

## SELEKCJA KRYTERIÓW OCENY JAKOŚCI MASZYN ROLNICZYCH METODĄ KORELACJI CECH

*Karol Durczak, Piotr Rybacki*

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

**Streszczenie.** Celem pracy jest selekcja, czyli dobór poprzez eliminację, cech przeznaczonych do oceny jakości maszyn rolniczych. Do ograniczania zbioru parametrów pro jakościowych wykorzystano metodę korelacji cech, która w sposób arbitralny wskazuje te parametry, których wartości są nadmiernie skorelowane z pozostałymi. Procedura eliminacji kończy się, jeżeli wartości diagonalne w macierzy odwrotnej do macierzy korelacji nie przekraczają 10. W wyniku takiej selekcji pozostają tylko te cechy, które istotnie różnią się między sobą, a więc należy je uwzględnić w ocenie jakości. Wykonano symulacje ograniczania zbiorów parametrów jakościowych dla przykładowych grup maszyn rolniczych. W każdym przypadku końcowy zbiór parametrów nie przekroczył liczby Millera, tj. 9 rozpatrywanych cech, co pozwala dobrze dobrać do nich wagi, niezbędne w kolejnych etapach oceny i wartościowania jakości maszyn rolniczych.

**Słowa kluczowe:** ocena jakości, metoda korelacji cech, maszyna rolnicza, liczba Millera

### Wprowadzenie

Większość opracowanych i stosowanych w praktyce metod oceny jakości produktów to metody wielokryterialne. Należą do nich m.in. metoda analizy hierarchicznej procesu AHP [Saaty 1990], Servqual [Parasuraman, Berry, Zeithaml 1989], uśrednionych znamion jakości UZJ [Kolman 2009], algorytmiczno-heurystyczna SOJMR [Durczak 2011], a także metoda punktowa, rozwojowa EM-ER, alternatywno-punktowa, ekspertów, taksonomii wrocławskiej, indeksu jakości [Krodkiewska-Skoczylas 1982]. Pierwszym etapem realizacji tych metod jest wybór cech decyzyjnych (parametrów), które po zakwalifikowaniu do dalszego etapu stają się kryteriami decyzyjnymi. Dobór cech zleca się zazwyczaj ekspertom i nie jest szerzej omawiany w metodykach oceny jakości produktów [Durczak 2011].

Cechy decyzyjne można klasyfikować ze względu na możliwości ich pomiaru (cechy mierzalne i niemierzalne) oraz na stopień ich złożoności (proste i agregatowe). Mamy też cechy ostre (zgodnie z logiką klasyczną-boolewską) i rozmyte. Wszystkie te typy i podtypy cech można znaleźć w zbiorach parametrów opisujących jakość maszyn rolniczych. Po-

jemność zbiornika na ziarno kombajnu zbożowego to cecha mierzalna (ciągła), prosta, stymulanta (tzn. większe wartości są pożądane ze względu na rozpatrywany cel nadrzędny) i ostra. Czas rozładunku tego zbiornika to również cecha mierzalna (ciągła) i destymulanta (odwrotność stymulanty). Liczba lamp oświetleniowych kombajnu to cecha mierzalna i dyskretna. Wyposażenie kombajnu w czujniki, np. wilgotności czy poziomu ziarna w zbiorniku, to cecha niemierzalna, dwustanowa. Z kolei na jakość kabiny (cecha złożona) składają się poziom hałasu (cecha mierzalna – ciągła, destymulanta, ostra) jak również widoczność, przestrzeń na nogi oraz dostęp do drabinki wejściowej (cecha niemierzalna – wielostanowa, stymulanta, rozmyta).

Można zauważyć, że maszyny rolnicze można charakteryzować wieloma parametrami od kilkunastu (w przypadku maszyn uprawowych) do kilkudziesięciu przy ocenie jakości maszyn samojezdnych do zbioru roślin. Pojawia się zatem problem ambiwalentny. Z jednej strony należy dążyć do tego, aby zbiór cech był możliwie największy, co pozwala bardzo precyzyjnie uwzględnić szczegóły różniące oceniane maszyny. Z drugiej strony duża liczba porównywanych czynników zmniejsza operatywność analizy procesu decyzyjnego i utrudnia zachowanie obiektywnych ocen, zwłaszcza w procesie nadawania wag kryteriom. Argumentem przemawiającym za ograniczaniem zbiorów parametrów decydujących o jakości danego produktu jest percepcja, czyli zdolność człowieka do odbierania informacji z otoczenia. Amerykański psycholog G.A. Miller [1956], prowadząc badania nad psychologią ludzkiego rozumu, bardzo precyzyjnie określił percepcję człowieka. Według Millera człowiek jest w stanie (w krótkim czasie) porównać/przetworzyć ze sobą jednocześnie, nie myląc się, najwyżej  $7 \pm 2$  informacje. Liczba Millera znalazła zastosowanie wszędzie tam, gdzie prezentuje się informacje człowiekowi. Jeżeli mamy do przekazania użytkownikowi wiele pozycji, np. menu, lepiej jest podzielić je na kategorie tak, aby miał ich do wyboru od 5 do maksymalnie 9.

## Cel i metoda badań

W pracy przedstawiono metodę, która poprzez selekcję cech decyzyjnych ustali zbiór końcowy kryteriów oceny jakości maszyn rolniczych. Ograniczenie liczebności zbiorów parametrów ułatwi i przyspieszy ocenę maszyn na kolejnych etapach procesu decyzyjnego. Selekcję parametrów oceny jakości maszyn rolniczych dokonano na przykładzie grupy podobnych zgrabiarek pokosowych, bron wirmikowych oraz pługów.

Selekcji kryteriów maszyn rolniczych dokonano za pomocą metody korelacji cech. Dobór kryteriów odbywa się poprzez eliminację tych cech, których wartości liczbowe są ze sobą silnie powiązane.

Procedurę eliminacji cech silnie ze sobą skorelowanych można przeprowadzić korzystając z macierzy korelacji  $R$ . Jeżeli cecha jest nadmiernie skorelowana z pozostałymi, to elementy diagonalne macierzy odwrotnej  $R^{-1}$  znacznie przekraczają wartość 10, co oznacza złe uwarunkowanie numeryczne macierzy  $R$  [Wysocki, Lira 2003].

Do wyznaczenia macierzy odwrotnej  $R^{-1}$  macierzy kwadratowej  $R$  wykorzystano zależność (1):

$$R^{-1} = \frac{1}{R} R^D \quad (1)$$

gdzie:

- $R^D$  – macierz dołączona, tj. przestawiona macierz dopełnień algebraicznych,
- $R$  – wyznacznik macierzy (warunek  $\det R \neq 0$ ).

Cecha, której odpowiada duża wartość diagonalna, powinna zostać usunięta ze zbioru pierwotnego cech opisujących dane zjawisko. Eliminacja cech ma charakter cykliczny. Po odrzuceniu jednej cechy silnie skorelowanej z innymi procedura zostaje powtórzona. Do sprawdzenia poprawności otrzymanych wyników skorzystano z zależności (2):

$$R \cdot R^{-1} = I \quad (2)$$

gdzie

- $I$  – macierz jednostkową odpowiedniego wymiaru.

Ważne jest, aby w metodzie do macierzy danych używać wyłącznie sprawdzonych i obiektywnych danych liczbowych. Za takie można uznać użyte w pracy wyniki testów przeprowadzane przez niemieckich ekspertów z Centrum Atestacji przy DLG.

## Wyniki badań

Pierwszą grupą badanych maszyn stanowiły zgrabiarki pokosowe dwukaruzelowe o zbliżonych parametrach 7 różnych producentów. Podstawowe cechy tych maszyn zarówno mierzalne, jak i niemierzalne, zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczne i funkcjonalne zgrabiarek pokosowych  
Table 1. Technical and functional parameters of rotary swathers

Symbol parametru, nazwa i jednostka miary	Symbol zgrabiarki						
	Claas Liner 650 Twin	Fella TS 1500	Krone Swadro 710/26 T	Kuhn GA 6522	Pöttinger Eurotop 601	Stoll R 1405 SB	Vicon An dex 713
K1 Średnica karuzel [cm]	295	295	298	292	300	300	295
K2 Liczba ramion przód	11	10	13	10	10	12	11
K3 Liczba ramion tył	11	12	13	10	10	12	12
K4 Długość palców [cm]	53	50	56	55	52	47	53
K5 Szerokość palców [cm]	48	40	46	51	40	50	40
K6 Teoretyczna prędkość jazdy [ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ]	15,8	12,0	12,9	15,3	12,0	17,9	13,2
K7 Wysokość unoszenia karuzel [cm]	53	49	45	50	50	45	50
K8 Liczba kół przód	4	4	4	4	4	6	4
K9 Liczba kół tył	4	5	4	6	4	6	6
K10 Masa [kg]	1360	1410	1460	1670	1490	1580	1320
K11 Długość [cm]	825	905	840	940	798	805	780
K12 Szerokość [cm]	299	298	299	300	300	300	300

tab. 1 cd.

Symbol parametru, nazwa i jednostka miary	Symbol zgrabiarki						
	Claas Liner 650 Twin	Fella TS 1500	Krone Swadro 710/26 T	Kuhn GA 6522	Pöttinger Eurotop 601	Stoll R 1405 SB	Vicon Andex 713
K13_Wysokość w pozycji transportowej [cm]	230	315	195	275	270	275	265
K14_Kształt pokosu [pkt]	4	3	4	3	3	3	2
K15_Straty (I pokos) [pkt]	3	3	5	3	5	4	3
K16_Zanieczyszczenie zielonki (I pokos) [pkt]	4	4	5	1	3	5	4
K17_Straty (II pokos) [pkt]	3	4	5	3	1	5	2
K18_Zanieczyszczenie zielonki (II pokos) [pkt]	5	1	5	2	5	5	5

Źródło: Gerighausen, Wilmer 2007

Ocena punktowa dla parametrów niemierzalnych wynika z przyjętej przez autorów testu 5-stopniowej skali porządkowej, gdzie 5 – bardzo dobry, a 1 – oznacza ocenę niedostateczną. Wartości wybranych cech prostych zostały zebrane w postaci macierzy danych X o wymiarze 18x7:

$$X = \begin{bmatrix} 295 & 295 & 298 & 292 & 300 & 300 & 295 \\ 11 & 10 & 13 & 10 & 10 & 12 & 11 \\ 11 & 12 & 13 & 10 & 10 & 12 & 12 \\ 53 & 50 & 56 & 55 & 52 & 47 & 53 \\ 48 & 40 & 46 & 51 & 40 & 50 & 40 \\ 15,8 & 12,0 & 12,9 & 15,3 & 12,0 & 17,9 & 13,2 \\ 53 & 49 & 45 & 50 & 50 & 45 & 50 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 6 & 4 \\ 4 & 5 & 4 & 6 & 4 & 6 & 6 \\ 1360 & 1410 & 1460 & 1670 & 1490 & 1580 & 1320 \\ 825 & 905 & 840 & 940 & 798 & 805 & 780 \\ 299 & 298 & 299 & 300 & 300 & 300 & 300 \\ 230 & 315 & 195 & 275 & 270 & 275 & 265 \\ 4 & 3 & 4 & 3 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 3 & 5 & 3 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 4 & 5 & 1 & 3 & 5 & 4 \\ 3 & 4 & 5 & 3 & 1 & 5 & 2 \\ 5 & 1 & 5 & 2 & 5 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

Dla tak zestawionej macierzy danych wyznaczono macierz korelacji R, tj. współczynników korelacji liniowej Pearsona między cechami, która jest macierzą kwadratową stopnia 18:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,43 & 0,23 & -0,46 & -0,17 & 0,02 & -0,55 & 0,53 & -0,33 & 0,01 & -0,66 & 0,19 & -0,18 & 0,13 & 0,81 & 0,60 & 0,12 & 0,61 \\ 0,43 & 1 & 0,76 & 0,09 & 0,32 & 0,28 & -0,69 & 0,38 & -0,14 & -0,08 & -0,39 & 0,00 & -0,74 & 0,42 & 0,46 & 0,73 & 0,68 & 0,58 \\ 0,23 & 0,76 & 1 & -0,09 & -0,12 & -0,06 & -0,63 & 0,22 & 0,00 & -0,41 & -0,23 & -0,43 & -0,32 & 0,12 & 0,13 & 0,84 & 0,70 & 0,17 \\ -0,46 & 0,09 & -0,09 & 1 & 0,06 & -0,38 & 0,23 & -0,77 & -0,33 & -0,06 & 0,25 & 0,01 & -0,61 & 0,30 & 0,09 & -0,37 & -0,20 & 0,03 \\ -0,17 & 0,32 & -0,12 & 0,06 & 1 & 0,84 & -0,19 & 0,45 & 0,24 & 0,65 & 0,32 & 0,26 & -0,30 & 0,44 & -0,11 & -0,17 & 0,50 & 0,04 \\ 0,02 & 0,28 & -0,06 & -0,38 & 0,84 & 1 & -0,14 & 0,74 & 0,43 & 0,43 & -0,04 & 0,37 & -0,08 & 0,15 & -0,24 & 0,07 & 0,40 & 0,22 \\ -0,55 & -0,69 & -0,63 & 0,23 & -0,19 & -0,14 & 1 & -0,58 & -0,17 & -0,36 & 0,08 & -0,04 & 0,17 & -0,07 & -0,56 & -0,51 & -0,72 & -0,13 \\ 0,53 & 0,38 & 0,22 & -0,77 & 0,45 & 0,74 & -0,58 & 1 & 0,44 & 0,39 & -0,27 & 0,32 & 0,17 & -0,09 & 0,13 & 0,41 & 0,51 & 0,25 \\ -0,33 & -0,14 & 0,00 & -0,33 & 0,24 & 0,43 & -0,17 & 0,44 & 1 & 0,35 & 0,17 & 0,42 & 0,52 & -0,72 & -0,53 & -0,24 & 0,11 & -0,29 \\ 0,01 & -0,08 & -0,41 & -0,06 & 0,65 & 0,43 & -0,36 & 0,39 & 0,35 & 1 & 0,51 & 0,41 & 0,17 & 0,06 & 0,19 & -0,51 & 0,23 & -0,28 \\ -0,66 & -0,39 & -0,23 & 0,25 & 0,32 & -0,04 & 0,08 & -0,27 & 0,17 & 0,51 & 1 & -0,39 & 0,32 & 0,18 & -0,38 & -0,59 & 0,25 & -0,89 \\ 0,19 & 0,00 & -0,43 & 0,01 & 0,26 & 0,37 & -0,04 & 0,32 & 0,42 & 0,41 & -0,39 & 1 & -0,07 & -0,44 & 0,19 & -0,33 & -0,40 & 0,49 \\ -0,18 & -0,74 & -0,32 & -0,61 & -0,30 & -0,08 & 0,17 & 0,17 & 0,52 & 0,17 & 0,32 & -0,07 & 1 & -0,64 & -0,45 & -0,33 & -0,21 & -0,66 \\ 0,13 & 0,42 & 0,12 & 0,30 & 0,44 & 0,15 & -0,07 & -0,09 & -0,72 & 0,06 & 0,18 & -0,44 & -0,64 & 1 & 0,33 & 0,23 & 0,44 & 0,14 \\ 0,81 & 0,46 & 0,13 & 0,09 & -0,11 & -0,24 & -0,56 & 0,13 & -0,53 & 0,19 & -0,38 & 0,19 & -0,45 & 0,33 & 1 & 0,31 & 0,07 & 0,51 \\ 0,60 & 0,73 & 0,84 & -0,37 & -0,17 & 0,07 & -0,51 & 0,41 & -0,24 & -0,51 & -0,59 & -0,33 & -0,33 & 0,23 & 0,31 & 1 & 0,53 & 0,49 \\ 0,12 & 0,68 & 0,70 & -0,20 & 0,50 & 0,40 & -0,72 & 0,51 & 0,11 & 0,23 & 0,25 & -0,40 & -0,21 & 0,44 & 0,07 & 0,53 & 1 & -0,13 \\ 0,61 & 0,58 & 0,17 & 0,03 & 0,04 & 0,22 & -0,13 & 0,25 & -0,29 & -0,28 & -0,89 & 0,49 & -0,66 & 0,14 & 0,51 & 0,49 & -0,13 & 1 \end{bmatrix}$$

Ponieważ wyznacznik macierzy  $\det R \neq 0$  więc macierz R jest nieosobliwą a zatem macierz odwrotna  $R^{-1}$  istnieje. Obliczone za pomocą arkusza kalkulacyjnego wartości diagonalne macierzy odwrotnej do macierzy korelacji są dużo większe od założonej wartości 10, zatem należy ze zbioru cech pierwotnych wyeliminować te najbardziej skorelowane z innymi. Pierwszą z nich jest cecha oznaczona jako K10, tj. masa maszyny, następnie w kolejności wyeliminowano K14, K13, K18, K11, K7, K1, K6, K16, K8, K17 oraz K3. W tym momencie procedura eliminacji cech silnie ze sobą skorelowanych kończy się, ponieważ macierz odwrotna  $R^{-1}$  do macierzy korelacji R:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,09 & 0,32 & -0,14 & 0,00 & 0,46 \\ 0,09 & 1 & 0,06 & -0,33 & 0,01 & 0,09 \\ 0,32 & 0,06 & 1 & 0,24 & 0,26 & -0,11 \\ -0,14 & -0,33 & 0,24 & 1 & 0,42 & -0,53 \\ 0,00 & 0,01 & 0,26 & 0,42 & 1 & 0,19 \\ 0,46 & 0,09 & -0,11 & -0,53 & 0,19 & 1 \end{bmatrix}$$

ma postać (dla  $\det R = 0,17$ ):

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} 1,78 & -0,23 & -0,74 & -0,68 & 0,74 & -1,37 \\ -0,23 & 1,27 & -0,02 & 0,88 & -0,48 & 0,54 \\ -0,74 & -0,02 & 1,42 & 0,13 & -0,55 & 0,66 \\ -0,68 & 0,88 & 0,13 & 3,05 & -1,75 & 2,18 \\ 0,74 & -0,48 & -0,55 & -1,75 & 2,21 & -1,69 \\ -1,37 & 0,54 & 0,66 & 2,18 & -1,69 & 3,11 \end{bmatrix}$$

Ostateczny zbiór cech do zaakceptowania w oparciu o przyjęte założenia metodyczne składa się tylko z 6 parametrów:

- K2 – liczba ramion przód
- K4 – długość palców
- K5 – szerokość palców
- K9 – liczba kół tył
- K12 – szerokość
- K15 – straty (I pokos).

Tylko te cechy powinny być uwzględniane w dalszych etapach oceny jakości globalnej tych konkretnych zgrabiarek. W celu sprawdzenia poprawności obliczeń wykonano mnożenie według zależności (2):

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,09 & 0,32 & -0,14 & 0,00 & 0,46 \\ 0,09 & 1 & 0,06 & -0,33 & 0,01 & 0,09 \\ 0,32 & 0,06 & 1 & 0,24 & 0,26 & -0,11 \\ -0,14 & -0,33 & 0,24 & 1 & 0,42 & -0,53 \\ 0,00 & 0,01 & 0,26 & 0,42 & 1 & 0,19 \\ 0,46 & 0,09 & -0,11 & -0,53 & 0,19 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1,78 & -0,23 & -0,74 & -0,68 & 0,74 & -1,37 \\ -0,23 & 1,27 & -0,02 & 0,88 & -0,48 & 0,54 \\ -0,74 & -0,02 & 1,42 & 0,13 & -0,55 & 0,66 \\ -0,68 & 0,88 & 0,13 & 3,05 & -1,75 & 2,18 \\ 0,74 & -0,48 & -0,55 & -1,75 & 2,21 & -1,69 \\ -1,37 & 0,54 & 0,66 & 2,18 & -1,69 & 3,11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Według tej samej procedury dokonano selekcji zbioru cech pierwotnych 5 bron wirnikowych oraz 8 pługów obracalnych różnych producentów. Wartości osiemnastu najważniejszych, według ekspertów prowadzących test, parametrów bron wirnikowych zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Parametry techniczne, funkcjonalne i ergonomiczne bron wirnikowych  
Table. 2 Technical, functional and ergonomic parameters of rotary harrows

Symbol parametru, nazwa i jednostka miary	Symbol brony				
	Amazone KG 303	Kuhn HR 3003D	Kverneland NG-S 301	Lemken Zirkon 10/300	Rabe Corbex P 3001
K1 Grubość ścian wanny [mm]	8,0	8,0	10,0	8,0	5,5
K2 Liczba wirników	10	10	12	12	12
K3 Długość zębów [cm]	30	31	33	34	30
K4_Min. prędkość obrotowa wirników [obr.min <sup>-1</sup> ]	152	169	161	178	188
K5_Maks. prędkość obrotowa wirników [obr.min <sup>-1</sup> ]	344	313	298	440	419
K6 Średnica wału zagęszczającego [cm]	58	54	55	50	58
K7 Szerokość robocza [m]	2,95	3,00	3,01	2,99	2,96
K8 Szerokość transportowa [m]	3,05	3,10	3,01	2,99	3,09
K9- Łączenie z nabudowanym siewnikiem [pkt]	2	3	2	4	3
K10 Zmiana prędkości obrotowych [pkt]	2	3	2	4	2
K11 Szybka wymiana zębów [pkt]	3	4	3	4	2
K12 Regulacja głębokości [pkt]	5	3	4	4	3
K13 Regulacja włóki [pkt]	3	2	3	4	2

tab. 2 cd.

Symbol parametru, nazwa i jednostka miary	Symbol brony				
	Amazone KG 303	Kuhn HR 3003D	Kverneland NG-S 301	Lemken Zirkon 10/300	Rabe Corbex P 3001
K14_Osłony boczne [pkt]	4	3	5	4	4
K15_Nośność wału zagęszczającego [pkt]	4	4	2	4	4
K16_Zapotrzebowanie na moc wału zagęszczającego [pkt]	4	4	2	3	4
K17_Jakość pracy na glebach średnich [pkt]	5	4	3	5	5
K18_Jakość pracy na glebach ciężkich [pkt]	4	4	5	4	4

Źródło: Eikel 2007

Zbiór końcowy kryteriów oceny jakości rozważanych bron wirnikowych został ograniczony do 4 (K1, K8, K11 i K12), ponieważ są to parametry najmniej skorelowane z pozostałymi, o czym świadczą obliczone dla tego zbioru wartości, leżące na przekątnej macierzy  $R^{-1}$ :

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1,94} & 0,69 & -0,71 & -0,43 \\ 0,69 & \mathbf{1,89} & 0,17 & 0,76 \\ -0,71 & 0,17 & \mathbf{1,37} & 0,32 \\ -0,43 & 0,76 & 0,32 & \mathbf{1,60} \end{bmatrix}$$

Autorzy testu 7 cech pługów 4-skibowych obracalnych uwzględnili tylko cechy mieralne, a wartości tych parametrów zebrano w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry techniczne i funkcjonalne pługów  
Table 3. Technical and functional parameters of ploughs

Symbol parametru, nazwa i jednostka miary	Symbol pługa							
	Kuhn Vari- Master 122	Kverneland EG 100	Lemken Vari Opal 7	Niemeyer Alphatop 70 Variant	Överum Vari Flex CX	Pöttinger Servo 35 Plus	Rabe Albatros V120 M	Vogel &Noot Plus XM 950 Vario
K1_Odstęp między dziobami lemieszki [cm]	102	100	100	100	100	95	98	95
K2_Odstęp dziobów lemieszki/rama [cm]	80	76	84	75	79	84	80	82
K3_Min szer. na korpus [cm]	25	32	17	26	29	27	34	31

tab. 3 cd.

Symbol parametru, nazwa i jednostka miary	Symbol pługa							
	Kuhn Vari-Master 122	Kverneland EG 100	Lemken Vari Opal 7	Niemeyer Alphanatop 70 Variant	Överum Vari Flex CX	Pöttinger Servo 35 Plus	Rabe Albatros V120 M	Vogel & Noot Plus XM 950 Vario
K4_Max szer. na korpus [cm]	50	53	52	51	51	52	52	52
K5_Masa [kg]	1800	1785	1770	1710	1530	1720	1695	1685
K6_Odciaż. przedniej osi [kg]	1800	1900	1650	1700	1800	1700	1650	1750
K7_Szerokość brzozy [cm]	40	40	40	35	35	47	40	40

Źródło: Küpler 2010

Ponieważ dla wszystkich 7 cech macierz odwrotna do macierzy korelacji ma postać:

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{4,08} & 0,68 & 1,34 & 1,01 & -1,43 & -1,10 & 2,02 \\ 0,68 & \mathbf{4,79} & 2,30 & 0,19 & 1,78 & 0,70 & -3,46 \\ 1,34 & 2,30 & \mathbf{2,88} & -0,10 & 1,06 & -0,53 & -1,19 \\ 1,01 & 0,19 & -0,10 & \mathbf{1,56} & -0,49 & -0,25 & 0,06 \\ -1,43 & 1,78 & 1,06 & -0,49 & \mathbf{2,90} & 0,39 & -3,01 \\ -1,10 & 0,70 & -0,53 & -0,25 & 0,39 & \mathbf{1,74} & -0,91 \\ 2,02 & -3,46 & -1,19 & 0,06 & -3,01 & -0,91 & \mathbf{5,59} \end{bmatrix}$$

zatem wszystkie cechy pierwotnie przyjęte w zbiorze cech projakościowych należy uwzględnić w kolejnych etapach oceny jakości tych konkretnych pługów. Oznacza to, że zbiór cech pierwotnych został dobrze dobrany przez oceniającego.

## Wnioski

Jakość jest pojęciem wielowymiarowym, różnie definiowanym przez filozofów, ekonomistów czy specjalistów od zarządzania i marketingu. Wszyscy oni są jednak zgodni, że jakość jest zespołem cech istotnych z punktu widzenia rozpatrywanego produktu. Analiza wyników badań pozwala na sformułowanie następujących wniosków końcowych:

1. Ocena maszyn rolniczych wymaga na wstępie ustalenia zbioru kryteriów decyzyjnych. Poprawny ich dobór, nie tylko ze względu na ważność, ale także liczbę, jest podstawą prawidłowej oceny tych maszyn. Błędy popełnione na tym etapie mogą dać fałszywe/nieobiektywne wyniki oceny końcowej.



2. Dobór kryteriów diagnostycznych maszyn rolniczych powinien opierać się na przesłankach merytorycznych i statystycznych. Zbiór końcowy można ograniczyć do kilku parametrów, niezwiązanych ze sobą wartościami, metodą korelacji cech.
3. Metoda korelacji cech w sposób arbitralny wskazuje kryteria do usunięcia ze zbioru pierwotnego na podstawie wprowadzonych danych liczbowych, nie uwzględniając ważności kryteriów.
4. Ograniczenie liczby kryteriów decyzyjnych do 9 sztuk, zgodnie z zasadą Millera, pozwala precyzyjnie rozpatrywać taki zbiór na kolejnych etapach oceny jakości. Mała liczba kryteriów ułatwia nadawanie im wag oraz przyspiesza proces wartościowania jakości.
5. Zastosowanie metody korelacji cech wymaga podania wiarygodnych wartości liczbowych wszystkich cech decyzyjnych tych mierzalnych jak i niemierzalnych. Do ustalenia zbioru pierwotnego cech ocenianych maszyn oraz podania wartości liczbowych tych cech niezbędna jest wiedza, intuicja i doświadczenie ekspertów z zakresu inżynierii rolniczej.
6. Uzyskane zbiory końcowe kryteriów metodą korelacji cech dla przykładowych maszyn rolniczych nie można uogólniać na całe grupy maszyn. Zbiory te są właściwe tylko dla aktualnie rozpatrywanego zbioru jednostek statystycznych, tj. konkretnych maszyn, np. pługów obracalnych 4-skibowych z przykładu 3. Procedurę wyznaczania zbioru kryteriów oceny dla innych typów maszyn należy przeprowadzać każdorazowo od początku według przedstawionej metodyki.

## Bibliografia

- Durczak K.** (2011): System oceny jakości maszyn rolniczych. Rozprawy naukowe nr 418, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, ISSN 1896-1894.
- Eikel G.** (2007): Porównanie pięciu bron wirnikowych. Profi+top agrar Polska. Profesjonalna technika rolnicza. Polskie Wydawnictwo Rolnicze, 28-33.
- Gerighausen H.G., Wilmer H.** (2007): Porównanie siedmiu zgrabiarek pokosowych. Profi+top agrar Polska. Profesjonalna technika rolnicza. Polskie Wydawnictwo Rolnicze, 34-40.
- Kolman R.** (2009): Kwalitologia. Wyd. Placet, Warszawa, ISBN 978-83-7488-133-3.
- Krodkiewska-Skoczylas E.** (1982): Metody syntetycznej oceny jakości produktów. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa, ISBN 83-7001-012-1.
- Küpler J.M.** (2010): Porównanie ośmiu pługów. Top technika – top agrar Polska, 3, Polskie Wydawnictwo Rolnicze, 21-27.
- Miller G.A.** (1956): The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychol. Rev. 63, 81-97.
- Parasuraman A., Berry L.L., Zeithaml V.A.** (1989): Refinement and reassessment of the SERVQUAL scale. Journal of retailing, 67(4), 420-450.
- Saaty T.L.** (1990): How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, Volume 48.1, 9-26.
- Wysocki F., Lira J.** (2003): Statystyka opisowa. Wyd. Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, ISBN 83-7160-304-5.

## **SELECTION OF CRITERIA OF THE QUALITY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL MACHINES WITH THE METHOD OF FEATURES CORRELATION**

**Abstract.** The aim of the study is a selection, that is a selection by elimination of features designed to assess the quality of agricultural machinery. To restrict the set of pro-quality parameters the features correlation method was used, which arbitrarily shows the parameters whose values are excessively correlated with others. Elimination procedure is completed if diagonal values of the inverse matrix to the correlation matrix do not exceed 10. As a result of such selection only those characteristics remain that significantly differ, and thus should be considered in the assessment of quality. Simulations of limiting sets of qualitative creative parameters for sample groups of agricultural machinery were carried out. In each case the final set of parameters did not exceed the number of Miller's question, i. e. 9 features, which allows to choose the right weight, necessary in subsequent stages of assessment and evaluation of quality of agricultural machinery.

**Key words:** quality assessment, features correlation method, agricultural machine, Miller number

**Adres do korespondencji:**

Karol Durczak; e-mail: [kdurczak@up.poznan.pl](mailto:kdurczak@up.poznan.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 28  
60-637 Poznań