

ZASTOSOWANIE METOD MATEMATYCZNYCH W EKONOMICZNEJ ROLNICTWA

Stanisław Urban

Katedra Ekonomiki i Organizacji Gospodarki Żywnościowej
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: stanislaw.urban@ue.wroc.pl

Streszczenie: Metody matematyczne są szeroko stosowane w rolnictwie i ekonomice rolnictwa. W artykule przedstawiono wybrane metody badawcze. Powszechnie stosuje się metody opisu statystycznego. Do ważnych metod, przydatnych do analiz rynkowych należy metoda bilansowa. Do klasycznych metod o charakterze planistycznym należy metoda programowania liniowego. Duże znaczenie ma metoda oparta na funkcji produkcji rolniczej. Metody korelacyjne są szczególnie przydatne w doświadczeniach rolniczych i badaniach naukowych. Metody statystyczne oceny ryzyka są wykorzystywane w ubezpieczeniach rolniczych. Wykorzystanie metod matematycznych ogranicza niski poziom wiedzy na ich temat.

Słowa kluczowe: metody matematyczne, statystyka, rolnictwo, ekonomika rolnictwa

WSTĘP

Matematyka jest szczególnie silnie związana z rolnictwem. Przypuszczać można, że już w starożytności robiono różne obliczenia dotyczące żywności. Przykładowo robiąc zapasy zapewne obliczano czy starczą one na zimę dla rodziny o określonej liczbie osób. Rola matematyki rosła wraz z rozwojem społeczno-gospodarczym. Zwłaszcza wprowadzenie obrotu towarowego spowodowało zastosowanie matematyki do rozliczeń w transakcjach kupna-sprzedaży.

Później powstały metody z zakresu statystyki matematycznej, które są szczególnie silnie związane z demografią i rolnictwem. Już w starożytności, obok spisów ludności dokonywano spisów rolnych, dotyczących między innymi powierzchni uprawy zbóż i ich plonów oraz zbiorów i pogłowia zwierząt

gospodarskich w tym bydła, ze szczególnym uwzględnieniem wołów roboczych a także koni. Dane te wykorzystywano do ustalania wysokości czynszów dzierżawnych i podatków. Na podstawie danych statystycznych ustalano między innymi wysokość dziesięciny świadczonej na rzecz Kościoła. Spisy rolne stanowiły też podstawę gromadzenia żywności na wypadek klęsk nieurodzaju.

OPIS STATYSTYCZNY

W praktyce rolniczej często posługujemy się metodami opisu materiału statystycznego. Badanie statystyczne obejmuje zawsze pewien zbiór jednostek. W wyniku obserwacji statystycznej ustalamy wartość cechy, która w przypadku cechy ilościowej jest określona wartością liczbową, natomiast w przypadku cechy jakościowej opisywana jest określeniem słownym. Materiały statystyczne zebrane w wyniku przeprowadzonych badań mają charakter nieuporządkowanej zbiorowości obserwacji liczbowych lub jakościowych. By można je było analizować, niezbędne jest dokonanie ich opisu statystycznego polegającego na porządkowaniu, grupowaniu, prezentacji graficznej i streszczeniu materiału statystycznego za pomocą syntetycznych miar (wskaźników). Chodzi w tym przypadku o:

- uzyskanie dokładnej i jasnej charakterystyki badanego zjawiska,
- dokonanie potrzebnych uogólnień na podstawie danych szczegółowych,
- wprowadzenie porządku do zebranego zbioru danych w celu ujawnienia prawidłowości występujących w zjawiskach masowych [Wawrzynek 2007, s.20].

Do porządkowania materiału statystycznego dotyczącego cech ilościowych wykorzystuje się statystyczny szereg uporządkowany. Ta metoda podporządkowania jest przydatna w przypadku małych prób. W przypadku dużych prób materiał dotyczący cechy ilościowej porządkuje się metodą grupowania. Polega ona na podziale zgromadzonego materiału statystycznego na grupy jednorodne nazywane klasami. Klasa oznacza w tym przypadku liczbę, przedział liczbowy lub daną kategorię cechy jakościowej. Efektem grupowania jest szereg rozdzielczy. Wymieniony tok porządkowania informacji statystycznych jest powszechnie stosowany w badaniach dotyczących rolnictwa np. w przypadku spisów rolnych.

Do charakterystyki zbioru danych statystycznych dotyczących rolnictwa często wykorzystuje się: średnią arytmetyczną, dominantę (modalną) i medianę, które w statystyce są zaliczane do miar położenia.

W celu określenia liczbowego stopnia zróżnicowania obserwacji przedstawionych w danym materiale statystycznym wykorzystuje się miary zmienności w postaci: wariancji, odchylenia standardowego, współczynnika zmienności i odchylenia kwartylowego.

METODA BILANSOWA

Metoda ta należy do klasycznych metod matematycznych oraz analizy ilościowej w ekonomii. W przypadku rolnictwa jest wykorzystywana do analizy sytuacji rynkowej na głównych rynkach branżowych produktów rolno-spożywczych np. zbóż, rzepaku, ziemniaków, buraków cukrowych, mięsa itp. Uwzględnia się w nich wszystkie źródła przychodów i rozchodów danego produktu czy grupy produktów w poszczególnych okresach np. latach. Są to więc najczęściej bilanse materiałowe wytwarzania i podziału określonych produktów podane w naturalnych jednostkach miary. Ważną odmianą metody bilansowej jest metoda analizy przepływów międzygałęziowych, która stanowi ważny element bilansu gospodarki narodowej poszczególnych państw.

Metoda bilansowa w okresie gospodarki centralnie zarządzanej była w Polsce wykorzystywana do planowania gospodarczego. Obecnie jest wykorzystywana do realizacji analiz rynkowych i kształtowania polityki rolnej, w tym podejmowania interwencji rynkowych. W przedsiębiorstwach jest ona przydatna w zarządzaniu, w tym zwłaszcza w kształtowaniu relacji przedsiębiorstwa z rynkiem.

METODY PROGRAMOWANIA LINIOWEGO

Metody te są powszechnie znane jako programowanie liniowe lub programowanie optymalne. Dotyczą programowania czynników produkcji i wykorzystania różnych środków a także programowania współzależności czynników. Zastosowanie metody programowania optymalnego pozwala wybrać optymalny wariant rozwiązania danego problemu np. wybrać optymalną trasę przewozu towarów, optymalny wariant wykorzystania mocy produkcyjnych, rozdziału towarów na magazyny itp.

Programowanie optymalne można stosować wtedy, gdy optymalny rezultat uzyskuje się w postaci ściśle sformułowanych celów i przy wyraźnie określonych ograniczeniach wynikających najczęściej z posiadanych zasobów. Podstawę rozwiązania zadania stanowi matematycznie sformułowany system wzajemnych zależności czynników oraz środki i warunki ich wykorzystania. Zazwyczaj podstawę stanowią szacunkowe dane dotyczące powiązanych z sobą czynników i oczekiwanych rezultatów. Rezultat ma więc względną wartość i jest optymalny tylko dla przyjętych danych wyjściowych [Heady, Candler 1965, s.40-49].

Zadania z dziedziny programowania optymalnego zawierają trzy elementy [Niemczinow 1965, s.13-15]:

- istnienie systemu wzajemnie związanych czynników,
- ściśle określone kryterium oceny optymalności,
- prawidłowe sformułowanie warunków ograniczających wykorzystanie istniejących zasobów lub czynników.

FUNKCJE PRODUKCJI ROLNICZEJ

Funkcja produkcji jest koncepcją nauk agrobiologicznych i biologicznych. Funkcja produkcji informuje o jednej z dwóch podstawowych kategorii danych niezbędnych do określenia sposobów wykorzystania zasobów i skonstruowania modeli produkcyjnych maksymalizujących zyski przedsiębiorstwa. W przypadku wielu działań produkcyjnych w rolnictwie oraz zjawisk biologicznych występują stałe zależności, a dane mierzalne określające ich przebieg odpowiadają analizie formalnej funkcji produkcji. Jeśli badania eksperymentalne i analizy statystyczne potwierdzają występowanie funkcji produkcji, wtedy można dane rozwiązanie rekomendować do stosowania w produkcji mając dużą szansę na osiągnięcie przewidywanego wyniku ekonomicznego. Zmniejsza to ryzyko i stanowi ważny czynnik stymulujący wprowadzenie zmian. Dążąc do maksymalizacji zysku i wyboru przez gospodarstwo czy przedsiębiorstwo alternatyw ekonomicznych, ekonomiści skoncentrowali uwagę na produktach krańcowych, krańcowej stopie substytucji, izokwantach i izoklinach. Ich wartości wylicza się z ciągłych funkcji produkcji [Heady, Dillon 1965, s.576-577].

Funkcja produkcji pozwala interpretować podstawowe zależności występujące w przyrodzie. Ekonomiści rolni starają się ustalić zasady nazywane „czynnikami kształtującymi zyski gospodarstwa”. Zasady te zakładają pewne warunki dotyczące funkcji produkcji w jej technicznym wyrazie.

Badania nad funkcją produkcji można podzielić na dwa główne typy:

- funkcje biologiczne wyprowadzane są na podstawie eksperymentów, w których nakłady produkcyjne ustala się na 1 szt. zwierząt określonej wielkości lub na 1 ha ziemi;
- funkcje produkcji rolniczej wyprowadzane na podstawie próbek, gdzie obszar zasiewu jest stały lub zmienny a poszczególne zasady są ściśle określone [Heady, Dillon 1965, s.578].

Rosnący poziom wiedzy rolników i postępująca komercjalizacja rolnictwa powodują wzrost zapotrzebowania na badania eksperymentalne w zakresie biologii i zastosowania techniki, których wyniki umożliwiają określenie funkcji produkcji. Dane te są lepiej przystosowane do interpretacji i zaleceń ekonomicznych, które są szczególnie przydatne w doradztwie rolniczym. Rolnicy są przy tym często zainteresowani rozwiązaniami przynoszącymi im najwyższe zyski. W wyniku większości eksperymentów, po odpowiednim przystosowaniu założeń, można ocenić funkcję produkcji lub ciągłe zależności nakładów i wyników, którym odpowiada niski koszt krańcowy. W przypadku wdrażania postępu rolniczego istotna jest odpowiedź na pytanie, czy dodatkowy zysk wynikający z udoskonalenia jest większy niż dodatkowe koszty związane z tym udoskonaleniem.

Metoda funkcji produkcji w rolnictwie służy do zdobywania informacji z zakresu struktury rolnictwa i daje podstawy, na których można opierać wybór

i decyzje. Ma przy tym pewne ograniczenia jako metoda empiryczna zdobywania wyników. Daje ona pewne korzyści przy mierzeniu zasobów produkcyjnych rolnictwa i podejmowaniu decyzji zarówno w skali indywidualnych gospodarstw jak i rozwiązań makroekonomicznych w zakresie polityki rolnej.

Chociaż obecnie metoda funkcji produkcji jest stosowana zarówno w przemyśle jak i rolnictwie, powstała i była początkowo stosowana w rolnictwie. Jej podstawę stanowiło prawo minimum Justusa von Liebiga, w którym zdefiniował zależności między nawozami mineralnymi tj. zasobami składników odżywczych w ziemi a plonami. Twierdził on, że gleba zawierająca wszystkie składniki niezbędne do rozwoju roślin z wyjątkiem jednego, jest jałowa dla tych roślin, dla których czynnik ten jest niezbędny. Uważał, że plony są proporcjonalne do ilości składników odżywczych pobranych z gleby. Gdy składniki odżywcze występują w glebie w dostatecznej ilości, dalsze ich dodawanie nie zwiększy plonu. Baule wyjaśnił, że według prawa minimum von Liebiga rośliny przyswajają substancje odżywcze tylko w określonym stosunku i plony mogą zmieniać się proporcjonalnie do ilości substancji występującej w minimum. Bandorff i Plessing zinterpretowali to prawo w formie wzoru [Heady, Dillon, s.587]:

$$Y = ax$$

gdzie: y – wysokość plonu, x – ilość substancji odżywczej, a - wartość stała lub współczynnik określający stopę transformacji.

Pierwszą algebraiczną funkcję produkcji nawożenia i zbiorów określił Mitscherlich we współpracy z Baule'm wyrażając ją w równaniu:

$$\log A - \log (A-y) = cx$$

gdzie: A - całkowity zbiór uzyskany w warunkach, gdy substancja x nie jest w deficycie, czyli A stanowi maksymalny plon uzyskany po dodaniu x ,
 c – stała proporcjonalna czyli stopa od której odchyła się plon krańcowy [Heady, Dillon, 1965, s.588].

Później pojawiły się liczne interpretacje funkcji produkcji dotyczące nie tylko funkcji technicznej, ale również uwzględniające funkcję ekonomiczną, czyli maksymalizację zysku. Nadawano im formę równań. Dotyczyły one zarówno produkcji roślinnej jak i różnych problemów produkcji zwierzęcej, w tym głównie żywienia i zużywanych pasz.

W Polsce analiza funkcji produkcji była między innymi stosowana do badania ekonomiki indywidualnych gospodarstw chłopskich w oparciu o wyniki rachunkowości gospodarstw rolnych. Miały one na celu ustalenie motywów chłopskiej produkcji towarowej oraz rezerw produkcyjnych indywidualnych gospodarstw chłopskich [Rey 1965, s.786-835].

METODY KORELACYJNE W BADANIACH EKONOMICZNO-ROLNYCH

Ustalając funkcje produkcji w rolnictwie często odczuwamy potrzebę określenia ścisłej zależności między zmienną zależną a zespołem zmiennych niezależnych. Przykładem może być zależność wielkości produkcji globalnej gospodarstw rolnych od różnych cech gospodarstw określających warunki ich działania. Zależność tą można określić obliczając współczynniki regresji. Metodą prostszą i bardziej precyzyjną jest zastosowanie rachunku korelacyjnego. Współczynnikiem korelacji posługiwał się Moszczeński obliczając zależności między nawożeniem a dochodem czystym gospodarstw [Marszałkiewicz 1963, s.18-42].

Metoda korelacji jest jedną z głównych metod statystycznych służących do analizy gospodarstw rolnych. Może między innymi być wykorzystana do określenia, jakie czynniki wpływają na poziom produkcji rolniczej. Może też służyć do badania efektywności nakładów ponoszonych na produkcję rolną.

Praktyczne zastosowanie rachunku korelacyjnego w rolnictwie dotyczy przede wszystkim doświadczalnictwa rolniczego i badań naukowych dotyczących rolnictwa. Analiza wyników badań opiera się na analizie statystycznej i wnioskowaniu statystycznym, którego ważnym elementem jest rachunek korelacyjny. Wylicza się przy tym współczynniki korelacji prostej lub złożonej przy określonym przedziale ufności. Obliczone współczynniki korelacji określają poziom współzależności zmiennych zależnych i niezależnych uczestniczących w rachunku.

Rachunek korelacyjny może być przydatny do analizowania związków zachodzących między różnymi danymi statystycznymi pochodzącymi np. ze spisów rolnych. Jego wyniki mogą służyć do kształtowania i korygowania polityki rolnej.

UBEZPIECZENIA ROLNICZE A STATYSTYKA

U podstaw usług ubezpieczeniowych leżą badania matematyków dotyczące oceny ryzyka ubezpieczeniowego i obliczeń wysokości składek ubezpieczeniowych [Ostasiewicz 1999, s.60-65].

Przy określaniu wysokości składek ubezpieczeniowych korzysta się z dwóch niezależnych źródeł informacji. Pierwsze z nich to dane historyczne nazywane też danymi zewnętrznymi, które są obserwowane wcześniej dla podobnych grup lub jednostek podlegających ubezpieczeniu. Drugim źródłem danych są obserwacje wybranej jednostki bądź grupy jednostek, dotyczących najbliższej przyszłości, zwane danymi wewnętrznymi. Zadanie polega na określeniu szukanej wartości na podstawie możliwej do uzyskania wiedzy. Czyli prowadzone są obserwacje historyczne i bieżące. Szukana wielkość jest ustalana w drodze szacunku będącego

kompromisem między wiedzą ogólną, dotyczącą badanej grupy lub jednostki, a wiedzą opartą na doświadczeniu, czyli badaniu eksperymentalnym tej grupy czy jednostki. Stąd do celów ustalania ryzyka potrzebne są wieloletnie badania ubezpieczonej grupy. Np. w rolnictwie będą to badania dotyczące zachorowalności i padnięć zwierząt gospodarskich, klęsk gradobicia czy powodzi i będących ich następstwem zniszczeń zasiewów roślin uprawnych, bądź też częstotliwości wystąpienia pożarów z uwzględnieniem ich przyczyn, a także klęski powodzi oraz podtopień i zakresu wywołanych przez nich szkód.

Ryzyko w ubezpieczeniach jest mierzone za pomocą prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia ubezpieczeniowego. Prawdopodobieństwo to zależy od wielu czynników, które należy przy tym uwzględniać. Znajduje przy tym zastosowanie metoda analizy porównawczej i zasada analogii. Stopień ryzyka jest zróżnicowany w zależności czy ubezpieczona jednostka została zaliczona do grupy dużego ryzyka, czy też małego ryzyka. Dlatego portfel polis ubezpieczeniowych jest dzielony na tak zwane klasy ryzyka. O jednostce ubezpieczeniowej należącej do klasy o dużym prawdopodobieństwie zaistnienia szkody ubezpieczeniowej mówi się „duże ryzyko”. Przynależność jednostki ubezpieczeniowej do klasy ryzyka może ulegać zmianie w czasie trwania ubezpieczenia. Np. w przypadku budynku, na którym zmieniono pokrycie dachowe, określenie klasy ryzyka jest trudnym zadaniem. Można je zrealizować dzięki zastosowaniu metod statystyki matematycznej.

ZAKOŃCZENIE

Matematyka jako dziedzina wiedzy ma uniwersalny charakter. Znajduje ona zastosowanie we wszystkich działach gospodarki narodowej. Rolnictwo jest przy tym działem gospodarki narodowej, w którym matematyka odgrywa szczególnie dużą rolę. Jest to poniekąd zaszczyt historyczny, gdyż rolnictwo jest, po myślistwie, najstarszym działem gospodarki narodowej, który też do niedawna miał bardzo duży udział w tworzeniu dochodu narodowego. To właśnie na potrzeby rolnictwa powstało wiele metod matematycznych, które później zostały zastosowane również w innych działach gospodarki narodowej. Szczególnie szerokie zastosowanie w rolnictwie znalazły metody statystyki matematycznej. W gospodarce żywnościowej zastosowanie statystyki ma szczególnie długie tradycje, a w warunkach współczesnego agrobiznesu, kiedy rośnie liczba czynników warunkujących działania i rozwój podmiotów gospodarczych, rośnie też znaczenie statystyki. Powszechna komputeryzacja ułatwia praktyczne wykorzystanie metod matematycznych, gdyż umożliwia opanowanie wyników badań masowych, prowadzonych na dużą skalę, np. ankietowych i ich statystyczną analizę.

Internet umożliwia też korzystanie z danych statystycznych stanowiących zasoby statystyki powszechnej oraz pochodzących z innych źródeł, które są wykorzystywane do podejmowania różnych decyzji, wśród których szczególnie

duże znaczenie mają decyzje rynkowe. Wykorzystanie informacji statystycznych przyczynia się do ograniczenia ryzyka związanego z podejmowanymi decyzjami.

Podkreślić należy, że czynnikiem ograniczającym praktyczne wykorzystanie metod matematycznych w ogóle, w tym w rolnictwie, jest słaby poziom wiedzy matematycznej w naszym społeczeństwie, w tym także wśród kadry zarządzającej.

BIBLIOGRAFIA

- Heady E.O., Dillon J.L. (1965) Funkcje produkcji rolniczej. (w:) Metody matematyczne w ekonomice i planowaniu rolnictwa. Red. Rey K., Woś A. PWR i L Warszawa, str.576-588
- Heady E.O., Candler W. (1965) Metody programowania liniowego. (w:) Metody matematyczne w ekonomice i planowaniu rolnictwa. Red. Rey K., Woś A. PWRiL Warszawa, str.40-49
- Marszałkiewicz T. (1963) Zastosowanie korelacji do badania efektywności nakładów na produkcję roślinną. Metoda korelacji wielorakiej krzywoliniowej. PWE Warszawa, str.18-42
- Niemczinow W.S. (1965) Matematyczne metody analizy ilościowej w ekonomice. (w:) Metody matematyczne w ekonomice i planowaniu rolnictwa. Red. Rey K., Woś A. PWRiL Warszawa, str. 13-15
- Ostasiewicz W. (red.) (1999) Metody ilościowe w ekonomii. Wydawnictwo AE we Wrocławiu, str.60-65
- Rey K.(1965) Zastosowanie funkcji produkcji do badania ekonomiki indywidualnych gospodarstw chłopskich. (w:) Metody matematyczne w ekonomice i planowaniu rolnictwa. Red. Rey K., Woś A. PWRiL Warszawa, str.786-835
- Wawrzyniak J. (2007) Metody opisu i wnioskowania statystycznego. Wydawnictwo AE we Wrocławiu, str.20

THE APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS TO AGRICULTURAL ECONOMICS

Abstract: Mathematical methods are widely applied to agricultural economics. The paper presents chosen research methods in that field. Ones commonly applied are of statistical description. The balance method is among more important methods useful for making market analysis. And the linear planning is one of the classic planning. In agriculture the method based on a function of agricultural production is very important. In addition, correlation is particularly appropriate in the agricultural experiments and researches. Statistical risk evaluation is applied to agricultural insurance. However, the application of mathematical methods is constrained by insufficient knowledge of them.

Key words: mathematical methods, statistics, agriculture, agricultural economics