

Jadwiga Zaród

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

**WYKORZYSTANIE DYNAMICZNYCH MODELI
OPTYMALIZACYJNYCH ZE STOCHASTYCZNYMI
OGROANICZENIAMI DO PLANOWANIA PRODUKCJI
W GOSPODARSTWACH ROLNYCH**

*USE OF DYNAMIC OPTIMIZATION MODEL WITH STOCHASTIC FREE
PARAMETERS FOR PLANNING AGRICULTURE PRODUCTION ON FARMS*

Słowa kluczowe: modele dynamiczne, programowanie stochastyczne, dochód rolniczy

Key words: dynamic model, stochastic programming, farm income

Synopsis. Wszystkie gospodarstwa rolne województwa zachodniopomorskiego pogrupowano, ze względu na powierzchnię, w osiem grup arealowych (1-5, >5-10, >10-15, >15-20, >20-30, >30-50, >50-200 i powyżej 200 ha). Dla każdej grupy zbudowano dynamiczny model optymalizacyjny z losowymi ograniczeniami. Modele rozwiązano za pomocą pakietu MATLAB (po dopisaniu aplikacji umożliwiających rozwiązywanie modeli programowania stochastycznego). Wyniki rozwiązań zawierają dokładną powierzchnię poszczególnych upraw i gruntów ugorowanych, dochód rolniczy osiągnięty w czterech analizowanych latach oraz wskazują nadmiar lub niedobór środków produkcji w gospodarstwach rolnych. Celem tej pracy było pokazanie możliwości zagospodarowania niewykorzystanych zasobów w rolnictwie. Realizację tego celu umożliwiają modele optymalizacyjne z losowymi wyrazami wolnymi.

Wstęp

W wyniku przekształceń strukturalnych w Polsce obszary wiejskie zostały dotknięte problemem bezrobocia. Według Głównego Urzędu Statystycznego w 2005 r. 41,4% bezrobotnych stanowili mieszkańcy wsi. W rolnictwie indywidualnym ok. miliona osób nie znajduje zatrudnienia i stanowi tzw. bezrobocie ukryte, zaś ok. 70% osób pracuje w niepełnym wymiarze czasu pracy. Sytuację taką potęguje fakt, iż właściciele gospodarstw rolnych o powierzchni użytków rolnych powyżej 2 ha przeliczeniowych nie są uznawani za bezrobotnych. Problem ten nie ominął województwa zachodniopomorskiego, gdzie stopa bezrobocia na wsi wynosi 27,4% i jest jedną z najwyższych w kraju. Jednak zatrudnienie na 100 ha użytków rolnych jest niskie i wynosi 7,1 osoby (w województwie małopolskim 53,9 a w podkarpackim 47). Wynika to z niskiego poziomu zatrudnienia w stosunku do powierzchni użytków rolnych, których znaczna część należy do Agencji Nieruchomości Rolnej.

Znajomość struktury użytkowania gruntów rolnych i zatrudnienia w rolnictwie województwa zachodniopomorskiego sugeruje możliwość planowania produkcji za pomocą dynamicznych modeli z losowymi ograniczeniami. Wskazują one jak zrealizować niewykorzystane czynniki produkcji i zwiększyć dochodowość gospodarstw rolnych.

Celem tej pracy jest pokazanie możliwości zagospodarowania niewykorzystanych roboczogodzin poprzez wydzierżawienie dodatkowych gruntów (np. z ANR). Modele programowania stochastycznego pozwolą ustalić, przy różnym prawdopodobieństwie realizacji niewykorzystanych zasobów, taką strukturę produkcji, która daje najwyższy dochód. Jedną z pierwszych prac pokazujących rozwiązania zadań z ograniczeniami w formie prawdopodobieństw była praca Sengupty i Tintnera [1972]. Teoretyczne podstawy budowy modeli z losowymi ograniczeniami przedstawił Krawiec [1991].

Material i metodyka badań

Wszystkie gospodarstwa rolne województwa zachodniopomorskiego (ok. 60tys.) podzielono na osiem grup arealowych: 1-5, >5-10, >10-15, >15-20, >20-30, >30-50, >50-200, >200 ha. Podział taki stosowany jest przez GUS w Banku Danych Regionalnych z zakresu rolnictwa. Dla każdej grupy zebrano informacje dotyczące powierzchni gruntów ornych, struktury zasiewów, zatrudnienia, nawożenia, jednostkowych wydajności i nakładów oraz cen plodów rolnych, środków produkcji i usług w latach 2003-2006.

Zebrane dane zostały wykorzystane do budowy dynamicznych modeli optymalizacyjnych z losowymi ograniczeniami. Ogólny zapis stochastycznego modelu z losowymi wyrazami wolnymi [Krawiec 1991] ma postać:

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

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

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

gdzie:

A – parametry techniczno-ekonomiczne,

x – zmienne decyzyjne,

c – współczynniki funkcji celu,

b – wektor losowy o znanym rozkładzie prawdopodobieństwa.

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:

$$a_i x_i = b_i, \quad a_i x_i > b_i, \quad a_i x_i < b_i$$

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 obciążony jest kosztami k_i . Model taki rozwiązuje się dwuetapowo. W I etapie przyjmuje się umownie, że zmienne losowe w wektorze ograniczeń przyjmują jakieś zdeterminowane wartości (najczęściej na poziomie ich wartości oczekiwanych). Następnie za pomocą klasycznego modelu programowania liniowego [Grabowski, 1980] wyznacza się rozwiązanie optymalne. W II 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 pierwszego etapu, a B oznacza 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 otrzymamy rozwiązując model:

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

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

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

gdzie: y i b są wektorami losowymi.

Wynikiem rozwiązania jest wektor zmiennych decyzyjnych x^* i oczekiwanych odchyłeń od realizacji y^* , przy tym koszty odchyłeń 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 budowane są na zasadzie rekurencyjnych równań Bellmana [Bellman, Dryfus, 1980].

Dynamiczne modele gospodarstw rolnych z losowymi wyrazami wolnymi

Na podstawie danych zbudowano po cztery modele programowania liniowego dla każdej grupy arealowej. Modele dla danej grupy połączono ze sobą za pomocą warunków bilansowych (wspólnych), dotyczących zmianowania roślin [Zaród 2008]. W ten sposób powstało osiem dynamicznych modeli, składających się z czterech bloków (każdy rok to oddzielny blok). Funkcją celu wszystkich 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 [Kalkulacje rolnicze... 2003-2006]. Dochód rolniczy w latach 2004-2005 uwzględniał dotacje bezpośrednie i uzupełniające, a w roku 2006 dodatkowo jeszcze dopłaty cukrowe. Ze względu na istniejące rezerwy siły roboczej i możliwości wydzierżawienia dodatkowej powierzchni gruntów ornych do planowania produkcji wykorzystano modele optymalizacyjne z losowymi ograniczeniami. Pierwszy etap rozwiązywania tych

modeli (metoda programowania liniowego) wskazał, oprócz powierzchni poszczególnych upraw i wysokości dochodu, liczbę niewykorzystanych roboczogodzin nawet w okresach zwiększonego zapotrzebowania na siłę roboczą (wiosenne prace pielęgnacyjne, żniwa, wykopki).

Drugi etap polegał na wprowadzeniu do modeli nowych zmiennych, które dotyczyły wydzierżawienia dodatkowej powierzchni gruntów ornych. Funkcja celu tych zmiennych była obciążona zwiększonymi kosztami, wynikającymi z opłat dzierżawnych i podatku gruntowego. Ponadto, realizację ograniczeń, dotyczących roboczogodzin, przyjmowały wartości z przedziału (d_1 ; d_2), gdzie d_1 oznacza liczbę roboczogodzin niezbędną do utrzymania produkcji na poziomie wyznaczonym przez model programowania liniowego, d_2 rzeczywistą liczbę roboczogodzin w gospodarstwie rolnym. Założono, że niewykorzystane roboczogodziny mogą być realizowane z prawdopodobieństwem $p_i = 0,25; 0,50; 0,75, 1$ (niepełna realizacja może być spowodowana np. wychowaniem dzieci, pracą dorywczą poza rolnictwem).

Wyniki rozwiązań modeli gospodarstw rolnych z losowymi ograniczeniami

Rozwiązania optymalne (uzyskane za pomocą programu MATLAB) modeli przeciętnych gospodarstw rolnych w grupach arealowych wykazały duże możliwości zwiększenia powierzchni gruntów ornych w związku z istniejącymi rezerwami sił roboczych. Dla każdej grupy uzyskano 5 różnych rozwiązań, wskazujących możliwości zwiększenia powierzchni i dochodu rolniczego (tab. 1). Prawdopodobieństwo realizacji niewykorzystanych roboczogodzin równe zero dotyczy rozwiązania optymalnego modelu liniowego.

Powierzchnia gruntów ornych w grupie 1-5 ha może wzrosnąć o ok. 3 ha, w grupie >5-10 ha – ok. 4,7 ha, w grupie >10-15 ha – ok. 7,5 ha, w grupie >15-20 ha – ok. 12 ha, w grupie >20-30 ha – ok. 14,5 ha, w grupie >30-50 ha – ok. 22 ha, w grupie >50-200 ha – ok. 60 ha, a w grupie >200 ha – ok. 425 ha w stosunku do rozwiązania optymalnego modelu liniowego. Wydzierżawiony areal należy przeznaczyć pod uprawę żyta i roślin okopowych. Pełna realizacja niewykorzystanych roboczogodzin zwiększy dochód rolniczy o ok. 60% z wyjątkiem grup 1-5 ha i powyżej 200 ha, gdzie dochód może wzrosnąć aż o 124%. Tak wysoki wzrost dochodów zapewnia postawiona funkcja celu, która wymusza dzierżawienie gruntów pod uprawę roślin o niskich kosztach produkcji albo przynoszących wysokie dochody. Analizę porównawczą dochodów, uzyskiwanych w czterech kolejnych latach, w danej grupie i pomiędzy grupami umożliwia ich przeliczenie na 1 hektar gruntów ornych (rys. 1 i 2).

Najwyższe jednostkowe dochody rolnicze uzyskano w grupie arealowej 30-50 i 10-15 ha, a najniższe powyżej 200 ha i od 1-5 ha. Przy pełnym wykorzystaniu rezerw zatrudnienia dochód przeliczony na 1 ha gruntów ornych maleje (z wyjątkiem grupy >200 ha) od 0,3% (w grupie 50-200 ha) do 7,8% (w grupie 30-50 ha) w stosunku do rozwiązań modeli deterministycznych.

Tabela 1 Powierzchnia gruntów ornych i dochód z rozwiązań optymalnych
Table 1. Area of arable land and the income from the optimal solutions

Grupa obszarowa gospodarstw [ha]/Area groups [ha]		Prawdopodobieństwo realizacji niewykorzystanych roboczogodzin/ Probability of realization of unused man-hours				
		$p = 0$	$p = 0,25$	$p = 0,50$	$p = 0,75$	$p = 1$
1-5	GO* [ha]	2,53	3,28	4,02	4,96	5,70
	DR* [zł]	9 134,56	11 709,02	14 889,58	17 880,44	20 448,11
>5-10	GO [ha]	7,05	8,75	9,42	10,59	11,77
	DR [zł]	28873,67	33 415,86	37 988,76	42 546,86	47 088,83
>10-15	GO [ha]	11,74	13,68	15,50	17,40	19,28
	DR [zł]	52 142,31	59 524,14	68 805,17	74 066,97	81 304,40
>15-20	GO [ha]	16,51	19,45	22,31	25,19	28,48
	DR [zł]	71 690,89	83 674,28	95 378,18	107 081,33	117966,29
>20-30	GO [ha]	23,12	26,67	30,19	33,69	37,70
	DR [zł]	97 677,80	111 373,23	125 349,63	139 227,50	152 071,25
>30-50	GO [ha]	35,56	40,48	45,40	50,69	57,87
	DR [zł]	162 338,11	184 157,49	205 843,80	226 691,32	243 632,57
>50-200	GO [ha]	87,35	99,64	112,38	128,48	147,81
	DR [zł]	343 565,13	409 118,83	476 163,05	534 631,21	587 048,63
>200	GO [ha]	546,34	638,34	718,08	825,47	971,30
	DR [zł]	1 534 788,53	2 041 683,31	2 561 560,60	3 022 926,67	3 439 928,12

GO* – powierzchnia gruntów ornych (ha), DR* – dochód rolniczy (zł)/*Explanatims: GO* – area of arable land (ha), DR* – farm income (PLN)*

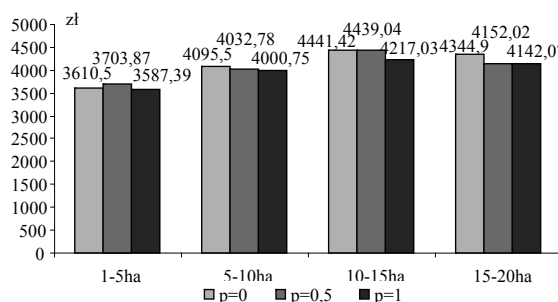
Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 2. Zmianowanie i powierzchnia upraw w rozwiązaniach optymalnych (grupa arealowa > 10-15 ha)
Table 2. Rotation and area of crops in optimal solutions (area group >10-15 ha)

Rok/ Year	Rozwiązanie modelu z etapu I/Solution of model from step I				
	Pole I/Field I	Pole II/Field II	Pole III/Field III	Pole IV/Field VI	Odlogi/Fallows
2003	Ziemniaki 0,58 ha/ Potatoes Buraki/Beats Owies 1,08 ha/ Oats	Pszenica 1,48 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,35 ha/ Rape Pszenżyto 1,13 ha/ Triticale	Żyto 2,01 ha/Rye Inne uprawy 1,16 ha/ Other crops	3,83 ha
2004	Pszenica 1,66 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,34 ha/Rape Pszenżyto 1,13 ha/ Triticale	Żyto/Rye Inne uprawy 1,48 ha/ Other crops	Ziemniaki 0,57/ Potatoes Buraki/Beats Owies 2,6 ha/Oats	3,65 ha
2005	Rzepak 0,37 ha/ Rape Pszenżyto 1,29 ha/ Triticale	Żyto/Rye Inne uprawy 1,48 ha/ Other crops	Ziemniaki 0,49 ha/ Potatoes Buraki/Beats Owies 0,99 ha/ Oats	Pszenica 1,57 ha/ Wheat Jęczmień 1,6 ha/ Barley	4,52 ha
2006	Żyto 0,5 ha/Rye Inne uprawy 1,16 ha/ Other crops	Ziemniaki 0,47 ha/ Potatoes Buraki/Beats Owies/Oats 1,01 ha	Pszenica 1,48 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,46 ha/ Rape Pszenżyto 2,71 ha/ Triticale	3,81 ha/
Rozwiązanie modelu dla $p = 0,5$/Solution of model for $p = 0,5$					
	Pole I/Field I	Pole II/Field II	Pole III/Field III	Pole IV/Field IV	Dzierżawa/Lease
2003	Ziemniaki 0,58 ha/ Potatoes Buraki/Beats Owies 1,08 ha/Oats	Pszenica 1,48 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,45 ha/ Rape Pszenżyto 1,03/ Triticale	Żyto 3,81 ha/Rye Inne uprawy 1,17 ha/ Other crops	Zboża 4,99 ha/ Cereals Ziemniaki 0,51 ha/ Potatoes
2004	Pszenica 1,66 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,46 ha/ Rape Pszenżyto 1,02 ha/ Triticale	Żyto/Rye Inne uprawy 1,48 ha/ Other crops	Ziemniaki/Potatoes Buraki/Beats Owies 4,98 ha/Oats	Zboża 4,4 ha/Cereals Ziemniaki 1,36 ha/ Potatoes
2005	Rzepak 0,49 ha/Rape Pszenżyto 1,17 ha/ Triticale	Żyto/Rye Inne uprawy 1,48 ha/ Other crops	Ziemniaki/Potatoes Buraki/Beats Owies 1,48 ha/Oats	Pszenica 1,57 ha/ Wheat Jęczmień 3,41 ha/ Barley	Zboża 5,42 ha/ Cereals Buraki 1,17 ha/ Beats
2006	Żyto 0,5 ha/Rye Inne uprawy 1,16 ha/ Other crops	Ziemniaki/ Potatoes Buraki/Beats Owies 1,48 ha/Oats	Pszenica 1,48 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,62 ha/ Rape Pszenżyto 4,36 ha/ Triticale	Zboża 4,89 ha/ Cereals Buraki 1,02 ha/ Beats
Rozwiązanie modelu dla $p = 1$/Solution of model for $p = 1$					
	Pole I/Field I	Pole II/Field II	Pole III/Field III	Pole IV/Field IV	Dzierżawa/Lease
2003	Ziemniaki 0,58 ha/ Potatoes Buraki/Beats Owies 1,08 ha/Oats	Pszenica 1,5 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,56 ha/ Rape Pszenżyto 0,92 ha/ Triticale	Żyto 5,64 ha/Rye Inne uprawy 1,17 ha/ Other crops	Zboża 5,94 ha/ Cereals Ziemniaki 1,27 ha/ Potatoes
2004	Pszenica 1,66 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,58 ha/Rape Pszenżyto 0,9 ha/ Triticale	Żyto/Rye Inne uprawy 1,48 ha/ Other crops	Ziemniaki/Potatoes Buraki/Beats Owies 6,81 ha/Oats	Zboża 5,68 ha/ Cereals Ziemniaki 2,13 ha/ Potatoes
2005	Rzepak 0,6 ha/Rape Pszenżyto 1,06/ Triticale	Żyto/Rye Inne uprawy 1,48 ha/ Other crops	Ziemniaki/Potatoes Buraki/Beats Owies 1,48 ha/Oats	Pszenica 1,57 ha/ Wheat Jęczmień 5,24 ha/ Barley	Zboża 6,71 ha/ Cereals Buraki 1,87 ha/ Beats
2006	Żyto 0,5 ha/Rye Inne uprawy 1,16 ha/ Other crops	Ziemniaki/Potatoes Buraki/Beats Owies 1,48 ha/Oats	Pszenica 1,48 ha/ Wheat Jęczmień/Barley	Rzepak 0,77 ha/ Rape Pszenżyto 6,04 ha/ Triticale	Zboża 6,21 ha/ Cereals Buraki 1,59 ha/ Beats

Źródło: opracowanie własne
 Source: own study

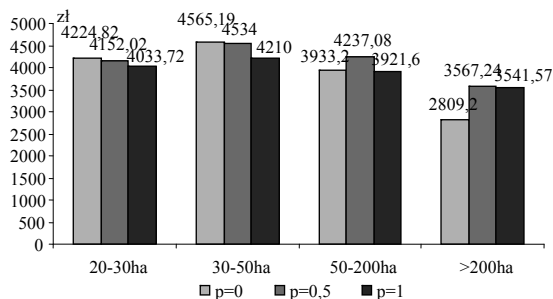


Rysunek 1. Jednostkowe dochody rolnicze

Figure 1. Unit farm incomes

Źródło: opracowanie własne

Source: own study



Rysunek 2. Jednostkowe dochody rolnicze

Figure 1. Unit farm incomes

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

przeznaczyć pod uprawę zbóż (stosunkowo niskie koszty uprawy) i roślin okopowych (najbardziej opłacalnych kierunków produkcji).

Wnioski

1. Rozwiązania optymalne modeli stochastycznych z losowymi ograniczeniami pokazują niewykorzystane czynniki produkcji i wskazują możliwości ich realizacji. Przedstawiają również plan i opłacalne kierunki produkcji co decyduje o strategii rozwoju obszarów wiejskich.
2. Zagospodarowanie niewykorzystanych roboczogodzin pozwala na wydzierżawienie dodatkowej powierzchni gruntów ornych. Gospodarstwa rolne różnych grup arealowych mogą zwiększyć swój areal od 63% (w grupie 20-30 ha) do 125% (w grupie 1-5 ha).
3. Pełna realizacja istniejącego zatrudnienia daje możliwość zwiększenia dochodu rolniczego o ok. 60%, a w grupach: 1-5 ha i powyżej 200 ha nawet o 124%.
4. Jednostkowe dochody rolnicze maleją wraz ze wzrostem powierzchni gospodarstw. Wynika to głównie z dodatkowych kosztów związanych z dzierżawieniem gruntów (opłata za dzierżawę, podatek gruntowy) oraz ze zmniejszającej się intensywności produkcji.

Literatura

- Bellman R., Dreyfus S. 1967: Programowanie dynamiczne. PWE, Warszawa, 256-261.
- Grabowski W. 1980: Programowanie Matematyczne. PWE, Warszawa, 112-158.
- Kalkulacje rolnicze (biuletyny), 2003, 2004, 2005, 2006: Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Barzkowice.
- Krawiec B. 1991: Metody optymalizacji w rolnictwie. PWN, Łódź, 41-76.
- Sengupta K., Tintner C. 1972: Stochastic Economics, Academic Press. New York and London,
- Program Opracujmy Rozwój Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013, Warszawa, [www.fundusze-strukturalne.gov.pl].
- Zaród J. 2008: Programowanie liniowo-dynamiczne jako narzędzie analizujące zmiany w funkcjonowaniu gospodarstw rolnych. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, 429-435.

Zwiększenie powierzchni gruntów ornych powoduje zmiany w strukturze zasiewów. Plan produkcji, uzyskany w wyniku rozwiązania modelu liniowego ($p = 0$) i dwóch modeli z losowymi ograniczeniami (o niepełnym ($p = 0,5$) i całkowitym ($p = 1$) zagospodarowaniu niewykorzystanych roboczogodzin) przedstawiono w tabeli 2. W rozwiązaniach tych spełniona jest zasada prawidłowego zmianowania roślin, a wielkości dotyczące powierzchni upraw przykładowo podano dla grupy arealowej $>10-15$ ha. W tej grupie zawiera się powierzchnia przeciętnego gospodarstwa rolnego w województwie a osiągnięte jednostkowe dochody rolnicze należą do jednych z najwyższych.

Ze względu na dużą ilość wyników nie da się przedstawić wszystkich rozwiązań tej i innych grup arealowych. W każdym rozwiązaniu optymalnym dynamicznego modelu deterministycznego występują odłogi. Wynikają one z rzeczywistej struktury użytkowania gruntów w województwie zachodniopomorskim. W 2003 roku były one obciążone podatkiem gruntowym, a w pozostałych latach przysługiwały im dopłaty bezpośrednie (założono, że są utrzymane w dobrej kulturze rolnej). Modele z losowymi ograniczeniami, wykorzystując istniejące zatrudnienie w gospodarstwach rolnych, pozwalają zagospodarować ziemię odlogowaną i wydzierżawić dodatkową powierzchnię gruntów ornych. Areal ten należy

Summary

All agricultural farms in Zachodniopomorskie Province were divided into eight area groups: 1-5, >5-10, >10-15, >15-20, >20-30, >30-50, >50-200 and >200 ha. A dynamic optimization model with random restrictions was created for each group. The models were solved by means of MATLAB package (with upgrading application for solving stochastic programming models). The results contain the exact sizes of particular crops and fallows, agriculture income achieved in the four years of analysis and indicate an excess or shortage of means of production on agricultural farms. The purpose of this article is to show the possibilities how to bring into cultivation an unused resources in agriculture. The realization of this purpose allows an optimization models with random free parameters.

Adres do korespondencji:

dr inż. Jadwiga Zaród
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Katedra Zastosowań Matematyki w Ekonomii
71-270 Szczecin
ul. Janickiego 31
tel. (91) 311 23 31
e-mail: jzarod@zut.edu.pl