

BADANIE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY KOSZTAMI EKSPLOATACJI CIĄGNIKÓW, MASZYN I URZĄDZEŃ ROLNICZYCH A CZASEM ICH ROCZNEGO WYKORZYSTANIA NA PRZYKŁADZIE WOZÓW ASENIZACYJNYCH

Zbigniew Siarkowski, Krzysztof Ostrowski

Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Zofia Hanusz

Katedra Zastosowań Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie: Przedstawiono rozważania nad określeniem ogólnej postaci zależności opisującej związek pomiędzy jednostkowymi kosztami eksploatacji a czasem rocznego wykorzystania ciągników, maszyn i urządzeń rolniczych. Rozpatrzono dwa podstawowe rodzaje produkcji rolniczej, tj. produkcję roślinną oraz produkcję zwierzęcą.

Słowa kluczowe: zależność funkcyjna, koszty eksploatacji, roczne wykorzystanie maszyn, ciągniki i maszyny rolnicze

Wstęp

Zagadnienia związane z doбором ciągników, maszyn i urządzeń stosowanych w produkcji rolniczej wchodzi w fazę systemów eksperckich. W systemach tych proces podejmowania decyzji odnośnie wyboru i eksploatacji środków technicznych w gospodarstwie rolnym wspomagany jest przez odpowiednio oprogramowany komputer. Jednym z ważnych elementów takiego systemu są zależności określające związki pomiędzy parametrami i czynnikami kształtującymi warunki użytkowania maszyn a składowymi funkcjami celu, która decyduje o wyborze konkretnego rozwiązania technologicznego. Najczęstszym kryterium stosowanym do funkcji celu jest minimalizacja jednostkowych kosztów eksploatacji, minimalizacja jednostkowych nakładów energetycznych lub minimalizacja nakładów robocizny. Należy, zatem rozważyć problem stosowania tych kryteriów w zależności od rodzaju produkcji rolniczej. Dla produkcji roślinnej, czas dyspozycyjny wykonania zabiegu jest znacznie dłuższy niż w przypadku produkcji zwierzęcej. Dla przykładu, niektóre rodzaje orki mogą być wykonywane w ciągu kilku czy nawet kilkunastu dni, podczas gdy zadawanie pasz dla trzody chlewnej powinno odbywać się w jak najkrótszym czasie (zaledwie kilka minut a najlepiej, gdy pasza zadawana jest jednocześnie wszystkim zwierzętom). Wynika to ze zróżnicowanych uwarunkowań produkcyjnych obu tych kierunków produkcji rolniczej.

W przypadku produkcji roślinnej uwarunkowania te są mniej rygorystyczne pod względem czasu wykonywania poszczególnych zabiegów a bardziej wymagające pod względem ich jakości. Dlatego też podstawowym kryterium mogą być koszty eksploatacji ciągników i maszyn rolniczych. W przypadku produkcji zwierzęcej, podstawowym wymogiem jest dobrostan zwierząt, gdyż decyduje on o wynikach produkcyjnych oraz o jakości uzyskiwanych produktów. W tym przypadku stosowanie najtańszych zestawów maszyn nie zapewnia uzyskiwania produkcji o odpowiedniej jakości. Z tego też względu funkcja celu powinna dotyczyć minimalizacji czasu wykonywania zabiegu bądź minimalizacji nakładów energetycznych dla ustalonych czasów wykonania zabiegu.

Cel pracy

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące określenia postaci zależności pomiędzy jednostkowymi kosztami eksploatacji agregatów lub maszyn rolniczych a czasem ich rocznego wykorzystania. Zależność ta zostanie wykorzystana w systemach ekspertowych dla producentów rolnych. Na przykładzie liczbowym opracowano zależność w celu określenia prostych zasad doboru technologii wykonywania zabiegów produkcyjnych przez producentów zbóż.

Metodyka badań symulacyjnych

Muzalewski [2005] przedstawił ogólny wzór na obliczanie jednostkowych kosztów eksploatacji ciągników i maszyn rolniczych. Wzór ten uwzględnia wiele różnych czynników, w związku, z czym jest zbyt złożony dla potrzeb systemu ekspertowego. Należałoby, bowiem, użytkownikowi systemu ekspertowego, postawić szereg pytań w celu uzyskania wartości pewnych parametrów. Praca ma na celu wyszukanie formuły jak najprostszej, zawierającej możliwie jak najmniej zmiennych, jednocześnie zapewniającej możliwość dokładnego odtworzenia wartości obliczanych kosztów jednostkowych. Zależność pomiędzy kosztami eksploatacji agregatów rolniczych a czasem ich rocznego wykorzystania ma, w większości przypadków, postać podobną do zależności przedstawionej na rys. 1. Analityczna postać tej zależności może być opisana równaniami typu hiperbolicznego lub podwójnie wykładniczego. Postać hiperboliczna jest bardziej zgodna ze wzorem opracowanym przez Muzalewskiego [2005]. Postać ta jest jednak mniej przydatna, jeśli wprowadzone zostaną dodatkowe zmienne niezależne, takie jak, wielkość areалу upraw czy wydajność agregatu.

Przeprowadzona została ocena przydatności różnych typów funkcji. W efekcie stwierdzono, że najlepsze dopasowanie do danych eksperymentalnych uzyskano dla funkcji podwójnie wykładniczej:

$$y = ax^{b^x - c}.$$

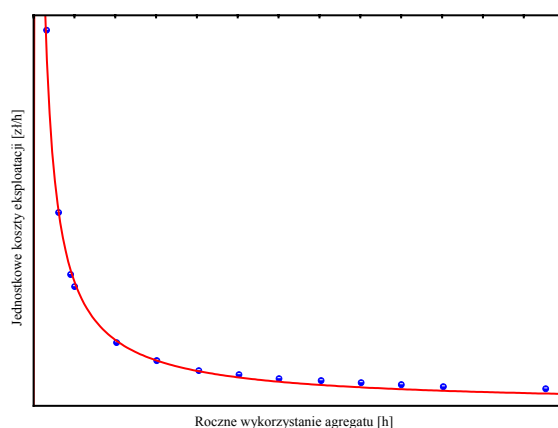
Wiadomo także, iż jednostkowe koszty wykonania zabiegu maleją wraz ze wzrostem rocznego wykorzystania agregatu (ściśle powiązanymi z powierzchnią upraw) oraz jego wydajnością. Zatem ogólną postać funkcji opisującej jednostkowe koszty eksploatacji

Badanie zależności...

agregatów od czasu ich rocznego wykorzystania y oraz wydajności x opisano funkcją postaci:

$$z = (ax + b)y^{c^y - d} . \quad (1)$$

Oszacowania parametrów występujących w zależności opisanej równaniem (1) dokonano w oparciu o badania symulacyjne.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Jednostkowe koszty eksploatacji agregatu od rocznego wykorzystania [h],

Fig. 1. Unit operating costs for a machine, depending on its annual utilization [h], own study

Wyniki badań symulacyjnych

Przy określaniu zależności pomiędzy kosztami eksploatacji, nakładami energetycznymi oraz nakładami robocizny ciągników, maszyn i urządzeń stosowanych w produkcji zbóż wykorzystano metodykę opracowaną w pracach: Bogdanowicz i in. [1985], Przybył [2006] oraz Muzalewski [2005]. Podstawowym składnikiem kosztów eksploatacji jest cena zakupu środka, natomiast największy wpływ na ich wartość ma czas rocznego wykorzystania środka, szczególnie, gdy czas ten jest mniejszy od 100 h. Skrajne wartości rocznego wykorzystania agregatu do nawożenia gnojowicą określono na 1250 h, może to dotyczyć zarówno jednego roku dla agregatu wykonującego usługi lub kilkunastu lat dla agregatu wykorzystywanego tylko w jednym gospodarstwie. Cena zakupu, jest zawsze podawana w rozwiązaniu, jako jeden z parametrów wybranego zestawu. Rozpatrywano gospodarstwa o różnej wielkości uprawy zbóż (od 1 ha do 25 ha) oraz różnych technologiach wytwarzania. Badaniami objęto kilka zabiegów występujących w procesie produkcyjnym, między innymi, nawożenie mineralne, nawożenie organiczne, orkę, siew ziarna, ochronę roślin. Przykładowe obliczenia przedstawiono na przykładzie nawożenia organicznego wozami

asenizacyjnymi. Na rys. 2 przedstawiono wyniki dopasowania funkcji podwójnie wykładniczej dla wozu asenizacyjnego o wydajności $3,2 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$. Uzyskano następującą postać funkcji:

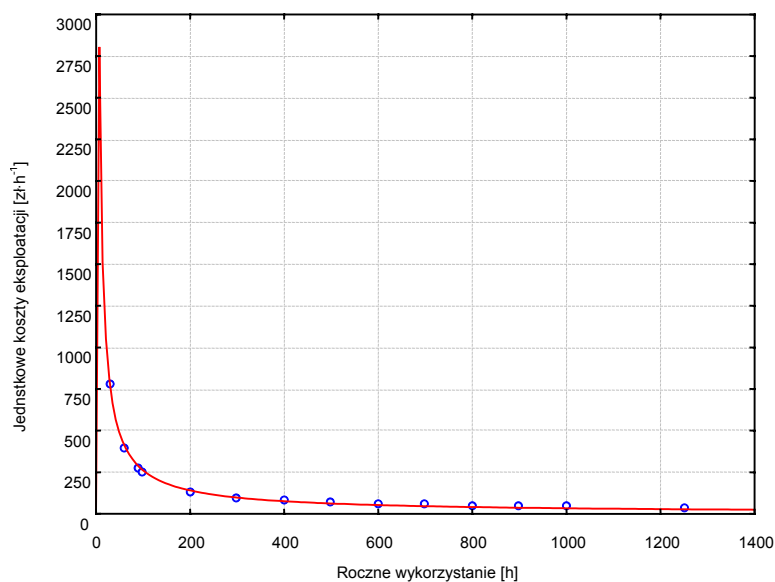
$$z = 16036 y^{0,1x-0,892} \quad (2)$$

gdzie

x – czas rocznego wykorzystania wozu asenizacyjnego [h],

y – jednostkowe koszty eksploatacji wozu asenizacyjnego [$\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$].

Dla funkcji opisanej równaniem (2) współczynnik determinacji wynosi $R^2 = 0,99$.



Źródło: opracowanie własne

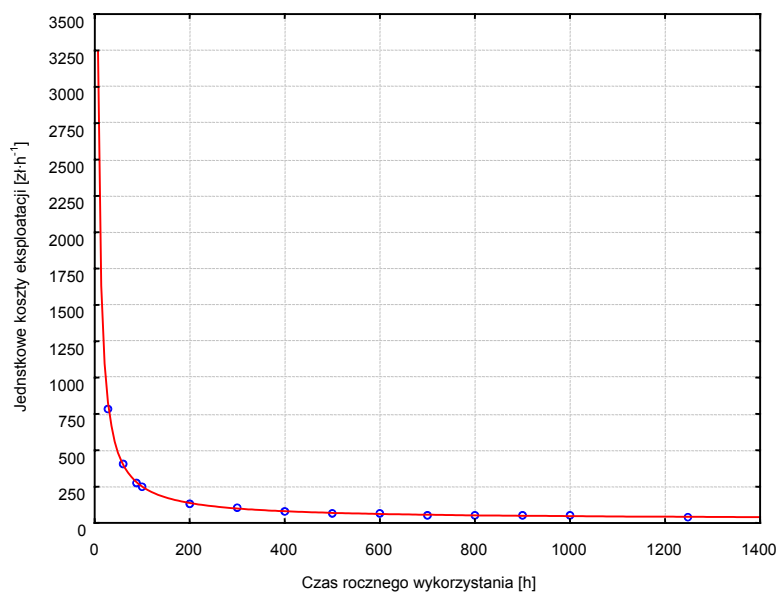
Rys. 2. Dopasowanie funkcji hiperbolicznej do punktów doświadczalnych
Fig. 2. Matching of a hyperbolic function to experimental points, own study

Na rys. 3 przedstawiono wynik dopasowania funkcji hiperbolicznej dla tego samego agregatu do nawożenia organicznego. Uzyskano funkcję postaci:

$$y = \frac{22620}{x} + 24,19 \quad (3)$$

gdzie znaczenie zmiennych x i y pozostaje takie jak we wzorze (2).

Wartości regresyjne jednostkowych kosztów eksploatacji obliczone według wzorów (2) i (3) przedstawiono w tabeli 1.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Dopasowanie funkcji podwójnie wykładniczej do punktów doświadczalnych
 Fig. 3. Matching of a double exponential function to experimental points, own study

Tabela 1. Wartości regresyjne jednostkowych kosztów eksploatacji wozu asenizacyjnego o wydajności 3,2 ha·h⁻¹

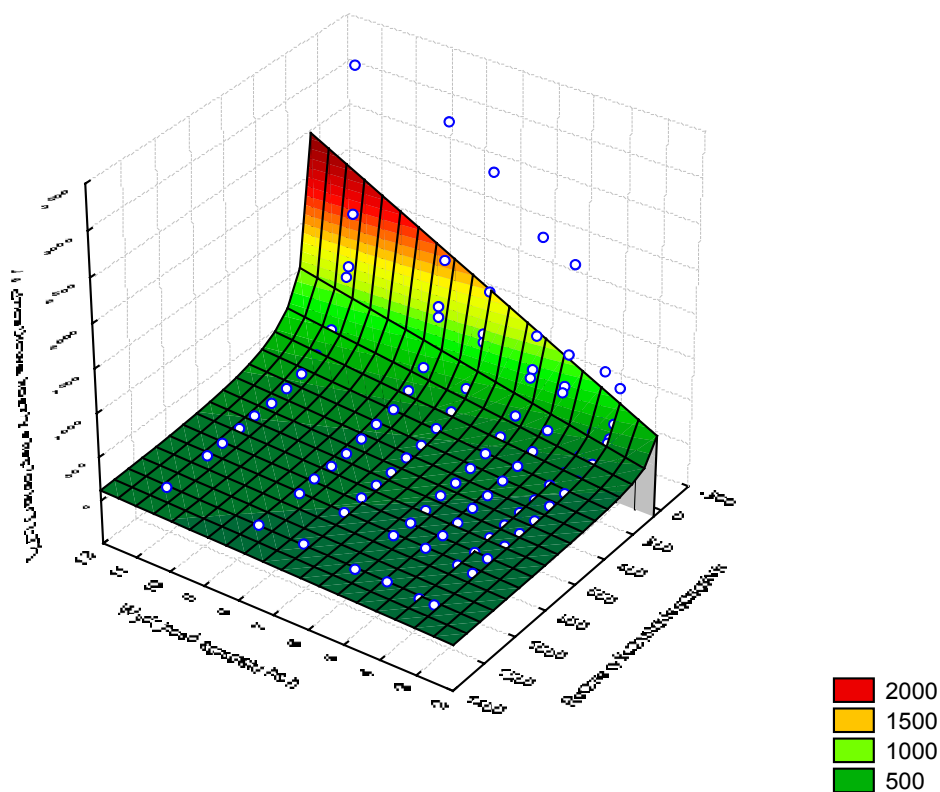
Table 1. Regression values of unit operating costs for a gully emptier with output of 3.2 ha·h⁻¹

L.p.	Czas rocznego wykorzystania agregatu [h]	Jednostkowe koszty eksploatacji [zł·h ⁻¹]	Wartości regresyjne dla funkcji podwójnie wykładniczej [zł·h ⁻¹]	Wartości regresyjne dla funkcji hiperbolicznej [zł·h ⁻¹]
1	30	778	768	778
2	60	401	413	401
3	90	276	287	275
4	100	250	261	250
5	200	137	140	137
6	300	100	98	99
7	400	81	76	80
8	500	69	62	69
9	600	62	53	61
10	700	57	46	56
11	800	52	41	52
12	900	49	37	49
13	1000	47	33	46
14	1250	43	27	42

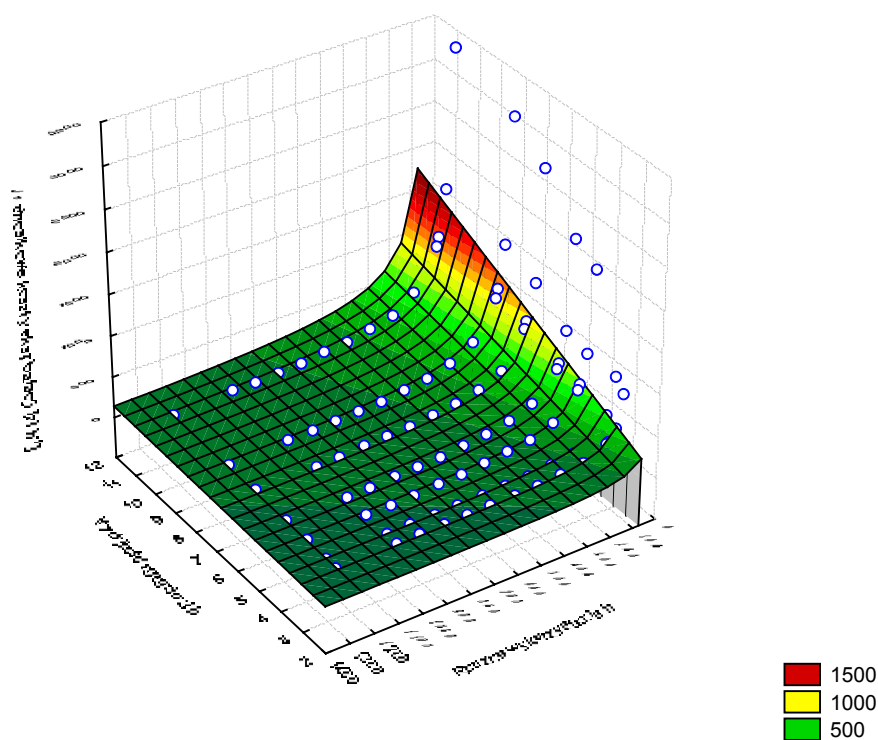
Źródło: obliczenia własne autora

Analiza dopasowania funkcjami (2) oraz (3) wskazuje na wybór funkcji hiperbolicznej. Uzyskano, bowiem bardzo zbliżone wartości współczynników determinacji dla obydwu równań, natomiast wartości oszacowane funkcją hiperboliczną są bliższe wartościom doświadczalnym.

Po uwzględnieniu w równaniach nowej zmiennej niezależnej, jaką jest wydajność agregatu, uzyskano zależności funkcyjne postaci $z = 7857,11x + 1452,08y^{0,1^y - 0,9235}$ oraz $z = 10481,9x - \frac{791,96}{y} + 49,26$ ze współczynnikiem determinacji $R^2 = 0,98$ dla obydwóch równań powierzchni, które przedstawiono odpowiednio na rys. 4 i rys. 5.



Rys. 4. Dopasowanie funkcji podwójnie wykładniczej do obserwacji, opracowanie własne
 Fig. 4. Matching of a double exponential function to observation, own study



Rys. 5. Dopasowanie funkcji hiperbolicznej do obserwacji, opracowanie własne
Fig. 5. Matching of a hyperbolic function to observation, own study

W przypadku funkcji dwóch zmiennych niezależnych lepszą funkcją dopasowania okazała się funkcja podwójnie wykładnicza. Badania przeprowadzono także dla innych zabiegów technologicznych stosowanych w produkcji zbóż. Uzyskano podobne wnioski w opisie zależności równaniami hiperbolicznymi i podwójnie wykładniczymi.

Podsumowanie i wnioski

W wielu zagadnieniach rolniczych, ważnym problemem jest dopasowanie funkcji nieliniowych do danych eksperymentalnych. W pracy rozważono dwa typy funkcji: hiperbolicznej i podwójnie wykładniczej. W sposób jednoznaczny nie można stwierdzić, który rodzaj funkcji lepiej opisuje zależność jednostkowych kosztów eksploatacji badanych w pracy od ich rocznego wykorzystania. Zatem w każdym zagadnieniu należy dopasować obydwa typy równań i zbadać, który z nich dokładniej oszacowuje badaną cechę.

Bibliografia

- Bogdanowicz J., Banasiak J., Drozd M.** 1985. Technologia prac maszynowych w rolnictwie. PWN. Warszawa. s. 18-35.
- Muzalewski A.** 2005. Koszty eksploatacji maszyn. Wyd. IBMER. Warszawa. Nr 20.
- Przybył J.** 2006. Zasady zestawiania i dobór parametrów pracy agregatów ciągnikowych. AR Poznań. Dostępny w Internecie: <http://peacock.au.poznan.pl/~enzo/pliki/eksp1.doc>

THE RESEARCH ON DEPENDENCE BETWEEN OPERATING COSTS OF FARM TRACTORS, MACHINES AND EQUIPMENT AND TIME OF THEIR ANNUAL UTILIZATION ON THE EXAMPLE OF GULLY EMPTIERS

Abstract. The paper presents discussion on the determination of general form of the relation describing dependence between unit operating costs and total time of annual utilization of farm tractors, machines and equipment. Two basic types of agricultural production were examined, that is plant production and animal production.

Key words: functional dependence, operating costs, annual utilization of machines, farm tractors and machines

Adres do korespondencji:

Zofia Hanusz; e-mail: zofia.hanusz@ar.lublin.pl
Katedra Zastosowań Matematyki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Akademicka 13
20-950 Lublin