

TADEUSZ PALACZ
Centrum Obliczeniowe
Polskiej Akademii Nauk

*EKONOMETRYCZNY MODEL ROLNICTWA**

Konstrukcja modelu opiera się na przepływach międzygałęziowych oraz na programowaniu liniowym. Przemysł rolniczy stanowi w modelu integralną część rolnictwa. Konsekwentnie do tego założenia rolnictwo dzieli się na sferę produkcji surowca (rolnictwo sensu stricto) oraz na sferę przetwórczą (przetwarzanie, suszarnictwo itp.). Rolnictwo sensu stricto dzieli się na dwie gałęzie: produkcję roślinną i produkcję zwierzęcą. Każda z gałęzi dzieli się na „działalności produkcyjne”, a mianowicie w produkcji roślinnej na przykład uprawa pszenicy, ziemniaków, lnu; w produkcji zwierzęcej na przykład hodowla trzody chlewnej, bydła, drobiu itp. Strefa przetwórcza dzieli się również na dwie gałęzie — przetwórstwo produktów roślinnych oraz przetwórstwo produktów zwierzęcych. Każda z tych gałęzi również dzieli się na „działalności produkcyjne” (np. produkcja przetworów mlecznych, mąki, cukru). Przepływy towarowe między poszczególnymi gałęziami modelu są, zgodnie z założeniem, obrotem wewnątrzdziałowym. Dotyczy to przepływów towarowych z jednej gałęzi sfery surowca do drugiej, a także przepływów towarów ze sfery produkcji surowca do sfery przetwarzania.

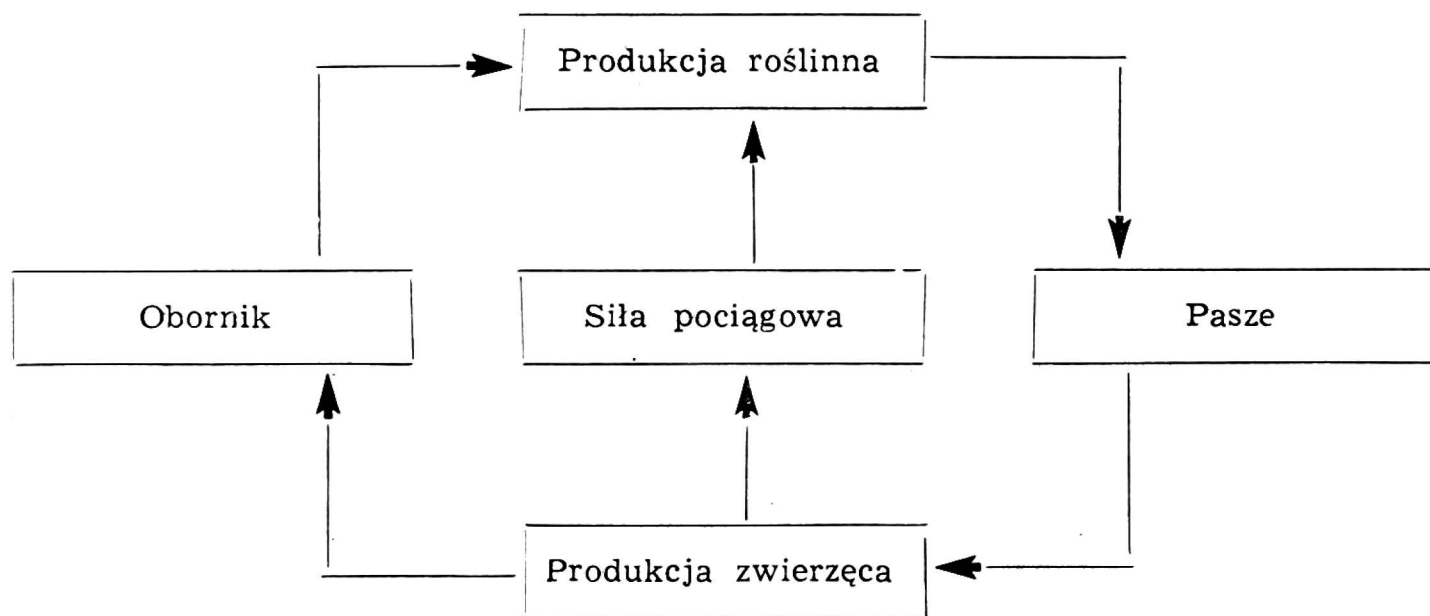
Konsumpcja żywności zarówno przez ludność wsi, która swoje potrzeby pokrywa częściowo w drodze samozaopatrzenia, a także przez ludność miejską, która prawie wyłącznie zaopatruje się na rynku, traktowana jest w modelu podobnie jak oddzielny sektor gospodarki narodowej. Wektor konsumpcji nie jest zmiennymi dyspozycyjnymi, lecz konkretnymi wielkościami, które należy osiągnąć.

Model uwzględnia możliwość zaopatrzenia rynku wewnętrznego drogą importu czy też sprzedaż tych produktów, których podaż jest większa od popytu krajowego za granicę. Osiągając wewnętrzną zgodność modelu, którą uzyskuje się przez oparcie całego rachunku na przepływach mię-

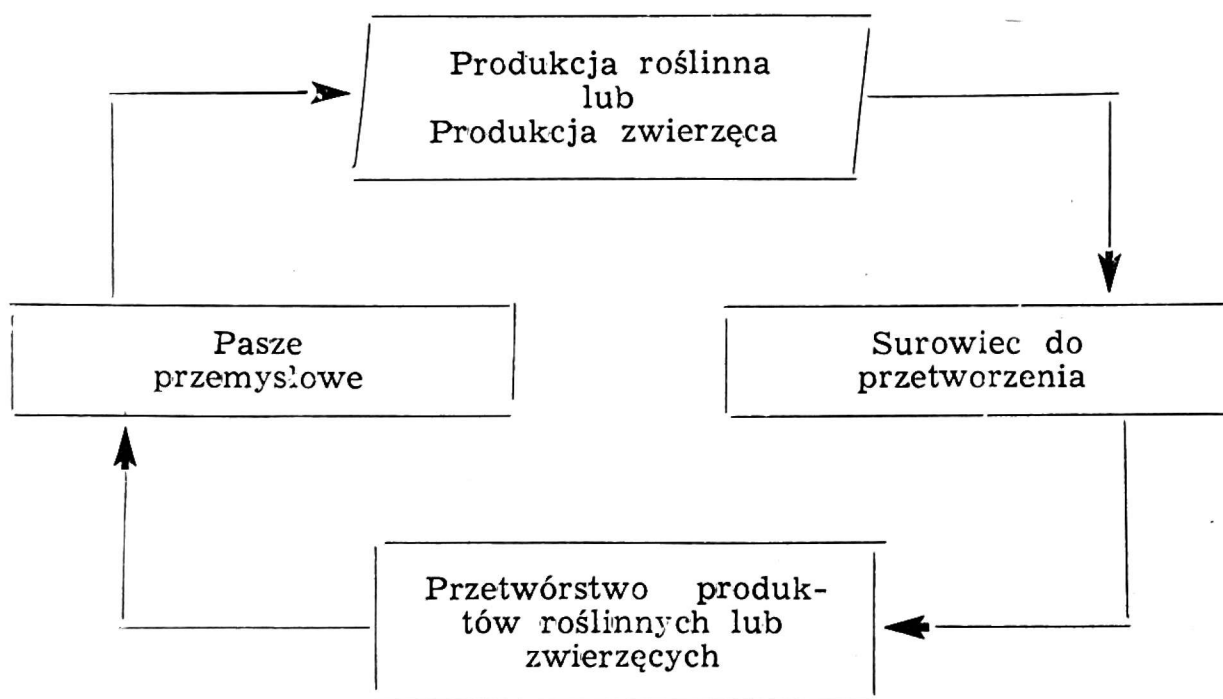
* Niniejszy temat był referowany na Europejskiej Konferencji Towarzystwa Ekonometrycznego w 1968 r. w Amsterdamie pt. „Econometric Model of Agriculture”. Niniejsze opracowanie jest uzupełnioną wersją referatu.

dzygałęziowych, możemy szukać, stosując programowanie liniowe, optymalnego rozwiązania z punktu widzenia określonej funkcji celu.

W modelu rolnictwa jest do zaobserwowania silne natężenie powiązań zwrotnych, których przebieg jest następujący:



lub też



Przy opisywaniu modelu przyjęto następujące znaczenie symboli (większość symboli jest wektorami):

D — nakłady materiałowe inne poza nawozami mineralnymi i mechaniczną siłą pociągową oraz nakłady usług pochodzące z innych działów (gałęzi gospodarki),

E — eksport produktów rolniczych,

- H — nakłady siły pociągowej ogółem,
 \hat{H} — dostarczona siła pociągowa mechaniczna,
 I — import żywności i pasz,
 K — konsumpcja żywności (samozapotrzebowanie rolników i produkty docierające do konsumenta via rynek),
 L — koszty ogólnogospodarcze w sferze produkcji surowca i w sferze przetwórczej,
 \hat{N} — zużycie nawozów ogółem (obornik i nawozy mineralne),
 N — dostawy nawozów mineralnych,
 P — pasze,
 \hat{Q} — nakłady siły roboczej w sferze produkcji surowca,
 Q — nakłady siły roboczej w sferze przetwórczej,
 R — produkcja roślinna,
 \hat{S} — surowce roślinne dostarczane do innych działów (gałęzi) gospodarki
 T — przetwórstwo produktów rolnych,
 Z — produkcja zwierzęca.

Znaczenie natomiast subskryptów (liter małych) jest następujące:

- subskrypty u dołu oznaczają kierunki przebiegu masy towarowej, usług czy charakteryzują rodzaj nakładu; na przykład R_p oznacza produkty roślinne (R) przeznaczone na cele paszowe (p), Q_z — siła robocza potrzebna do produkcji zwierzęcej itd.,
- subskrypty na górze z literą „v” oznaczają zmiany rezerw, zmiany w pogłowie zwierząt gospodarskich, zmiany wielkości produkcji niezakończonych; na przykład P^v oznacza zmiany rezerw paszowych, Z^v — zmiany w pogłowie zwierząt itd.

Ponieważ jednak model przedstawia ujęcie statyczne możemy zrezygnować z uchwycenia zmian rezerw, zmian w pogłowie zwierząt gospodarskich czy zmian wielkości produkcji niedokończonych. W tym przypadku „v” nie ulegnie zmianie, czyli:

$$R^v + Z^v + T^v + P^v + N^v = 0 \text{ (zero)}$$

W ujęciu modelowym można, używając poprzednio oznaczonych symboli, zapisać¹:

produkcję końcową brutto (\hat{W})

¹ Definicja produkcji końcowej brutto, końcowej netto, produkcji czystej według definicji GUS (vide: Statystyka Polski, Zesz. 118 s. VI—XVIII) zmienionej w konsekwencji przyjęcia założenia, że pod pojęciem rolnictwa rozumie się sferę produkcji surowca (rolnictwo sensu stricto), a także sferę przetwórstwa (przemysł rolniczy). Szersze wyjaśnienie definicji GUS vide: K. Czerniewski — Statystyka rolnicza, PWN, Warszawa 1967. Rodz. XV „Zbiorcze mierniki produkcji rolniczej” s. 288—316.

$$\hat{W} = R_n + R_s + T_h + T_c + T_s^{\wedge} + Z_k + Z_s$$

produkcję końcową netto (\bar{W})

$$\bar{W} = \hat{W} - I_t$$

produkcję czystą \hat{W}

$$\hat{W} = \bar{W} - (\hat{H}_h + \hat{N}_n + D_r + D_z + D_t + L_r + L_z + L_t)$$

Niezależnie od pojęć powszechnie używanych w statystyce rolniczej, które w modelu przyjęły inną wartość merytoryczną (produkcja końcowa brutto, produkcja końcowa netto i produkcja czysta) dla celów modelu określono pojęcie, które w ujęciu modelowym można zapisać:

dochód działu rolnictwa i przemysłu rolniczego (W)

$$W = \hat{W} - (Q + \hat{Q})$$

Opisany model rolnictwa i przemysłu rolniczego składać się będzie z następujących wektorów:

$$X = \begin{vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X_{10} \end{vmatrix}$$

gdzie: X — wektor wszystkich zmiennych dzielący się na:

X_1 — wektor powierzchni upraw,

X_2 — wektor rodzajów pogłównia zwierząt hodowlanych,

X_3 — wektor przetwórstwa produktów roślinnych i zwierzęcych,

X_4 — wektor nawozów i siły pociągowej,

X_5 — wektor pasz,

X_6 — wektor konsumpcji żywności,

X_7 — wektor eksportu i dostaw do innych działów/gałęzi,

X_8 — wektor importu żywności i pasz,

X_9 — wektor innych nakładów,

X_{10} — wektor siły roboczej.

Wymienione wektory zmiennych poza wektorem X_6 są wektorami zmiennych decyzyjnych.

W modelu występować będą następujące typy ograniczeń:

- 1) bilanse powierzchni upraw,
- 2) dolne ograniczenia powierzchni upraw,

- 3) górne ograniczenia powierzchni upraw,
- 4) dolne ograniczenia pogłowia zwierząt,
- 5) górne ograniczenia pogłowia zwierząt,
- 6) bilanse towarowe poza obornikiem i siłą pociągową,
- 7) bilanse przetwarzania,
- 8) bilanse obornika i siły pociągowej,
- 9) bilanse paszowe,
- 10) wielkość konsumpcji żywności,
- 11) górne ograniczenia eksportu i dostaw do innych działów,
- 12) górne ograniczenia importu,
- 13) bilanse innych nakładów poza siłą roboczą,
- 14) górne ograniczenia innych nakładów poza siłą roboczą,
- 15) bilanse siły roboczej,
- 16) górne ograniczenia siły roboczej,
- 17) dolne ograniczenia siły roboczej.

Współczynnikami funkcji celu są:

- a) ceny przy wektorach wyrażonych w jednostkach naturalnych,
- b) współczynnik = 1 przy wektorach nakładów i kosztów wyrażonych w jednostkach pieniężnych.

Ceny występują w modelu w postaci wektorów, które wygodnie oznaczyć:

- C_6 — wektor cen towarów konsumowanych,
 C_7 — wektor cen towarów eksportowych lub dostarczanych do innych działów gospodarki,
 C_8 — wektor ceny importowanej żywności i pasz,
 C_9 — wektor ceny nakładów (jeśli bilans danego nakładu sporządzony został wartościowo cena równa się jedności),
 C_{10} — wektor cen siły roboczej.

Powiązanie wektorów występujących w modelu z ograniczeniami przedstawiono w tabeli.

Oznaczając przez $A_{i,j}$ macierz współczynników i -tego typu ograniczeń dla wektora X_j ($i = 1,2,\dots,17$), ($j = 1,2,\dots,10$) i nadając w modelu ograniczeniom bilansowym i brzegowym następujące znaczenie:

- b_1 — wykorzystana powierzchnia upraw roślinnych,
 b_2 — dolne indywidualne lub grupowe ograniczenia upraw,
 b_3 — górne indywidualne lub grupowe ograniczenia upraw,
 b_4 — dolne indywidualne lub grupowe ograniczenia pogłowia zwierząt,
 b_5 — górne indywidualne lub grupowe ograniczenia pogłowia zwierząt,
 b_{10} — konsumpcja żywności,
 b_{11} — górne indywidualne lub grupowe ograniczenia eksportu,
 b_{12} — górne indywidualne lub grupowe ograniczenia importu,

Współczynniki funkcji celu:

c. d. tabeli

												C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	

Wektory wchodzące do funkcji celu:

Prod. końcowej brutto												+	+				
Prod. końcowej netto												+	+	-			
Produkcji czystej												+	+	-	-		
Dochodu												+	+	-	-		-

b_{14} — górne indywidualne lub grupowe ograniczenia innych nakładów bez robocizny,

b_{16} — dolne indywidualne lub grupowe ograniczenia siły roboczej,

b_{17} — górne indywidualne lub grupowe ograniczenia siły roboczej,

możemy model sformułować następująco:

$$A_{1,1}X_1 = b_1 \quad (1.1)$$

$$A_{2,1}X_1 \geq b_2 \quad (1.2)$$

$$A_{3,1}X_1 \leq b_3 \quad (1.3)$$

$$A_{4,2}X_2 \geq b_4 \quad (1.4)$$

$$A_{5,2}X_2 \leq b_5 \quad (1.5)$$

$$A_{6,1}X_1 + A_{6,2}X_2 - A_{6,3}X_3 - A_{6,5}X_5 - X_6 - A_{6,7}X_7 + A_{6,8}X_8 = 0 \quad (1.6)$$

$$A_{7,3}X_3 - A_{7,5}X_5 - X_6 - A_{7,7}X_7 + A_{7,8}X_8 = 0 \quad (1.7)$$

$$-A_{8,1}X_1 - A_{8,2}X_2 + A_{8,4}X_4 + A_{8,9}X_9 = 0 \quad (1.8)$$

$$-A_{9,2}X_2 + A_{9,5}X_5 + A_{9,8}X_8 = 0 \quad (1.9)$$

$$X_6 = b_{10} \quad (1.10)$$

$$A_{11,7}X_7 \leq b_{11} \quad (1.11)$$

$$A_{12,8}X_8 \leq b_{12} \quad (1.12)$$

$$-A_{13,1}X_1 - A_{13,2}X_2 - A_{13,3}X_3 + A_{13,9}X_9 = 0 \quad (1.13)$$

$$A_{14,9}X_9 \leq b_{14} \quad (1.14)$$

$$-A_{15,1}X_1 - A_{15,2}X_2 - A_{15,3}X_3 + A_{15,10}X_{10} = 0 \quad (1.15)$$

$$A_{16,10}X_{10} \geq b_{16} \quad (1.16)$$

$$A_{17,10}X_{10} \geq b_{17} \quad (1.16)$$

a za funkcję celu przyjąć kolejno:

produkcję końcową brutto

$$\hat{W} = C_6X_6 + C_7X_7 \rightarrow \max.,$$

produkcję końcową netto

$$\bar{W} = C_6X_6 + C_7X_7 - C_8X_8 \rightarrow \max.,$$

produkcję czystą

$$\hat{W} = C_6X_6 + C_7X_7 - C_8X_8 - C_9X_9 \rightarrow \max.,$$

dochód działu

$$W = C_6X_6 + C_7X_7 - C_8X_8 - C_9X_9 - C_{10}X_{10} \rightarrow \max.$$

Jak widać w przedstawionym modelu założono z góry wielkość konsumpcji. W konsekwencji tego celem optymalizacji jest znalezienie takiej struktury produkcji rolnictwa zarówno sfery produkcji surowca jak i sfery przetwórczej, aby przy pełnym zaspokojeniu potrzeb żywnościowych

ludności wygospodarować maksymalną wielkość dostaw do innych działów gospodarki — w przypadku funkcji celu produkcji końcowej brutto lub maksymalnego salda obrotów towarami rolniczymi z innymi działami gospodarki — w przypadku funkcji celu produkcji końcowej netto. W przypadku przyjęcia za funkcję celu produkcji czystej saldo to zmniejszone zostaje o wartość nakładów bez pracy, a w przypadku dochodu wraz z pracą.

Omówione funkcje celu, a mianowicie produkcja końcowa brutto, produkcja końcowa netto, produkcja czysta, dochód działu nie wyczerpują możliwości rozpatrywania innych funkcji celu. Przykładowo funkcją celu może być pełne zatrudnienie.

Model rolnictwa może znaleźć zastosowanie przy budowie planów perspektywicznych jako narzędzie wstępnego wariantowania. W tym przypadku będzie on oparty na następujących prognozach:

- 1) wielkości plonów — opartych na przewidywanej produkcji obornika i dostawach nawozów mineralnych,
- 2) wydajności zwierząt opartych na trendach,
- 3) konsumpcji żywności — opartej na przewidywanych dochodach ludności,
- 4) możliwości sprzedaży towarów i zakupu ich za granicą — opartych na analizie podaży i popytu na rynkach światowych,
- 5) możliwości rozbudowy bazy rolnictwa i przemysłu rolniczego — opartych na limitach inwestycyjnych przewidywanych na ten dział gospodarki.

Współczynnikami funkcji celu są w modelu ceny stałe (planowe) albo przewidywane krajowe lub też przewidywane ceny rynku światowego.

LITERATURA

1. Czerniewski K.: Statystyka Rolnicza, PWE, Warszawa 1967.
2. Grochowski Zb. i inni: Koszty opłacalności produkcji rolnej w Polsce „Zagadnienia Ekonomiki Rolnej” dodatek do nr 5/1966.
3. GUS — Statystyka Polski, zeszyt 118 — Produkcja rolnicza (globalna, końcowa, towarowa, czysta przed wojną i w latach 1949, 1950, 1955, 1959—1964) — część metodologiczna, Warszawa 1965.
4. Heady E. O., Candler W.: Metody programowania liniowego (w zbiorze Metody matematyczne w ekonomice i planowaniu rolnictwa) PWRiL, Warszawa 1965.
5. Hrubes A., Kadlee V.: Optimalizace vyrobnich planu zemedelskych podniku, Statni zemedelske nakladatelstvi, Praha 1967.
6. Lange O.: Optymalne decyzje, PWN, Warszawa 1964.
7. Palacz T., Wdowiak J.: Makroekonomiczny model rolnictwa w warunkach gospodarki otwartej, PWN, Warszawa 1968.

8. Reinfield N. V., Vogel W. R.: *Mathematical Programming*, Prentice-Hall, Englewood 1960.
9. Sulmicki P.: *Przepływy międzygałęziowe* — Polskie Wydawnictwa Gospodarcze, Warszawa 1959.