

Zofia Hanusz*, Zbigniew Siarkowski**

*Katedra Zastosowań Matematyki,

**Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych
Akademia Rolnicza w Lublinie

METODYCZNE UWARUNKOWANIA OKREŚLANIA FUNKCJI CELU PRZY DOBORZE MASZYN I URZĄDZEŃ DO PRODUKCJI ROLNICZEJ

Streszczenie

Metoda doboru maszyn i urządzeń do realizacji procesów produkcyjnych w rolnictwie wymaga odpowiedniego określenia funkcji celu, według której ten wybór zostanie dokonany. W pracy przedstawiono metodykę określania analitycznej postaci funkcji celu na podstawie uzyskanych wyników pomiarów lub przeprowadzonych obliczeń.

Słowa kluczowe: metodyka, równania regresji, dobór maszyn, produkcja, rolnictwo

Wprowadzenie

Dobór maszyn i urządzeń do produkcji rolniczej dokonywany może być różnymi metodami. Wyróżnia się najczęściej wykorzystywane metody: współczynnikową, wskaźnikową, technologiczną, szczytów jednolitych prac, marginalnej optymalizacji wielowariantowej oraz pełnego przeglądu wariantów [Siarkowski i in. 1996]. Metoda współczynnikowa polega na wyliczeniu zapotrzebowania ciągników i maszyn rolniczych w oparciu o powierzchnie upraw i współczynniki charakteryzujące zapotrzebowanie na dany ciągnik lub maszynę przypadające na jednostkę powierzchni. Metoda wskaźnikowa, w porównaniu z metodą współczynnikową, charakteryzuje się większym stopniem dokładności. Opiera się ona o strukturę zasiewów, co stanowi podstawę do obliczenia ilości prac niezbędnych do wykonania w ciągu roku i zapotrzebowania na maszyny w oparciu o ich wydajności roczne. Mechaniczna siła pociągowa wyliczana jest na podstawie wskaźnika zmotoryzowania lub zmechanizowania danej pracy oraz wskaźnika rocznego wykorzystania środka mechanizacji. W metodzie technologicznej, podstawą do obliczania

zapotrzebowania na agregaty rolnicze są karty technologiczne poszczególnych roślin, w których określony był rodzaj prac, sposób ich wykonania oraz liczba potrzebnych ciągników i maszyn. W metodzie projektowania zestawów maszynowych dla produkcji roślinnej jako podstawę postępowania optymalizacyjnego przyjmuje się eliminowanie „szczytów jednolitych prac”. Znaczenie tej metody polega między innymi na tym, że uwzględnia się w niej wyraźne uwarunkowania technologiczne związane z możliwością wykorzystania maszyn danego typu do wykonywania różnych zabiegów technologicznych. W metodzie marginalnej optymalizacji wielowariantowej, optymalizowany jest model z liniowymi warunkami bilansowymi przy nieliniowym kryterium celu. Kryterium celu może dotyczyć maksymalizacji produkcji, wielkości zysku lub minimalizacji kosztów przy danej wielkości produkcji. W metodzie pełnego przeglądu wyboru dokonuje się zestawienia wariantów realizacji procesu produkcyjnego spośród wszystkich możliwych. Niezależnie od zastosowanej metody doboru maszyn, największym problemem tych metod jest wyznaczenie postaci funkcji celu. Dlatego też w pracy przedstawimy metodykę postępowania prowadzącego do uzyskania analitycznej postaci funkcji celu.

Cel pracy

Głównym celem pracy jest opisanie metodyki określania funkcji celu przy doborze maszyn i urządzeń do realizacji procesów produkcyjnych w rolnictwie. Metodyka ta zostanie przedstawiona w postaci kolejnych etapów opisujących postępowanie, jakie należy przeprowadzić aby osiągnąć ostateczną postać funkcji celu.

Metodyka wyznaczania równań regresji

Prawidłowe przeprowadzenie doświadczenia i analiza uzyskanych wyników eksperymentalnych powinny być realizowane według następujących czynności:

Etap 1. Należy zaplanować badanie tzn. określić miejsce badań, aparaturę badawczą, obsadę personalną itp. Ponadto, należy określić liczbę zmiennych oraz zakresy możliwych wartości dla zmiennych. Niezmiernie ważnym zagadnieniem na tym etapie, będzie ustalenie liczby powtórzeń oraz określenie warunków do wykonywania pomiarów. Liczba powtórzeń zależeć będzie od tego czy będziemy testowali hipotezy o istotności współczynników w funkcji celu.

Etap 2. W oparciu o badania wstępne należy określić rozkłady ustalonych zmiennych. Z uwagi na fakt, iż mogą być rozpatrywane zarówno zmienne ciągłe jak i skokowe, należy rozważyć rozkłady ciągłe (np. rozkład normalny, wykładniczy) oraz rozkłady zmiennej dyskretnej (rozkład Bernoulliego, Poissona).

Dla zmiennej o rozkładzie normalnym, jeżeli wstępnie ustalimy zakres zmiennej, np.: $[x_{(1)}, x_{(n)}]$, gdzie $x_{(1)}$ i $x_{(n)}$ oznaczają odpowiednio najmniejszą i największą z możliwych wartości zmiennej, wówczas przyjmując $R = x_{(n)} - x_{(1)}$ oraz i wykorzystując fakt, że:

$$u = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\sigma^2/n}} \sim N(0,1), \quad \text{gdzie } \bar{x} = \frac{x_{(1)} + x_{(n)}}{2},$$

długość przedziału dla wartości przeciętnej określa wzór: $R = 2u_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, gdzie u_α jest wartością krytyczną w rozkładzie normalnym zmiennej standaryzowanej u . Wyniki eksperymentu należą do przyjętego zakresu, na zadanym poziomie ufności $1 - \alpha$ i znanej ze wstępnych badań wariancji σ^2 , jeżeli liczebność próby spełnia nierówność:

$$n \geq \left(\frac{2u_\alpha \sigma}{R} \right)^2.$$

Jeżeli przyjmiemy $\alpha = 0,05$, $R = 4$ i $\sigma^2 = 25$ uzyskamy, że liczebność w próbie powinna spełniać nierówność:

$$n \geq \left(\frac{2 \cdot 1,645 \cdot 5}{4} \right)^2 \cong 16,91.$$

Zatem dla dowolnej liczby pomiarów większej niż 16 wyniki znajdą się w podanym zakresie.

Jeżeli zmienna jest zmienną skokową o rozkładzie Bernoulliego z prawdopodobieństwem sukcesu p , przy zadanym rozstępie dopuszczalnych zakresów prawdopodobieństw $R = p_{max} - p_{min}$, minimalna liczebność dla której prawdopodobieństwa sukcesu znajdą się w zadanym zakresie na poziomie ufności $1 - \alpha$ musi spełniać nierówność:

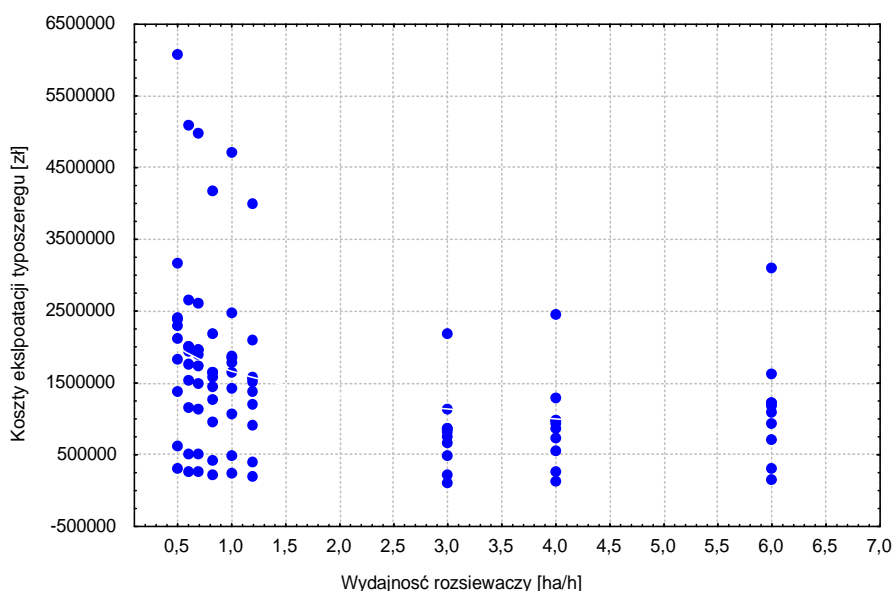
$$n \geq \left(\frac{2u_\alpha}{R} \right)^2 p(1-p).$$

Jeżeli przyjmiemy $\alpha = 0,05$, $p_{min} = 0,02$, $p_{max} = 0,08$ i $p = 0,05$ uzyskamy, że liczebność w próbie powinna spełniać nierówność:

$$n \geq \left(\frac{2 \cdot 1,645}{0,06} \right)^2 0,05 \cdot 0,95 \cong 142,82.$$

Zatem dla dowolnej liczby pomiarów większej niż 142 prawdopodobieństwa sukcesu znajdą się w podanym zakresie.

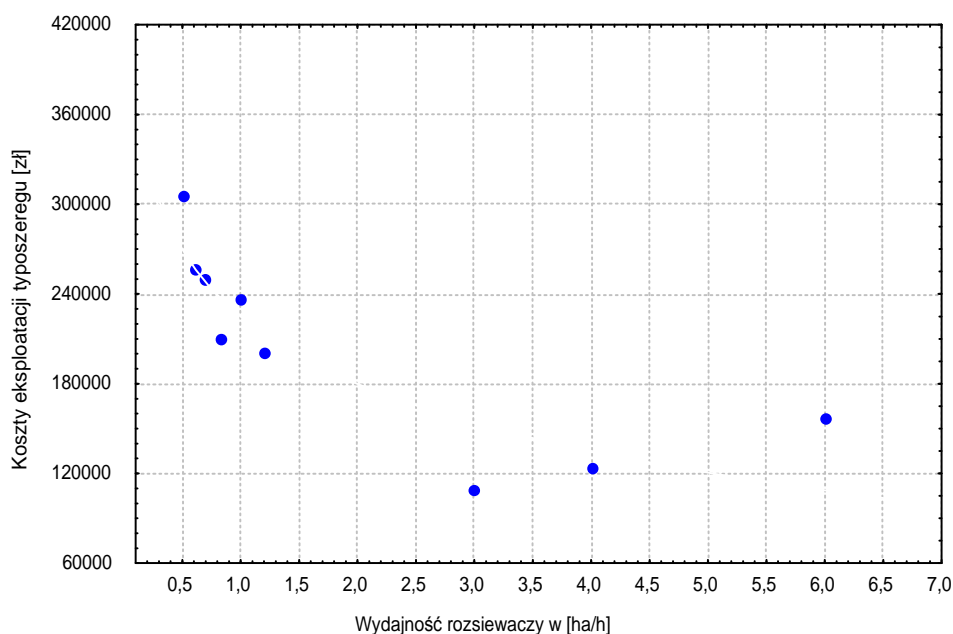
Etap 3. W określeniu typu rozkładu zmiennych bardzo pomocne będą metody graficznej prezentacji obserwacji uzyskanych w badaniu wstępnym, takie jak wykresy pudełkowe lub histogramy. W metodach graficznych, należy zwrócić uwagę na skalowanie osi i zachowanie właściwych proporcji między wartościami wykreślanych zmiennych. W celu ilustracji, na rysunku 1 przedstawiono wyniki doświadczenia, wskazujące na istnienie pewnego czynnika różnicującego wartości obserwacji.



Rys. 1. Wyniki badań wstępnych zależności między kosztami eksploatacji a wydajnością typoszeregu rozsiewaczy nawozów mineralnych

Fig. 1. Results of preliminary studies on relations between operational costs and productivity of a series of types of mineral fertilizer distributors

Należy zatem podjąć działanie mające na celu ustalenie czynnika wpływającego na wyniki tego doświadczenia. W przypadku analizowanych wyników eksperymentalnych, tym czynnikiem jest powierzchnia uprawiana. Jeżeli z obserwacji wybierzemy obserwacje odpowiadające tej samej powierzchni, wówczas pozbędziemy się czynnika różnicującego wartości punktów odpowiadających tej samej wydajności. Dla obszaru powierzchni uprawnej wynoszącej 0,02 ha, obserwacje przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wyniki obserwacji dla pola o powierzchni 0,02 ha

Fig. 2. Results of observation for a field of 0.02 ha

Etap 4. Ustalenie wariantu doboru równania funkcji celu. Możemy wyróżnić w tym etapie dwa przypadki, w których:

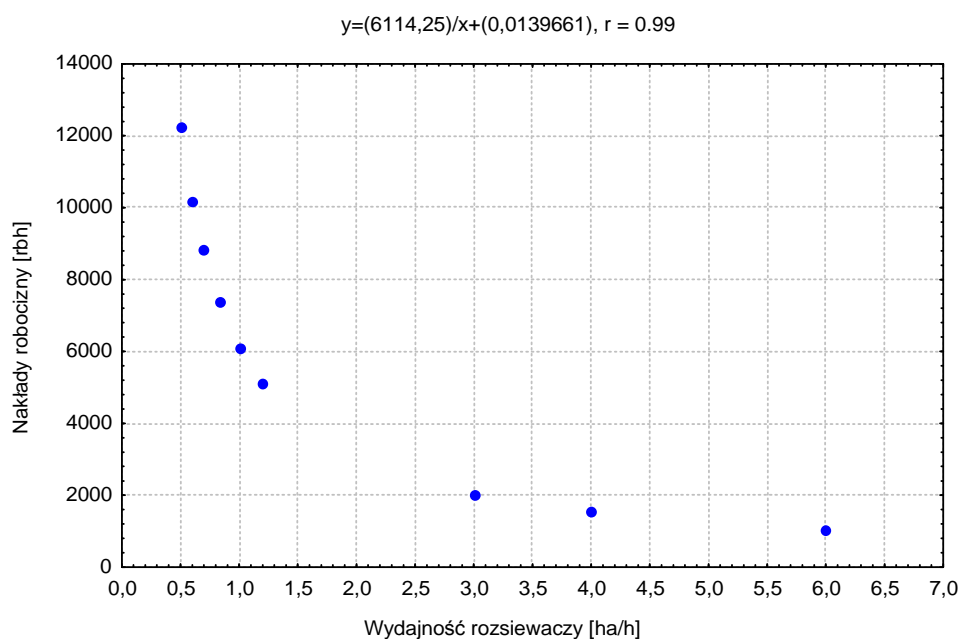
- znana jest postać równania wynikająca z fizyki zjawiska, wówczas zadanie polega na określeniu najlepszych wartości parametrów równania,
- poszukiwanie postaci równania oraz wartości parametrów równania.

W oparciu o rys. 2 można formułować pewne przypuszczenia, np. takie, że wyniki dla wydajności 4 i 6 $ha \cdot h^{-1}$ zostały zawyżone ponieważ punkty odpowiadające tym wydajnościom wyraźnie odbiegają od trendu wyznaczonego przez pozostałe wyniki. W sytuacji, w której powyższe wartości nie zostały zawyżone i należy je uwzględnić w funkcji regresji, wówczas powinniśmy poszukiwać funkcji np. kwadratowej, która będzie posiadała minimalną wydajność w otoczeniu wydajności 3 $ha \cdot h^{-1}$.

Etap 5. Podejmujemy decyzję o wyborze typu równania [Gutman i in. 1982].

Generalnie, obserwując punkty doświadczalne na wykresie, jeśli obserwujemy jedno ekstremum lokalne dopasowujemy wówczas funkcje typu parabolicznego, jeśli natomiast obserwacje sugerują kilka ekstremów lokalnych, wówczas poszukujemy funkcji wielomianowej. W przypadku, gdy punkty doświadczalne wskazują na pewien trend rosnący bądź malejący, wówczas poszukujemy funkcji wielomianowej nieparzystego stopnia, wykładniczej lub logarytmicznej.

Jeśli wiadomo, że zmienne nie mogą przyjmować pewnych określonych wartości oraz w ich otoczeniu wartości funkcji celu przyjmują bardzo duże wartości, wówczas dla określenia postaci funkcji stosujemy funkcje wymierne (ilorazy wielomianów), które posiadają asymptoty pionowe w tych wyróżnionych wartościach. W przypadku zaś, gdy funkcja celu nie może przekroczyć pewnych wartości, i na końcach określoności zmiennej funkcja celu przyjmuje stałe wartości, wówczas dobieramy funkcje wymierne takie, w których stopień wielomianu w liczniku jest nie większy od stopnia wielomianu w mianowniku (funkcja celu posiada asymptoty poziome). Przykładem takiej zależności jest hiperboliczna funkcja przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 3. *Hiperboliczna zależność pomiędzy nakładami robocizny na rozsianie nawozów mineralnych a wydajnością typoszeregu rozsiewaczy nawozów*
 Fig. 3. *Hyperbolic dependence between labour expense on mineral fertilizer distribution and productivity of a series of types of fertilizer distributors*

Kolejny rodzaj poszukiwanych funkcji to są funkcje cykliczne, charakteryzujące się z jednej strony pewnym trendem oraz oscylacją wokół linii wyznaczającej główny trend. W takich przypadkach funkcja celu może być kombinacją funkcji trygonometrycznych. Jeśli wartości funkcji zmieniają się w pewnym skończonym przedziale $[y_{min}, y_{max}]$, wówczas najbardziej odpowiednie będą funkcje sinusoidalne. Natomiast w przypadku funkcji okresowych z asymptotami pionowymi najlepsze będą funkcje tangensoidalne. Ten rodzaj funkcji może występować w badaniach ekonomicznych, w których wartości funkcji celu powtarzają się w pewnych sezonach..

Etap 6. Dobieramy równanie regresji i przeprowadzamy analizę statystyczną uzyskanego równania. Interpretujemy współczynniki: regresji, korelacji i determinacji. Wskazujemy na możliwości wykorzystania otrzymanego równania w praktyce lub w dalszych rozważaniach teoretycznych. Niemniej jednak należy pamiętać, iż otrzymane równanie służy do prognozowania wartości jedynie dla badanego zakresu zmiennej. Prognozowanie wartości spoza przedziału, czyli tzw. ekstrapolacja, dostarcza nieoszacowalnych błędów.

Podsumowanie

W pracy przedstawiliśmy kolejne kroki jakie powinny być podjęte w zagadnieniu dobierania funkcji celu dla metody doboru maszyn i urządzeń do realizacji procesów produkcyjnych w rolnictwie. Chociaż opis poszczególnym etapów działania dotyczył zagadnienia doboru maszyn i urządzeń, metodyka postępowania ma charakter uniwersalny, który powinien być stosowany w zagadnieniach poszukiwania funkcji opisujących zjawiska rolnicze.

Bibliografia

Gutman I., Wilks S.S., Hunter J.S. 1982. Introductory Engineering Statistics. J. Wiley and Sons, (3rd ed.).

Siarkowski Z., Kwieciński A., Marczuk A. 1996. Próba określenia kryterium doboru maszyn dla gospodarstw prowadzących produkcję bydła. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 444 s. 79-85.

**METHODOLOGICAL CONDITIONS OF DETERMINATION
OF PURPOSE FUNCTION WHILE CHOOSING MACHINERY
AND EQUIPMENT FOR AGRICULTURAL PRODUCTION**

Summary

The method of selecting the machinery and equipment to perform the production processes in agriculture requires proper determination of the objective function, based on which the selection will be done. The study presents a methodology of determination an analytical form of objective function on the basis of the obtained measurement results or calculations.

Key words: methodology, regression equations, choice of machinery, production, agriculture