

**Jadwiga Zaród**

*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

**WPLYW WARUNKÓW PRZYRODNICZYCH I EKONOMICZNYCH  
NA WYSOKOŚĆ DOCHODÓW ROLNICZYCH W RÓŻNYCH  
REJONACH WOJEWÓDZTWA ZACHODNIOPOMORSKIEGO\***

*THE IMPACT OF NATURAL AND ECONOMIC CONDITIONS  
ON THE AMOUNT OF AGRICULTURAL INCOME IN DIFFERENT  
REGIONS OF ZACHODNIOPOMORSKIE PROVINCE*

**Słowa kluczowe: dochód rolniczy, ryzyko, modele programowania stochastycznego, rejony**  
*Key words: farm income, risk, stochastic programming models, divisions*

**Synopsis.** Województwo zachodniopomorskie zostało podzielone na 10 rejonów za pomocą analizy dyskryminacyjnej. Podstawą podziału były warunki przyrodnicze wpływające na produkcję rolniczą. Dla każdego rejonu zbudowano dynamiczny model optymalizacyjny ze stochastycznymi parametrami funkcji celu. Do rozwiązywania tych modeli wykorzystano trzy algorytmy: maksymalizujący dochód rolniczy, minimalizujący ryzyko jego osiągnięcia i minimalizujący ryzyko uzyskania dochodu z określonego przedziału. Wyniki rozwiązań przedstawiają optymalną strukturę upraw, opłacalne kierunki produkcji, najwyższy dochód, jaki można osiągnąć w danych warunkach oraz ryzyko jego realizacji. Celem pracy jest ukazanie zróżnicowania dochodów rolniczych pomiędzy rejonami województwa zachodniopomorskiego w zależności od warunków przyrodniczych i ekonomicznych w ciągu czterech lat. Badania takie umożliwią dynamiczne modele programowania liniowego i kwadratowego.

### **Wstęp**

Rozwój rolnictwa determinują zarówno warunki wewnętrzne dotyczące klimatu, uwodnienia, jakości gleb, rzeźby terenu, jak i zewnętrzne, za które przyjęto ceny środków produkcji, usług, zbytu ziemiopłodów i produktów pochodzenia zwierzęcego oraz dopłaty unijne. W województwie zachodniopomorskim czynniki wewnętrzne, a zwłaszcza gleb wykazują duże zróżnicowanie – od lekkich piasków do bagiennych mokradeł, od gleb klasy I do nieużytków. Warunki naturalne stały się podstawą do podziału województwa (regionu) na rejony przydatności rolniczej. Natomiast czynniki ekonomiczne pozwolą oszacować jednostkowy dochód rolniczy dla wszystkich działalności w poszczególnych rejonach.

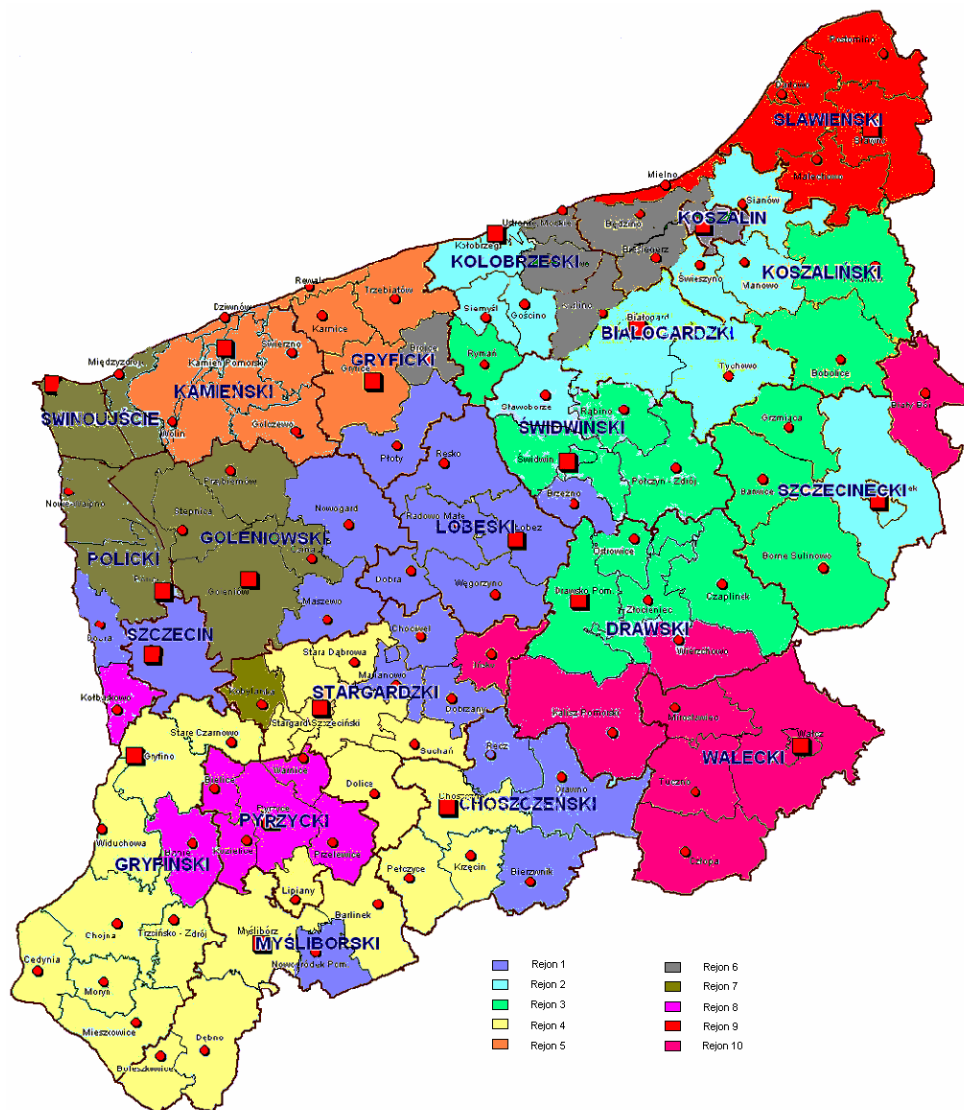
Celem tej pracy jest ustalenie opłacalności produkcji rolniczej i ryzyka związanego z realizacją zamierzonego celu w 10 rejonach województwa zachodniopomorskiego za okres czterech lat. Badania te umożliwią dynamiczne modele optymalizacyjne programowania liniowego i kwadratowego. Optymalizacją produkcji rolniczej zajmowali się m.in.: Krawiec [1991], Jeleniewska [1993], Krupa [1995] i Wąs [2005]. Były to głównie prace z modelami deterministycznymi bądź stochastycznymi. Opracowanie to łączy programowanie dynamiczne z programowaniem o losowych parametrach funkcji celu.

### **Metody badawcze**

Informacje zawarte w opracowaniu IUNG w Puławach [Stuczyński i in. 2000], a dotyczące jakości gleb, agroklimatu, rzeźby terenu, warunków wodnych i ogólnego wskaźnika jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej posłużyły do podziału województwa na 10 rejonów o zbliżonej przydatności rolniczej (rys. 1). Podziału dokonano za pomocą funkcji klasyfikacyjnej analizy dyskryminacyjnej [Zaród 2009].

---

\* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy.



**Rysunek 1. Podział województwa zachodniopomorskiego na rejony**  
 Źródło: opracowanie własne.

Dla każdego rejonu zbudowano dynamiczny model optymalizacyjny dla lat 2003-2006 ze stochastycznymi parametrami funkcji celu. Warunki bilansowe tego modelu dzielą się na warunki wewnętrzne, dotyczące danego roku oraz warunki wiążące (wspólne) zbudowane na zasadzie równań rekurencyjnych [Zaród 2008]. Ograniczenia wspólne dotyczą zmianowania roślin. Informacje niezbędne do budowy modeli (ich wartości przeciętne stanowiące parametry techniczno-ekonomiczne i wyrazy wolne) pochodzą z baz danych Głównego Urzędu Statystycznego, Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa oraz Zachodniopomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego. Do obliczenia jednostkowych dochodów produkcji roślinnej w każdym rejonie wykorzystano biuletyny ZODR [Kalkulacje rolnicze 2003-2006]. W modelach nie uwzględniono produkcji zwierzęcej, gdyż tylko około 16% gospodarstw rolnych w województwie zajmuje się hodowlą zwierząt i nie ma ona bezpośredniego, losowego charakteru.

Istnieje kilka podejść rozwiązywania modeli z losową funkcją celu. Do optymalizacji dochodu rolniczego zostaną wykorzystane trzy wersje: model E, V i VE [Krawiec 1991]. W modelu E rozwiązywany jest zdeterminowany, dynamiczny problem liniowy o postaci:

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

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

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

gdzie:

$A$  – parametry techniczno-ekonomiczne,

$b$  – wyraz wolny,

$x$  – zmienne decyzyjne,

$c$  – współczynniki funkcji celu (w tym przypadku jednostkowy dochód rolniczy).

Wynikiem rozwiązania jest wektor zmiennych decyzyjnych  $x_E$  przedstawiający optymalną strukturę zasiewów oraz maksymalna wartość oczekiwana dochodu rolniczego  $d_E$  jaką można w danych warunkach osiągnąć. Losowość funkcji celu określa wariancja, która jest miarą ryzyka realizacji dochodu, wyrażona wzorem:

$$\sigma_E^2 = x_E^T S x_E \quad (4)$$

gdzie:

$S$  – macierz wariancji i kowariancji dochodów rolniczych w poszczególnych rejonach.

W modelu V warunek brzegowy i ograniczenia są takie same jak w modelu E. Natomiast funkcja celu jest wariancją zmiennej losowej, którą należy minimalizować:

$$F(x) = x^T S x \rightarrow \min \quad (5)$$

Kryterium (5) jest formą kwadratową a więc rozwiązanie modelu V wymaga zastosowania algorytmu programowania kwadratowego. Wynikiem rozwiązania jest wektor zmiennych decyzyjnych  $x_V$  i minimalne ryzyko  $\sigma_V$  uzyskania dochodu przy uwzględnionych warunkach. Wartość dochodu obliczana jest na podstawie wzoru:

$$d_V = c^T x_V \quad (6)$$

W modelu VE do warunków bilansowych (1) wprowadzono dodatkowe ograniczenie na wartość oczekiwaną dochodu o postaci:

$$c^T x \geq d_i \quad (7)$$

gdzie:

$d_i$  – dochód rolniczy, który przyjmuje wartości z przedziału  $\langle d_V, d_E \rangle$ .

Pozwala to wyznaczyć zbiór rozwiązań, w którym dolną granicę dochodu wyznacza model V, a górną model E. Funkcja celu i wartość dochodu w modelu VE są obliczane identycznie jak w modelu V, czyli za pomocą programowania kwadratowego.

## Wyniki badań i dyskusja

Dla każdego rejonu zbudowano i rozwiązano model E i V oraz sześć modeli VE (przedział wyznaczony przez dochód z modelu V i E podzielono na 5 części). Ze względów technicznych (rozwiązano 80 modeli o 44 zmiennych decyzyjnych i 47 warunkach ograniczających) nie zostaną zamieszczone dokładne wyniki badań. Zboża ogółem w rozwiązaniach optymalnych zajmowały ponad 50% gruntów ornych, rośliny okopowe – ok. 10%, rzepak – ok. 10%, inne uprawy od 0,5 do 9%, a pozostałe grunty orne były odłogowane. Najbardziej opłacalne kierunki produkcji to: uprawa pszenicy, rzepaku, buraków cukrowych i ziemniaków. Najniższy dochód uzyskano we wszystkich rejonach w 2003 r. Zdecydowały o tym głównie warunki agroklimatyczne. Brak pokrywy śnieżnej i niskie temperatury sprawiły, że stopień przezimowania roślin ozimych był słaby lub dostateczny (2-3 stopnie kwalifikacyjne w skali od 1 do 5). Dojrzewanie i zbiory zbóż oraz rzepaku utrudniały obfite deszcze w miesiącu lipcu. Mała ilość opadów w całym okresie wegetacji roślin spowodowała, że plony upraw okopowych były znacznie niższe od przeciętnych, wieloletnich. W 2004 roku warunki

pogodowe były wyjątkowo sprzyjające produkcji rolniczej, co przyczyniło się do wzrostu wydajności ziemiopłodów. Dodatkowo dopłaty przysługujące Polsce po przystąpieniu do Unii Europejskiej zwiększyły dochód rolniczy gospodarstw. Porównywalne warunki opadowo-termiczne panowały w 2005 r., a nieco niższe plony były zapewne konsekwencją zmniejszonego o ok. 5% nawożeniem NPK. Warunki agroklimatyczne w 2006 roku były zbliżone do 2003 roku, ale obfite opady w sierpniu korzystnie wpłynęły na rozwój roślin okopowych. Ponadto, dotacje unijne sprawiły, że dochody były zdecydowanie wyższe.

W modelach w analizowanych latach uwzględniono rzeczywiste: dawki nawożenia mineralnego, ceny środków produkcji, usług oraz sprzedaży ziemiopłodów w województwie zachodniopomorskim. Wahały się one nieznacznie, a więc nie spowodowały dużych różnic w dochodach rolniczych.

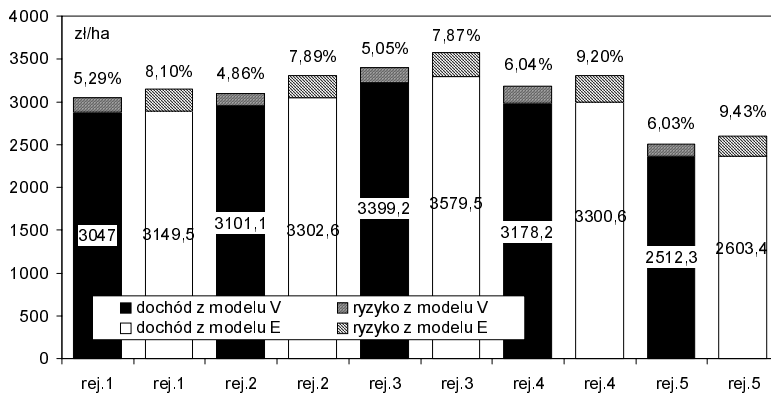
Wysokość dochodów rolniczych łącznie w czterech badanych latach (wartość oczekiwana) oraz ryzyko ich osiągnięcia (odchylenie standardowe) w poszczególnych rejonach dla wszystkich modeli przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wartość oczekiwana i odchylenie standardowe w rozwiązaniach optymalnych

Modele	Wartość oczekiwana i odchylenie standardowe [zł]						
	V=VE <sub>1</sub>	VE <sub>2</sub>	VE <sub>3</sub>	VE <sub>4</sub>	VE <sub>5</sub>	VE <sub>6</sub>	E
1. GO*	13,61	13,61	13,61	13,61	13,61	13,61	13,61
dochód	41 469,80	41 748,70	42 027,50	42 306,40	42 585,20	42 864,10	42 864,10
ryzyko	2194,50	2230,70	2266,90	2308,10	2349,90	2451,50	3466,90
2. GO	11,29	11,29	11,29	11,29	11,29	11,29	11,29
dochód	35 011,30	35 466,20	35 921,10	36 376,00	36 830,90	37 285,90	37 285,90
ryzyko	1703,10	1747,50	1800,80	1857,10	1915,40	2080,70	2942,60
3. GO	15,49	15,49	15,49	15,49	15,49	15,49	15,49
dochód	52 653,30	53 212,00	53 770,70	54 309,40	54 888,10	55 446,80	55 446,80
ryzyko	2658,50	2714,20	2775,70	2850,80	2938,50	3086,10	4364,30
4. GO	12,40	12,40	12,40	12,40	12,40	12,40	12,40
dochód	39 409,70	39 713,30	40 016,90	40 320,50	40 624,10	40 927,80	40 927,80
ryzyko	2380,70	2421,90	2463,30	2504,70	2567,30	2666,30	3770,70
5. GO	12,85	12,85	12,85	12,85	12,85	12,85	12,85
dochód	32 283,60	32 517,70	32 751,80	32 985,80	33 219,90	33 453,90	33 453,90
ryzyko	1948,60	1987,30	2026,10	2066,90	2113,50	2232,00	3156,50
6. GO	12,95	12,95	12,95	12,95	12,95	12,95	12,95
dochód	47 222,80	47 531,90	47 841,10	48 150,20	48 459,40	48 768,50	48 768,50
ryzyko	2317,20	2345,90	2375,20	2449,80	2537,10	2704,70	3812,50
7. GO	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
dochód	9262,30	9339,10	9415,90	9492,80	9569,60	9646,50	9646,50
ryzyko	394,50	404,90	415,50	426,10	436,80	445,40	635,00
8. GO	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06
dochód	61 294,10	61 550,70	61 807,40	62 064,10	62 320,70	62 577,40	62 577,40
ryzyko	3487,60	3515,30	3543,00	3596,20	3675,80	3757,90	5314,50
9. GO	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
dochód	24 524,20	24 740,10	24 955,90	25 171,70	25 387,60	25 603,40	25 603,40
ryzyko	1330,60	1359,60	1388,80	1417,90	1452,50	1567,90	2217,30
10. GO	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33
dochód	51 153,40	51 749,20	52 345,10	52 940,80	53 536,60	54 132,40	54 132,40
ryzyko	2643,80	2721,80	2799,90	2878,10	2960,10	3159,90	4316,90

\* GO – powierzchnia gruntów ornych przeciętnego gospodarstwa w rejonie

Źródło: obliczenia własne autora za pomocą pakietu MATLAB.

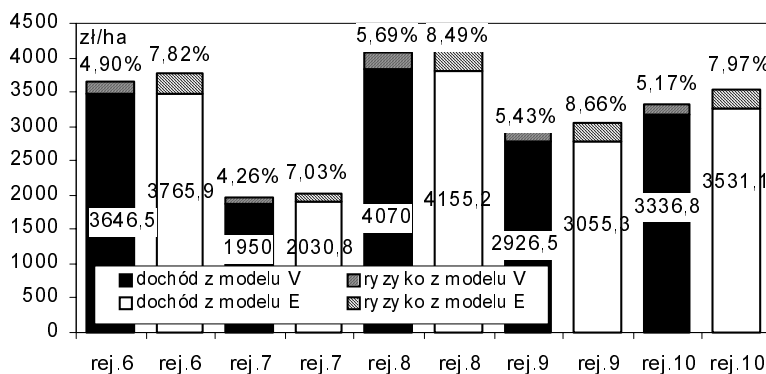


**Rysunek 2. Jednostkowe dochody i ryzyko w rejonach 1-5**  
Źródło: opracowanie własne.

Rozwiązania modeli VE, są identyczne jak modeli V ze względu na dolne ograniczenie dochodu oraz algorytm postępowania. W modelach VE, wraz ze wzrostem dochodów, wzrasta ryzyko ich realizacji. Wartość oczekiwana w modelach E jest najwyższa, ale i najbardziej niepewna w realizacji. Znacznie racjonalniejsze są rozwiązania modeli VE<sub>6</sub>, gdzie dochody są identyczne jak w modelach E (ze względu na górne ograniczenie) a odchylenia standardowe o około 30% niższe. Modele te ułatwiają podejmowanie decyzji produkcyjno-ekonomicznych w warunkach ryzyka.

Duże wahania dochodów i ich ryzyka pomiędzy rejonami, i wynikają z różnej powierzchni gruntów ornych i niejednakowych warunków przyrodniczych. Najkorzystniejsze warunki naturalne do produkcji rolniczej występują w rejonie 8 (pyrzyckim). Rejon ten obfituje w żyzne, bogate w próchnicę gleby brunatne i częściowo w czarne ziemie I-II klasy bonitacyjnej. Nieco gorsze warunki glebowe znajdują się w rejonach 6 i 4. Wysoki dochód w rejonie 3 otrzymano dzięki dużej powierzchni innych upraw (warzyw, truskawek). Najniższą przydatność rolniczą wykazują rejon: 7 i 5, gdyż występują tam nadmorskie, lekkie gleby piaszczyste (IV-V klasy bonitacyjnej). W rejonach tych znaczną część gruntów ornych ugorowano, w rejonie 5 – 38%, a w rejonie 7 aż 67%. Grunty ugorowane obniżają dochód rolniczy we wszystkich rejonach. W modelach w 2003 r. zostały one obciążone podatkiem gruntowym a w pozostałych latach przypisano im dopłaty bezpośrednie (założono, że były utrzymane w dobrej kulturze rolnej). W celach porównawczych przeliczono wartości oczekiwane i odchylenia standardowe modeli V i E na 1 ha gruntów ornych, a ich dokładną analizę przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

Najwyższy dochód jednostkowy uzyskano w rejonie 8, a najniższy w rejonie 7. W rejonach 1, 2, 4 i 9 dochody są porównywalne. Ryzyko realizacji dochodów w modelach V waha się od 4,86 do 6,03%. W modelach E ryzyko jest nieco większe, ale w żadnym rejonie nie przekracza 10%. Porównując dochody w obu typach modeli tego samego rejonu pomniejszone o ryzyko, można stwierdzić, że ich wartości różnią się nieznacznie.



**Rysunek 3. Jednostkowe dochody i ryzyko w rejonach 6-10**  
Źródło: opracowanie własne.

### Wnioski

1. Podział województwa zachodniopomorskiego na rejony grupuje gospodarstwa rolne o podobnych możliwościach produkcji rolniczej, co zmniejsza nakłady pracy i czas analiz.
2. Rozwiązania modeli optymalizacyjnych wyznaczają najkorzystniejszą strukturę zasiewów i optymalne kierunki produkcji rolniczej.
3. Programowanie stochastyczne umożliwia podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka. Ryzyko realizacji dochodów w żadnym rejonie nie przekracza 10%.
4. Wysokość dochodów w poszczególnych rejonach zależy głównie od warunków agroklimatycznych i glebowych.
5. Dochody rolnicze wyznaczone za pomocą kilku typów modeli dla tego samego rejonu, pomniejszone o ryzyko, są porównywalne.

### Literatura

- Jeleniewska E. 1993: Próba określenia reakcji przedsiębiorstwa rolniczego na zmieniające się warunki gospodarowania przy wykorzystaniu metody programowania liniowo-dynamicznego. SGGW, Warszawa.
- Kalkulacje rolnicze. 2003, 2004, 2005, 2006: Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Barzkowice.
- Krawiec B. 1991: Metody optymalizacji w rolnictwie. PWN, Łódź, s. 41-76.
- Krupa A. 1995: Próba zastosowania parametrycznego programowania liniowego do stymulacyjnego badania wpływu cen na strukturę organizacji gospodarstwa rolniczego. SGGW, Warszawa.
- Stuczyński T. i inni 2000: Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. IUNG Puławy. *Biuletyn Informacyjny*, nr 12.
- Wąs A. 2005: Model optymalizacyjny rolnictwa na przykładzie gminy Kobylnica. SGGW, Warszawa.
- Zaród J. 2008: Programowanie liniowo-dynamiczne jako narzędzie analizujące zmiany w funkcjonowaniu gospodarstw rolnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 429-435.
- Zaród J. 2009: Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do podziału województwa zachodniopomorskiego na rejony przydatności rolniczej. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, nr 3(13), s. 345-354.

### Summary

Zachodniopomorskie Province was divided into 10 regions by means of discriminant analysis. As a basis of the distribution the environmental conditions affecting agricultural production applied. A dynamic optimization model with the stochastic parameters of the objective function was created for each region. Three algorithms were used in order to solve these models: maximizing agricultural income, minimizing the risk of its achieving and minimizing the risk of obtaining income from a specific range. The results provide optimal solutions to cropping structure, the effective production directions, the maximum income that can be achieved under the given circumstances and the risk of its implementation. The purpose of this article is to present the diversity of agricultural income between the regions of Zachodniopomorskie Province, depending on the natural and economic conditions over the period of four years. Such studies are possible on the basis of dynamic models of linear and quadratic programming.

### Adres do korespondencji:

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