

## QUANTIFICATION QUALITY OF AGRICULTURAL MACHINERY

### Summary

*With the continuous improvement of existing products as well as newly emerging, the use of methods of assessing the quality of products is becoming a necessity. The most valuable of them are those that allow the quantitative determination of quality. The paper presents an original multicriteria effective and objective method of assessing the quality of agricultural machinery and an example of its application. The end result is to establish a global quality index values of machines in the field 0-1. Bringing quality to quantitative form allow to differentiate seemingly identical machines and their ranked, important in decision-making.*

**Keywords:** agricultural machines, quality assessing, method

## KWANTYFIKACJA JAKOŚCI MASZYN ROLNICZYCH

### Streszczenie

*Wraz z ciągłym udoskonalaniem produktów istniejących jak też nowo powstających, posługiwanie się metodami oceny jakości produktów staje się koniecznością. Najwartościowsze z nich są te, które umożliwiają wyznaczenie ilościowego stanu jakości. W pracy przedstawiono autorską, wielokryterialną efektywną i obiektywną metodę oceny jakości maszyn rolniczych oraz przykład jej zastosowania. Efektem końcowym jest wyznaczenie wskaźnika jakości globalnej maszyny o wartościach z zakresu 0-1. Sprowadzenie jakości do postaci kwantytatywnej pozwoli odróżnić pozornie jednakowe maszyny oraz ich rangowanie, ważne w procesach decyzyjnych.*

**Słowa kluczowe:** maszyny rolnicze, ocena jakości, metoda

### 1. Wprowadzenie

Problem oceny jakości produktów interesuje człowieka od zawsze. Wszyscy zainteresowani pomiarem jakości są zgodni, że jest ona zespołem cech istotnych z punktu widzenia rozpatrywanego produktu. Ze względu na występujące istotne różnice między postaciami produktów (wyrób, usługa, materiał przetworzony, wytwór intelektualny człowieka), nie ma jednej uniwersalnej metody oceny ich jakości. Z kolei poziom jakości produktów, ze względu na postać końcową takiej oceny, może być określany w sposób [3]:

- opisowy, bez ilościowego określania poziomu jakości,
- ilościowy, liczbowo w wyniku zastosowania jednej z metod kwantyfikacji.

Metody opisowe wymagają precyzyjnego i sformalizowanego języka opisowego i są stosowane zazwyczaj tam, gdzie występuje duża różnorodność cech. Pewną modyfikacją wersji opisowej oceny jakości produktów jest korzystanie z symboli w postaci, np. plusów, minusów.

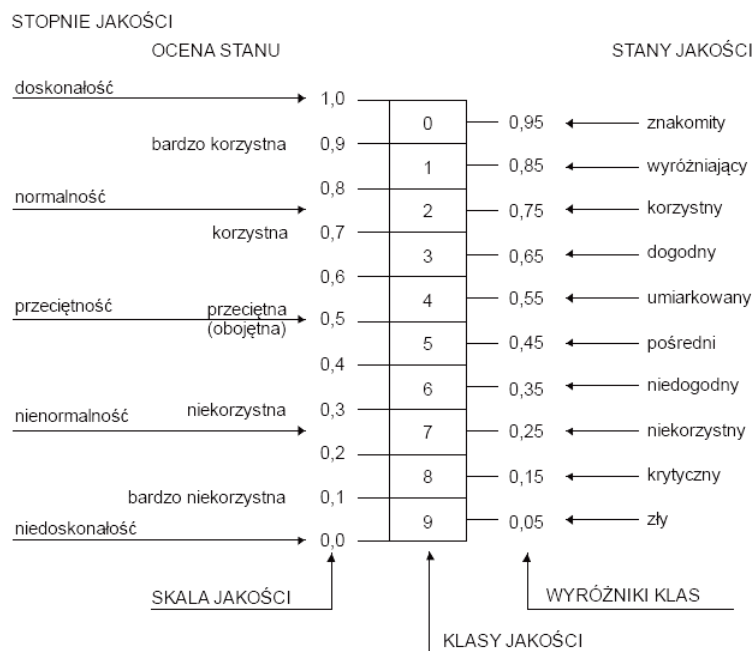
Bardziej pożądane dla praktyki są metody ilościowe doprowadzające jakość do postaci liczbowej, czyli kwantyfikacja jakości. Takie podejście do jakości daje zdecydowanie lepszy efekt końcowy, przyczynia się do polepszenia wyników różnorodnych przedsięwzięć podejmowanych w systemach gospodarczych w celu zaspokojenia potrzeb społecznych. Próby wypracowania metod ilościowego określania jakości produktów były prowadzone już w latach trzydziestych ubiegłego stulecia. Kompleksowy wskaźnik jakości wyrobu  $Q$ , według Kolmana [6] – autora uniwersalnej skali jakości (rys. 1), w postaci liczbowej powinien uwzględniać zarówno stany względne kryteriów, jak również ich wagi.

Kwantyfikowanie jakości opiera się głównie na średniej arytmetycznej, geometrycznej lub harmonicznnej [7]. Do tej pory najwięcej informacji na temat wyrobów zamieszczają czasopisma z zakresu motoryzacji. W sposób punktowy oce-

niają jakość testowanych samochodów i jednoznacznie wskazują zwycięzcę testu porównawczego.

Analiza literatury wydawnictw związanych z szeroko pojętym rolnictwem, pozwala stwierdzić, że problematyka oceny jakości maszyn rolniczych nie znajduje tu szerokiego zainteresowania. Wśród przytaczanych metod dominują metody czysto opisowe lub liczbowe o dużym stopniu subiektywizmu. Oprócz dokładnych opisów danych techniczno-eksploatacyjnych, ekonomicznych oraz możliwości maszyn, autorzy testów dołączają swoje oceny za pomocą oznaczeń graficznych. Taka symbolika jest bardzo obrazowa i jednoznaczna dla odbiorcy, ale nie daje rankingu końcowego. Józefowicz [5] wskazuje zalety i wady agregatu do upraw przedsięwzięć, oznaczając znakiem plus lub minus daną cechę. Przy określaniu jakości maszyn bardziej precyzyjna jest ocena punktowa, którą zastosował do testowania ciągników Berning [1]. Uzyskane punkty od 1 (ocena niedostateczna) do 5 (ocena bardzo dobra) bazują na wartościach zmierzonych i danych subiektywnych dokonanych przez cztery zespoły testujące. Dodatkowo w końcowym rankingu punktowym zastosował mnożnik oceny, który pełni rolę wag. Zasadę odrzucania najmniej korzystnych decyzji proponuje przy wyborze ciągnika rolniczego Skudlarski [8]. Metoda uśrednionych znamion jakości Kolmana wykorzystana została do oceny jakości czterokorpusowych pługów obracalnych [2].

Przewaga metod kwantyfikujących jakość maszyn rolniczych nad metodami opisowymi jest niepodważalna i nie wymaga wprowadzenia w tym zakresie badań. Doprowadzenie jakości do postaci liczbowej może być tylko etapem pośrednim w procesie decyzyjnym, np. zakupu maszyny. Potrzebna jest tylko obiektywna, efektywna i uniwersalna metoda kwantyfikowania jakości maszyn rolniczych, która umożliwi określenie stanów względnych cech mierzalnych i niemierzalnych, a po uwzględnieniu ich wag pozwoli wyznaczyć kompleksowy wskaźnik jakości o wartościach z przedziału 0-1.



Rys. 1. Uniwersalna skala stanów względnych jakości Kolmana [6]  
 Fig. 1. Universal scale of quality relative states after Kolman [6]

## 2. Cel pracy

Celem pracy było przedstawienie podstawowych założeń wielokryterialnej metody do obiektywnej i efektywnej kwantyfikacji jakości maszyn rolniczych oraz przykładu obliczenia wskaźnika jakości globalnej dla przykładowej grupy maszyn podobnych, a także wskazanie obszarów zastosowania oceny ilościowej jakości produktów w praktyce rolniczej i procesach zarządczych.

## 3. Metodyka i przedmiot badań

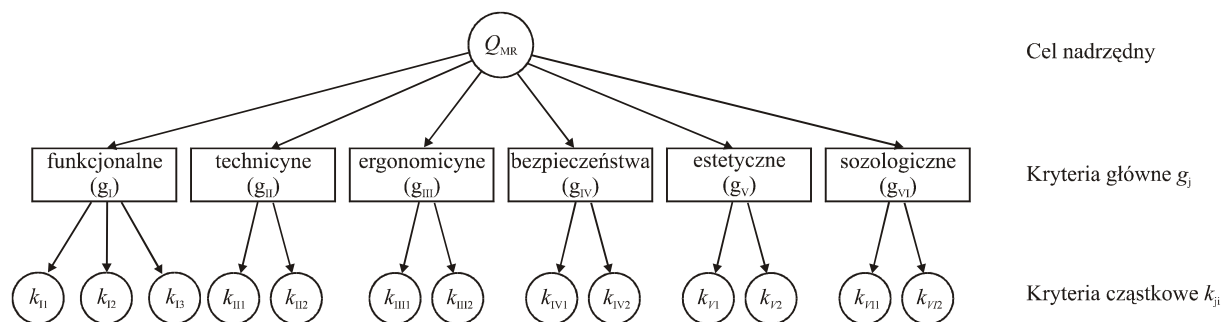
Metoda wartościowania jakości w postaci algebraicznego modelu dedukcyjnego jest głównym elementem Systemu Oceny Jakości Maszyn Rolniczych SOJMR [3]. Jest to metoda wielokryterialna o strukturze hierarchicznej, która pozwala na bardzo dokładne obliczenia wskaźnika jakości globalnej  $Q_{MR}$  (rys. 2).

Hierarchiczny charakter metody wynika z poziomów, które dzielą kryteria na główne oraz cząstkowe. Metodę tę można zaliczyć do metod algorytmiczno-heurystycznych. Na etapie heurystycznym, grupa ekspertów, odwołując się do własnego doświadczenia, wiedzy i intuicji – ustala zbiory kryteriów głównych i kryteriów szczegółowych ocenianych maszyn oraz bierze udział w ich rangowaniu. Uwzględnia się tylko cechy przynależne, nieodłączne maszynom, a pomija cechy przeciwstawne im – cechy przypię-

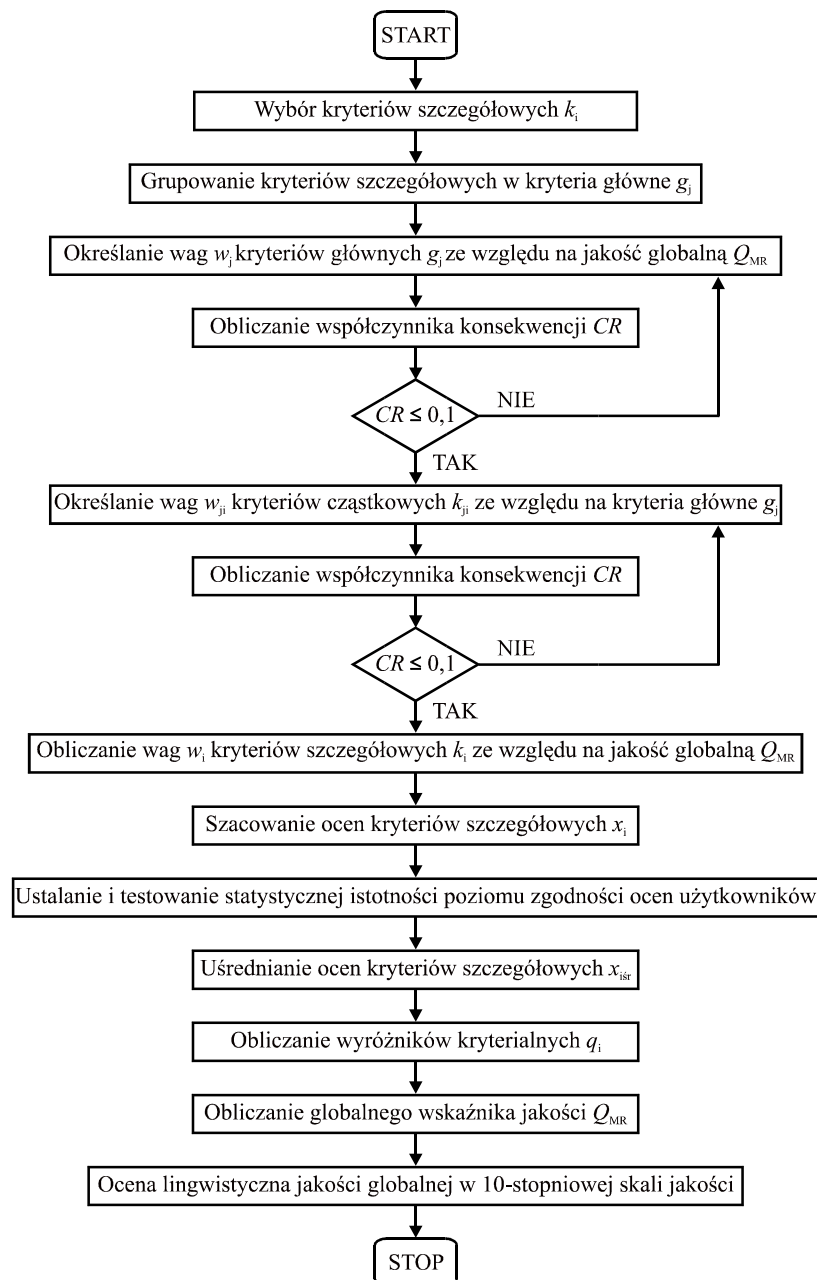
sane (cena, czas dostawy, czas dostępu serwisu itp.), których wartości nie można uznać za stałe. Eksperti uczestniczą także w opracowywaniu kwestionariusza ankietowego, który w kolejnym etapie jest przedkładany do oceny użytkownikom tych maszyn. Nad prawidłowym przebiegiem etapu heurystycznego czuwa sekretarz, który dobiera zespół ekspertów, organizuje „burzę mózgów”, zbiera wyniki pracy ekspertów i je opracowuje. On też przeprowadza sondaż wśród użytkowników badanych maszyn. Zbiera od nich informacje na wcześniej przygotowanych kwestionariuszach ocen i na podstawie opracowanego algorytmu oblicza wskaźnik jakości globalnej.

Algorytm kwantyfikowania jakości maszyn (rys. 3) dysponuje aparatem matematycznym umożliwiającym doprowadzenie wszystkich charakteryzujących maszynę kryteriów z postaci bezwzględnej do stanów względnych za pomocą narzędzi wykorzystywanych w inżynierii jakości.

Efektym końcowym zastosowania przedstawionego algorytmu jest sprowadzenie jakości produktu do postaci liczbowej z przedziału 0-1. Zero oznacza hipotetyczny całkowity brak jakości, natomiast jakość pełna, spełniająca w stu procentach oczekiwania użytkowników, wynosi jeden. Ponieważ stopień spełnienia oczekiwań co do poszczególnych cech maszyny odbiega od oczekiwań użytkowników, zatem globalna jakość maszyn rolniczych przyjmuje wartości pośrednie między 0 a 1.



Rys. 2. Hierarchiczna struktura kryteriów jakości maszyn rolniczych w drzewie spływu  
 Fig. 2. Hierarchical criterion structure of agricultural machine quality in a downflow tree



Rys. 3. Algorytm kwantyfikowania i oceny jakości maszyn rolniczych  
 Fig. 3. Algorithm of agricultural machine quality quantification and assessment

Układ hierarchiczny kryteriów cząstkowych i głównych, ze względu na jakość globalną maszyn rolniczych, umożliwia wyznaczenie wag kryteriów metodą porównywania parami. Oceny wystawiane przez poszczególnych ekspertów podlegają kontroli pod względem zgodności. Do testowania zgodności ocen służy współczynnik konsekwencji CR. Macierz parzystych porównań posiada strukturę pozwalającą ocenić, który z czynników jest ważniejszy od innych, natomiast nie daje wprost oceny ważności konkretnego kryterium. Dlatego w celu ustalenia wag kryteriów wykorzystuje się metodę współczynników względnej ważności. Są to metody bazujące na obliczeniach średnich arytmetycznych (metoda addytywna) lub średnich geometrycznych (metoda multiplikatywna).

Etap heurystyczny obejmuje również oceną kryteriów szczegółowych przez grupę użytkowników badanej maszyny. Kryteria szczegółowe konkretnych maszyn rolniczych ocenia zespół złożony z użytkowników tych maszyn. Skala porządkowa także i w tym przypadku jest pięciostopniowa:

od 1 – jako ocena bardzo niekorzystna do 5 – jako ocena bardzo korzystna.

Stopień zgodności ocen cech konkretnej maszyny określany jest poprzez wyznaczenie współczynnika konkordacji Kendalla i Babingtona-Smitha. Sama znajomość współczynnika nie jest wystarczająca. Należy przekonać się o jego statystycznej istotności na danym poziomie ufności testem chi-kwadrat.

Uzyskane od użytkowników maszyn oceny należy następnie poddać jeszcze transformacji do stanów względnych. Transformację dokonuje się przez metryzację, co pozwala na uzyskanie wyróżników kryterialnych. Wartość wskaźnika jakości globalnej maszyn rolniczych  $Q_{MR}$ , wyznacza się za pomocą funkcji użyteczności w postaci: addytywnej, multiplikatywnej lub maksymalnego pesymizmu.

W pracy wykorzystano również diagram macierzowy, wskazujący najlepsze rozwiązania ze względu na dwa kryteria (tutaj cenę zakupu i wskaźnik jakości globalnej).

Przedmiotem badań były zgrabiarki pokosowe dwukaruzelowe różnych producentów, ale o zbliżonych parametrach i cenie zakupu (tab. 1). Cechy niemierzalne zostały ocenione przez autorów testu [4] punktowo w skali pięciostopniowej.

#### 4. Wyniki badań

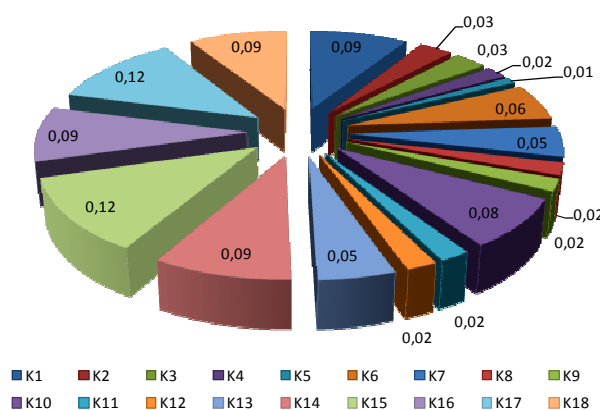
W procesie kwantyfikowania jakości 7. zgrabiarek uwzględniono wyłącznie cechy inherentne zgrabiarek (K1-K18). Cechy mierzalne autor ocenił w skali pięciostopniowej, zgodnie z zaprezentowaną metodyką wartościowania jakości maszyn rolniczych. Cechy inherentne zostały zakwalifikowane do dwóch grup tematycznych, tj. funkcjonalnych (K2-K5, K14-K18) oraz grupy cech technicznych (K1, K6-K13), aby ułatwić wyznaczenie dla nich wag metodą porównywania parami. Wartości współczynników wagowych kryteriów oceny jakości zgrabiarek, wyznaczone metodą addytywną, zamieszczono na wykresie (rys. 4).

Wskazniki jakości globalnej  $Q_{MR}$  dla poszczególnych typów zgrabiarek zostały obliczone metodą addytywną i stanowią podstawę do rangowania maszyn (tab. 2).

Tab. 1. Kryteria oceny jakości zgrabiarek pokosowych oraz ich wartości [4]

Table 1. Criteria for assessing the quality of rotor rake and their values [4]

Symbol	Nazwa kryterium	Zgrabiarka						
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
K1	średnica karuzeli, 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, km/h	15,8	12,0	12,9	15,3	12,0	17,9	13,2
K7	wysokość unoszenia karuzeli, 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
K13	wysokość w pozycji transportowej, cm	230	315	195	275	270	275	265
K14	kształt pokosu (I pokos), pkt	4	3	4	3	3	3	2
K15	straty obliczone (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 obliczone (II pokos), pkt	3	4	5	3	1	5	2
K18	zanieczyszczenie zielonki (II pokos), pkt	5	1	5	2	5	5	5
K19	cena maszyny/ wersji testowej, Euro	15730	13170	15875	15330	14990	16775	16470



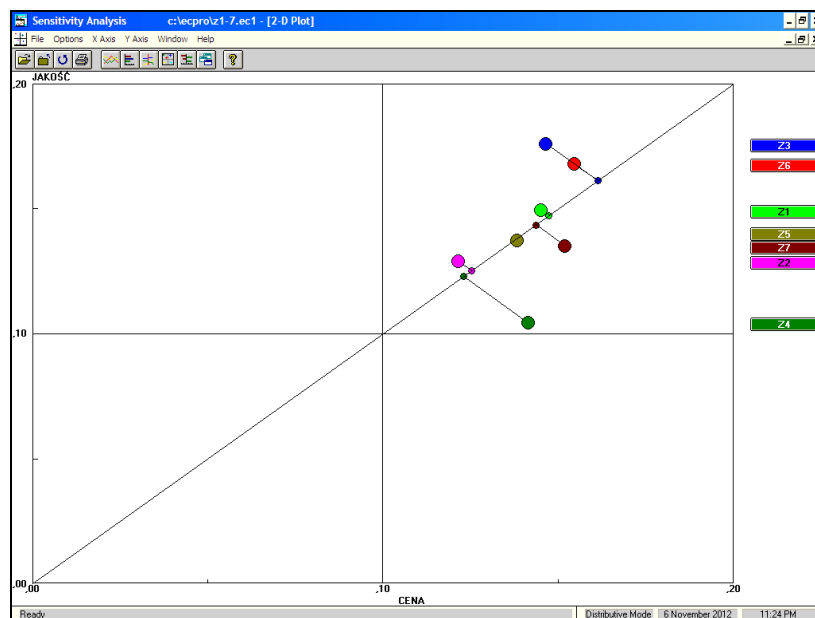
Rys. 4. Wagi kryteriów inherentnych zgrabiarek pokosowych

Fig.4. Weighting of the inherent criteria of rotor rake

Tab. 2. Wskaźniki jakości globalnej oraz ranking końcowy ocenianych zgrabiarek

Table 2. Global quality indicators and final ranking evaluated of rakes

Zgrabiarka	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
$Q_{MR}$	0,73	0,63	0,86	0,51	0,67	0,82	0,66
Ranga	3	6	1	7	4	2	5



Rys. 5. Diagram macierzowy wskazujący zależności między ceną a jakością  
 Fig. 5. Matrix diagram showing the relationship between price and quality

Analiza danych zawartych w tab. 1 nie wystarcza na ostateczne uszeregowanie maszyn nawet najlepszym ekspertem z zakresu inżynierii rolniczej. Odnosząc wartości wskaźnika jakości globalnej  $Q_{MR}$  do skali jakości Kolmana, można nazwać uzyskany przez maszyny stany jakości. Jakość zgrabiarek Z3 i Z6 jest wyróżniająca, Z1 – korzystna, Z2, Z5 i Z7 – dogodna, a zgrabiarki Z4 tylko umiarkowana.

Uzyskane wartości liczbowe wskaźnika jakości mogą być wykorzystane w kolejnych etapach, po uwzględnieniu ich ceny (K19), do wskazania zgrabiarki najlepszej ze względu na wskaźnik cena do jakości, co kończy proces decyzyjny zakupu maszyny do gospodarstwa (rys. 5).

Najkorzystniejszą ofertą zakupu, ze względu na korzystną cenę i dobrą jakość, są zgrabiarki Z5 i Z1.

## 5. Podsumowanie i wnioski

Kwantyfikowanie jakości różnych produktów, w tym maszyn rolniczych, jest w pełni uzasadnione i ma dodatkowo znaczenie utylitarne. Analityczne metody ilościowego obliczania poziomu jakości powinny być stosowane do badania jakości na przykład narzędzi, maszyn i urządzeń, surowców i materiałów oraz do analizy ważnych dla gospodarki elementów składowych jakości pracy. Potrzebna jest tylko efektywna, obiektywna i uniwersalna metoda wartościowania jakości. Za taką można uznać opisaną w pracy wielokryterialną metodę, która pozwala wyrażać liczbowo ocenę jakości maszyn rolniczych na podstawie przyjętych zbiorów kryteriów. Przeprowadzone obliczenia i analizy pozwalają na wyprowadzenie wniosków końcowych:

1. Ocena ilościowa jakości, w postaci ułamka dziesiątego z przedziału 0-1 skończonego zbioru produktów podobnych, pozwala na jednoznaczną ocenę jakości, a tym samym odróżnienie pozornie jednakowych maszyn. Pozostawienie oceny jakości produktów w postaci opisowej sprawia trudności lub wręcz uniemożliwia rangowanie maszyn.
2. Wartościowanie jakości maszyn umożliwia z kolei ocenę globalną w postaci lingwistycznej w oparciu o uniwersalną 10-stopniową skalę jakości Kolmana. Jakość maszyny

może być znakomita, korzystna, krytyczna zła, ale nie wysoka lub niska.

3. Jakość maszyny wyrażona liczbowo oraz jej cena jednostkowa pozwalają na podjęcie najlepszej decyzji zakupu.

4. Metody pomiaru jakości produktów zawierają zazwyczaj etap heurystyczny, w którym wykorzystywana jest wiedza i umiejętności grupy dobrze dobranych ekspertów. Wyniki będzie można uznać za wiarygodne i pozbawione subiektywizmu, jeżeli będą to niezależni specjaliści z danej branży. W przypadku maszyn rolniczych należy zatrudniać ekspertów z uczelni wyższych, legitymujących się doświadczeniem praktycznym w dyscyplinie inżynieria rolnicza lub pracowników instytutów badawczo-rozwojowych, np. z Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu.

## 6. Bibliografia

- [1] Berning F.: Siedem wszechstronnych traktorów. Top technika, Poznań: Polskie Wydawnictwo Rolnicze, 2009, Nr 3, s. 4-12.
- [2] Durczak K.: Ilościowa ocena jakości pługów obracalnych za pomocą metody uśrednionych znamion jakości. Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna, 2009, Nr 4.
- [3] Durczak K.: System oceny jakości maszyn rolniczych. Rozprawy naukowe nr 418, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2011. ISSN 1896-1894.
- [4] Gerighausen H.-G., Wilmer H.: Porównanie siedmiu zgrabiarek pokosowych. Profi+Top Agrar Polska. Traktory i maszyny, 2007, s. 34-40.
- [5] Józefowicz J.: Nie taki groźny jak tornado. Tornado z Expo-mu. Top technika, Poznań: Polskie Wydawnictwo Rolnicze, 2009, Nr 3, s. 36-39.
- [6] Kolman R.: Kwalitologia. Wiedza o różnych dziedzinach jakości. Warszawa: Wydawnictwo Placet, 2009.
- [7] Krodkiewska-Skoczylas E.: Metody syntetycznej oceny jakości produktów. Warszawa: Wydawnictwa Normalizacyjne, 1982.
- [8] Skudlarski J.: Optymalizacja decyzji zakupu maszyn rolniczych na przykładzie ciągników rolniczych, Inżynieria Rolnicza, 2006, Nr 4(79), s. 173-180.