

JAN GAJEWSKI i WOJCIECH JÓZWIAK
Polska Akademia Nauk
Warszawa

PRÓBA ZASTOSOWANIA METOD PROGRAMOWANIA LINIOWEGO I PLANOWANIA PROGRAMU W ORGANIZACJI GOSPODARSTWA

Wstęp

Dyskusja nad zastosowaniem metod matematycznych w organizacji gospodarstw państwowych tocząca się w Polsce od pewnego czasu podkreśliła ich wady i zalety. Nie wiele jednak było do tej pory konkretnych prób ich zastosowania.

Przedstawione opracowanie ma na celu wypróbowanie metod programowania liniowego i planowania programu w zastosowaniu do gospodarstwa państwowego.

Zadanie, które można rozwiązać tymi metodami najogólniej podał Barsow:¹ „mamy do czynienia z jakąś wielkością (np. koszt, zysk) będącą funkcją liniową pewnych zmiennych. Zmienne te powinny spełniać warunki, wyrażone w formie układu nierówności lub równań liniowych. Należy znaleźć takie nieujemne wartości tych zmiennych, dla których dana wielkość będąca ich funkcją przyjmuje najmniejszą lub największą wartość”.

Zauważmy, że zadanie rozpada się na trzy części. Są to: dobranie kryterium (wielkości) będącego funkcją liniową zmiennych, zdefiniowanie zmiennych, oraz nałożenia pewnych ograniczeń (warunków), które muszą one spełniać.

W programowaniu liniowym trzy części zadania znajdują ostateczny wyraz w tzw. macierzy. Natomiast posługując się metodą planowania programu ograniczamy się do zestawienia zmiennych i określenia kryterium. Niezbędne ograniczenia są wprowadzane do rachunku już w trakcie rozwiązywania zadania.

Rozwiązanie zadania uzyskujemy metodą programowania liniowego, oddając macierz do przeliczenia na elektronicznych maszynach cyfrowych. W planowaniu programu wynik uzyskujemy drogą kolejnych przybliżeń do planu optymalnego. Kolejnych przybliżeń dokonuje się odrębnie, bez pomocy dodatkowych urządzeń liczących.

Wielkość macierzy jest ograniczona przez możliwości jej przeliczenia na elektronicznych maszynach cyfrowych. Zmniejsza to zasadniczo możliwość włączenia dostatecznej ilości ograniczeń do zadania. Natomiast w planowaniu programu trudności tych nie mamy.

W związku z tym celem naszego badania jest stwierdzenie jak dalece różnią się między sobą wyniki, uzyskane metodami programowania liniowego i planowania programu, dotyczące: globalnej sumy zastosowanego miernika, ilości roślin przeznaczonych do uprawy i struktury zasiewów.

Podczas przeprowadzania naszych badań opieraliśmy się głównie na pracach angielskich J. D. Stewarta² i G. B. Clarke, J. G. Simpson'a³.

W naszym opracowaniu jedynie omówimy szerzej tryb postępowania posługując się metodą programowania liniowego. Jak chodzi o metodę planowania programu ograniczymy się do pewnych ogólnych stwierdzeń, gdyż dokładne jej

¹ Barsow A. S.: Co to jest programowanie liniowe, PWN, Warszawa, 1961, str. 8.

² Stewart J. D.: A study in the Application of Linear Programming to an Oxfordshire Farm.

³ Clarke G. B. i Simpson J. G.: A Theoretical Approach to the Profit Maximization Problems in Farm Management, Journal of Agricultural Economics, 1959, t. XIII.

omówienie znajduje się w pracy „Zastosowanie metody planowania programu w rolnictwie”¹.

Obiektem naszego „eksperymentu” jest gospodarstwo Obory. Położone jest ono 16 km od Warszawy, w dogodnych warunkach ekonomicznych. Gospodarowanie utrudnia jednak brak melioracji trwałych użytków zielonych i zły stan dróg wewnętrznych.

Posiada ono:

gruntów ogółem	667,7 ha	
użytków rolnych	429,5 ha	100,0%
w tym gruntów ornych	332,4 ha	77,4%
trwałych użytków zielonych	4,3 ha	22,0%
innych użytków	2,5 ha	0,6%

Na całość użytków rolnych składają się dwa kompleksy glebowe: pszenno-buraczany i żytnio-ziemniaczany.

Omawiane gospodarstwo nie różni się zasadniczo technologią pracy od większości gospodarstw.

Siła robocza oraz siła pociągowa żywa i mechaniczna nie ogranicza możliwości produkcyjnych gospodarstwa przy tej technologii i strukturze produkcji, jaka istnieje obecnie. Zabudowania produkcyjne i mieszkalne dostatecznie zaspokajają zapotrzebowanie gospodarstwa.

I. Sformułowanie zadania

Przytoczone we wstępie sformułowanie zadania, jakie można rozwiązać metodami matematycznymi może wydać się zbyt ogólne, poniżej podajemy jego interpretację rolniczo-organizacyjną.

„Środowisko przyrodniczo-ekonomiczne posiada wyraźny wpływ na możliwość uzyskania określonego rodzaju produkcji i na jej efekty. Tak więc typ produkcyjny jest określony przez zespół warunków przyrodniczych i stałych (względnie) warunków ekonomicznych predystynujących system i kierunek produkcyjny gospodarstwa.

Zasadniczymi warunkami w skali mikrorejonu formułującymi typ produkcyjny gospodarstwa są: wielkość gospodarstwa, jakość gleb, struktura użytków rolnych, podaż siły roboczej i poziom kierownictwa. W skali makrorejonu dochodzą jeszcze takie, jak klimat oraz rynek zbytu”².

Tak więc na podstawie warunków przyrodniczo-ekonomicznych istniejących w rozpatrywanym gospodarstwie możemy sformułować ograniczenia, które pozwolą nam określić typ produkcyjny gospodarstwa. Zatem typ produkcyjny w pojęciu dotychczas używanym jest identyczny logicznie z postacią nierówności ograniczających zakres optymalizacji metodą programowania liniowego i planowania programu.

Warto podkreślić, że o ile z nierówności konkretnego problemu optymalizacji można określić typ produkcyjny danego gospodarstwa, o tyle zaliczenie danego gospodarstwa do konkretnego typu produkcyjnego nie pozwala ściśle (ze wszystkimi szczegółami) wyznaczyć nierówności niezbędnych przy posługiwaniu się metodą programowania liniowego, oraz ściśle określić ograniczeń, które są nieodzowne przy stosowaniu metody planowania programu.

Niektóre elementy typu produkcyjnego wyrażone są w wielkościach danych konkretnie z gospodarstwa, np. powierzchnia gruntów ornych, podaż siły roboczej itp.

¹ J. Gajewski: Zastosowanie metody planowania programu w rolnictwie. PWRiL, Warszawa, 1962.

² R. Manteuffel. Typy, systemy i kierunki. Próba ustalenia pojęć i definicji. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej nr 4, 1961, str. 98—100.

Powiązania z rynkiem natomiast nie są wyrażone w formie kategoriycznego zadania. Wyrażają się one w istniejącym systemie cen bieżących. Kryterium będące funkcją liniową zmiennych w naszym przypadku jest to różnica między produkcją główną a kosztami bezpośrednimi. Wyraża więc ono warunki ekonomiczne.

Za zmienne główne uważamy rośliny lub grupy zwierząt.

W rozwiązaniu chodzi o takie ustalenie zmiennych w produkcji roślinnej i zwierzęcej, aby przy racjonalnym gospodarowaniu uzyskać maksymalną wartość kryterium.

W dalszym ciągu omówimy poszczególne punkty zadania.

1. Kryterium zadania

Kryterium zadania w naszym przypadku jest zysk brutto. Jest to różnica między produkcją główną a kosztami bezpośrednimi. Przy jego obliczaniu abstrahujemy więc od kosztów stałych. Wypływa to z założenia, że po wprowadzeniu nowego planu produkcyjnego nie ulegną one zmianie w porównaniu ze stanem istniejącym, a jeżeli ulegną, to w minimalnym stopniu. Charakterystyczne jest również założenie, że zysk brutto z jednostki danej zmiennej jest stały (proporcjonalnie malejący lub wzrastający wraz z odpowiednimi zmianami zmiennej).

Zysk brutto w produkcji roślinnej uzyskaliśmy odejmując od produkcji głównej (ziarno, kłoby, korzenie) z hektara danej rośliny koszty bezpośrednie, a więc:

- koszt siły roboczej
- koszt siły pociągowej, żywej i mechanicznej
- koszt zużytych nawozów mineralnych
- koszt zużytego ziarna siewnego
- koszt sznurka do snopowiązałki

Natomiast do produkcji głównej uzyskanej z działalności „krowy z przychówkiem zapewniającym prostą reprodukcję stada” wliczono:

- wartość mleka uzyskanego w ciągu roku
- wartość cieląt rzeźnych
- wartość wybrakowanych krów i jałowizny

Do kosztów bezpośrednich natomiast zaliczono:

- koszt obsługi inwentarza
- koszt siły roboczej, siły pociągowej żywej i mechanicznej zużytej na bezwzględnej powierzchni paszowej
- koszt transportu pasz i ściółów
- koszt paszy treściwej
- koszt nawozów mineralnych i materiału siewnego zużytych na bezwzględnej powierzchni paszowej
- koszt utrzymania buhaja

Przychodem z działalności „jałówki hodowlane z licencją powiatową” jest jałówka wysokocielna przeznaczona do hodowli. W skład kosztów tej działalności wchodzi:

- koszt obsługi jałówek
- koszt transportu pasz i ściółów
- koszt pasz treściwych
- koszt kupna cielęcia z licencją powiatową
- koszt zużytej siły roboczej, siły pociągowej żywej i mechanicznej oraz nawozów mineralnych na ha bezwzględnej powierzchni paszowej.

2. Zdefiniowanie zmiennych

Zmienne główne i dodatkowe będziemy nazywali działalnościami. Pod pojęciem działalności rozumiemy jakiegokolwiek działanie mające wpływ na efekt ekonomiczny rozpatrywanego gospodarstwa.

Teoretycznie do zadania można włączyć cały szereg działalności. Stwarza to jednak problemy natury obliczeniowej.

Ze względu na uproszczenie problemu można włączyć tylko te działalności, które mają sens w danym gospodarstwie, uwzględniając w tym nawet osobiste upodobania kierownika.

W naszym zadaniu ograniczyliśmy się do 23 działalności. Są to:

	Oznaczenie zmiennych	Jednostka zmiennych
a) Działalności roślinne		
— buraki cukrowe	X_1	ha
— ziemniaki na kompleksie I	X_2	„
— „ „ „ „ II	X_3	„
— buraki nasienne	X_4	„
— pszenica ozima konsumcyjna	X_8	„
— pszenica ozima kwalifikowana	X_5	„
— rzepak ozimy konsumpcyjny	X_{12}	„
— „ „ kwalifikowany	X_6	„
— jęczmień jary konsumpcyjny	X_{11}	„
— „ „ kwalifikowany	X_7	„
— żyto konsumpcyjne na kompleksie I	X_{17}	„
— „ „ „ „ II	X_{18}	„
— żyto kwalifikowane na kompleksie I	X_9	„
— „ „ „ „ II	X_{10}	„
— owies konsumpcyjny na kompleksie I	X_{19}	„
— „ „ „ „ II	X_{20}	„
— owies kwalifikowany na kompleksie I	X_{14}	„
— „ „ „ „ II	X_{15}	„
— bobik konsumpcyjny	X_{21}	„
— bobik kwalifikowany	X_{13}	„
b) Działalności zwierzęce		
— krowa z przychówkiem zapewniającą prostą reprodukcję stada	X_{16}	ha
— jałówki hodowlane z licencją powiatową	X_{22}	„
c) Obciążenia stałe ponoszone przez gospodarstwo	X_{23}	„

Ograniczyliśmy działalności do tych, które już były prowadzone. Dodatkowo w produkcji zwierzęcej wprowadziliśmy działalność „jałówki hodowlane z licencją powiatową” w celu zwiększenia asortymentu „działalności zwierzęcych”, a tym samym umożliwienia wyboru. W celu wypróbowania opinii o niemożliwości uprawy buraków cukrowych ze względu na nadmierne zużycie siły roboczej, zdecydowaliśmy się wprowadzić buraki cukrowe jako działalność.

Niektóre z powyższych działalności wymagają szerszego omówienia. Są to: „krowy z przychówkiem”, „jałówki hodowlane” oraz „obciążenia stałe”.

- „krowy z przychówkiem”. Po przyjęciu założenia o prostej reprodukcji wyliczono racjonalną strukturę stada. Na podstawie „Norm żywienia zwierząt gospodarskich” obliczono zapotrzebowanie pasz, stąd uzyskano bezwzględną powierzchnię paszową. Wszystkie współczynniki dotyczące tej działalności przeliczono następnie na 1 hektar.
- „jałówki hodowlane”. Postąpiono podobnie jak wyżej.
- „obciążenia stałe”. W tę działalność włączyliśmy świadczenia gospodarstwa na rzecz pracowników stałych (deputat, obsługa krów pracowniczych, transport słomy i opału), utrzymanie żywej siły pociągowej oraz transport zewnętrzny. Współczynniki tej działalności przeliczono na ha użytków rolnych, które weszły do tej działalności.

II. Ograniczenia (warunki)

Poniżej podajemy ograniczenia uwzględnione w zadaniu. Są to:

- a) Środki, które najbardziej limitują produkcję
 - obszar użytków rolnych
 - dysponowana siła robocza
 - powierzchnia budynków inwentarskich
- b) Ograniczenia mające na celu utrzymanie względnie stałego poziomu plonów
 - dopuszczalna powierzchnia zbóż
 - powierzchnia nawożona obornikiem
 - dopuszczalna powierzchnia jęczmienia

c) Ograniczenia wynikające z przyczyn technologicznych. A więc:

- dopuszczalna powierzchnia zbóż kwalifikowanych
- dopuszczalna powierzchnia rzepaku
- dopuszczalna powierzchnia rzepaku kwalifikowanego

d) Bilanse

- obornika. (obornik wyprodukowany przez działalność zwierzęcą musi być zużyty całkowicie przez rośliny okopowe)
- słomy (postąpiliśmy podobnie jak z bilansem obornika tzn. słoma wyprodukowana przez zboża musi pokryć zapotrzebowanie gospodarstwa na nią. Założyliśmy jednak, że słomy może być więcej niż jej się zużywa)

e) Specyficzna działalność „obciążenia stałe” ograniczona jest jedną cyfrą wyrażającą powierzchnię zajętą pod tę działalność.

Podstawą do obliczeń niezbędnych współczynników produkcji roślinnej były dokumentacyjne karty pól gospodarstwa Obory za rok gospodarczy 1958/59. Jednakże dane zaczerpnięte z tych kart niejednokrotnie weryfikowano. Miało to na celu eliminację nieprawidłowości spowodowanych złą organizacją pracy oraz nietypowymi warunkami klimatycznymi roku, za który dokonano badań. Weryfikowanie danych przeprowadziliśmy biorąc pod uwagę dokumentacyjne karty pól z gospodarstw posiadających:

- podobną ilość użytków rolnych
- podobną technologię produkcji
- podobne plany
- podobne warunki klimatyczne

Są to:

- ZD IUNG Baborówko
- ZD IUNG Gąsawy
- RZD SGGW Puczniew

Dla zapewnienia porównywalności zysku brutto uzyskiwanego z produkcji roślinnej z zyskiem brutto uzyskiwanym z produkcji zwierzęcej w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych sprowadziliśmy nieproporcjonalnie niską wydajność trwałych użytków zielonych do poziomu wydajności gruntów ornych. Za miernik wydajności przyjęto jednostki zbożowe.

Dane dotyczące produkcji zwierzęcej pochodzą z fotografii dnia pracy, wywiadów z kierownictwem i pracownikami produkcji zwierzęcej, obrocznika i częściowo z szacunków.

Niektóre współczynniki zostały obliczone na podstawie norm ogólnie przyjętych np. sztuki obornikowe, stosunek plonów ziarna do plonów słomy itd.

Tak ustalone zadanie możemy przedstawić w formie tzw. macierzy współczynników (patrz tabela).

W główce macierzy umieszczamy działalności (od X_1 do X_{23}). Każda z nich podana jest w wspólnej jednostce miary jaką jest jeden hektar. W boczku macierzy zestawiliśmy środki jakimi dysponuje gospodarstwo oraz ograniczenia, czyli warunki jakie muszą spełniać działalności np. powierzchnia kompleksu I, powierzchnia nawożona obornikiem itd.

Poniżej omówimy kilka równań i nierówności wchodzących w skład macierzy. Jednym z najbardziej ograniczonych zasobów, będących w dyspozycji gospodarstwa jest ziemia. Ograniczenie na powierzchnię ziemi wyrażamy w formie równania, co oznacza, że powinna ona być wykorzystana całkowicie.

Równanie kompleksu I wygląda następująco:

$$294,0 \text{ ha} = 1X_1 + 1X_2 + 1X_4 + 1X_5 + 1X_7 + 1X_8 + 1X_9 + 1X_{11} + 1X_{12} + \\ + 1X_{13} + 1X_{14} + 0,695X_{16} + 1X_{17} + 1X_{19} + 1X_{21} + 0,756X_{22} + 0,391X_{23}$$

Jednostka danej działalności zużywa 1 ha kompleksu I. Dotyczy to działalności roślinnych. Natomiast jednostka działalności zwierzęcych zużywa odpowiednio:

działalność X_{16} (krowy z przychówkiem)	0,695 ha
„ X_{22} (jałówki hodowlane)	0,756 ha
„ X_{23} (obciążenia stałe)	0,391 ha.

W bezwzględną powierzchnię paszową, na którą przeliczano działalności zwierzęce wchodzi powierzchnia zarówno kompleksu I jak i II. Dotyczy to też dzia-

łałości „obciążenia stałe”. Współczynniki dla tych działań przedstawione w równaniu kompleksu I wyrażają zużycie powierzchni tego kompleksu na jednostkę danej działalności. Równanie kompleksu II uwzględnia pozostałą część powierzchni paszowej oraz te działalności roślinne, które na tym kompleksie mogą mieć miejsce.

$$103,0 = 1X_3 + 1X_{10} + 1X_{15} + 0,305X_{16} + 1X_{18} + 1X_{20} + 0,244X_{22} + 0,609X_{23}$$

Rozmiary działalności zwierzęcych ogranicza powierzchnia obory. Nie wiemy jednak czy powierzchnia ta powinna być wykorzystana całkowicie, dlatego też ograniczenie to zapisujemy w formie nierówności:

$$1192,0 \text{ m}^2 \geq 11,57X_{16} + 26,60X_{22}$$

Współczynniki przy zmiennych X_{16} i X_{22} oznaczają zużycie powierzchni obory na jednostkę danej działalności.

Produkcję i zużycie obornika w gospodarstwie zapisaliśmy w formie równania bilansowego. Oznacza to, że obornik wyprodukowany przez działalności zwierzęce zostaje przeznaczony pod rośliny okopowe. Zapisujemy to następująco:

$$25,0X_1 + 25,0X_2 + 25,0X_3 + 18,75X_4 = 6,65X_{16} + 16,65X_{22} + 2,37X_{23}$$

Po niezbędnym przekształceniu otrzymujemy:

$$0 = -25,0X_1 - 25,0X_2 - 25,0X_3 - 18,75X_4 + 6,65X_{16} + 16,65X_{22} + 2,37X_{23}$$

Bilans ten wyrażono w tonach. Współczynniki ze znakami ujemnymi oznaczają zużycie obornika, natomiast z dodatnimi jego produkcję.

Produkcję i zużycie słomy w gospodarstwie zapisaliśmy w formie nierówności wyrażającej, że słomy może być więcej niż się jej zużywa. Współczynniki przy zmiennych podano w q/ha.

$$45,0X_5 + 35,0X_7 + 45,0X_8 + 53,0X_9 + 53,0X_{10} + 35,0X_{11} + 35,0X_{14} + 35,0X_{15} + 53,0X_{17} + 53,0X_{18} + 35,0X_{19} + 35,0X_{20} \geq 32,0X_{16} + 62,0X_{22} + 22,0X_{23}$$

Po przekształceniu nierówność ta wygląda następująco:

$$0 \leq 45,0X_5 + 35,0X_7 + 45,0X_8 + 53,0X_9 + 53,0X_{10} + 35,0X_{11} + 35,0X_{14} + 35,0X_{15} + 53,0X_{17} + 53,0X_{18} + 35,0X_{19} + 35,0X_{20} - 32,0X_{16} - 62,0X_{22} - 22,0X_{23}$$

Zużycie siły roboczej na poszczególne działalności podaliśmy w rozbiciu miesięcznym. W żadnym miesiącu zapotrzebowanie robocizny przez działalności nie może przekroczyć pewnej granicy, może też okazać się, że nie musi ona być całkowicie wykorzystana. Zapisujemy to w formie nierówności typu $b \geq$ (przez b oznaczamy wyraz wolny).

Nierówność taka dla miesiąca stycznia wygląda następująco:

$$8575,0 \geq 13,1X_4 + 50,0X_7 + 8,6X_8 + 50,0X_{11} + 30,8X_{16} + 10,7X_{17} + 10,7X_{18} + 18,3X_{22} + 11,8X_{23}$$

Sens pozostałych nierówności, które określają zużycie siły roboczej w poszczególnym miesiącu jest identyczny.

Dalsze nierówności określają ograniczenia narzucone na poszczególne działalności. Dla przykładu podajemy tylko kilka z nich.

Ograniczenie powierzchni zbóż kwalifikowanych. Powierzchnia ta w gospodarstwie nie może przekroczyć 75 ha. Nierówność wyrażającą to ograniczenie zapisujemy następująco:

$$75,0 \geq 1X_5 + 1X_7 + 1X_9 + 1X_{10} + 1X_{14} + 1X_{15}$$

Powierzchnię jęczmienia uzależniliśmy od powierzchni uprawianych okopowych. Jęczmienia może jednak być mniej niż okopowych. Wyraża to nierówność:

$$1X_1 + 1X_2 + 0,75X_4 + 0,006X_{16} + 0,007X_{22} + 0,044X_{23} \geq 1X_7 + 1X_{11}$$

Z tego otrzymujemy:

$$0 \geq -1X_1 - 1X_2 - 0,75X_4 + 1X_7 + 1X_{11} - 0,006X_{16} - 0,007X_{22} - 0,044X_{23}$$

Wychodząc z założenia, że minimalna powierzchnia nawożona obornikiem w gospodarstwie powinna wynosić 0,25 powierzchni gruntów ornych i że obornik stosuje się tylko pod rośliny okopowe, otrzymujemy nierówność:

$$80,6 \leq 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0,75X_4 + 0,218X_{16} + 0,136X_{22} + 0,234X_{23}$$

Z zapisu tego wyniku, że dopuszczamy większą powierzchnię nawożoną obornikiem, niż przyjęte minimum.

Nierówność ta wyraża, że powierzchnia nawożona obornikiem nie równa się maksymalnej dopuszczalnej powierzchni jęczmienia. Wynika to z tego, że jęczmień może być uprawiany na kompleksie I. Tym też tłumaczymy różną wartość współczynników stojących przy działaniach X_{16} , X_{22} i X_{23} w równaniach ograniczających powierzchnię jęczmienia i powierzchnię nawożoną obornikiem.

Ponieważ obciążenia stałe ponoszone przez gospodarstwo są wielkością stałą, ograniczenie to przyjmuje postać równania:

$$93,5 = 1X_{23}$$

Aby zamienić nierówności na równania należy wprowadzić dodatkowe zmienne, które oznaczają albo niewykorzystanie środka jakim dysponuje gospodarstwo lub jego nadwyżkę w zależności od znaku nierówności. Jeżeli dodatkowa zmienna wyraża niewykorzystanie jakiegoś środka wówczas współczynnik stojący przy takiej niewiadomej jest z znakiem dodatnim, np. nierówność określająca wykorzystanie powierzchni obory w gospodarstwie.

Jeżeli przez X_{42} oznaczymy ewentualne niewykorzystanie części powierzchni obory w m^2 (tzn. różnicę między istniejącą do dyspozycji gospodarstwa ilością m^2 powierzchni obory, a ilością m^2 , które zostały faktycznie wykorzystane) to nierówność:

$$1192,0 \text{ m}^2 \geq 11,57X_{16} + 26,60X_{22}$$

da się zapisać jako równanie:

$$1192,0 - 1X_{42} = 11,57X_{16} + 26,60X_{22}$$

czyli

$$1192,0 = 11,57X_{16} + 26,60X_{22} + 1X_{42}$$

Jeżeli natomiast dodatkowa zmienna wyraża nadwyżkę środka wówczas przy współczynniku umieszczamy znak ujemny. Przykładowo weźmy nierówność określającą relację między powierzchnią nawożoną obornikiem a roślinami, które będą na niej uprawiane

$$80,6 \leq 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0,75X_4 + 0,218X_{16} + 0,136X_{22} + 0,234X_{23}$$

Powierzchnia nawożona obornikiem nie może być mniejsza od 80,6 ha. Jeżeli więc przez X_{43} oznaczymy dodatkową ilość jednostek ziemi nawożonej obornikiem (tzn. różnicą między faktycznie uzyskaną ilością ziemi nawożonej obornikiem, a założoną minimalną ilością ziemi, która musi nim być nawożona), to nierówność tę możemy zapisać następująco:

$$80,6 + 1X_{43} = 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0,75X_4 + 0,218X_{16} + 0,136X_{22} + 0,234X_{23}$$

czyli

$$80,6 = 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0,75X_4 + 0,218X_{16} + 0,136X_{22} + 0,234X_{23} - 1X_{43}$$

Tak więc w wierszu macierzy mamy powiązania poszczególnych współczynników niezbędnych do prowadzenia wszystkich działań. Natomiast w kolumnie pod każdą działalnością umieszczone są współczynniki niezbędne przy jednostkowej produkcji danej działalności.

Reasumując powyższe możemy powiedzieć, że w zadaniu, które można rozwiązać metodą programowania liniowego istnieją powiązania współczynników określających zapotrzebowanie środków przy prowadzeniu poszczególnej działalności (interpretacja kolumny), jak również powiązania współczynników określających zapotrzebowanie środków przy prowadzeniu wszystkich działalności (bardzo pomagają tu równania ograniczające).

Wartości zmiennych X_1 do X_{43} otrzymujemy po uzyskaniu rozwiązania. Figurują one pod każdą zmienną w wierszu określającym wyniki uzyskane przy pomocy odpowiedniej metody (patrz tabela).

III. Rozwiązanie zadania

Technika obliczeń metodą planowania programu polega na dokonywaniu kolejnych przybliżeń planów produkcyjnych do optymalnego. Pierwszą czynnością jest ustalenie najbardziej limitowanych środków w danym obiekcie. Następnie zestawiamy działalności biorące udział w optymalizacji wg kolejno zmniejszającego się zysku brutto. Po dokonaniu tego przystępujemy do układania kolejnych planów. Jeżeli kolejny plan nie spełniając wszystkich warunków zadania oprze się na którymś z ograniczeń jak np. ograniczenie ilości siły roboczej w czerwcu, wówczas należy włączyć takie działalności do dalszych planów o których wiadomo, że dadzą największy zysk brutto na jednostkę danego ograniczenia. W naszym przykładzie będzie to ilość zysku brutto na 1 rbg. czerwca. Naturalnie największy zysk brutto uzyskamy z działalności, w której zapotrzebowanie rbg w miesiącu szczytowym równa się zero, a zysk brutto z 1 ha jest największy. Pomocnym będzie tu zestawienie działalności wg kolejno zmniejszającego się stosunku zysku brutto do jednostki czynnika limitowanego.

W momencie gdy stwierdzamy, że wszystkie limitowane i dysponowane środki zostały wyczerpane, wówczas należy przejść do analizy możliwości przegrupowania elementów biorących udział w optymalizacji. Trzeba zaznaczyć, że przegrupowanie elementów biorących udział w optymalizacji. Trzeba zaznaczyć, że przegrupowanie planów produkcyjnych tyle razy, ile wydaje się być konieczne aby osiągnąć optimum.

Jeżeli kolejny plan nie da żadnej lub niewielką zwyżkę zysku brutto, wtedy taki plan należy uznać za optymalny.

Stosując metodę programowania liniowego rozwiązanie uzyskaliśmy przy pomocy elektronicznej maszyny cyfrowej. Macierz w postaci nierówności przekazaliśmy do Centrum Obliczeniowego PAN. Rozwiązania dokonano na maszynie.

IV. Porównanie wyników

Zarówno w programowaniu liniowym jak i w planowaniu programu zysk brutto nie różnił się istotnie.

Szacunkowo wyliczony globalny zysk brutto z produkcji faktycznie uzyskanej w Oborach za rok gospodarczy 1958/59 różnił się od wyników uzyskanych powyższymi metodami około 20% in minus. Należy jednak podkreślić, że liczbę tę podajemy orientacyjnie, gdyż do szacunków przez nas dokonanych można mieć wątpliwości.

Globalny zysk brutto, stosując metodę planowania programu, dla Obór w warunkach roku gospodarczego 1958/59 wyniósł 1 535 374 zł. Ten sam miernik uzyskany metodą programowania liniowego wyniósł 1 626 639 zł. Wyniki różnią się o 5,9%.

Przy pomocy „odręcznej metody” planowania programu teoretycznie uzyskaliśmy cokolwiek niższy wynik, czego w zasadzie należało się spodziewać.

Przy porównaniu uzyskanych wyników nie możemy się ograniczyć tylko do zestawienia zysków brutto. Wydaje się nam, że ważniejszą rzeczą jest porównanie konsekwencji przyrodniczo-rolniczych wynikających z ewentualnego wprowadzenia planów do zastosowań praktycznych. Wystarczy chyba porównać dobór roślin, które weszły do planów produkcyjnych oraz strukturę zasiewów.

Zestaw roślin wchodzących w ostateczne rozwiązanie uzyskane porównywalnymi metodami oraz istniejącej faktycznie przytaczamy poniżej.

Programowanie liniowe	Planowanie programu	Stan faktyczny
a) Zestaw roślin towarowych		
pszenica ozima	pszenica ozima	pszenica ozima
—	żyto	żyto
jęczmień jary	jęczmień jary	jęczmień jary
buraki cukrowe	buraki cukrowe	—
—	—	buraki nasienne
ziemniaki	ziemniaki	ziemniaki
—	rzepak ozimy	rzepak ozimy
—	—	rzepak jary
—	bobik	bobik
—	—	wyka jara
—	—	wyka ozima
—	—	koniczyna nasienna
—	—	tulipany

b) zestaw roślin pastewnych

żyto	żyto	żyto
owies	owies	owies
—	—	mieszanka na zielono
buraki pastewne	buraki pastewne	buraki pastewne
lucerna	lucerna	lucerna
koniczyna	koniczyna	koniczyna
koński ząb	koński ząb	koński ząb
mieszanka na zielono	mieszanka na zielono	mieszanka na zielono
pastwisko przemienne	pastwisko przemienne	pastwisko przemienne
—	—	mietlica biaława
—	—	słonecznik
—	—	wyka ozima

Jak już podawaliśmy w obu metodach dobór roślin wchodzących w skład powierzchni paszowej został z góry założony. Przytaczamy go w tym miejscu dla porządku.

W zadaniu maksymalizowano zysk brutto towarowej produkcji roślinnej i zwierzęcej. Wybór działalności zwierzęcych był nieduży, więc szczególnie interesuje nas dobór roślin towarowych. Różnice w zestawie roślin uzyskanych obiema metodami są znaczne. Największe uproszczenie uzyskano metodą Programowania Liniowego. Dobór roślin uzyskanych metodą planowania programu jest chyba najbardziej poprawny w obecnych warunkach. Nie można jednak powiedzieć, że dobór roślin uprawianych w gospodarstwie Obory jest najbardziej racjonalny z punktu widzenia organizacji gospodarstwa.

Okazuje się również, że nawet przy istniejącym zasobie siły roboczej w rozwiązanie optymalne zawsze wchodzi buraki cukrowe.

Poniżej zestawiamy strukturę zasiewów uzyskaną za pomocą porównywanych metod oraz istniejącą faktycznie.

Z zestawionych poniżej trzech struktur najbardziej racjonalną wydaje się struktura jaką otrzymano z wyników metody planowania programu. Założone plony w tym wypadku są możliwe do osiągnięcia. Nie można tego powiedzieć o strukturze uzyskanej przy pomocy programowania liniowego. Należy pamiętać, że pozycja zbożowe (w strukturze uzyskanej metodą programowania liniowego) to przede wszystkim pszenica ozima. Wynika z tego, że gospodarstwo Obory winno

Wyszczególnienie	Programowanie Liniowe	Planowanie Programu	Stan faktyczny
Zbożowe	58,7%	46,1%	41,1%
Okopowe	24,2%	24,2%	16,0%
Przemysłowe oleiste	—	4,1%	9,4%
Motylkowe strączkowe	5,7%	14,2%	9,8%
Motylkowe pastewne	11,4%	11,4%	16,5%
Inne pastewne	—	—	7,2%
Inne	—	—	0,0%
	100,0%	100,0%	100,0%

specjalizować się w produkcji pszenicy ozimej. Do planu tego są zastrzeżenia. Uwidocznili to struktura zasiewów na poszczególnych kompleksach, którą poniżej zestawiamy.

Poniżej podajemy porównanie struktur zasiewów na poszczególnych kompleksach uzyskanych metodami programowania liniowego oraz planowania programu.

Wyszczególnienie	Planowanie Programu		Programowanie Liniowe	
Kompleks I				
Zboża	107,1 ha	46,7%	164,5 ha	71,5%
w tym ozime	65,1 „		148,7 „	
pszenica ozima	47,0 „		148,7 „	
żyto	18,1 „		—	
w tym jare	42,0 „		15,8 „	
jęczmień jary	42,0 „		15,8 „	
Okopowe	42,0 „	18,3%	27,2 „	11,9%
w tym buraki cukrowe	22,9 „		13,8 „	
Oleiste przemysłowe	13,3 „	5,7%	—	—
Motylkowe strączkowe	29,3 „	12,8%	—	—
Motylkowe pastewne	37,8 „	16,5%	37,8 „	16,5%
Razem	229,5 ha	100,0%	229,5 ha	100,0%
Kompleks II				
Zboża	45,6 ha	44,3%	30,9 ha	30,0%
żyto	32,9 „		18,2 „	
owies	12,7 „		12,7 „	
Okopowe	38,5 „	37,4%	53,2 „	51,6%
Motylkowe strączkowe	18,9 „	18,3%	18,9 „	18,3%
Razem	103,0 ha	100,0%	103,0 ha	100,0%

W wyniku uzyskanym metodą programowania liniowego udział pszenicy ozimej na kompleksie I wyniósł aż 65%. Udział okopowych około 12%. Przy tej strukturze nie można ułożyć poprawnego agrotechnicznie płodozmianu. Istnieje również

obawa, że plony uzyskane nie będą odpowiadały plonom przyjętym w zadaniu. Wynik ten świadczy, że do zadania nie włączono następujących ograniczeń:

- maksymalnej powierzchni zbóż dopuszczalnej na poszczególnych kompleksach,
- maksymalnie dopuszczalnej powierzchni pszenicy na Kompleksie I,
- minimalnej powierzchni nawożonej obornikiem na każdym kompleksie.

W porównaniu ze stanem faktycznym udział zbóż wzrasta o 5% w wyniku uzyskanym metodą planowania programu i 17,6% przy programowaniu liniowym.

Wydawać się może, iż ten stan rzeczy wynika z samej metody, że nieuwzględnienie wszystkich elementów kosztów, np. obornika, słomy, kosztów stanowiska, wpływ rośliny na stanowisko upośledza jedne grupy roślin na rzecz innych. Analiza wykazała, że tak nie jest. Przyczyn należy raczej szukać w ściślej zdeteminowaniu wyboru kolejnych działań w zależności od zmniejszającej się ilości zysku brutto na jednostkę okresu szczytowego.

Z analizy kolejnych planów zbliżających rezultat do optymalnego uzyskanego z maszyny wynika, że w programowaniu liniowym dobór kolejnych planów odbywa się podobnie jak w planowaniu programu. Mając inne dane co do wielkości kosztów produkcji dla poszczególnych działań kolejność ta może wyglądać zupełnie inaczej i wówczas, gdy nie będzie odpowiednich ograniczeń maszyna może preferować inne działania, wcale nie pszenicę jak w naszym przypadku. Różnica polega jednak na tym, że w planowaniu programu ograniczenia włącza się w trakcie dokonywania planów w zależności od potrzeb. W programowaniu liniowym w trakcie liczenia tracimy kontakt z rozwiązaniem. Stąd otrzymujemy wyniki obiektywne tylko z tych danych, jakie maszynie dostarczyliśmy. Podkreślamy więc, że programowanie liniowe z punktu widzenia rolniczego to tylko właściwe ograniczenie. W zależności bowiem od otrzymanych danych można uzyskać wyniki, których nie jesteśmy w stanie przewidzieć. Trzeba więc z góry nałożyć na nie pewne ramy, w których rozwiązanie powinno się znaleźć.

Wyższy udział okopowych w strukturach otrzymanych metodami programowania liniowego i planowania programu wynika z przyjętego założenia, że rocznie obornikiem należy nawozić 0,25 powierzchni gruntów ornych.

W produkcji zwierzęcej nie notujemy zmian w grupach inwentarza. Nastąpił jednak znaczny wzrost ilości krów mlecznych jako wynik większej powierzchni nawożonej obornikiem.

Niewykorzystanie będącej do dyspozycji siły roboczej znacznie różniło się w wynikach uzyskanych obiema metodami. Należy podkreślić, że przy pomocy planowania programu uzyskano lepsze wykorzystanie siły roboczej o około 7 tys. godzin rocznie. Konie natomiast w obu planach były wykorzystane w tym samym stopniu. Przymując 8-godz. dzień pracy wypadałoby 175 dni roboczych rocznie na konia.

Otrzymany wynik z obu metod nie jest planem ostatecznym. Rozmiary macierzy nie pozwoliły uwzględnić pełnego wykorzystania koni w gospodarstwie oraz produktów ubocznych, np. liści buraków. Macierz wówczas składałaby się z około 100 niewiadomych i 60 równań.

Zakładając 250 dni pracy konia rocznie można by zlikwidować w gospodarstwie 10—11 koni, uzyskując dodatkowo wolną powierzchnię około 12 ha. Kiszonką z liści buraczanych można by było zastąpić kiszonką z końskiego zębu. Dałoby to oszczędność około 4 ha w planie uzyskanym metodą programowania liniowego oraz około 7 ha w planie uzyskanym przy pomocy planowania programu.

Zwolnioną powierzchnię można by było przeznaczyć pod roślinną produkcję torową. Dałoby to zwykłą zysku brutto około 100 tys. złotych.

Ze względu na zamierzony cel opracowania nie wydawało się konieczne włączenie w plan tych wielkości, co nie przeszkadza nam twierdzić, że w dalszych kolejnych planach można by było je uwzględnić.

Wnioski

„Jeśli kierunek produkcyjny w gospodarstwie zostanie w sposób właściwy, dostosowany do jego typu produkcyjnego, to będzie najlepiej (powinien być) spełniony cel działalności produkcyjnej gospodarstwa, tj. uzyskanie maksymalnej produkcji pożądanej jakości przy możliwie najniższym jednostkowym koszcie produkcji”.¹

¹ R. Manteuffel: eit. op.

Wydaje się, że postawiony warunek spełnia obecnie tylko metoda planowania programu. Pozwala ona najlepiej dostosować kierunek produkcyjny do warunków przyrodniczych i ekonomicznych.

Za pomocą tej metody, oraz po pewnym dopracowaniu metody programowania liniowego można jednoznacznie ustalić optymalny kierunek produkcyjny. Natomiast obecnie podjęcie decyzji opiera się na intuicji i rozeznaniu praktycznym, a kierunek produkcyjny ustalony w ten sposób jest tylko jednym z wariantów dopuszczalnych.

Programowanie liniowe jest metodą precyzyjną, wymagającą znajomości zasad algebry wyższej oraz stosowania maszyn liczących. Dla celów praktycznych potrzebna jest metoda nieco mniej precyzyjna oraz wymagająca mniejszego aparatu matematycznego. Jest nią planowanie programu.

Powyższe metody mogłyby stać się obiektywnym narzędziem rolnika-organizatora i utwierdzać go w podjętych decyzjach co do kierunku produkcyjnego w organizowanych gospodarstwach. Pozwoliłoby to racjonalniej wykorzystać środki istniejące w gospodarstwie, zwiększyć efektywność nakładów oraz wydajność pracy. Na powyższe ma wpływ i to, że obliczając współczynniki niezbędne przy stosowaniu tych metod dokonuje się równocześnie analizy obecnego stanu gospodarowania.

Metody te jednak nie zastąpią fachowców. Decyzja bowiem co do wyboru działalności branych pod uwagę w optymalizacji, określenie ograniczeń oraz interpretacja uzyskanych wyników pozostanie nadal w ręku rzeczoznawcy.

Najwięcej wątpliwości budzi uzyskanie danych potrzebnych dla tych metod. Przy takim sformułowaniu zadania jakie zostało ułożone, uzyskanie danych jest trudne. Pokrywają się one z tymi, których używa Biuro Urzędów Rolnych.

Organizując konkretne gospodarstwo wyżej opisanymi metodami można uwzględnić takie zagadnienia, jak:

- kultura gleby. Przyjmujemy taka jaka istnieje w konkretnym obiekcie lub taką jaką chcielibyśmy mieć w danym gospodarstwie. Daje się ona uchwycić w następujących wskaźnikach: wysokość plonów, nawożenie itp.
- stopień trudności. Uwzględniamy go we współczynnikach zużycia robocizny.
- ryzyko związane z uprawą poszczególnych roślin. Uwzględniliśmy to przez odpowiednie zmniejszenie plonu i wzrost kosztów,
- nawozy zielone i ich wpływ następczy,
- poplony,
- terminowość zasiewów i prac uprawowych. Uwzględniamy ją przy pomocy odpowiednich ograniczeń.

Natomiast optymalnej wielkości pola przy pomocy tych metod nie jesteśmy w stanie ustalić, możemy ją najwyżej założyć w formie pewnego systemu ograniczeń.

Mimo założenia, iż koszty stałe nie ulegają zmianie wraz ze zmianami planów, metoda uwzględnia zmiany tych kosztów w gospodarstwie wraz z wprowadzeniem inwestycji. Zmiany te dotyczą tylko kosztów związanych z utrzymaniem inwestycji.

Wnioski wynikające z porównania metody programowania liniowego i planowania programu zestawiamy poniżej:

- metoda planowania programu w tej postaci jaka obecnie istnieje może być już praktycznie stosowana. W naszych warunkach pożądane byłoby rozciągnięcie tej metody na optymalizację żywienia zwierząt gospodarskich,
- z rolniczego punktu widzenia poprawność metody programowania liniowego sprowadza się do należyście postawionych ograniczeń przyrodniczych. Aby pozostawić możliwie największe pole manewru, chodzi głównie o ustalenie dolnych i górnych granic określających pewne ramy struktury produkcji roślinnej i zwierzecej, żywienia itp. Postawienie zbyt ostrych ograniczeń powoduje, że rozwiązanie otrzymujemy w chwili ich włączenia w macierz, natomiast pominięcie nawet jednego ograniczenia powoduje olbrzymie konsekwencje wpływające na wynik.

Pożądane więc byłoby obecnie skierowanie uwagi ekonomistów rolnych, rolników i zootechników na dokładne sprecyzowanie racjonalnych ograniczeń.

W naszym opracowaniu, z braku innego, jako kryterium maksymalizacji służył zysk brutto. Nie wyklucza to jednak możliwości zastosowania jako miernika maksymalizacji innej kategorii ekonomicznej.

Po tych uzupełnieniach metoda programowania liniowego może być brana pod uwagę w organizacji gospodarstwa.