

**ZAGOSPODAROWANIE NIWYKORZYSTANYCH
CZYNNIKÓW PRODUKCJI W ROLNICTWIE
ZA POMOCĄ DYNAMICZNYCH MODELI
OPTYMALIZACYJNYCH Z LOSOWYMI
OGRANICZENIAMI**

Jadwiga Zaród

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Abstrakt. W gospodarstwach rolnych województwa zachodniopomorskiego istnieją duże rezerwy siły roboczej. Za pomocą dynamicznych modeli optymalizacyjnych z losowymi ograniczeniami badano możliwości zagospodarowania niewykorzystanych roboczogodzin. Modele te dotyczyły czterech kolejnych lat: 2003-2006. Ich rozwiązanie przebiegało dwuetapowo. Pierwszy etap pozwolił ustalić nadmiar lub niedobór czynników produkcji. W drugim etapie wprowadzono dodatkowe zmienne, dotyczące wydzierżawienia gruntów ornych, a niewykorzystane roboczogodziny realizowano z różnym prawdopodobieństwem. Rozwiązania optymalne wskazywały powierzchnię poszczególnych upraw, liczbę hodowanych zwierząt i wysokość dochodu rolniczego w zależności od stopnia wykorzystania istniejącego zatrudnienia. Celem tej pracy jest pokazanie możliwości zagospodarowania niewykorzystanych roboczogodzin w gospodarstwach rolnych, zajmujących się tylko produkcją roślinną oraz produkcją roślinną i zwierzęcą.

Słowa kluczowe: dynamiczny model optymalizacyjny, programowanie stochastyczne, dochód rolniczy, struktura produkcji rolnej

WSTĘP

W wyniku zmian i przekształceń strukturalnych w Polsce na obszarach wiejskich pojawił się problem bezrobocia. Problem ten nie ominął województwa zachodniopomorskiego, gdzie dominowało rolnictwo skolektywizowane (państwowe i spółdzielcze

gospodarstwa rolne), zlikwidowane w latach dziewięćdziesiątych XX wieku. Ponadto rolnicy, posiadający w Polsce gospodarstwa rolne o powierzchni użytków rolnych powyżej 2 ha, nie są uważani za bezrobotnych. Stanowi to tzw. ukryte bezrobocie. Województwo zachodniopomorskie charakteryzuje [Program... 2005] najwyższa po województwie warmińsko-mazurskim stopa bezrobocia – 27,4%. Natomiast zatrudnienie na 100 ha użytków rolnych wynosi 7,1 osoby i jest najniższe w kraju. Mimo to istnieje nadmiar sił roboczych w gospodarstwach rolnych województwa zachodniopomorskiego.

Celem tej pracy jest pokazanie możliwości zagospodarowania niewykorzystanych roboczogodzin w gospodarstwach rolnych, zajmujących się tylko produkcją roślinną oraz produkcją roślinną i zwierzęcą. Do badań wykorzystano dynamiczne modele optymalizacyjne z losowymi ograniczeniami. Pozwoliły one ustalić, przy różnym prawdopodobieństwie realizacji czynników produkcji, taką strukturę produkcji, która daje najwyższy dochód rolniczy. Jedną z pierwszych prac pokazujących rozwiązania zadań z ograniczeniami w formie prawdopodobieństw była praca Tintnera i Sengupty [1972]. Teoretyczne podstawy budowy modeli z losowymi ograniczeniami przedstawił Krawiec [1991]. Optymalizacją produkcji rolniczej zajmowali się między innymi Wąs [2005], Zieliński [2009], ale były to głównie modele programowania liniowego. W literaturze światowej można znaleźć sporo przykładów opisujących wykorzystanie programowania stochastycznego w rolnictwie. Na przykład Paudyal i Gupta [2003] przedstawili za pomocą nieliniowego modelu plan nawadniania użytków rolnych, z uwzględnieniem losowej ilości opadów.

METODA BADAWCZA

Metodą badawczą pracy są dynamiczne modele optymalizacyjne z losowymi ograniczeniami [Grabowski 1980]. Rozpatrzono model:

$$Ax \leq (\geq) b \text{ warunki ograniczające (bilansowe)} \quad (1)$$

$$x \geq 0 \text{ warunek brzegowy} \quad (2)$$

$$Fc = c^T x \rightarrow \max \text{ funkcja celu} \quad (3)$$

gdzie:

A – parametry techniczno-ekonomiczne,

x – zmienne decyzyjne,

c – współczynniki funkcji celu,

b – wektor losowy o znanym rozkładzie prawdopodobieństwa.

Można założyć, że wektor ograniczeń b jest zmienną losową typu skokowego (jeżeli wektor b jest zmienną losową ciągłą, należy ją poddać dyskredytacji). Niech b_i dla $i = 1, 2, \dots, m$ oznacza realizację wektora losowego b w ograniczeniach określonych zależnością (1). Rozpatrując i -te ograniczenie napotkamy na jedną z trzech sytuacji:

$$a_i x_i = b_i; a_i x_i > b_i; a_i x_i < b_i$$

W pierwszym przypadku ograniczenie i -te jest spełnione dokładnie, w drugim powstał niedobór zasobów: $a_i x_i = b_i + y_i$, czyli $a_i x_i - y_i = b_i$, a w trzecim nadmiar: $a_i x_i = b_i - y_i$ to $a_i x_i + y_i = b_i$, gdzie y_i to zmienna i -tego zasobu niedoboru lub nadmiaru. Zarówno nadmiar, jak i niedobór w realizacji ograniczeń jest obciążony kosztami k_i .

Zadanie takie rozwiązuje się dwuetapowo. W kroku pierwszym przyjmuje się umownie, że zmienne losowe w wektorze ograniczeń przyjmują jakieś zdeterminowane wartości (np. na poziomie ich wartości oczekiwanych). Następnie za pomocą metod programowania liniowego wyznacza się rozwiązanie optymalne.

W drugim etapie dokonuje się obserwacji realizacji wektora losowego b i ocenia rozbieżności (niedobór lub nadmiar). Rozbieżności te wyznacza wektor:

$$By = b - Ax^*$$

gdzie:

x^* – zmienne decyzyjne z rozwiązania optymalnego w pierwszym etapie,

B – macierz jednostkowa stopnia m .

Zadanie tego etapu można zapisać:

$$By = b - Ax^* \quad (4)$$

$$y \geq 0 \quad (5)$$

$$k^T y \rightarrow \min \quad (6)$$

Optymalne rozwiązanie całego zadania można otrzymać rozwiązując model:

$$Ax + By = b \quad (7)$$

$$x \geq 0, y \geq 0 \quad (8)$$

$$Fc = c^T x + (\min k^T y) \rightarrow \max \quad (9)$$

Wynikiem rozwiązania jest wektor zmiennych decyzyjnych x^* i oczekiwanych odchyleń od realizacji y^* , przy czym koszty odchyleń od realizacji wektora b są możliwie najmniejsze.

Modele zbudowane za pomocą założeń (7)-(9) dla każdego badanego roku łączą się ze sobą za pomocą warunków wspólnych (wiązących) i powstaje dynamiczny model optymalizacyjny z losowymi ograniczeniami. Warunki wiążące spełniają zasadę rekurencyjnych równań Bellmana [Bellman i Dreyfus 1967].

DYNAMICZNY MODEL OPTIMALIZACYJNY GOSPODARSTWA ROLNEGO Z LOSOWYMI OGRANICZENIAM

Materiał badawczy stanowiły dane Urzędu Statystycznego, Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa oraz Wojewódzkiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego o województwie zachodniopomorskim w latach 2003-2006. Informacje te dotyczyły (w nawiasach podano wartości średnie):

- powierzchni gruntów ornych (13,14 ha) i trwałych użytków zielonych (3,23 ha),
- struktury zasiewów (zboża – 59%, ziemniaki – 3%, buraki – 2%, rzepak – 10%, inne uprawy – 11%, grunty odłogowane – 15%),
- pogłowia zwierząt (bydło – 4 sztuki dorosłe, trzoda – 3-4 sztuki dorosłe),
- zatrudnienia (3 osoby),
- jednostkowych nakładów, cen i wydajności.

Na podstawie danych zbudowano cztery klasyczne modele programowania liniowego. Opisywały one przeciętne gospodarstwo rolne województwa zachodniopomorskie-

go, zajmujące się tylko produkcją roślinną w kolejnych latach. Modele te połączono ze sobą za pomocą warunków bilansowych (wspólnych), dotyczących zmianowania roślin [Zaród 2008]. Połączony z czterech bloków (każdy rok to oddzielny blok) dynamiczny model składał się z 44 zmiennych decyzyjnych i 47 warunków ograniczających. Funkcją celu tego modeli był dochód rolniczy brutto, stanowiący różnicę pomiędzy wartością produkcji a kosztami bezpośrednimi (materiał siewny, nawozy, środki ochrony roślin) i pozostałymi (koszty uprawy i zbioru, inne – np. sznurek, folia, podatki, ubezpieczenia), bez wyceny pracy własnej. Do obliczenia jednostkowych wartości produkcji i kosztów poszczególnych działalności rolniczych wykorzystano opracowania Zachodniopomorskiego Oddziału Doradztwa Rolniczego [Kalkulacja... 2003-2006]. Dochód rolniczy dla lat 2004 i 2005 powiększono o dotacje bezpośrednie i uzupełniające, a dla 2006 roku – dodatkowo jeszcze o dopłaty cukrowe.

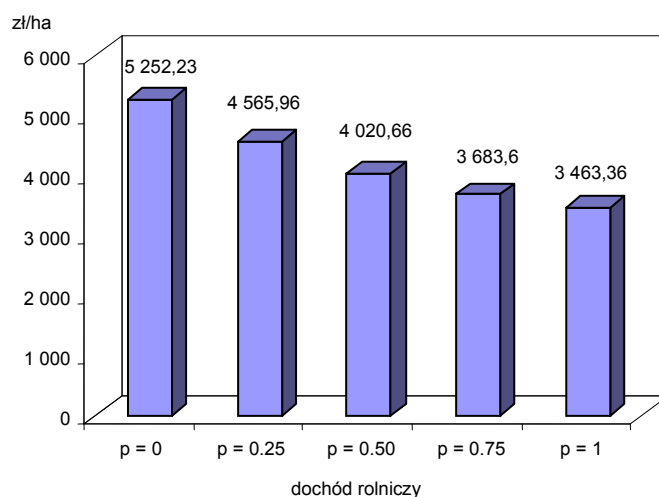
Rozwiązanie tego modelu przebiegało dwuetapowo. Pierwszy etap polegał na rozwiązaniu dynamicznego modelu programowania liniowego. Uzyskano, oprócz powierzchni poszczególnych upraw i wysokości dochodu, liczbę niewykorzystanych roboczogodzin w okresach szczytowego zapotrzebowania na siłę roboczą. W drugim etapie wprowadzono do modelu nowe zmienne, które dotyczyły wydzierżawienia dodatkowej powierzchni gruntów ornych, aby wykorzystać istniejące zasoby czynników wytwórczych. Zwiększyło to rozmiary modelu do 56 zmiennych decyzyjnych i 71 warunków bilansowych. Funkcja celu dodanych zmiennych była obciążona zwiększonymi kosztami, wynikającymi z opłat dzierżawnych i podatku gruntowego. Ponadto realizacje ograniczeń, dotyczących roboczogodzin, przyjmowały wartości z przedziału (d_1 ; d_2), gdzie d_1 – liczba roboczogodzin niezbędna do utrzymania produkcji na poziomie wyznaczonym przez model programowania liniowego, d_2 – rzeczywista liczba roboczogodzin w gospodarstwie rolnym. Założono, że niewykorzystane roboczogodziny będą realizowane z prawdopodobieństwem $p_i = 0,25, 0,50, 0,75, 1$. Możliwości zwiększenia czynników produkcji i dochód rolniczy uzyskany łącznie w czterech analizowanych latach w rozwiązaniach optymalnych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Powierzchnia gruntów ornych i dochód z rozwiązań optymalnych

Wyszczególnienie	Prawdopodobieństwo realizacji niewykorzystanych roboczogodzin				
	p = 0	p = 0.25	p = 0.50	p = 0.75	p = 1
Powierzchnia gruntów ornych (ha):					
2003	12,79	18,84	25,68	32,32	38,91
2004	12,66	19,38	26,14	32,82	39,29
2005	13,43	19,87	26,44	33,00	39,86
2006	13,68	20,03	26,97	33,90	40,64
Wartość średnia (ha)	13,14	19,53	26,31	33,01	39,67
Dochód rolniczy (zł)	63 464,34	89 173,27	105 783,69	121 595,57	137 391,47

Źródło: obliczenia własne za pomocą pakietu MATLAB.

Każde z kolejnych rozwiązań zwiększa: powierzchnię gruntów ornych o ponad 6 ha a dochód rolniczy odpowiednio o: 25 708,93, 16 610,42, 15 811,88, 15 795,90 zł. Największy wzrost dochodu powoduje zwiększenie niewykorzystanych roboczogodzin o 25%, dalsze zwiększanie tego czynnika produkcji powoduje porównywalny wzrost opłacalności. Dokładną analizę dochodów w przeliczeniu na 1 ha gruntów ornych w czterech latach przedstawiono na wykresie (rys. 1).



Rys. 1. Jednostkowy dochód rolniczy w modelach o różnym zagospodarowaniu niewykorzystanej siły roboczej

Jednostkowy dochód rolniczy spada wraz ze wzrostem powierzchni gospodarstw rolnych. Wynika to głównie z opłat ciążących na gruntach dzierżawionych i ze struktury zasiewów. W tabeli 2 przedstawiono powierzchnię poszczególnych upraw z rozwiązania optymalnego modelu liniowego ($p = 0$) i dwóch modeli z losowymi ograniczeniami (o niepełnym ($p = 0,5$) i całkowitym ($p = 1$) zagospodarowaniu niewykorzystanych roboczogodzin). We wszystkich rozwiązaniach jest spełniona zasada prawidłowego zmianowania roślin.

W rozwiązaniu optymalnym dynamicznego modelu deterministycznego występują odłogi. Wynikają one z rzeczywistej struktury użytkowania gruntów w województwie zachodniopomorskim. W 2003 roku są one obciążone podatkiem gruntowym, a w pozostałych latach przysługują im dopłaty bezpośrednie (założono, że są utrzymane w dobrej kulturze rolnej). Rozwiązanie modelu liniowego wykazało dużą liczbę niewykorzystanych roboczogodzin, nawet w okresach zwiększonego zapotrzebowania na siłę roboczą (żniwa, wykopki). Rozwiązania modelu z losowymi ograniczeniami pozwalają zagospodarować te czynniki produkcji. Pełne wykorzystanie istniejącego zatrudnienia w gospodarstwach rolnych, zajmujących się tylko produkcją roślinną, pozwala zwiększyć powierzchnię gruntów ornych trzykrotnie. Zwiększony areal, poprzez dzierżawienie, należy przeznaczyć głównie pod uprawę zbóż (stosunkowo niskie koszty uprawy) i ziemniaków lub buraków (najbardziej opłacalnych kierunków produkcji).

Tabela 2. Zmianowanie i powierzchnia upraw w rozwiązaniach optymalnych dla $p = 0, 0,5, 1$

Rok	Rozwiązanie modelu z etapu I ($p = 0$)									
	Pole I (ha)		Pole II (ha)		Pole III (ha)		Pole IV (ha)		Odłogi (ha)	
1	2		3		4		5		6	
2003	Ziemniaki	0,30	Pszenica	1,58	Rzepak	1,15	Żyto	2,70	2,43	
	Buraki	0,26	Jęczmień	–	Pszenżyto	0,32	Inne uprawy	1,74		
	Owies	2,31								
2004	Pszenica	2,87	Rzepak	1,27	Żyto	–	Ziemniaki	0,68	2,30	
	Jęczmień	–	Pszenżyto	0,31	Inne uprawy	1,47	Buraki	–		
							Owies	3,76		
2005	Rzepak	1,21	Żyto	–	Ziemniaki	0,3	Pszenica	3,13	3,07	
	Pszenżyto	1,66	Inne uprawy	1,58	Buraki	0,27	Jęczmień	1,31		
					Owies	0,90				
2006	Żyto	2,05	Ziemniaki	0,41	Pszenica	1,47	Rzepak	1,50	3,32	
	Inne uprawy	0,82	Buraki	0,27	Jęczmień	–	Pszenżyto	2,94		
			Owies	0,90						
	Rozwiązanie modelu dla $p = 0,5$									
	Pole I (ha)		Pole II (ha)		Pole III (ha)		Pole IV (ha)		Dzierżawa (ha)	
2003	Ziemniaki	0,37	Pszenica	2,74	Rzepak	2,31	Żyto	3,13	Zboża	11,23
	Buraki	0,51	Jęczmień	–	Pszenżyto	–	Inne uprawy	1,74	Ziemniaki	1,66
	Owies	1,99								
2004	Pszenica	2,87	Rzepak	2,61	Żyto	0,84	Ziemniaki	0,39	Zboża	11,36
	Jęczmień	–	Pszenżyto	–	Inne uprawy	1,47	Buraki	–	Ziemniaki	2,12
							Owies	4,48		
2005	Rzepak	2,38	Żyto	1,03	Ziemniaki	–	Pszenica	3,13	Zboża	11,70
	Pszenżyto	0,49	Inne uprawy	1,58	Buraki	1,33	Jęczmień	1,74	Buraki	2,08
					Owies	0,98				
2006	Żyto	2,05	Ziemniaki	–	Pszenica	2,31	Rzepak	2,97	Zboża	12,17
	Inne uprawy	0,82	Buraki	0,54	Jęczmień	–	Pszenżyto	1,90	Buraki	2,14
			Owies	2,07						
	Rozwiązanie modelu dla $p = 1$									
	Pole I (ha)		Pole II (ha)		Pole III (ha)		Pole IV (ha)		Dzierżawa (ha)	
2003	Ziemniaki	0,37	Pszenica	1,93	Rzepak	2,80	Żyto	2,73	Zboża	22,98
	Buraki	0,78	Jęczmień	–	Pszenżyto	–	Inne uprawy	1,74	Ziemniaki	3,14
	Owies	2,44								

Tabela 2 – cd.

1	2		3		4		5		6	
2004	Pszenica	2,87	Rzepak	1,80	Żyto	1,33	Ziemniaki	0,39	Zboża	22,01
	Jęczmień	0,72	Pszenżyto	–	Inne uprawy	1,47	Buraki	–	Ziemniaki	4,62
2005	Rzepak	3,59	Żyto	0,22	Ziemniaki	–	Pszenica	3,13	Zboża	25,20
	Pszenżyto	–	Inne uprawy	1,58	Buraki	2,80	Jęczmień	1,34	Buraki	2,00
2006	Żyto	2,77	Ziemniaki	–	Pszenica	2,80	Rzepak	4,47	Zboża	23,20
	Inne uprawy	0,82	Buraki	0,81	Jęczmień	–	Pszenżyto	–	Buraki	4,78
			Owies	0,99						

Źródło: obliczenia własne za pomocą pakietu MATLAB.

MODYFIKACJA MODELU GOSPODARSTWA ROLNEGO Z LOSOWYMI OGRANICZENIAM

W województwie zachodniopomorskim tylko 16% gospodarstw rolnych zajmuje się hodowlą zwierząt (bydła i trzody chlewnej). Jest to spowodowane, między innymi, zmianami w strukturze gospodarstw, odchodzeniem od produkcji mleka i mięsa w małych gospodarstwach, a także wprowadzeniem wyższych wymagań jakościowych, dostosowanych do standardów unijnych. W celu zbadania wykorzystania siły roboczej w takich gospodarstwach, dodano do zbudowanego dynamicznego modelu zmienne dotyczące produkcji zwierzęcej. Stan zwierząt dorosłych przyjęto na poziomie wartości przeciętnych w analizowanych latach w województwie, a pozostała liczba zwierząt wynikała z zamkniętego obrotu stada zwierząt. Zwierzęta żywiono paszami własnymi, z wyjątkiem mieszanek wysokobiałkowych. Nadwyżki ziemiopłodów przeznaczono na sprzedaż. Produkcję towarową stanowiła również pszenica i rzepak. Warunki wiążące modelu rozbudowano o obrót stada zwierząt. Cały model liczył 100 zmiennych decyzyjnych i 122 warunki ograniczające. Rozwiązanie optymalne tego modelu, za pomocą programowania liniowego (etap I), wskazało, że w gospodarstwie istnieją małe nadwyżki siły roboczej w okresach szczytowego zapotrzebowania oraz niedobór buraków i ziemniaków. W drugim etapie wprowadzono dodatkowe zmienne, dotyczące wydzierżawienia gruntów i zakupu zwierząt oraz przyjęto pełną realizację niewykorzystanych roboczogodzin. Model zwiększył swe rozmiary do 124 zmiennych i 146 warunków ograniczających. Z rozwiązania optymalnego modelu z losowymi ograniczeniami wynika, że zakup zwierząt był nieopłacalny. Możliwość zwiększenia gruntów ornych oraz uzyskany dochód rolniczy przedstawiono w tabeli 3.

Pracochłonna hodowla zwierząt ograniczyła możliwości wydzierżawienia większych ilości gruntów. Wzrost areалу gospodarstwa o około 2 ha powoduje zwiększenie dochodu rolniczego w ciągu czterech lat o 8676,33 zł. Dochód ten w przeliczeniu na 1 ha, wraz ze wzrostem powierzchni gruntów ornych, nieznacznie spada. Całkowita realizacja niewykorzystanych roboczogodzin zmniejsza jednostkowy dochód rolniczy o 4,83%.

Tabela 3. Powierzchnia gruntów ornych i dochód z rozwiązań optymalnych

Wyszczególnienie	Prawdopodobieństwo realizacji niewykorzystanych roboczogodzin	
	p = 0	p = 1
Powierzchnia gruntów ornych (ha):		
2003	12,79	14,52
2004	12,66	13,92
2005	13,43	14,03
2006	13,68	16,75
Wartość średnia (ha)	13,14	14,81
Dochód rolniczy (zł)	119 425,90	128 102,23
Dochód na 1 ha (zł)	9 088,73	8 649,71

Źródło: obliczenia własne za pomocą pakietu MATLAB.

Powierzchnię upraw z rozwiązań optymalnych modelu dotyczącego produkcji roślinnej i zwierzęcej przedstawiono w tabeli 4.

Zwiększony areal, poprzez dzierżawienie i zagospodarowanie gruntów odłogowanych, należy przeznaczyć głównie pod uprawę zbóż paszowych i roślin okopowych (ziemniaków i buraków).

Tabela 4. Zmianowanie i powierzchnia upraw w rozwiązaniach optymalnych

Rok	Rozwiązanie modelu z etapu I (p = 0)						Odłogi (ha)		
	Pole I (ha)		Pole II (ha)		Pole III (ha)			Pole IV (ha)	
1	2		3		4		5		6
2003	Ziemniaki	0,26	Pszenica	1,48	Rzepak	1,15	Żyto	0,02	2,43
	Buraki	0,38	Jęczmień	–	Pszenżyto	5,23	Inne uprawy	1,66	
	Owies	0,18							
2004	Pszenica	0,82	Rzepak	0,99	Żyto	4,86	Ziemniaki	0,38	2,30
	Jęczmień	–	Pszenżyto	0,49	Inne uprawy	1,52	Buraki	0,25	
							Owies	1,05	
2005	Rzepak	0,15	Żyto	–	Ziemniaki	0,4	Pszenica	1,68	3,07
	Pszenżyto	0,67	Inne uprawy	1,48	Buraki	0,27	Jęczmień	–	
					Owies	5,71			
2006	Żyto	–	Ziemniaki	0,41	Pszenica	3,38	Rzepak	1,50	3,32
	Inne uprawy	0,82	Buraki	0,28	Jęczmień	3,0	Pszenżyto	0,18	
			Owies	0,79					

Tabela 4 – cd.

1	2		3		4		5		6	
	Rozwiązanie modelu dla $p = 1$									
	Pole I (ha)		Pole II (ha)		Pole III (ha)		Pole IV (ha)		Dzierżawa (ha)	
2003	Ziemniaki	0,18	Pszenica	2,72	Rzepak	1,31	Żyto	–	Zboża	2,89
	Buraki	0,29	Jęczmień	–	Pszenżyto	2,07	Inne uprawy	1,89	Buraki	0,12
	Owies	3,05								
2004	Pszenica	2,87	Rzepak	1,39	Żyto	1,71	Ziemniaki	0,23	Zboża	2,34
	Jęczmień	0,65	Pszenżyto	1,33	Inne uprawy	1,67	Buraki	0,28	Buraki	0,07
							Owies	1,38		
2005	Rzepak	1,26	Żyto	1,18	Ziemniaki	–	Pszenica	1,89	Zboża	2,33
	Pszenżyto	2,26	Inne uprawy	1,54	Buraki	0,28	Jęczmień	–	Ziemniaki	0,14
					Owies	3,1			Buraki	0,05
2006	Żyto	2,51	Ziemniaki	–	Pszenica	3,38	Rzepak	1,84	Zboża	3,76
	Inne uprawy	1,1	Buraki	0,34	Jęczmień	–	Pszenżyto	0,05	Ziemniaki	1,23
			Owies	2,38					Buraki	0,25

Źródło: obliczenia własne za pomocą pakietu MATLAB.

Produkcja zwierzęca znacznie zwiększyła jednostkowy dochód rolniczy. Był on, w modelu z całkowitą realizacją niewykorzystanych roboczogodzin, ponad dwukrotnie wyższy niż w podobnym modelu, ale dotyczącym tylko produkcji roślinnej. Z rozwiązania optymalnego wynika, że hodowla bydła była opłacalna we wszystkich analizowanych latach, a stado co roku liczyło: 4 krowy, 3,92 cieląt (współczynnik wcieleń 0,98), 3,12 sztuki młodego bydła opasowego, 0,8 jałówki remontowej i krowy wybrakowanej (pięcioletni okres użytkowania sztuki dorosłej). Ułamkowe wielkości poszczególnych sztuk świadczą o nieprzebywaniu danego zwierzęcia przez cały rok w gospodarstwie. Chów trzody chlewnej był opłacalny tylko w dwóch pierwszych, badanych latach. W 2003 roku stado liczyło 4 maciory, 64 prosięta, 62 tuczniki, 1 loszkę remontową i 1 lochę wybrakowaną. W 2004 roku stan trzody zmniejszył się do: 3 macior, 48 prosiąt i 62 tuczników a w 2005 r. pozostało tylko 46 tuczników przeklasowanych z prosiąt z roku ubiegłego.

WNIOSKI

1. Modele z losowymi ograniczeniami pokazują niewykorzystane czynniki produkcji i możliwości ich realizacji. Ich dwuetapowe rozwiązanie powoduje znaczne zwiększenie rozmiarów zadania. Można je rozwiązać za pomocą programu komputerowego MATLAB.

2. Pełna realizacja niewykorzystanych roboczogodzin daje możliwości wydzierżawienia dodatkowej powierzchni gruntów ornych. Gospodarstwa zajmujące się produkcją roślinną mogą zwiększyć swój areal trzykrotnie. Gospodarstwa zajmujące się produkcją roślinną i zwierzęcą mogą zwiększyć swoją powierzchnię tylko o 12,7%.

3. Produkcja zwierzęca zwiększa dochód rolniczy z jednego hektara gruntów ornych o 73,04% w sytuacji niewykorzystanych roboczogodzin, a gdy zatrudnienie jest pełne – 2,5-krotnie.

4. Jednostkowy dochód rolniczy spada wraz ze wzrostem powierzchni gruntów ornych. Wynika to głównie z dodatkowych kosztów ciężących na gruntach dzierżawionych (opłata za dzierżawę, podatek gruntowy).

LITERATURA

- Bellman R., Dreyfus S., 1967. Programowanie dynamiczne. PWE, Warszawa.
- Grabowski W., 1980. Programowanie matematyczne. PWE, Warszawa.
- Kalkulacje Rolnicze (biuletyn), 2003, 2004, 2005, 2006. Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Barzkowice.
- Krawiec B., 1991. Metody optymalizacji w rolnictwie. PWN, Łódź.
- Tintner C., Sengupta K., 1972. Stochastic Economics. Academic Press, New York.
- Paudyal G.N., Gupta A., 2003. A nonlinear chance constrained model for irrigation planning. *Agricultural Water Management* 18, 2, 87-100.
- Wąs A., 2005. Model optymalizacyjny rolnictwa (na przykładzie gminy Kobylnica). Rozprawa doktorska. SGGW, Warszawa.
- Zaród J., 2008. Programowanie liniowo-dynamiczne jako narzędzie analizujące zmiany w funkcjonowaniu gospodarstw rolnych. *Wyd. UŁ, Łódź*, 429-435.
- Zieliński M., 2009. Optymalizacja decyzji inwestycyjnych w gospodarstwie zbożowym. *J. Agribus. Rural Dev.* 2 (12), 295-301.
- Program Operacyjny Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013. 2005. www.fundusze-strukturalne.gov.pl [dostęp: 15.03.2011].