

STEFAN SCHMIDT
Wyższa Szkoła Rolnicza
K r a k ó w

W SPRAWIE PROGRAMOWANIA LINIOWEGO W ROLNICTWIE

O programowaniu liniowym mówi się już od kilku lat. Warto więc aby i ekonomiści rolni zapoznali się bliżej z tą metodą.

Pod pojęciem programowania liniowego rozumiemy metody statystyczne służące ułatwieniu podejmowania decyzji gospodarczych, prowadzące do analizy wewnętrznej zgodności konstruowanych programów oraz do ustalenia optymalności programów. Metody te zawdzięczają swoje powstanie obserwacjom, z których wynika, że wiele procesów ekonomicznych ma przebieg liniowy. W rolnictwie zachodzi cały szereg podobnych procesów. Odnosi się to przede wszystkim do stosowania nakładów takich środków produkcji, które charakteryzuje ciągłość i podzielność jednostek. I tak np. dawki nawozu mineralnego podlegają w stosunku do jednostki obszaru ziemi zwiększeniu w ilościach ciągłych, od ułamkowej części kilograma do wielu ton. Na racje żywieniowe trzody mogą się zasadniczo składać różne pasze w różnej ilości i różnych proporcjach. Związki tego typu można łatwo oddawać przy pomocy funkcji liniowych.

Nakładów mechanicznych środków produkcji nie charakteryzuje analogiczna ciągłość. Nie da się ich też w równym stopniu dzielić. Jeżeli chcemy użyć traktora, to nie do pomyslenia jest zatrudnienie mniej niż całego traktora, mimo, że nakład tego samego traktora może być stopniowany:

- a) poprzez użycie przez większą lub mniejszą liczbę godzin w ciągu dnia,
- b) poprzez dobór traktora różnej wielkości (siły),
- c) przez korzystanie z najmu.

Nakłady te występują raczej skokowo. Również skokowo występuje obsada zwierząt gospodarskich. Nie da się też zwierząt wyrazić funkcją liniową równie łatwo jak nawozów lub pasz. Lecz także w stosunku do nich możemy często stwierdzić występowanie skoków w odstępach liniowych, a nieraz nawet prostoliniowych. Wówczas skoki te ułatwiać nawet mogą podejmowanie decyzji gospodarczych. Bo np. z góry wiemy, że traktor zawsze (na razie) wymaga obsługi człowieka. Traktor określonej siły zawsze zastępuje powiedzmy 6 koni, a nigdy 1000 różnych cząsteczek koni. Choć nie da się $4\frac{1}{2}$ końmi zastąpić $\frac{3}{4}$ traktora, to

przecież użyć można mniejszej liczby niż 6 koni, posługując się najmem traktora.

Badanie związków między nakładami a wydajnością ma dla gospodarki planowej w ustroju socjalistycznym jeśli nie większe, to w każdym razie nie mniejsze znaczenie niż dla gospodarki kapitalistycznej. Trzy aspekty wchodzi przy tym w grę:

- 1) zagadnienie stopnia intensywności,
- 2) zagadnienie substytucji jednych składników nakładowych przez drugie,
- 3) zagadnienie wyboru kierunków.

Równocześnie pamiętać trzeba, że związki między nakładami a wydajnością przybierają jedną z 3 form:

- a) wydajność wzrasta z dodatkiem jednostki nakładu ze stałą stawką,
- b) wydajność wzrasta z malejącą stawką,
- c) wydajność wzrasta ze wzrastającą stawką.

Otóż stwierdzenie związków dających się wyrazić funkcją liniową, oraz liniowo występujących odstępów, jeszcze w okresie międzywojennym w niektórych przypadkach zostało wyzyskane dla stworzenia środka pomocniczego w celu przeprowadzenia kalkulacji i planowania gospodarki rolnej. Dotyczy to głównie obliczania zdolności konkurencyjnej nakładów i substytucji jednych przez drugie.

Niektóre nakłady zastępują się wzajemnie według stałej stawki. Jeśli związek między dawkowaniem nakładów a wydajnościami dwu konkurujących produktów wyrazimy szeregami (jak w tab. 1), to możemy stwierdzić, czy dawkom nakładowym towarzyszy niezmienną się tempo wzrostu wydajności. Jeśli tak, to wówczas mówimy o substytucji wg stałej stawki.

Tabela 1

Nakład czynnika A	Wydajność produktu X	Wydajność produktu Y	Relacja wy- dajności XY
1	4	2	2
2	8	4	2
3	12	6	2
4	16	8	2
5	20	10	2

I tak doświadczalnie stwierdzono¹, że wiele koncentratów białka można zastąpić w racji żywieniowej trzody wg stałej stawki. Relacja, w jakiej zastępują się np. w produkcji tuczniaka bekonowego mączka rybia i mleko chude wynosi:

$$\frac{100 \text{ g mączki rybiej}}{1500 \text{ g mleka chudego}} = 0,067.$$

Ze względu na substytucję jednych składników nakładu przez drugie, a więc w konkretnym przypadku mączki rybiej przez mleko chude, lub odwrotnie, trzeba oczywiście pamiętać o dopełnieniu warunku mi-

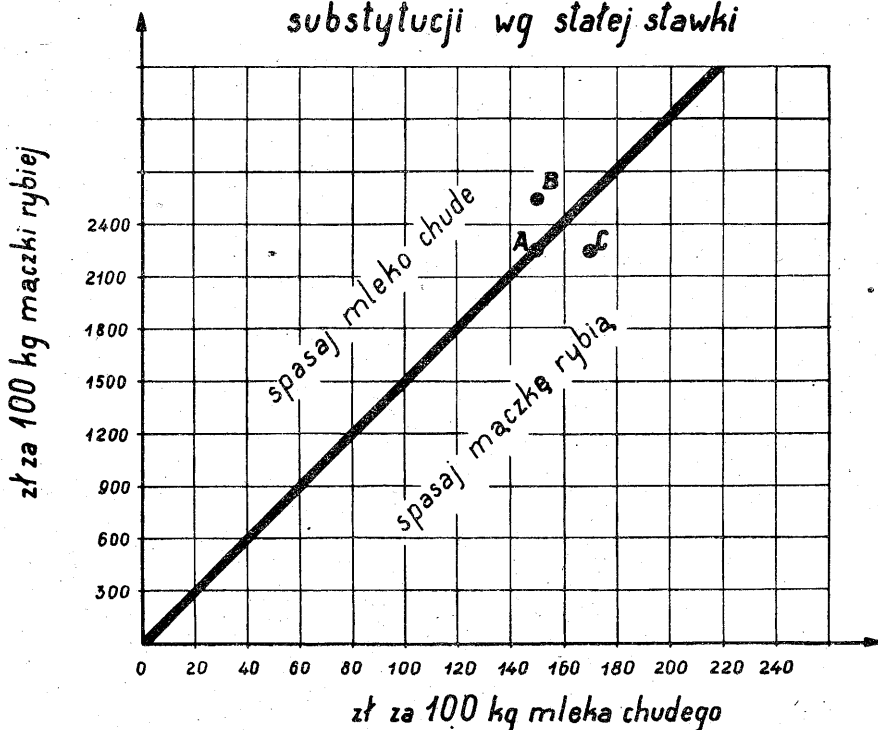
¹ Earl O. Heady i Harald R. Jensen, Farm Management Economics, Hall Im. 1957, Prentice, s. 271.

nimum kosztów. W myśl tego wydajności krańcowe (marginalne) poszczególnych dawek nakładu muszą pozostawać do siebie w tym stosunku co i ceny. Obliczamy więc ceny mączki rybiej jako ekwiwalenty cen mleka chudego przy założeniu, że 100 g mączki rybiej = 1500 g mleka chudego. Stąd poziom parytetowy stanowi cena mleka chudego za 1 kg, wynosząca 6,7% ceny 1 kg mączki. Ilekroć cena mleka chudego spadnie poniżej 6,7% ceny mączki, korzystne będzie zastąpienie mączki mlekiem, i na odwrót.

Ponieważ zmianom ulegają zarówno ceny mączki jak i ceny mleka, przeto będziemy mieli nie jedną lecz szereg relacji cen, z których tylko niektóre odpowiadać będą poziomowi parytetowemu, przy założeniu jednej i tej samej relacji technicznej. Toteż obliczać możemy ekwiwalenty cen mączki rybiej jako ekwiwalenty cen mleka chudego i ułożyć je w tabelę (jak przykładowo podano w tab. 2). Tabela taka ułatwia już orientację. Lecz konkretny przypadek o jaki chodzi w praktyce nie musi odpowiadać żadnej z ewentualności objętych przykładową skalą cen. Przy innych cenach ekwiwalenty trzeba by na nowo obliczyć i sprawdzić, czy relacja leży powyżej czy poniżej poziomu parytetowego.

Znajdowanie najniższego kosztu paszy w przypadku

substytucji wg stałej stawki



Rys. 1.

Zamiast tego można dla ułatwienia sporządzić prosty wykres (jaki przedstawia rys. 1). Na jednej osi współrzędnych umieszczamy skalę cen

mączki, na drugiej zaś — skalę cen mleka chudego. Wychodząc z początku układu, łatwo wykreślić prostą, której punkty odpowiadają wszystkim parom cen o stałej relacji $\frac{\text{mączka}}{\text{mleko}}$ wynoszącej 6,7%. W tym celu przyjmujemy np. za podstawę cenę 100 kg mleka równą 150 zł. Przy cenie 2239 zł za 100 kg mączki cena mleka wynosi 6,7%, a więc jest parytetową. Znajdujemy na wykresie punkt (A), w którym cena mączki wynosi 2239 zł, a cena mleka 150 zł. Prosta wychodząca z początku układu i przechodząca przez ten punkt wskaże nam, która z tych dwóch pasz daje w konkretnym przypadku niższy koszt. Przykład powyższy stanowi przypadek substytucji wg stałej stawki, tj. możliwie najprostsz.

Tabela 2

Ceny mączki rybiej jako ekwiwalenty cen mleka chudego
(100 g mączki rybiej = 1,5 kg mleka chudego)

Cena mączki rybiej w zł/q	Liczba kg mleka chudego równoważąca koszt 100 g mączki rybiej								
	przy cenie mleka chudego w zł/kg								
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
300	1,00	0,75	0,60	0,50	0,43	0,37	0,33	0,30	0,27
320	1,07	0,80	0,64	0,53	0,46	0,40	0,36	0,32	0,29
340	1,13	0,85	0,68	0,57	0,49	0,43	0,38	0,34	0,31
360	1,20	0,90	0,72	0,60	0,52	0,45	0,40	0,36	0,33
380	1,27	0,95	0,76	0,63	0,54	0,47	0,42	0,38	0,35

W produkcji mleka siano i otręby nie należą do pasz zastępujących się wg stałej stawki. Tę samą ilość mleka można uzyskać przy różnych kombinacjach tych dwu pasz. I tak stwierdzono doświadczalnie, że uzyskanie 8500 funtów mleka od krowy rocznie możliwe jest w zasadzie przy ilościach siana i ziarna podanych w tab. 3. O ile przy stosunku skarmiania siana do ziarna jak 1:0,8, jeden funt siana równoważy się w uzyskiwaniu efektu mleczości mniej więcej z jednym funtem ziarna, to wraz z przesuwaniem stosunku w kierunku silniejszego udziału w paszy siana, dodatkowe ilości tego ostatniego równoważą coraz to mniejsze ilości ziarna. Siano i ziarno nie zastępują się zatem wg stałej stawki. Posiłkując się rachunkiem różniczkowym obliczono zmienną stawkę substytucji ziarnem dodatkowych nakładów siana.

Jak długo relacja techniczna **ziarno (otręby) : siano** jest większa od relacji cen **siano : ziarno (otręby)**, tak długo substytucja ziarna przez siano jest opłacalna. Jeśli cena siana wynosi jedną jednostkę pieniężną za funt, a cena ziarna dwie jednostki pieniężne, relacja cen **siano : ziarno** kształtuje się na poziomie 0,5. W tych warunkach opłacalne są wszelkie substytucje ziarna przez siano do poziomu 8000 funtów siana + 3156 funtów ziarna. Przy dalszym powiększeniu dawki siana, np. ponad 8500 funtów wartość dodanego siana przekracza już wartość zastępowanego ziarna — jest zatem nieopłacalna (przy założeniu niezmiennej produkcji mleka). Wraz na zmianę relacji cen najkorzystniejszy będzie inny stosunek substytucji.

Tabela 3

Kombinacje paszy dla uzyskania 8500 funtów mleka

Siano w funtach	Ziarno w funtach	Zmienna stawka substytucji ziarna przez siano (jeden funt siana zastępuje funtów ziarna)
6000	4892	1,02
6500	4423	0,86
7000	4029	0,72
7500	3406	0,62
8000	3156	0,54
8500	2937	0,47
9000	2744	0,41

Wiadomo, że dla uzyskania maksymalnej wydajności mleka trzeba, od pewnej granicy rocznej wydajności krowy, zwiększać dawki paszy treściwej w stosunku do ilości mleka. I tak np. stwierdzono doświadczalnie, że krowy dające ponad 4000 kg mleka rocznie, otrzymywać powinny, w zależności od wydajności mleka, jedną jednostkę wagową ziarna (otrąb) na każde 2, 2,5, 3 itd. jednostek wagowych dodatkowo wyprodukowanego mleka. Oczywiście nie mówi to czy tak zwiększone dawki paszy treściwej opłacają się. To trzeba dopiero skalkulować. Kalkulację przeprowadza się przez porównanie uzyskanej zwyczajki mleczności z różnicą między dodatkowym kosztem paszy treściwej a zmniejszonym stosunkowo kosztem siana. I tu również można zaoszczędzić sobie obliczeń, które są znacznie żmudniejsze, jeśli się rozporządza wykresem takim jak przedstawia rys. 2 (przykład wzięty z USA).

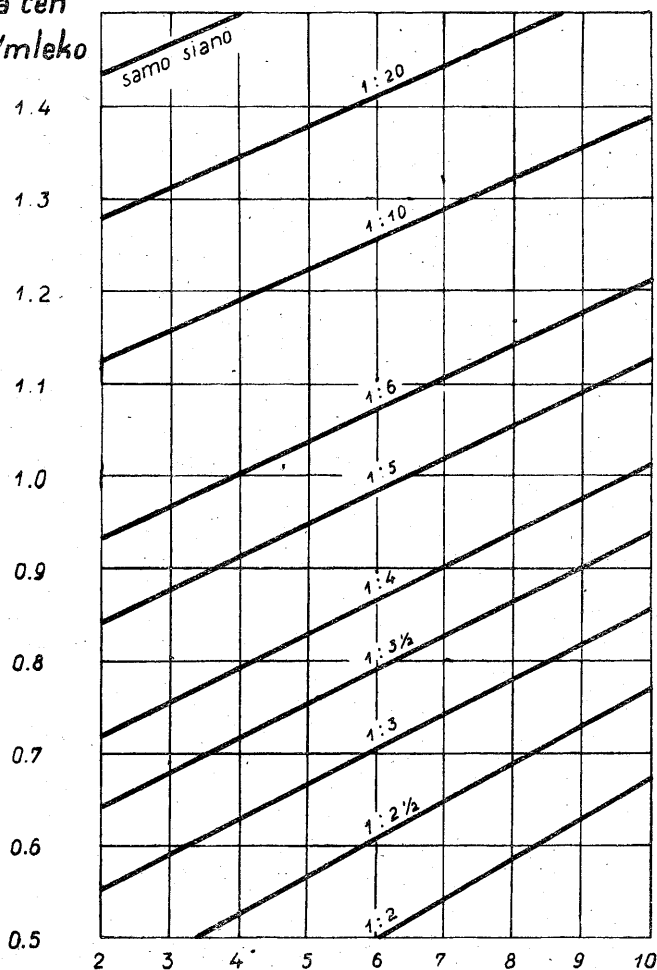
Na rys. 2 skala relacji cen **ziarno : mleko** umieszczona została wzdłuż osi pionowej, skala relacji cen **siano : mleko** wzdłuż osi poziomej. Dla różnych poziomów żywienia, a więc 1 kg ziarna (otrąb) na 2 kg mleka, na 2,5 kg, na 3 kg itd., można tu wykreślić krzywe opłacalności stosowania nakładów. Biegają one na rysunku w skos. Za podstawę służą im relacje techniczne pokazane na rys. 3. Posługując się w praktyce takim diagramem, trzeba najpierw w celu znalezienia najkorzystniejszego poziomu stosowania dawek paszy treściwej (ziarna), obliczyć dla konkretnego przypadku relacje cen **ziarno : mleko** i **siano : mleko**. Załóżmy, że pierwsza wynosi 1,1 a druga 6,0. Odnajdujemy położenie tych wartości na skalach. Z punktu 1,1 (relacja **ziarno : mleko**) wykreślamy prostą równoległą do osi poziomej, a z punktu 6,0 (relacja **siano : mleko**) prostą równoległą do osi pionowej. Sprawdzamy gdzie leży punkt przecięcia się tych prostych. Najbliższa tego punktu linia (biegnąca w skos) pozwoli odczytać liczbę jednostek wagowych ziarna (otrąb) jaką trzeba w danym przypadku użyć na produkcję każdych 6 jednostek wagowych mleka.

Dla ilustracji posłużyłem się dwoma przykładami. Liczbę ich można by mnożyć. W zależności od zagadnienia problem techniczny może wyglądać odmiennie. Lecz zawsze podstawę sporządzania pomocniczych diagramów stanowią: a) ustalone doświadczalnie relacje techniczne, b) różnicowanie cen.

E.O Haedy
H.R Jensen

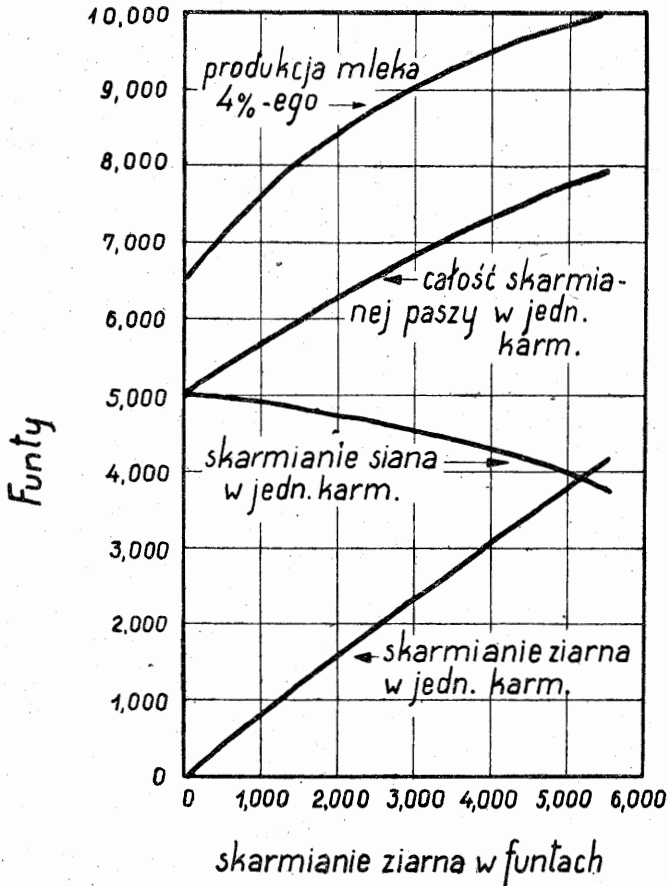
Krowy otrzymują 1 jednostkę wagową ziarna w stosunku do zmiennych ilości jednostek wagowych mleka w ciągu okresu laktacji np. 1:2, 1:2½, 1:3 itd.

Relacja cen
ziarno/mleko



Relacja cen siano/mleko

Rys. 2.



Rys. 3.

Analogiczne środki pomocnicze kalkulacji są w USA w użyciu od dłuższego czasu dla przeprowadzenia planowania częściowych reorganizacji gospodarki (partial budgeting). Ułatwiają one przedsięwzięcie decyzji gospodarczych przez rolników i dostarczają instruktorowi rolnemu cennego materiału do pracy. One to dały właśnie początek właściwemu programowaniu liniowemu.

U nas nie zwrócono dotąd uwagi na doniosłość opracowania podobnych środków pomocniczych. Normalnie stosuje się np. tablice norm żywieniowych bez oglądania się na opłacalność. Wypełnienie luki, jaka pod tym względem istnieje, stanowiłoby wdzięczne zadanie dla Instytutu Zootechniki.

O właściwym programowaniu liniowym mówimy normalnie dopiero wówczas gdy posługujemy się precyzyjniejszymi metodami ekonometrycznymi przy podejmowaniu decyzji w bardziej złożonych sytuacjach. Przed takimi złożonymi sytuacjami stajemy, jeśli chodzi o wybór najwłaściwszego planu całości organizacji gospodarstwa (complete budgeting). Nie ma bowiem i nie może być jednego planu organizacji najodpowiedniejszego dla wszystkich sytuacji.

Ogólnie możemy powiedzieć, że w poszukiwaniu rozwiązania najwłaściwszego planu całości organizacji gospodarstwa stajemy bądź w obliczu:

- a) decyzji co do substytucji środków produkcji, bądź —
- b) wyboru między alternatywnymi procesami produkcji względnie produktami.

Pierwsze podejście równoznaczne jest z minimalizacją kosztów produkcji dla uzyskania określonej ilości produktu.

Minimalizacja kosztów stanowi cel, gdy chodzi o wzajemne relacje nakładów. Tej zasady trzymaliśmy się poszukując opłacalnych nakładów poszczególnych pasz. Wybór między alternatywnymi produktami jest równoznaczny z maksymalizacją przychodu przy posiadanych środkach produkcji. Chodzi o dobór najwłaściwszej kombinacji spośród procesów produkcji, względnie produktów, które współzawodniczą ze sobą o ograniczone środki produkcji. Problem przedstawia się jako zagadnienie najwłaściwszego stosunku uprawy ziemiopłodów na ograniczonym rozłogu ziemi, oraz rodzajów i ilości produktów zwierzęcych, jakie powinny stanowić przedmiot wytwarzania przy dysponowaniu określonymi ilościami pracy żywej i uprzedmiotowionej. Maksymalizacja stanowi cel, gdy chodzi o stosunek kosztów do przychodu, a nie o wzajemne relacje nakładów. Metody matematyczne programowania liniowego mogą być stosowane tak do jednych jak i drugich problemów.

Metody programowania liniowego zdobywają sobie coraz szersze uznanie w przemyśle a częściowo i w rolnictwie dla rozwiązywania problemów planowania: co, w jakiej ilości, gdzie i jak produkować, aby osiągnąć najwyższy dochód w warunkach ograniczonych środków produkcji. Z istotą rzeczy zapoznają ogólnie artykuły Władysława Tomaszewskiego zamieszczone w „*Ekonomiście*” nr 3/1957 oraz w „*Przeglądzie Statystycznym*” nr 3—4/1957.

Frederick V. Waugh i Glenn L. Burrows ogłosili w 1955 r. pracę¹, w której nowe metody znalazły zastosowanie do planowania w rolnictwie, choć Waugh próbował stosować ją już w r. 1951 w pracy nad kosztami paszy w produkcji mleka.

W „*Journal of Farm Economics*” ukazały się w 1955 i 1956 r. m. in. artykuły James N. Bolesa. Autor przedstawia w nich zasadę programowania liniowego metodą uproszczoną (simplex), posługując się przykładem z zakresu badania opłacalności uprawy różnych ziemiopłodów. Prof. J. Fierich w referacie wygłoszonym na ogólnopolskim zjeździe Towarzystwa Zootechnicznego w Poznaniu (grudzień 1957) omówił w oparciu o artykuły Bolesa możliwości zastosowania metody uproszczonej do problemów zootechnicznych.

Metoda ta jest na pierwszy rzut oka uwodząca. Obawiam się jednak, że upłyną długie lata zanim zdolni będziemy w warunkach polskich z pożytkiem wykorzystywać ją w szerokiej praktyce. Programowanie liniowe wymaga bowiem przyswojenia sobie wiadomości z wyższej matematyki, a metoda uproszczona w szczególności wymaga znajomości podstaw rachunku wektorowego. W oparciu o długoletnie doświadczenie

¹ A Short Cut of Linear Programming, *Econometrica* (USA), styczeń 1955.

dydaktyczne muszą stwierdzić, że znajomość matematyki stanowi u rolników z wyższym wykształceniem zawsze punkt najniższy. Z drugiej strony wypada zwrócić uwagę, że choć dla specjalistów w zakresie statystyki problemy matematyczne nie przedstawiają karkołomnej sztuki, rozwiązywanie przez nich problemów rolniczych jest dość ryzykowne. Specjaliści ci bowiem w rzadkich przypadkach rozporządzają dostatecznym doświadczeniem na polu wiedzy rolniczej. Bez tego zaś samo opanowanie techniki matematycznej jest niebezpieczne i łatwo prowadzić może do absurdu.

Także od strony merytorycznej rozwiązywanie metodami programowania liniowego problemów planowania całości organizacji gospodarstwa rolnego nie przedstawia się równie prosto jak w przemyśle. Pomijając to, iż rozporządzalność środkami produkcji musi być ściśle ustalona, wypada podkreślić, że w programowaniu liniowym zakłada się, że np. rozszerzenie uprawy jakiegoś ziemiopłodu ograniczone jest jedynie od strony ilości rozporządzalnych środków produkcji. Tymczasem produkcja rolna znajduje szereg ograniczeń nie tylko w rozporządzalnych środkach. Założeniem jest również, że jednoczesna uprawa dwóch lub więcej ziemiopłodów powinna dać wyniki stanowiące prostą sumę wyników z oddzielnej uprawy poszczególnych ziemiopłodów. I to założenie na ogół nie sprawdza się. Przechodzi ono do porządku dziennego nad biologiczną całością gospodarki rolnej. Robi się je wprowadzić również posługując się prymitywnymi metodami kalkulacji. W porównaniu z nimi programowanie liniowe może istotnie przedstawiać korzyści.

Nie zawsze proces produkcji da się rozłożyć na szereg procesów prostoliniowych. Nawet dość entuzjastycznie odnoszący się do przyszłości programowania liniowego Earl O. Heady¹ przestrzega przed możliwym mieszanym pojęciem nakładów skokowych, występujących w zasadzie w liniowych odstępach, z nieliniowymi związkami nakładów technicznych lub operacji na wielką skalę.

Powyższym zastrzeżeniem można przeciwstawić to, że przecież z powodzeniem zaczęto na szerszą skalę stosować programowanie liniowe do planowania całości gospodarstwa rolnego w USA. Temu nie da się zaprzeczyć. Trzeba jednak pamiętać, że na poziomie ewolucji, na którym znalazła się raczej ekstensywna gospodarka rolna w USA:

— niebezpieczeństwo rozbijania biologicznej całości gospodarki nie odgrywa tej roli co u nas, separacja chowu zwierząt od uprawy roli wysuwa się tam na czoło w miejsce nieodzownej u nas symbiozy;

— możliwa jest daleko idąca specjalizacja przy stosunkowo swobodnym operowaniu nakładami ziemi;

— mamy do czynienia z wybitnym skomercjalizowaniem gospodarki rolnej, produkcja towarowa jest produkcją bezsprzecznie dominującą.

To w znacznej mierze tłumaczy sukcesy programowania liniowego w rolnictwie amerykańskim. Stąd też nasuwają się w naszych warunkach pewne obiekcje. Zastrzeżenia nie dotyczą w jednakowym stopniu wszystkich gałęzi produkcji rolnej. Sądzę, że dla ściśle komercyjnego tuczu trzody lub drobiu można je uważać niemal za bezprzedmiotowe.

¹ Economics of Agricultural Production and Resource Use, Prentice Hall, Englewood, Cliffs, N. J. 1957, s. 83.

Dla produkcji mleka opartej o pasze gospodarcze zastrzeżenia mogą być natomiast bardzo istotne. W jednym i drugim przypadku daje się odczuwać brak rozpracowania optymalnych relacji technicznych. Od wypełnienia tej luki należałoby rozpocząć.

Z powyższych względów trudno byłoby właściwe programowanie liniowe zalecać do stosowania w szerokiej praktyce rolnej. Natomiast chciałbym jeszcze raz podkreślić użyteczność, jaką w pierwszym rzędzie dla ekonomiki chowu zwierząt mogą mieć pomocnicze tablice i diagramy dla obliczania opłacalności stosowania niektórych nakładów.

Стефан ШМИДТ

Высшая Сельско-Хозяйственная Школа

Краков

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Содержание

Автор рассматривает в основных чертах метод эконометрических исследований в применении к условиям сельского хозяйства. Автор проводит свои обсуждения основываясь на примерах почерпнутых из зарубежной (английской и американской) литературы в области комбинирования кормов при производстве молока с применением постоянного и изменчивого заменного кормового рациона.

Ввиду характера польского сельского хозяйства, которое значительно отличается от американского (высокорентабельного) сельского хозяйства, эконометрический метод не может найти более широкого применения. Можно его однако применять при коммерциальном откорме свиней или домашних птиц.

Приведенные таблицы и диаграммы могут быть также использованы для исчисления рентабельности затрат на животноводство.

Stefan SCHMIDT

College of Agriculture

Cracow

ON LINEAR PROGRAMMING IN AGRICULTURE

Summary

The author discusses the principal foundations of the linear programming method as applied for agricultural requirements. These considerations are illustrated by examples from British and American literature relating to feed combinations in the production of milk according to constant and variable rates of substitution.

Due to the character of Polish agriculture, which differs considerably in comparison to American (highly commercialized), linear programming cannot find broader application. It can however be used in the distinctly commercial fattening of pigs or poultry. Auxiliary tables and diagrams can also be of help for computing the profitability of certain outlays for animal production.