do dowolnych technologii informacyjnych klasy ZSIA.

Należy podkreślić, że metoda MOWM, należąca do klasy metod SWD i BW, oparta jest na założeniu, że końcowym odbiorcą jej wyników będą m.in. zarządzający przedsiębiorstwami rolnymi. Wówczas podstawowe znaczenie uzyskuje dobre ustrukturalizowanie problemów decyzyjnych, wpływające nie tylko na wartości poznawcze metody, ale także na stopień zrozumienia mechanizmów jej działania, przesądzających o akceptacji zaproponowanych rozwiązań przez użytkowników. Tylko wtedy można mówić o pozytywnej weryfikacji rozwiązań teoretycznych w praktyce. Drugim ważnym atrybutem MOWM jest wykorzystanie w niej tradycyjnie znanych i upowszechnionych elementów, np. arkuszy MS Excel, co może się przyczynić do obniżenia progu barier psychologicznych wynikających z przyswajania nowości (oprogramowania). Kolejnym elementem zwiększającym stopień zaufania użytkowników MOWM jest możliwość bezpośredniej łączności z witrynami internetowymi dostarczającymi niezbędnych i aktualnych informacji do pracy systemu (np. dotyczących cen maszyn).

11. PODSUMOWANIE

We współczesnej gospodarce zapewnienie trwałego rozwoju i przewag konkurencyjnych na rynku europejskim i rynkach globalnych wymaga stosowania nowatorskich technologii wytwarzania i metod organizacji produkcji. Należy do nich również problem racjonalnego wyposażenia gospodarstw rolniczych w sprzęt zmechanizowany z uwagi na konieczność efektywnego odtworzenia przestarzałego fizycznie i moralnie sprzętu.

Podjęcie właściwych decyzji uwarunkowane jest każdorazowo uwzględnieniem specyficznych warunków danego gospodarstwa, którego sytuacja decyzyjna jest unikalna. Właściwa ocena planowych zmian w potencjale wytwórczym jest koniecznością z uwagi na ich dalekosiężne skutki ekonomiczno-organizacyjne, oddziaływujące w wymiarze strategicznym ze względu na długi okres użytkowania ciągników, kombajnów zbożowych lub innych środków mechanizacji.

Szansą na sfinansowanie modernizacji potencjału wytwórczego krajowych gospodarstw rolniczych są fundusze wsparcia Unii Europejskiej. Pozyskanie ich jest możliwe po wnikliwej analizie i ocenie skutków wdrożenia planowanych inwestycji. Niezależnie od wymogów formalnych składanych wniosków o dofinansowanie, producent rolny musi posiadać wiedzę o możliwych skutkach ekonomiczno-organizacyjnych planowanych zakupów z uwagi na priorytetowe znaczenie czynnika kosztów w osiągniętej opłacalności produkcji.

Odpowiedniej dokumentacji i wiarygodnych informacji dla wyżej sformułowanych celów mogą rolnikom dostarczyć systemy wspomagania decyzji wykorzystujące metody sztucznej inteligencji. Ze względu na oddziaływanie czynników przyrodniczych, społeczno-ekonomicznych i technologicznych problemy decyzyjne występujące w gospodarstwach rolniczych należą do złożonych i słabo ustrukturalizowanych. Stąd też modelowanie takich problemów wymaga zgromadzenia dużej liczby danych oraz przeprowadzenia skomplikowanych obliczeń. Z tego powodu nawet wcześniej stosowane prostsze metody, które nie pozwalały na objęcie wszystkich istotnych czynników wpływających na podejmowanie decyzji w gospodarstwach rolnych, były bardzo pracochłonne. Interpretacja uzyskanych za ich pomocą rozwiązań wymagała doradztwa rzeczoznawców obejmujących w sposób holistyczny całość analizowanych problemów. Wraz z pojawieniem się komputerów i rozwojem numerycznych metod przetwarzania można było modelować coraz bardziej skomplikowane problemy decyzyjne poprzez przyspieszenie obliczeń i doskonalenie metod przetwarzania (jak np. programowania liniowego, dynamicznego, metod symulacyjnych, strategii heurystycznej itp.) w kierunku ich adekwatności do rozwiązywanych problemów decyzyjnych.

Obserwowane procesy integracyjne uczestników łańcuchów dostaw żywności wymuszają powstawanie coraz ściślejszych wzajemnych związków po-

między producentami rolnymi, jak również między nimi a innymi partnerami z otoczenia gospodarczego. Rozdrobnienie przestrzenne gospodarstw rolniczych jest czynnikiem utrudniającym pogłębianie takich związków. Z drugiej strony dynamiczny rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnej powoduje, że pojawiają się nowe możliwości w zakresie usprawnienia przepływu informacji między poziomymi i pionowymi elementami zintegrowanych łańcuchów dostaw żywności. Jedną z możliwości w tym zakresie stanowią metody wspomagania decyzji z bazą wiedzy. Metody tej klasy służą do rozwiązywania problemów decyzyjnych z wykorzystaniem atrybutów narzędzi klasy sztucznej inteligencji [Hołyński 1979]. Metody SI kreaują możliwość tworzenia baz wiedzy, co pozwala na szybkie i tanie procesy aktualizacji danych wejściowych stanowiących parametry modelu. Reguły wnioskowania umożliwiają interpretację uzyskanych wyników i formułowanie komunikatów porównywalnych z wnioskami eksperta. Wnoszą zatem postęp w dziedzinie pozyskiwania i przetwarzania danych niezbędnych do modelowania i rozwiązywania problemów decyzyjnych w gospodarstwach i przedsiębiorstwach rolnych.

Na podstawie studium stosowanych w tym zakresie metod badawczych i analizy uwarunkowań modernizacji potencjału wytwórczego gospodarstw rolniczych stwierdzono duże znaczenie oceny planowanych inwestycji dla dalszego rozwoju i wzrostu konkurencyjności krajowych przedsiębiorstw rolnych, jak również ograniczenia instrumentów stosowanych w przeszłości do wspomagania decyzji w tym zakresie i potrzebę opracowania nowych rozwiązań.

Zdiagnozowane potrzeby stały się przyczynkiem do opracowania metody ustalania kosztów prac polowych i nakładów czasu, obejmującej różne formy użytkowania środków mechanizacji w gospodarstwie rolniczym w celu oceny ich wykorzystania. Przydatność modeli gospodarstw rolniczych dla potrzeb wspomagania decyzji z zakresu racjonalnego wykorzystania maszyn jest wyznaczana zasileniami informacyjnymi z wygenerowanej bazy wiedzy i baz danych niezbędnych do ustalania i weryfikacji parametrów tych modeli. Uaktualnianie danych gromadzonych w bazie wiedzy i w bazach danych jest dokonywane bezpośrednio z wykorzystaniem źródeł zlokalizowanych w witrynach internetowych wyspecjalizowanych ośrodków badawczych i informacyjnych.

Zbudowany model wspomagania decyzji był podstawą opracowania komunikatywnego, zautomatyzowanego pakietu programowego MOWM, możliwego do uruchomienia na standardowym stanowisku IBM PC z zainstalowanym pakietem narzędziowym Sphinx 3.0 [Michalik 1993, 1996, Sroka 1994]. Integralną częścią pakietu programowego MOWM jest baza wiedzy parametrów eksploatacyjno-technicznych i ekonomicznych maszyn rolniczych, jak również standardowe i specyficzne bazy danych maszyn, ciągników, przyczep i narzędzi rolniczych skorelowane z bazą kodową zabiegów agrotechnicznych. Ważnym komponentem pakietu są również procedury aktualizacji bazy wiedzy i baz danych na podstawie danych zamieszczanych na witrynach internetowych wyspecjalizowanych ośrodków badawczych, doradczych i informacyjnych. Kolejnym integralnym elementem pakietu są reguły decyzyjne zawierające twierdze-

nia i prawidłowości z dziedziny ekonomiki i technologii produkcji roślinnej, które umożliwiają automatyczne wnioskowanie o koniecznych w danym modelu gospodarstwa dostosowaniach parametrów do jego specyficznej sytuacji decyzyjnej. Opracowany pakiet programowy MOWM pozwala na:

- a) ustalenie standardowych kosztów wykonania prac polowych (kwpp) dla standardowych nakładów czasu rocznego wykorzystania sprzętu i określonej skali i struktury działalności (systemu użytkowania ziemi, systemu polowego),
- b) określenie rocznego poziomu wykorzystania maszyn w danym gospodarstwie rolnym,
- c) skalkulowanie dla określonego systemu użytkowania ziemi kosztów rynkowych (kr) zabiegów odpowiadających swoim zakresem wszystkim pracom polowym w gospodarstwie, dla których ustalono kwpp,
- d) ustalenie różnicy między kosztami wykonania prac polowych a kosztami rynkowymi odpowiadających im zabiegów jako miernika oceny wykorzystania sprzętu zmechanizowanego w gospodarstwie rolnym,
- e) wariantowanie rozwiązań dla potrzeb planowania racjonalnej obniżki kosztów wykonania prac polowych w gospodarstwach rolniczych w zakresie:
 - porównania mierników oceny wykorzystania środków mechanizacji w różnych okresach, dla różnych wariantów struktury i skali prowadzonych działalności produkcji roślinnej oraz struktury parku maszynowego,
 - porównania mierników oceny wykorzystania środków mechanizacji przy uwzględnieniu różnego poziomu kosztów pracy członków rodziny rolnika warunkowanych przyjętym poziomem dysparytetu dochodów,
 - poprawy mierników oceny wykorzystania środków mechanizacji poprzez wspólne użytkowanie maszyn lub wzrost świadczenia usług,
 - określenie rozmiaru świadczonych usług lub rozmiaru łącznego poziomu rocznego wykorzystania maszyn w celu uzyskania pożądanej poprawy mierników oceny wykorzystania środków mechanizacji.

Opracowana metoda pozwala określić wariant decyzyjny najbardziej satysfakcjonujący użytkownika uzyskanych rozwiązań. Została ona pozytywnie zweryfikowana dla rodzinnych gospodarstw rolniczych pochodzących z województwa kujawsko-pomorskiego jako instrument pozwalający diagnozować i przewidywać skutki strategicznych decyzji poszczególnych podmiotów gospodarczych w zakresie oceny ekonomiczno-organizacyjnej wyposażenia w środki mechanizacji, po uwzględnieniu wpływu zmian skali działalności produkcji roślinnej. Metodą tą można ustalić koszty wykonania prac polowych oraz koszty alternatywne tych prac, skalkulowane według cen rynkowych odpowiadających im usług mechanizacyjnych. Na tej podstawie menedżer gospodarstwa (przedsiębiorstwa) rolnego może dokonać oceny i podjąć działania racjonalizacyjne, aby koszty własne wykonania prac polowych w skali rocznej nie przekraczały kosztów wykonania tych prac mierzonych ceną rynkową usług mechanizacyjnych. Miernik taki jest tym bardziej uzasadniony, im bardziej produkcja rolna staje się zorientowana rynkowo i stanowi alternatywę dla innych działalności gospodarczych, a oferta usług mechanizacyjnych poszerza się. Uzasadnieniem

przyjęcia takiej metodyki oceny strategicznych decyzji o modernizacji wyposażenia gospodarstwa są doświadczenia holenderskich ośrodków naukowo-badawczych, jak również udane próby zastosowania opracowanych tam modeli w warunkach gospodarstw polskich [Bojar i Kroeze 1994, Bojar i Oving 1994].

Zaobserwowane trendy zmian w strukturze zasiewów badanej zbiorowości były zgodne z tendencjami w kraju, czego odzwierciedleniem był znaczący wzrost udziału zbóż i rzepaku, a zmniejszony udział ziemniaków i pastewnych. Wskazuje to na zachodzące procesy ekstensyfikacji organizacji produkcji z jednoczesną tendencją do automatyzacji i upraszczania wielu zabiegów polowych. Badania potwierdziły także, że stopień deprecjacji ciągników i innych maszyn jest bardzo wysoki, a ich odtwarzanie odbywa się głównie poprzez zakup sprzętu używanego lub mało cennego, co obniża poziom innowacyjności wdrażanych zmian technologicznych. Wyniki takie potwierdzają sytuację powszechnie występującą w gospodarstwach rodzinnych. Jest to tym bardziej niepokojące, że niekorzystne trendy wystąpiły w obiektach reprezentujących gospodarstwa lepsze niż przeciętne w kraju. Świadczy o tym fakt, że analizowane obiekty należały do obszarowo większych niż średnio w kraju, charakteryzowały się wyższym niż przeciętnie w kraju i w regionie obszarem użytków rolnych, przy czym obszar ten wzrósł znacząco w latach 1998-2003. Po drugie nasycenie ciągnikami rolniczymi i kombajnami zbożowymi było znacząco wyższe niż średnio w kraju, dorównując pod tym względem krajom Unii Europejskiej oraz Czechom i Węgrom.

Wyniki porównania kosztów wykonania prac polowych obliczonych na podstawie standardowych i rzeczywistych czasów rocznego wykorzystania w 2003 r. potwierdziły przeciętnie niski poziom wykorzystania rocznego maszyn przez małe obszarowo gospodarstwa, w niewielkim stopniu korzystające z usług i z form zespołowego użytkowania sprzętu. Analiza kosztów wykonania prac polowych w oparciu o własne zasoby w porównaniu z kosztami rynkowymi wykonania tych prac w latach 1998 i 2003 pozwoliła stwierdzić, że zaobserwowane zmiany wyposażenia, areалу i struktury zasiewów spowodowały w większości badanych gospodarstw skutki negatywne (w 10 obiektach), a pozytywne tylko w 8 obiektach, wskazując na pogorszenie w większości obiektów miernika oceny wykorzystania zasobów własnych w procesach mechanizacji produkcji roślinnej. Oznacza to, że działania modernizacyjne i dostosowawcze w sferze polepszenia wykorzystania środków mechanizacji nie zawsze były racjonalne. W niektórych jednostkach poczynione inwestycje spowodowały znaczący wzrost kosztów wykonania zabiegów polowych, co nie zostało zrekompensowane zmianami w strukturze zasiewów (w 10 gospodarstwach). Jednocześnie stwierdzono, że niektóre gospodarstwa mniejsze, które nie poszerzyły rozmiarów działalności produkcji roślinnej w badanym okresie, zwiększały udział zakupionych usług niezbędnych dla zbioru zbóż, buraków lub okopowych, tym samym utrzymując niskie koszty wyposażenia. Symulowane w kolejnym stadium analizy skutki działań zmierzających do obniżenia kosztów utrzymania maszyn polegały na stworzeniu modelowych sytuacji decyzyjnych

w gospodarstwach o wysokich kosztach mechanizacji, w których lepiej wykorzystywano maszyny drogie – poprzez formę zespołowego ich użytkowania – lub eliminowano je z parku maszynowego, zastępując usługami. Wyniki kolejnych wariantów sytuacji decyzyjnych uległy znacznej poprawie, wskazując na obniżkę kosztów wykonania prac polowych w stosunku do kosztów rynkowych i dowodząc, że właśnie takie działania racjonalizacyjne powinni podjąć rolnicy w celu lepszego wykorzystania swojego potencjału wytwórczego.

Analiza osiąganego poziomu miernika oceny wykorzystania własnych zasobów mechanizacji produkcji roślinnej przy uwzględnieniu realnego i oczekiwanego dysparytetu dochodowego determinującego poziom kosztów pracy członków rodziny rolnika wykazała, że w miarę wzrostu opłaty za pracę własną koszty ponoszone z tytułu pracy w stosunku do kosztów ponoszonych z tytułu kapitału w całkowitych kosztach wykonania prac polowych będą wzrastały, a więc koszty zastosowania czynnika kapitału będą relatywnie małe. Będzie to sprzyjać substytucji pracy środkami kapitałowymi, a zatem wzrostowi innowacyjności w metodach wytwarzania. Z drugiej strony jednak wzrost cen wydajnych i zautomatyzowanych, lecz drogiej maszyn w warunkach rozdrobnionej struktury agrarnej stwarza konieczność wdrażania zespołowych lub usługowych form użytkowania maszyn, co potwierdziły powyższe wyniki analiz. Dopiero bowiem wtedy będzie możliwe lepsze wykorzystanie zasobów zaangażowanych w mechanizację produkcji roślinnej.

Wyniki badań zostały uwiarygodnione rezultatami uzyskanymi na podstawie badań wstępnych, potwierdzających wysokie w stosunku do kosztów usług koszty wykonania prac polowych w większości analizowanych gospodarstwach rolniczych.

Zaprezentowana metoda spełnia standardy nowoczesnych systemów wspomaganie decyzji, gdyż wykorzystuje dane zawarte w bazach wiedzy i bazach danych uaktualnianych zdalnie ze źródeł informacji zlokalizowanych w sieciach rozległych. Stosowane reguły wnioskowania są charakterystyczne dla narzędzi sztucznej inteligencji. Metoda ta umożliwia przedstawienie rolnikom problemów decyzyjnych w sposób przejrzysty, ukazując procedury uzyskiwania rozwiązań. Taki sposób komunikacji systemu z użytkownikiem powoduje, że beneficjent rozwiązań modelu traktowany jest w sposób podmiotowy. Podobnie jak metody programowania i symulacyjne, a przeciwnie do metod kalkulacyjnych, MOWM stwarza możliwość wariantowania rozwiązań poprzez łatwość zmiany parametrów budowanych modeli gospodarstw rolniczych, co pozwala analizować koszty środków mechanizacji dla różnych wariantów sytuacji decyzyjnych, gdyż ułatwia gromadzenie i weryfikację danych źródłowych dla tworzonego modelu. Poprzez wymianę informacji między rolnikami oraz dostęp do wyników badań ośrodków naukowo-badawczych, doradczych i innych stwarza warunki do wykreowania w niedługim czasie obszernej bazy normatywnej o parametrach eksploatacyjno-technicznych, nakładach i kosztach zastosowanego sprzętu zmechanizowanego. Umożliwiając użytkownikowi śledzenie ścieżki poszukiwania rozwiązań, opracowana metoda pozwala weryfikować na bieżąco specy-

ficzne parametry gospodarstwa rolniczego poprzez porównanie z proponowanymi przez model parametrami normatywnymi. Tym samym uwzględnia podejście badaczy francuskich przyjmujących założenie, że wiedza niejawna rolników, wynikająca z ich intuicji i doświadczenia, jest równie ważna, jak wiedza sformalizowana [Attonaty i in. 1991].

Uzyskiwane w postaci arkuszy kalkulacyjnych zestawienia wyjściowe, jak również pliki tekstowe bazy wiedzy pozwalają w łatwy, tani i przystępny sposób poddawać uzyskane wyniki dalszemu przetwarzaniu i włączać je do systemu informacyjnego zarządzania przedsiębiorstwami rolnymi, co może stanowić źródło wiedzy dla innych podmiotów gospodarczych. Tym samym zaproponowane rozwiązanie może stanowić element systemu zarządzania wiedzą w agrobiznesie mieszczący się w kategoriach „business intelligence” [Drelichowski 2000].

LITERATURA

1. Adelman L., 1991. Experiments, quasi-experiments and case studies: a review of empirical methods for evaluating decision support systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 21(2), 293-301.
2. Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z., 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. *Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych*. IBMER Warszawa.
3. Audsley E., Bailey B.J., Beaulah S.A., Maddaford P.J., Parsons D.J, White R.P., 1997. Decision support systems for arable crops: increasing precision in determining inputs for crop production. *Precision Agriculture Technology, IT and Management. Proc. 1st European Conf. on Precision Agriculture*, Warwick, ed. J.V. Stafford, BIOS Scientific Publishers Ltd. Oxford UK, 843-850.
4. Attonaty J.M., Chatelin M.H., Poussin J.Ch., Soler L.G., 1991. Advice and Decision Support Systems in Agriculture New Issues. *Institut National de la Recherche Agronomique Economie et Sociologie Rurales*, Thiverval Grignon France.
5. Baborski A., 1994. Efektywne zarządzanie a sztuczna inteligencja. *AE Wrocław*.
6. Bandosz M., Hoffmann M.R., 2003. Rola narzędzi pracy grupowej (Groupware) w pozyskiwaniu wiedzy w organizacji. *XI Konf. Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą, KAM, Turawa, Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 975, 11-22.
7. Banks J., Carson J.S., Nelson B.L., 1996. *Discrete-event system simulation*. Upper Saddle River, N.J., Prentice-Hall U.K.
8. Bartoszewicz G., 2002. Integracja procesów biznesowych w systemach informacyjnych Nowej Ekonomii. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 955, 67-77.
9. Beard F.R, McClendon R.W., Manor G., 1995. Comparing Widespan Equipment with Conventional Machinery Systems for Soybean Production. *Applied Engineering in Agriculture* 11(6), 795-800.
10. Berry M., Linoff G., 1997. *Data Mining Techniques*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
11. Bielecki W.T., 2000. *Informatyzacja zarządzania*. PTE Warszawa.
12. Błazek M., 2003. Zarządzanie jakością w aspekcie konkurencyjności wielkopolskiego agrobiznesu. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 983, 92.

13. Bojar W., 1997. Problemy zastosowań metod wspomagania decyzji (DSS) do racjonalnego gospodarowania maszynami rolniczymi w gospodarstwach rolnych. *Post. Nauk Roln.* 4(97), 77-89.
14. Bojar W., 1999a. New approach to Farm Machinery Planning for Agricultural Advisory Needs. The Conference Proceedings XXVIII on CIOSTA-C.I.G.R. V International Congress Work Sciences in Sustainable Agriculture, Wageningen Pers Edition, Horsens, Denmark, 42-48.
15. Bojar W., 1999b. Problemy rozwoju techniki rolniczej na tle kierunków przemian obserwowanych w Polsce i na świecie. *Post. Nauk Roln.* 2(99), 3-20.
16. Bojar W., 1999c. Kontrola kosztów produkcji – warunek pionowej i poziomej integracji przedsiębiorstw rolnych w sferze agrobiznesu. *Rocz. Nauk. SERiA I(2)*, 317-324.
17. Bojar W., 2001. The cost budgeting in the crop production connected with organizational schemes. Proceedings XXIX CIOSTA-C.I.G.R. V Congress titled: Farm work science facing challenges of the XXI century, Wageningen Pers Edition, Krakow, Poland, 45-50.
18. Bojar W., 2002. Ewolucja systemu informacyjnego zarządzania w przedsiębiorstwie rolnym. *Rocz. Nauk. SERiA IV(5)*, 18-22.
19. Bojar W., Drelichowski L., 1994. Management and work organization requirements for a restructuring of agricultural state enterprises in Poland. XII C.I.G.R. World Congress and AgEng '94 Conference on Agricultural Engineering, Milano, Italy, 2, 1341.
20. Bojar W., Kroeze G.H., 1994. Decision effects simulation to extent farm land area under Polish farming circumstances (ATR-KERI & IMAG – DLO). IMAG – DLO Wageningen, Netherlands.
21. Bojar W., Oving R.K., 1994. The application of farm machinery selection methods for Polish farmers' decision support (ATR – KERI & IMAG – DLO). IMAG – DLO Wageningen, Netherlands.
22. Borkowski B., 1994. Metoda racjonalnego wykorzystania maszyn rolniczych w gospodarstwach chłopskich z zastosowaniem pakietu programowego MSERVICE/4. *Rozprawy naukowe i monografie*, Wyd. SGGW Warszawa.
23. Budziński R., Głodek Z., Wolski W., 1989. Model systemu informatyczno-ewidencyjnego bazy danych w sterowaniu produkcją przedsiębiorstwa rolnego. *Mat. konf. Metody matematyczne i informatyka w doradztwie dla uspołecznionych przedsiębiorstw rolnych*, cz. I, PAN IBS Kołobrzeg.
24. Buszan R., 2003. Informacja w otoczeniu gospodarczym konsultingu. *Gazeta IT* 3(11), <http://www.gazeta-it.pl/archiwum/git11/informacja.html>.
25. Castle E., Becker M., 1971. *Zasady podejmowania decyzji w gospodarstwie rolniczym*. PWRiL Warszawa.

26. Chancellor W., 2001. Synergistic Cooperation in the Food System. *Agricultural Engineering International: the C.I.G.R. Journal of Scientific Research and Development* III.
27. Charry A.A., Cox R., Parton K.A., Crockett J., Johnson S., Bone Z., Whitley W., 2003. Farm Management In Australia: The Way Forward. 14th International Farm Management Congress, Farming at the Edge, Burwood Resort Convention Centre, Perth, Western Australia, 156-162.
28. Chromiec J., Strzemieczna E., 1994. Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich. Akademia Oficyna Wydawnicza PLJ Warszawa.
29. Cox P., 1996. Some issues in the design of agricultural decision support systems. *Agricultural Systems* 52(2-3), 355-381.
30. Cros M-J., Garcia F., Martin-Clouaire R., Rellier J-P., 2003. Modeling Management Operations in Agricultural Production Simulators. *Agricultural Engineering International: the C.I.G.R. Journal of Scientific Research and Development*, manuscript.
31. Daniel D.H., Walker H., 2002. Decision support, learning and rural resource management. *Agricultural Systems* 73(1), 113-127.
32. Davis F.D., 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly* 13, 319-340.
33. Domagalska-Grędyś M., 2003. Znaczenie jakości produktu w kształtowaniu przewagi konkurencyjnej na przykładzie grupy producenta owoców. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 983, 163.
34. Drelichowski L., 2000. Elementy teorii i praktyki zarządzania z technikami informacyjnymi w przedsiębiorstwie. Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy.
35. Drucker P., 1998. Praktyka zarządzania. Czytelnik Nowoczesność, AE Kraków.
36. Dudycz H., Sierocki R., 2003. Przegląd funkcjonalności zaawansowanych systemów informacyjno-analitycznych. XI Konf. Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą. KAM, Turawa, *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 975, 89-99.
37. Dzieża G., 1998. Metody oceny wyposażenia w maszyny gospodarstw indywidualnych dla potrzeb planowania produkcji roślinnej. ATR Bydgoszcz, praca doktorska.
38. Eisgruber L.M., 1978. Developments in the Economic Theory of Information. *American Journal of Agricultural Economics* 60(5), 901-905.
39. Encyklopedia agrobiznesu pod red. A. Wosia, 1998. Fundacja Innowacja Warszawa, 282-287.

40. Faostat Data Base Results, 2004. [http:// faostat. fao.org/ faostat/form? collectio=Machinery&Domain=Means&servlet=1&hasbulk=&version =ext&language=EN](http://faostat.fao.org/faostat/form?collectio=Machinery&Domain=Means&servlet=1&hasbulk=&version=ext&language=EN).
41. Fazlagić A., 2001. Gospodarka wiedzy. Problemy Jakości 2, 4-8, www.uslugi.ae.poznan.pl/fazlagic.php3.
42. Filipowicz W., 1988. Decision Support for Loading Ro-Ro Vessels. Proceedings of the International Conference Safe Navigation Beyond 2000, 31-38.
43. Flakiewicz W., 1971. Podejmowanie decyzji kierowniczych. PWE Warszawa.
44. Flakiewicz W., 2002. Systemy informacyjne w zarządzaniu (uwarunkowania, technologie, rodzaje). Wyd. C.H. BECK Warszawa.
45. Florkowski W.J., Hranaiova J., Elterich J., Bojar W., Szekely C., Molnar M., Goodwin H.L., 1998. Assessing Labor Markets for Applied Economists in Central and Eastern Europe. American Journal of Agricultural Economics 79(5), 1698.
46. Freeman S.A., Whittaker A.D., 1992. Object-oriented methodology for analyzing and allocating resources for field operation. Applied Engineering in Agriculture 8, 525-535.
47. Gelb E.M., Bonati G., Grontoft M., Claustriaux J.J., Lehnert S., Kamp J.A.L.M., Mourao A.M., Wahl V., Nicol J., Nunez-Butragueno J.A., Spodiden G., Ofer, A., Ofversten J., 1999. A Decade of IT Adoption in Agriculture – an Agricultural Software-Review Perspective. Proceedings – Second European Conference EFITA Bonn, 433-441.
48. Gelb E., Deaman B., 1992. Users in search of farm computer technology applications. In Farm Computer Technology In Search Of Users 4th International Congress for Computer Technology in Agriculture, 19-22.
49. Gelb E., Schiefer G., Parker C.G., Roskopf K., 2000. Why is the IT adoption rate by farmers so slow? Zeitschrift fur Agrainformatik 4.
50. Gillies D., 1994. A Rapprochement between Deductive and Inductive Logic. Bulletin of the IGPL 2(2), 149-166.
51. Goć E., Muzalewski A., Pawlak J., 1992. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn stosowane w gospodarstwach indywidualnych. IBMER Warszawa.
52. Goć K., 1974. Kombajnowy zbiór zbóż. PWRiL Warszawa.
53. Gorzelak A., 2003. Wykorzystanie zewnętrznych czynników wytwórczych przez gospodarstwa w UE. Roczn. Nauk. SERiA V(1), 63-67.
54. Gromadzki J., 2002. Katalog – cennik ciągników i maszyn rolniczych oferowanych w III kwartale 2003 roku. PIMR 2, 4-102.

55. Grudzewski W., Hejduk I., 2002. Przedsiębiorstwo wirtualne. DIFIN Warszawa.
56. Haffer R., 2002. Systemy zarządzania jakością w budowaniu przewag konkurencyjnych przedsiębiorstw. Wyd. UMK w Toruniu.
57. Haouche C., Lamsade I., 1993. Using a Conceptual Model to Validate KBSs. EUROVAV, 161-173.
58. Hellwig Z., 1998. System wskaźników kondycji ekonomicznej przedsiębiorstwa – metodologia i realizacja. AE Katowice.
59. Herbst H., 1996. Business rules in systems analysis: a meta-model and repository system. Information Systems 21(2) 147-166.
60. Hesselbach J., Spengler T., Graf R., Ploog M., 2001. Materialkreisläufe schließen. VDI Umwelt 4/5, 37-39.
61. Hewlett J.P., Weigel R.R., 2003. Case Study: The Evolution Of Western Integrated Resource Education From Rural Byways To The Information Super-Highway. Paper presented at the 14th International Farm Management Congress, Perth, Western Australia, 466-471.
62. Hogeveen H., Meijering A., 2000. Robotic milking. Proc. of International Symposium, Lelystad, Netherlands, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands, 302.
63. Hołyński M., 1979. Sztuczna inteligencja. Wiedza Powszechna Warszawa.
64. Hunt D., 1995. Siła ekonomiczna gospodarstw w świetle zarządzania wyposażeniem gospodarstwa. American Society of Agricultural Engineering University of Illinois USA.
65. Işik A., Say S.M., 2001. 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, 192-200.
66. Izdebski W., 2003. Strategie wyposażenia gospodarstw rolnych w kombajny zbożowe. Rozprawy naukowe i monografie, Wyd. SGGW w Warszawie.
67. Jacieczko J., 2003. Pozyskiwanie informacji jako czynnik wpływający na efektywność przedsiębiorstwa. XI Konf. Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą, KAM, Turawa, Prace Nauk. AE we Wrocławiu 975, 148-156.
68. 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), Wageningen, Netherlands, Agrofomaticareeks 10, 305-309.
69. Jeleniewska E., 1993. Próba określenia reakcji przedsiębiorstwa rolniczego na zmieniające się warunki gospodarowania przy wykorzystaniu metody programowania liniowo-dynamicznego. SGGW Warszawa, praca doktorska.

70. Józwiak W., 2003. Wpływ integracji z UE na sytuację ekonomiczną polskich gospodarstw rolniczych. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, Archiwum Biuletynu Informacyjnego ARR 6(144).
71. Józwiak W., Kierul Z., 1985. Rachunek ekonomiczny w przedsiębiorstwie rolniczym może być prosty. PWRiL Warszawa.
72. Kaczorowski J., Vogelgesang J., 1998. System wspomagania wiedzy w procesach produkcji rolniczej. Prace Przem. Inst. Masz. Roln. 43(4), 27-31.
73. Kamp J.A.L.M., 1995. Overview of the Development of Western Europe's Agriculture and the use of IT. EUNITA Workshop, Keszthely, Hungary.
74. Kania K., 2003. Koncepcja systemu pozyskiwania wiedzy o funkcjonowaniu organizacji, Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą, KAM, Turawa, Prace Nauk AE we Wrocławiu 975, 188-198.
75. Karwowski T., 1993. Zespołowe formy użytkowania maszyn rolniczych podstawą mechanizacji polskiego rolnictwa. IBMER Warszawa.
76. Karwowski T., 1998. Podstawy zespołowego użytkowania maszyn (ZUM). IBMER Warszawa.
77. Kehrberg E.W., Reisch E., 1969. Wirtschaftslehre der landwirtschaftlichen Produktion. BLV Verlagsgesellschaft München.
78. Kędziński S., 2003. Modelowanie procesów biznesowych z wykorzystaniem reguł biznesowych. Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą, KAM, Turawa, Prace Nauk. AE we Wrocławiu 975, 199-208.
79. Kierul Z., 1965. Mechanizacja przedsiębiorstwa rolniczego. PWRiL Warszawa.
80. Kierul Z., 1980. Ekonomika i organizacja gospodarstw rolniczych. PWRiL Warszawa.
81. Kierul Z., Majewski E., Siekierski Cz., Ziętara W., 1988. Ćwiczenia z ekonomiki i organizacji rolnictwa. PWRiL Warszawa.
82. Kisielnicki J., Sroka H., 1999. Systemy Informacyjne Biznesu. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa. Knowledge Base Author's Manual KES, Software A & E, Arlington.
83. Klepacki B., 1990. Organizacyjne i ekonomiczne uwarunkowania postępu technologicznego w gospodarstwach indywidualnych (na przykładzie produkcji roślinnej). Wyd. SGGW – AR Warszawa.
84. Kline D.E., Bender D.A., McCarl B.A., Van Donge C.E., 1988. Machinery Selection using Expert System and Linear Programming. Computer and Electronics in Agriculture 3, 45-61.
85. Konowrocki A., 1977. Technologia podstaw projektowania organizacji produkcji rolnej. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze 4.

86. Kopeć B., Nietupski T., 1980. Podstawy i metody podejmowania decyzji w gospodarstwach rolnych. PWRiL Warszawa.
87. Kotra K., Pysz-Radziszewska A., 2001. Marketing w teorii i praktyce. Wyd. Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu.
88. Kozłowski, R.J., Weres, J., 2000. Nowoczesne technologie informatyczne w projektowaniu systemów doradczych w zakresie ochrony roślin. Inżynieria Rolnicza 7(18), 127-133.
89. Koźmiński A., 1979. Decyzje. PWN Warszawa.
90. Krawiec B., 1991. Metody optymalizacji w rolnictwie. PWN Warszawa – Łódź.
91. Kroeze G.H., Van Elderen E., 1993. Scheduling models in planning and management. Publishing of IMAG-DLO Institute, Wageningen, Netherlands.
92. Kubiak M., 1999. Słownik Technologii Informatycznej. MIKOM Warszawa.
93. Kusz A., Bartnik G., Marciniak A.W., 2000. Probabilistic expert systems modelling breakdowns procedures, Operational Dependability of Machines'2000. Proceedings of International Conference Prague, Czech University of Agriculture in Prague Czech Republik, 10-14.
94. Lal H., Peart R.M., Jones J.W., Shoup W.D., 1990. An intelligent information manager for knowledge-based systems. Applied Engineering in Agriculture 6, 525-531.
95. Landauer T.K., 1986. How much do people remember? Some estimates of the quantity of learned information in long-term memory. Cognitive Science 10(4), 477-493.
96. Lemanowicz M., 2002. Działalność grup producenckich w Polsce w świetle badań empirycznych. Roczn. Nauk. SERiA V(5), 95-99.
97. Lewell A., Kimon H., 1972. Human Problem Solving. Prentice-Hall New Jersey.
98. Liechti R., 1994. Calculation and Analysis of Machines Costs. Seminar Proceedings on: Rational Mechanization of Family Farms. Institute of Agricultural Mechanization, Agricultural University Lublin, Poland, 85-99.
99. Lint M.M., 1972. Calculation of task times for field and transport work in relation to plot dimensions and distances to main buildings. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 122.
100. Lorencowicz E., 1997. Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach. Fundacja AR w Lublinie.
101. Lorencowicz E., Piskorski L., 1992. Ocena ekonomiczna mechanizacji gospodarstw chłopskich za pomocą programu KOMEGI. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 403(92), 117-123.

102. Loyce C., Rellier J.P., Meynard J.M., 2002. Management planning for winter wheat with multiple objectives (2): ethanol-wheat production. *Agricultural Systems* 72, 33-57.
103. McCluskey T.L., Barrajo D., Haslum P., Scholz U., 2000. Knowledge engineering for planning, <http://scom.hud.ac.uk/planet/>
104. McCown R.L., 2002. Locating agricultural decision support systems in the troubled past and socio-technical complexity of models for management. *Agricultural Systems* 74(1), 13.
105. Maniecki F., 1976. Organizacja i planowanie pracy wykonawczej w gospodarstwie rolniczym. PWRiL Warszawa.
106. Manteuffel R., 1971. *Ekonomika i organizacja i pracy wykonawczej w rolnictwie*. PWRiL Warszawa.
107. Manteuffel R., 1980. *Zarządzanie i kierowanie przedsiębiorstwem rolniczym*. PWN Warszawa.
108. March J.G., Olsen J.P., 1979. *Ambiguity and Choice in Organizations*. 2nd edition, Universitetsforlaget Bergen.
109. Michalik K., 1993. PC-shell – system ekspertowy szkieletowy. AITECH Katowice.
110. Michalik K., 1996. PC-Shell dla Windows Wer. 2.1 – Przewodnik użytkownika. AITECH Katowice.
111. Mikołajczyk J., Ziobro E., 2003. Analiza efektywności ekonomicznej zakupu maszyn na przykładzie wybranych gospodarstw indywidualnych województwa małopolskiego. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 983, 59.
112. Mięka B., Pietruszka-Dryl A., Potocki A., 2002. *Zarządzanie przedsiębiorstwem XXI wieku. Wybrane koncepcje i metody*. Difin Warszawa.
113. Molenda K., Dąbkowski J., 2002. Współczesne narzędzia informatyczne wspomagające modelowanie i symulacje procesów dynamicznych. *Inżynieria Rolnicza* 6(39), 389-398.
114. Mulawka J.J., 1996. *Systemy ekspertowe*. WNT Warszawa.
115. Muzalewski A., 1993. Model optymalizacyjny mechanizacji gospodarstw rolniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 408(93), 195-199.
116. Muzalewski A., 2002. Koszty eksploatacji maszyn 17 (Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach rolniczych). IBMER Warszawa.
117. Nesterowicz P., 2001. *Organizacja na krawędzi chaosu*. Wyd. Profesjonalnej Szkoły Biznesu w Krakowie.
118. Nehring A., 2002. Kapitał ludzki – element wartości przedsiębiorstwa. [W:] *Zarządzanie wiedzą a procesy restrukturyzacji i rozwoju przedsiębiorstw*. pod red. R. Borowieckiego, AE Kraków.

119. Nonaka I., Konno N., 1998. The Concept of 'Ba': Building a Foundation for Knowledge Creation. *California Management Review* 40(3), 40-54.
120. Noniewicz Cz., 1969. Oprocentowanie majątku produkcyjnego – uwagi metodyczne. *Zag. Ekon. Roln.* 1.
121. Nozdrovicky I., Marhavy I., 2001. 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, 208-213.
122. Nycz M., Smok B., 2002. Pozyskiwanie wiedzy z baz danych za pomocą metod statystycznych. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 955, 355-365.
123. Orylska J., Marjak H., 1998. Sztuczna inteligencja w zastosowaniach ekonomicznych. *Folia Univ. Agric. Stetinensis, Oeconomica* 34(189), 331-338.
124. Oving R.K., 1989. Farm machinery selection. Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering. Vincent A. Dodd & Patrick M. Grace, Agricultural and Food Engineering Department, University College Dublin, Ireland.
125. Pawlak J., 1989. Organizacje i ekonomiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej w indywidualnych gospodarstwach rolniczych. PWRiL Warszawa.
126. Pawlak J., 1993. Stan mechanizacji rolnictwa oraz rynek maszyn rolniczych w Polsce na tle krajów rozwiniętych. IBMER Warszawa.
127. Pawlak J., 1997. *Ekonomika mechanizacji i energetyzacji rolnictwa.* IBMER Warszawa.
128. Pawlak J., 2000. Metody badawcze opracowane i stosowane w ZEE-IBMER, *Probl. Inż. Roln.* 3(29).
129. Pawlak J., 2002. Poziom techniki polskiego rolnictwa w świetle porównań międzynarodowych. *Wieś Jutra* 9, 18-20.
130. Pawlak J., Wójcicki Z., 2004. Rola postępu technicznego w rozwoju produkcji rolniczej. *Post. Nauk Roln.* 3, 81-95.
131. Perdok U.D., Van de Werken H.J.G., 1983. Power and labour requirements in soil tillage – a theoretical approach. *Soil & Tillage Research*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
132. Perechuda K., Stosik A., 2003. Zarządzanie wiedzą w małej firmie. XI Konf. Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą, KAM, Turawa, *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 975, 362-370.
133. Perechuda K., Wielichowski R., 2002. Zarządzanie informacją przez firmę integrator w organizacji wirtualnej. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 955, 48-53.

134. Pietraszewski A., 1987. Rachunkowość rolnicza a zastosowanie technik komputerowych. Mat. konf. z Ogólnopolskiej Konferencji Roboczej Zastosowanie technik komputerowych w przedsiębiorstwach i spółdzielniach rolniczych. PTE Bydgoszcz.
135. Poczta W., Mrówczyńska A., 2002. Przemysł spożywczy jako główne ogniwo agrobiznesu. Prace Nauk. AE we Wrocławiu 941(I), 246.
136. Praca zbiorowa pod red. J. Banasiaka, 1999. Agrotechnologia. Wyd. Nauk. PWN Warszawa – Wrocław.
137. Praca zbiorowa pod red. A. Wosia, 2001. Analiza produkcyjno-ekonomicznej sytuacji rolnictwa i gospodarki żywnościowej. IERiGŻ Warszawa.
138. Praca zbiorowa Stowarzyszenia the Club of Bologna, 2002. Conclusions and Recommendations (traceability of agricultural production). Agricultural Engineering International: the C.I.G.R. Journal of Scientific Research and Development IV.
139. Probst G., Raub S., Romhardt K., 2002. Zarządzanie wiedzą w organizacji. Oficyna Ekonomiczna Kraków.
140. Regulski S., 1985. Parametry techniczno-eksploatacyjne maszyn i ciągników rolniczych. PWRiL Warszawa.
141. Reid J., 2002. Sensors and Data collection. Power Point Presentation. [W:] The Club of Bologna. Agricultural Engineering International: the C.I.G.R. Journal of Scientific Research and Development IV.
142. Rider A., 1997. Role of electronics and decision support systems for a new mechanization. The 8th meeting of the Club of Bologna, manuscript.
143. Rutkowski-Hauke R., 1990. The System of Lag Forecasting. Mat. konf. międzynarodowego seminarium Bazy danych i tendencje rozwojowe informatyki. Prace Nauk. AE we Wrocławiu, 516.
144. Rutkowski-Hauke R., 2001. Nowy podchod k formirowaniu sistiemu usprawienia zapasami s jeliementami iskusstwienuogo intieliekta. Mat. konf. nauk. Miechanizm funkcyjonirowania nacionalnej jekonomiki i problemi jekonomiczieskiego pasta, cz. III, Mińsk.
145. Rutkowski-Hauke R., 2002. Princił adaptacji w sistiemie uprawlenia jekonomikoj i iskusstwienuyj intieliekt tiezisy dokłada. Mat. konf. nauk. Miechanizm funkcyjonirowania nacionalnej jekonomiki i problemi jekonomiczieskiego pasta, cz. III, Mińsk.
146. Saganowska E., 1984. Próba doradztwa ekonomiczno-organizacyjnego dla gospodarstw chłopskich ROLOPT. Wyd. SGGW w Warszawie.
147. Schön H., 1991. Neue Technik Grösser-Besser-Unbezahlbar? DLG Mitteilungen/agrar-inform. 11.

148. Schwartz E.I., 1992. Where neural networks are already at work: putting AI to work in the markets. *Business Week* 2, 56-57.
149. Senge M.P., 1990. *The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization*. Doubleday/Currency New York.
150. Shaffer M.J., Brodahl M.K., 1998. Rule-based management for simulation in agricultural decision support systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 21, 135-152.
151. Sherman H., Schultz R., 1998. *Open boundaries*. Reading, MA, Perseus Books.
152. Sigrimis N.Y., Hashimoto A., Munack S., Baerdemaeker J., 1999. Prospects in Agricultural Engineering in the Information Age: Technological Developments for the Producer and the Consumer. *Agricultural Engineering International: the C.I.G.R. Journal of Scientific Research and Development* I.
153. Simon H.A., 1983. Search and Reasoning in Problem Solving. *Artificial Intelligence* 21(1-2), 7-29.
154. Simon H.A., 1991. Organization and Markets, *J. Econ. Perspectives* 5(2), 25-44.
155. Simon K., Newell A., 1972. *The Human Problem Solving*. Addison – Wesley New Jersey.
156. Skrobacki S., 2003. Koncepcja modułu oczekiwanej użyteczności w systemie ekspertowym. XI Konf. Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą, KAM, Turawa, *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 975, 405-414.
157. Sokołowski T., Kamiński B., Brach M., 2003. Innowacje jako element konkurencyjności. *Prace Nauk* 15 AE we Wrocławiu 983, 303-304.
158. Soldek J., 2003. Rozwój gospodarki regionalnej Pomorza Zachodniego opartej na wiedzy. *Roczniki Informatyki Stosowanej Wydziału Informatyki Politechniki Szczecińskiej* 4, 379-389.
159. Sroka H., 1994. *Systemy ekspertowe – komputerowe wspomaganie decyzji w zarządzaniu i finansach*. AE Katowice.
160. Stefanowicz B., 2000. *Materiały do wykładu sztucznej inteligencji*. AGH Kraków, maszynopis.
161. Stępnia C., 2002. Zastosowanie elektronicznych atlasów organizacji wirtualnych w procesach podejmowania decyzji. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 955, 54-64.
162. Szeptycki A., Wójcicki Z., 2003. Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie. *IBMER Warszawa*.
163. Szopiński W., 2003. Informacja rynkowa jako czynnik podnoszący racjonalność decyzji producentów rolnych. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 983, 379-380.

164. Świerzowicz J., 2003. Analysis of Current Data Mining Standards, Information Technology and Organizations: Trends, Issues, Challenges and Solutions. Khosrow-Pour M. (ed), Idea Group Publishing, Hershey London, 19-21.
165. Świtalski W., 1983. System – model – system modeli. *Postępy Cybernetyki* (6)1.
166. Takács I., Bojar W., 2003. Challenges and Opportunities for Agriculture of Central Europe According to Farm Structure and Abounding with Capital. 14th International Farm Management Congress, Sydney, 935-941.
167. Thysen I., 1995. Decision support in agriculture under uncertainty. The 2nd Workshop proceedings on Artificial Intelligence in Agriculture, Wageningen, Netherlands, *Engineering Research Journal* 59, 173-179.
168. Tomaszewski K., Lorenkowicz E., 1992. Kierunki racjonalnej eksploatacji maszyn w gospodarstwach chłopskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 403(92), 57-65.
169. Tomczak F., 2004. Kierunki rozwoju przedsiębiorstw rolniczych w USA. *Post. Nauk Roln.* 3, 144.
170. Turban E., Watson H.J., 1994. Integrating Expert Systems, EIS and DSS. Gray P. "DS and EIS", Printice-Hall, New Jersey.
171. Turing A.M., 1950. Computing Machinery And Intelligence. *Mind* 59, 433-560.
172. Wasilewski M., 2004. Jakość produktów i środków do produkcji w gospodarstwach rolniczych. *Zag. Ekon. Roln.* 2, 56-64.
173. Wawrzyniak B., 1999. Kapitał ludzki a zarządzanie wiedzą – w poszukiwaniu nowej podstawy zarządzania przedsiębiorstwem. [W:] Szkolenie i rozwój pracowników a sukces firmy, pod red. A. Ludwicyńskiego.
174. Van den Ban A.W., 1999. Agricultural development: Opportunities and threats for farmers and implications for extension organizations. *Journal of Agricultural Education and Extension* (6)3, 145-156.
175. Van den Ban A.W., Hawkins, H.S., 1996. *Agricultural Extension*. Second Edition. Blackwell Science, Cambridge USA.
176. Van Elderen E., 1987. Scheduling Farm Operations: A Simulation Model. *Pudoc Wageningen*, 88-92.
177. Van Elderen E., 1992. Models of scheduling operations for improved energy efficiency. *Energy in World Agriculture* 5.
178. Widom J., Ceri S., 1995. *Active database systems*. Morgan-Kaufman.
179. Więckowski W., 1987. *Optymalizacja planu produkcji przedsiębiorstwa rolniczego przy zastosowaniu rozwiązań standardowych*. PWN Warszawa.
180. Wijngaard P.J.M., 1988. Scheduling models in farm management: a new approach. IMAG, Landbouwniversiteit Wageningen, Netherland.

181. Wilkin J., 2004. Miejsce i rola rolnictwa w gospodarce narodowej. *Post. Nauk Roln.* 3, 23-28.
182. Witulska N., 2000. Zarządzanie wiedzą w aspekcie osiągania przewagi konkurencyjnej. Instytut Wiedzy Warszawa.
183. Wojdak J., Grieger A., 1976. Technologia i organizacja naprawy. AR Szczecin.
184. Wong B.K., Bodnovich T.A., Selvi Y., 1994. Neural network applications in business: a review and analysis of the literature (1988-1995). *Decision Support Systems* 19(4), 301-320.
185. Woźniak A., 2004. Skuteczność kanałów przepływu informacji w procesie decyzyjnym rolników. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego* 1(37), 31-42.
186. Wójcicki Z., 1962. Metody doboru zestawu maszyn dla gospodarstw wielkoobszarowych. KMR-WSR Kraków, praca doktorska.
187. Wójcicki Z., 1993. Perspektywy mechanizacji gospodarstw rolniczych. Cz. II, IBMER Warszawa.
188. Wójcicki Z., 1998. Wyposażenie rolnictwa w środki techniczne – stan i kierunki przemian w układzie sektorowym i regionalnym. IBMER Warszawa.
189. Wójcicki Z., 2000. Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER Warszawa.
190. Wójcicki Z., 2003. Modernizacja rozwojowych gospodarstw rodzinnych. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu* 983, 537, 541, 543.
191. Wójcicki Z. i in., 1992. Perspektywy mechanizacji gospodarstw rolniczych. Cz. I, IBMER Warszawa.
192. Zalewski R., 2002. Zarządzanie jakością w produkcji żywności. Wyd. AE w Poznaniu.
193. Zaremba W., 1977. Ekonomia i organizacja mechanizacji rolnictwa. PWRiL Warszawa.
194. Zaske J., 2002. Mechanization and Traceability of Agriculture Production: Challenge on the Future. The Market Demand on Clarity and Transparency – part I, *Agricultural Engineering International: the C.I.G.R. Journal of Scientific Research and Development* 5, 1-15.
195. Zelent M., 1968. Optymalizacja parku ciągników, maszyn i środków transportowych z punktu widzenia kosztów eksploatacji. SGGW Warszawa, praca doktorska.
196. Zesheng Z., Ling S., 1999. A GIS-Based Management System for Farm Scientific Fertilisation. *The Conference Proceedings XXVIII on CIOSTA-C.I.G.R. V International Congress Work Sciences in Sustainable Agriculture*, Wageningen Pers Edition, Denmark, 111- 116.

197. Zieliński J.S., 1992. Some Remarks on Artificial Intelligence and Computers. The Seminar on Expert Systems and Integrated Case-Tools Proceedings, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego.
198. Zieliński J.S., 2000. Inteligentne systemy w zarządzaniu. Teoria i praktyka. PWN Warszawa.
199. Ziętara W., 2004. Specyficzne przyrodnicze, organizacyjne i ekonomiczne cechy rolnictwa. Post. Nauk Roln. 3, 49-50.
200. <http://republika.pl/sur1/uslugi.html>
201. <http://isis.ibmer.waw.pl/ibmer/>
202. <http://www.agrointernet.pl/index.php3>
203. http://www.agroprzemiany.awrsp.gov.pl/2000_11/2.html
204. <http://www.dor-rol.com.pl/dir-arch/0900-4-3.htm>
205. <http://www.kki.pl/wirpoz/kalk/pszenica.htm>
206. http://www.logistyka.net.pl/logistyka/topics/ml_pu/2002/07/11/181206.html
207. <http://www.money.pl/pieniadze/stopy/>
208. <http://www.odrminikowo.com.pl/>
209. <http://www.pyton.pl/km2.asp>
210. <http://www.pzu.pl/pzusa/index.html>
211. <http://www.red.wroc.pl/Ekonomika/notowania/uslugi/uslugi.htm>
212. <http://www.stat.gov.pl/>
213. <http://www.swisspol.stargard.pl/maszyny.htm>

STUDIUM WYBORU MASZYN W GOSPODARSTWACH ROLNICZYCH W ŚWIETLE ROZWOJU SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI

Streszczenie

W rozprawie zaprezentowano model wspomaganie decyzji z bazą wiedzy dla potrzeb oceny stanu i planowania wyboru maszyn w gospodarstwach rolniczych. Decyzje strategiczne dotyczące racjonalnego wyboru maszyn mają podstawowe znaczenie dla szans rozwojowych i konkurencyjności krajowych producentów rolnych, ponieważ warunkują modernizację potencjału wytwórczego i dostosowanie go do wymagań gospodarki rynkowej. Stan posiadanego wyposażenia technicznego gospodarstw rolniczych wskazuje na duży stopień zużycia fizycznego i moralnego sprzętu. Konieczne jest jego szybkie odtworzenie w celu sprostanie wymogom wysokiej produktywności kapitału, jakości wykonywanych zabiegów, ochrony środowiska i ergonomii pracy. Źródłem sfinansowania inwestycji w tym zakresie mogą być zarówno kredyty, jak również środki wsparcia Unii Europejskiej. Pozyskanie funduszy na cele inwestycyjne będzie możliwe po przedstawieniu dokumentacji zawierającej niezbędne wyniki obliczeń uzasadniających celowość zakupowanych maszyn, ciągników i środków transportu.

Z uwagi na złożoność problemu wyboru maszyn dotychczas stosowane metody rozwiązania tego zagadnienia napotykały na ograniczenia wynikające z trudności ustalenia niezbędnych danych koniecznych do oceny analizowanych sytuacji decyzyjnych. Barię dla rolników była również trudność w zrozumieniu i interpretacji wyników uzyskiwanych metodami programowania lub metodami symulacyjnymi z uwagi na złożoność procedur przetwarzania. Szansą na pokonanie istniejących barier okazały się metody sztucznej inteligencji zastosowane w systemach wspomaganie decyzji. Zbudowany model wspomaganie decyzji wykorzystuje dane wejściowe znajdujące się w bazach danych oraz w bazie wiedzy. Uaktualniana i weryfikowana baza wiedzy dostarcza parametrów eksploatacyjno-technicznych i ekonomicznych niezbędnych do oceny wyboru maszyn. Zgromadzone w niej fakty są interpretowane na podstawie reguł wnioskowania, w których wykorzystano wyniki badań własnych oraz innych ośrodków zajmujących się problematyką optymalnego wyboru maszyn.

Opracowaną metodę zweryfikowano na podstawie analizy modeli decyzyjnych utworzonych w 18 celowo wybranych gospodarstwach rolniczych województwa kujawsko-pomorskiego w latach 1998 i 2003. Stwierdzono, że badane obiekty należą do grupy lepiej niż przeciętnie wyposażonych gospodarstw rol-

nicznych w kraju. Występujący w nich sprzęt jest przestarzały i w dużym stopniu zdeprecjonowany, a obserwowane zmiany w niewielkim stopniu dotyczą zakupu maszyn nowych, o dużej wartości. Wyniki oceny kosztów wykonania prac polowych w zestawieniu z tzw. kosztami alternatywnymi usług odzwierciedlane dodatnimi wartościami wskaźnika R wskazują, że mimo powiększenia skali działalności i ekstensyfikacji struktury produkcji roślinnej oraz zmian w parku maszynowym większość obiektów nie w pełni wykorzystuje posiadane zasoby sprzętu. Kolejne symulacje potwierdziły fakt, że większość gospodarstw rolniczych powinna wprowadzić zespołowe formy użytkowania maszyn najdroższych oraz świadczyć nimi usługi. Należy takie formy użytkowania sprzętu upowszechniać w mniejszych gospodarstwach rodzinnych, w których koszty siły roboczej będą szybko wzrastać w relacji do kosztów zaangażowanego kapitału wraz z dochodami mieszkańców wsi.

MACHINERY SELECTION STUDY ON FARMS IN VIEW OF DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEMS

Summary

The dissertation presents the Decision Support Model with Knowledge Base for the evaluation of the condition and planning of machinery selection on farms. Strategic decisions on rational farm machinery selection are essential for the development potential and competitiveness of domestic agricultural producers determining the modernization of production potential and adapting it to market economy requirements. The equipment on farms shows a considerable wear, is obsolete and needs to be replaced to comply with the high capital productivity, operations performance quality, environment protection and ergonomics. Such investments can be financed by both credits and the EU support funds. The allocation of funds for the investments can be possible provided that the documentation is submitted including the results of necessary calculations which justify purchasing machinery, tractors and vehicles.

Due to a complexity of farm machinery selection, the methods used so far have encountered limitations as a result of difficulty in collecting data indispensable for the evaluation of the decision-making scenarios analyzed. The farmers have also faced yet another obstacle; a difficulty in understanding and interpreting the results obtained with programming or simulation tools due to the complexity of processing procedures. The obstacles, however, can be overcome with artificial intelligence methods applied in Decision Support Systems. The decision support model developed uses the input data stored in the databases and in the knowledge base. The updated and verified knowledge base provides operational-and-technical as well as economic parameters indispensable for farm machinery selection evaluation. The facts stored in the knowledge base are interpreted following the inference rules using the results of own research and the findings of other research centers investigating an optimal machinery selection.

The method developed was verified based on decision models analysis created for eighteen farms selected in the Kujawy and Pomorze Province in 1998 and 2003. It was observed that the farms surveyed represent a group of farms which are better-than-average equipped farms in Poland. Nevertheless, the equipment is obsolete and, to a great extent, depreciated and the changes observed in few cases only involve purchasing new and high-value machinery. The results of the evaluation of the field operation performance costs against the so-called alternative costs of services, expressed in positive values of R index, show that despite extending the scale of activity, a more extensive plant

production structure as well as despite changes in farm machinery, a majority of farms does not make a full use of the equipment. A number of simulations confirmed that a majority of farms should start sharing most expensive machinery and render services with the use of the machinery. Such practices should be made more popular on smaller family farms where labor costs will increase quickly in relation to the capital involved together with rural population incomes.