

## THE CONCEPT OF USING THE AHP METHOD IN PURCHASE DECISION PROCESS OF AGRICULTURAL TRACTOR

### Summary

Decision problems concerning the purchase of tractor are connected mainly with the need to take into account the large number of criteria, and analyze a number of their parameters. A large number of manufacturers of agricultural tractors causes problems in the selection of the optimal decision. The paper presents an analysis of decision-making choice of tractor using the method of Analytical Hierarchy Process (AHP).

**Key words:** farm tractors, technical parameters, purchase, criteria, methods

## KONCEPCJA WYKORZYSTANIA METODY AHP W PROCESIE DECYZYJNYM ZAKUPU CIĄGNIKA ROLNICZEGO

### Streszczenie

Problemy decyzyjne dotyczące zakupu ciągnika rolniczego związane są głównie z koniecznością uwzględniania dużej liczby kryteriów i analizowania szeregu ich parametrów. W pracy omówiono możliwości wykorzystania metody Analitycznej Hierarchizacji Procesu (AHP) przy zakupie ciągnika rolniczego.

**Słowa kluczowe:** ciągniki rolnicze, parametry techniczne, zakup, kryteria, metody

### 1. Wprowadzenie

Decyzja dotycząca zakupu ciągnika rolniczego zaliczana jest do najbardziej odpowiedzialnych w procesie odnowy parku maszyn gospodarstwa rolnego [6, 7, 11]. Związane jest to głównie z koniecznością dopasowania jego parametrów techniczno-eksploatacyjnych do posiadanych już maszyn, areалу i kierunku prowadzonej produkcji rolnej. Zakup ciągnika wiąże zainwestowany kapitał na wiele lat jego użytkowania, który, jak podaje Lorencowicz [3], wynosi średnio ponad 17,5 roku.

Zagadnienia związane z doбором ciągników stosowanych w produkcji rolniczej wchodzą w fazę systemów eksperckich [10]. W systemach tych proces podejmowania decyzji odnośnie wyboru i eksploatacji środków technicznych w gospodarstwie rolnym wspomagany jest przez odpowiedni system ekspercki lub program komputerowy. Jednym z ważnych elementów takiego systemu są zależności określające związki pomiędzy parametrami i czynnikami kształtującymi warunki użytkowania maszyn a składowymi funkcjami celu, które decydują o wyborze konkretnego rozwiązania technicznego. Najczęstszym kryterium funkcji celu jest cena, minimalizacja jednostkowych kosztów eksploatacji, nakładów energetycznych lub nakładów robocizny.

Prawidłowo dobrany ciągnik pozwala na optymalne jego wykorzystanie, zminimalizowanie kosztów eksploatacji oraz agregowanie w różnymi typami maszyn. Konsekwencją nieracjonalnej inwestycji w ciągnik rolniczy może być obniżenie wskaźników ekonomicznych i pogorszenie wyniku finansowego gospodarstwa [11, 12, 13].

Podjmując decyzje o zakupie ciągnika rolniczego powinien wykorzystać wszystkie informacje pozyskane na kolejnych etapach, tj. ocena potrzeby zakupu, dobór ciągnika o określonych parametrach techniczno-eksploatacyjnych, wybór określonego typu ciągnika, który spełniałby wymagania założone przez nabywcę [11]. Zakupu ciągnika rolnicze-

go należy dokonywać mając na uwadze powyższe uwarunkowania, które determinują potrzebę racjonalnego planowania inwestycji, z uwzględnieniem odpowiedniej intensywności i form użytkowania. Jest to szczególnie istotne w warunkach rozdrobnionego polskiego rolnictwa, charakteryzującego się niewielkimi zdolnościami inwestycyjnymi, a z drugiej strony brakiem możliwości intensywnego wykorzystania maszyn w gospodarstwie, jak również poza nim [4, 5]. Przy doborze należy uwzględnić wielkość gospodarstwa, intensywność produkcji, specjalizację i organizację produkcji.

### 2. Cel pracy

Celem pracy było sprawdzenie możliwości wykorzystania metody Analitycznej Hierarchizacji Procesu (ang. *Analytical Hierarchy Process* – AHP) przy zakupie ciągnika rolniczego.

### 3. Materiał i metody

Badaniami objęto grupę 15 rolników, którzy zakupili, podjęli decyzję o zakupie lub rozważali zakup ciągnika o mocy powyżej 120 KM. Do badań wybrano sześć modeli ciągników rolniczych, czołowych producentów, oferujących swoje produkty w założonym przedziale mocy, które oznaczono kolejnymi, dużymi literami alfabetu (A, B, C, D, E, F).

Podjmując decyzję o zakupie ciągnika rolniczego kierują się następującymi głównymi kryteriami: cena (K1), dostępność punktów serwisowych (K2), liczba biegów i rodzaj skrzyni przekładniowej (K3), rodzaj układu paliwowego (mechaniczny, common rail) (K4), parametry układu hydraulicznego (wydatek pompy, system regulacji i kontroli) (K5), parametry podnośnika (przedni/tylny, udźwieg, zewnętrzna obsługa, hydrauliczne jarzma, hydrauliczne stabilizatory boczne) (K6), parametry WOM (przedni/tylny, uruchamianie mechaniczne/hydrauliczne, obroty zależne/niezależne) (K7),

wyposażenie dodatkowe (klimatyzacja, ogrzewanie, amortyzacja fotela kierowcy, otwierana szyba przednia i tylna, liczba reflektorów roboczych) (K8).

Każdy z rolników przydzielił określoną liczbę punktów poszczególnym kryteriom procesu decyzyjnego wyboru ciągnika, z przedziału 0-100, dokonując tym samym podziału ich pod względem ważności.

Metoda Analitycznej Hierarchizacji Procesu (AHP) jest heurystycznym podejściem opracowanym przez amerykańskiego matematyka T. L. Saaty'ego, łącząca w sobie elementy matematyki i psychologii [1, 2, 8, 9, 14]. Ułatwia ona dokonywanie wyboru w przypadku wielokryterialnych problemów decyzyjnych, poprzez ich redukcję do serii porównań parami, których dokonują eksperci, co w efekcie pozwala na liczbową miarę ważności analizowanych kryteriów.

Argumentami uzasadniającymi wybór metody AHP jako narzędzia badawczego dla rozwiązania problemu postawionego w pracy jest przedstawienie problemu w postaci modelu hierarchicznego oraz możliwość jednoczesnego rozpatrywania cech mierzalnych i niemierzalnych.

Strukturę hierarchiczną procesu decyzyjnego wyboru ciągnika rolniczego przedstawiono na rysunku. Celem nadrzędnym prowadzonych analiz był wybór optymalnego rozwiązania, odnośnie konstrukcji i wyposażenia ciągnika rolniczego, uwzględniającego założone kryteria.

Zgodnie z założeniami metody AHP, kalkulację przeprowadzono w trzech etapach:

I. Budowa macierzy porównań parami dla sześciu analizowanych ciągników rolniczych ( $n = 6$ ) osobno w ramach każdego kryterium ( $K = 8$ ) (macierze  $A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(3)}, A^{(4)}, A^{(5)}, A^{(6)}, A^{(7)}, A^{(8)}$ ) oraz dla samych kryteriów (macierz  $A^{(0)}$ ). Porównania te prowadzą do powstania dziewięciu macierzy porównań parami ( $A^{(0)}, A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(3)}, A^{(4)}, A^{(5)}, A^{(6)}, A^{(7)}, A^{(8)}$ ). Ważnym uzupełnieniem etapu I jest badanie spójności ocen rolników.

II. Wyznaczanie rankingów indywidualnych dla każdej z macierzy etapu I.

III. Wyznaczenie rankingu wielokryterialnego dla rozpatrywanych ciągników.

W porównaniach parami użyto dziewięciostopniowej skali przymiotnikowej według tab. 1:

Tab. 1. Rangi przy porównaniach parami obiektów lub kryteriów wg Saaty'ego [19]

Table 1. Ranks used during pairwise comparison of objects or criteria according to Saaty [19]

Ocena werbalna (jakościowa)	Ocena numeryczna (ranga)
Równie preferowany	1
Równie do nieznacznie	2
Nieznacznie preferowany	3
Nieznacznie do silnie	4
Silnie preferowany	5
Silnie do bardzo silnie	6
Bardzo silnie preferowany	7
Bardzo silnie do wyjątkowo	8
Wyjątkowo preferowany	9

Źródło / Source: [19]

Macierze  $A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(3)}, A^{(4)}, A^{(5)}, A^{(6)}, A^{(7)}, A^{(8)}$  są macierzami porównań parami wszystkich obiektów kolejno w ramach każdego z kryteriów. Macierz  $A^{(0)}$  jest macierzą porównań parami samych kryteriów. Każda z macierzy powinna spełniać następujące warunki:

$$a_{ij}^{(k)} = \frac{1}{a_{ji}^{(k)}}, \quad (1)$$

$$a_{ii}^{(k)} = 1, \quad (2)$$

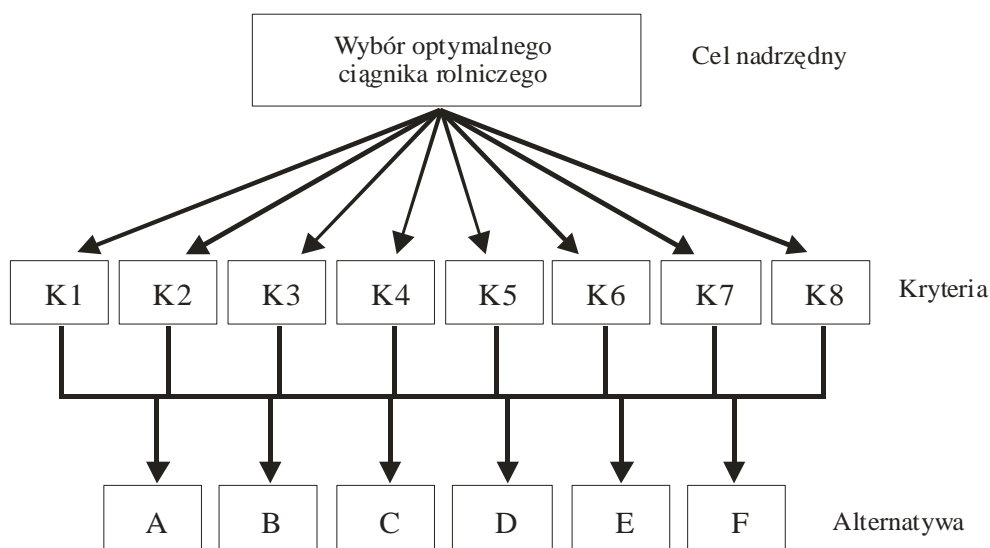
$$a_{ij}^{(k)} = a_{ir}^{(k)} \cdot a_{rj}^{(k)}, \quad (3)$$

gdzie:  $k=0, 1, 2, 3$ .

Dla każdej macierzy porównań parami procedura ustalania rankingu indywidualnego polega na unormowaniu kolumnami macierzy  $A^{(k)} = [a_{ij}^{(k)}]$ , do macierzy według zapisu  $\bar{A}^{(k)} = [\bar{a}_{ij}^{(k)}]$ .

gdzie:

$$\bar{a}_{ij}^{(k)} = \frac{a_{ij}^{(k)}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}^{(k)}}, \quad (4)$$



Rys. Struktura hierarchiczna procesu decyzyjnego wyboru ciągnika rolniczego

Fig. The hierarchical structure of decision-making choice of agricultural tractor

Następnie wyznacza się średnią wartość  $s_i^{(k)}$  elementów  $\bar{a}_{ij}^{(k)}$  w każdym z wierszy unormowanej macierzy  $\bar{A}^{(k)}$ , według równania 5.

$$s_i^{(k)} = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}^{(k)}}{n}, \quad (5)$$

Wartości  $s_i^{(k)}$  nazywane są w metodzie AHP indywidualnymi indeksami preferencji. Wektor kolumnowy  $s^{(k)} = [s_i^{(k)}]$  jest wektorem rankingu indywidualnego.

Wartości indeksu  $s_i^{(k)}$  wskazuje na pozycje obiektu  $i$  w rankingu indywidualnym w ramach kryterium  $k$ , tj. im wyższa wartość indeksu  $s_i^{(k)}$ , tym wyższa pozycja obiektu  $i$  w ramach danego kryterium.

Podobnie dla macierzy porównań parami dla samych kryteriów  $A^{(0)}$ . Wartość indeksu  $s_i^{(0)}$  wskazuje tutaj na pozycję kryterium  $i$  w rankingu indywidualnym względem pozostałych kryteriów, tj. im wyższa wartość indeksu  $s_i^{(0)}$ , tym ważniejsze kryterium.

Ranking wielokryterialny w metodzie AHP uzyskujemy wyliczając wektor wielokryterialny indeksów preferencji  $P = [p_i]$ . Składowe wektora  $P$  wyliczane są według równania 6:

$$p_i = \sum_{k=1}^K s_k^{(0)} s_i^{(k)}, \quad (6)$$

Wartość wielokryterialnego indeksu preferencji wskazuje na pozycję ciągnika rolniczego w rankingu wielokryterialnym, tj. im wyższa wartość indeksy  $p_i$ , tym wyższa jest pozycja ciągnika (obiektu  $i$ ).

Mimo że porównań parami dokonują eksperci (rolnicy) mający wiedzę z danego zakresu, to i oni mogą popełnić błąd w przyznawaniu ocen. Sprawdzenie wiarygodności wyników odbywa się poprzez obliczenie wskaźnika i współczynnika konsekwencji. W celu wyeliminowania

niezgodności obliczany jest współczynnik konsekwencji CR, według zależności (7):

$$CR = \frac{CI}{RI} 100\%, \quad (7)$$

gdzie:

$RI$  - indeks losowy, zależny od stopnia macierzy  $n$ , przyjmujący wartości według tab. 2,

$CI$  - wskaźnik konsekwencji, określane z zależności (8):

$$CI = \frac{(\lambda_{\max}^{(k)} - n)}{(n-1)}, \quad (8)$$

gdzie:

$\lambda_{\max}^{(k)}$  - wartość własna macierzy,

$n$  - liczba rozpatrywanych obiektów (ciągników rolniczych).

Wielkość  $\lambda_{\max}^{(k)}$  wymaga wyznaczenia kolumnowego wektora sum częściowych  $sw^{(k)} = [sw_i^{(k)}]$ , zgodnie z równaniem (9):

$$sw^{(k)} = A^{(k)} s^{(k)}, \quad (9)$$

po czym:

$$\lambda_{\max}^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{sw_i^{(k)}}{s_i^{(k)}} \right)}{n} \quad (10)$$

#### 4. Analiza wyników badań

Badanym ciągnikom rolnicy nadali określoną liczbę punktów (w przedziale od 0 do 100), uwzględniając przyjęte kryteria oraz dokonali rangowania (dzieląc 100 punktów) przyjętych kryteriów głównych. Średnie wartości przydzielonych punktów przedstawiono w tab. 3.

Tab. 2. Indeksy losowe  $RI$  Saaty'ego [19]

Table 2. Saaty's random indices  $RI$  [19]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

Źródło / Source: [19]

Tab. 3. Średnia ocena punktowa ciągników rolniczych i kryteriów

Table 3. Average score assessment of agricultural tractors and criteria

Ocena za poszczególne kryteria (0-100 punktów)	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A	73,2	60,3	55,0	59,2	52,2	62,0	68,5	70,0
B	60,3	54,0	65,1	58,3	69,2	57,0	54,3	51,3
C	55,5	65,1	56,2	45,1	58,2	65,1	52,0	66,2
D	69,3	75,0	74,5	65,3	55,1	53,5	49,2	69,3
E	65,1	70,3	71,1	65,2	56,3	62,2	64,1	58,2
F	59,0	56,3	68,3	70,0	59,4	65,1	68,2	63,4
Ocena wag przyjętych kryteriów (0-100 punktów)								
Waga kryterium	18,1	16,5	12,9	12,1	11,7	11,6	9,3	9,0

Źródło / Source: opracowanie własne / own work

Największą średnią liczbę punktów rolnicy przyznali kryterium K1, czyli cena ciągnika (18,1 punktów), a najniższej (9,0 punktów) ocenili kryterium K8, tj. wyposażenie dodatkowe ciągnika.

Wykorzystując przyznane przez rolników punkty dokonano szeregu porównań alternatywnych ciągników rolniczych, pod względem przyjętych kryteriów. Do analizy posłużono się skalą ocen, zamieszczoną w tab. 4, w oparciu o którą zbudowano osiem macierzy porównań parami ( $A^{(1)}$ ,  $A^{(2)}$ ,  $A^{(3)}$ ,  $A^{(4)}$ ,  $A^{(5)}$ ,  $A^{(6)}$ ,  $A^{(7)}$ ,  $A^{(8)}$ ) dla sześciu analizowanych ciągników rolniczych ( $n = 6$ ) osobno w ramach każdego kryterium ( $K = 8$ ) oraz macierz ( $A^{(0)}$ ) dla porównania samych kryteriów.

Tab. 4. Skala ocen dla wyboru ciągnika rolniczego  
Table 4. Score scale for the selection of the agricultural tractor

Różnica w punktacji	Ocena
0,0-5,5	1
5,6-10,5	3
10,6-15,5	5
15,6-20,5	7
20,6-25,0	9

Źródło /Source: opracowanie własne / own work

Wyniki obliczeń w postaci indeksów preferencji macierzy unormowanych kryteriów procesu decyzyjnego wyboru ciągnika rolniczego przedstawiono w tab. 5. Każdy analizowany ciągnik posiada tyle indeksów preferencji, ile kryteriów przyjęto do jego oceny. Najwyższą wagą charakteryzowała się kryterium ceny (K1) ciągnika (0,24), a największą wartość indeksu preferencji (0,36) w tym kryterium uzyskał ciągnik "A". Najniższy indeks preferencji

(0,05) w ramach kryterium ceny (K1) uzyskał natomiast ciągnik "C", co świadczy o tym, że rolnicy uznali zbyt niski jej poziom.

W tab. 6 przedstawiono końcowy wielokryterialny ranking ciągników uwzględnianych w procesie decyzyjnym zakupu. Najlepszym wyborem z punktu widzenia rozpatrywanych kryteriów jest ciągnik oznaczony literą "D", ponieważ maksymalna wartość miary w wielokryterialnym rankingu jest równa 0,23. Jest to ciągnik czołowego producenta maszyn rolniczych, który, zdaniem ankietowanych rolników, posiada – w porównaniu z innymi – sprawną i dobrze rozbudowaną sieć zakładów serwisowych ( $s^{(2)}=0,38$ ), wyróżnia się budową skrzyni przekładniowej i liczbą możliwych przełożeń ( $s^{(3)}=0,34$ ), sprawnym układem paliwowym ( $s^{(4)}=0,25$ ), bogatym wyposażeniem dodatkowym ( $s^{(8)}=0,28$ ) oraz atrakcyjną ceną ( $s^{(1)}=0,24$ ).

W tab. 6 przedstawiono końcowy wielokryterialny ranking ciągników uwzględnianych w procesie decyzyjnym zakupu. Najlepszym wyborem z punktu widzenia rozpatrywanych kryteriów jest ciągnik oznaczony literą "D", ponieważ maksymalna wartość miary w wielokryterialnym rankingu jest równa 0,23. Jest to ciągnik czołowego producenta maszyn rolniczych, który, zdaniem ankietowanych rolników, posiada – w porównaniu z innymi – sprawną i dobrze rozbudowaną sieć zakładów serwisowych ( $s^{(2)}=0,38$ ), wyróżnia się budową skrzyni przekładniowej i liczbą możliwych przełożeń ( $s^{(3)}=0,34$ ), sprawnym układem paliwowym ( $s^{(4)}=0,25$ ), bogatym wyposażeniem dodatkowym ( $s^{(8)}=0,28$ ) oraz atrakcyjną ceną ( $s^{(1)}=0,24$ ).

W tab. 7 przedstawiono wartości współczynnika spójności CR. Dla wszystkich macierzy nie przekroczył on progu 0,1, co według założeń Saaty'ego [8, 9], twórcy metody porównywania kryteriów, można uznać za spójne.

Tab. 5. Indeksy preferencji macierzy unormowanej kryteriów procesu decyzyjnego wyboru ciągnika rolniczego  
Table 5. Indices of normalized preference matrix of decision making criteria for the selection of agricultural tractor

Indeks preferencji								
Ciągnik rolniczy								
$s^{(k)}$	A	B	C	D	E	F		
$s^{(1)}$	0,36	0,12	0,05	0,24	0,16	0,07		
$s^{(2)}$	0,10	0,04	0,17	0,38	0,27	0,05		
$s^{(3)}$	0,04	0,12	0,04	0,34	0,27	0,18		
$s^{(4)}$	0,09	0,09	0,03	0,25	0,25	0,31		
$s^{(5)}$	0,07	0,48	0,12	0,10	0,10	0,13		
$s^{(6)}$	0,18	0,11	0,23	0,06	0,18	0,23		
$s^{(7)}$	0,30	0,06	0,05	0,05	0,25	0,30		
$s^{(8)}$	0,28	0,03	0,21	0,28	0,08	0,13		
Kryteria procesu decyzyjnego								
$s^{(k)}$	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
$s^{(0)}$	0,24	0,16	0,12	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09

Źródło /Source: opracowanie własne / own work

Tab. 6. Ranking wielokryterialny w procesie decyzyjnym zakupu ciągnika rolniczego  
Table 6. Multicriterial ranking in the purchase decision-making process of agricultural tractor

Ranking wielokryterialny [ $p_i$ ]					
Ciągnik rolniczy					
A	B	C	D	E	F
0,19	0,13	0,11	0,23	0,20	0,15

Źródło /Source: opracowanie własne / own work

Tab. 7. Wartości współczynnika spójności CR (n=6, RI=1,25 n=8, RI=1,4)  
 Table 7. Values of the consistency ratio CR (n=6, RI=1,25 n=8, RI=1,4)

Kryterium/ macierz	A <sup>(1)</sup>	A <sup>(2)</sup>	A <sup>(3)</sup>	A <sup>(4)</sup>	A <sup>(5)</sup>	A <sup>(6)</sup>	A <sup>(7)</sup>	A <sup>(8)</sup>	A <sup>(9)</sup>
Współczynnik									
$\lambda_{\max}^{(k)}$	6,31	6,11	6,12	6,14	6,18	6,25	6,04	6,21	8,30
CI	0,06	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,01	0,04	0,04
CR	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,03

Źródło /Source: opracowanie własne / own work

## 5. Wnioski

Przeprowadzone badania oraz analiza wyników pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zastosowana w pracy metoda AHP pozwala na precyzyjną, bo opartą na wskaźniku liczbowym, hierarchizację kryteriów decydujących o wyborze ciągnika rolniczego i może być stosowana do wspomagania procesu decyzyjnego zakupu ciągnika.

2. Z przeprowadzonej analizy wynika, że takie kryteria jak: cena ciągnika i dostępność punktów serwisowych są najważniejsze przy podejmowaniu decyzji o zakupie ciągnika rolniczego. Natomiast mniejszą uwagę rolnicy przywiązują do wyposażenia dodatkowego (klimatyzacja, ogrzewanie, amortyzacja fotela kierowcy, otwierana szyba przednia i tylna, liczba reflektorów roboczych).

## 6. Bibliografia

- [1] Ayag Z.: A hybrid approach to machine-tool selection through AHP and simulation. *International Journal of Production Research*, 2007, Vol. 45, Nr 9, s. 2029-2050.
- [2] Doloi H.: Application of AHP in improving construction productivity from a management perspective. *Construction Management and Economics*, 2008, Vol. 26, s. 839-852.
- [3] Lorencowicz E.: Inwestycje w środki techniczne w gospodarstwach rodzinnych. *Inżynieria Rolnicza*, 2006, Nr 6(81), s. 35-40.
- [4] Lorencowicz E.: Zmiany w wyposażeniu technicznym wybranych gospodarstw rolnych po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, Nr 5(103), s. 73-79.
- [5] Muzalewski A.: Model optymalizacji wyboru pomiędzy zakupem maszyny a najmem usługi. *Inżynieria Rolnicza*, 2007, Nr 2 (90), s. 197-203.
- [6] Rybacki P., Rzeźnik C., Durczak K.: Wyniki badań dynamiki odnowy parku maszynowego w rolnictwie. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2011, nr 1/2011, s. 20-21. ISSN 1732-1719.
- [7] Rybacki P., Rzeźnik C., Durczak K.: Wyniki badań odnowy parku maszyn gospodarstw rolnych w aspekcie ich jakości. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2011, Vol. 56(1), s. 121-123.
- [8] Saaty T. L.: Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 1986, 32/7, s. 841-855.
- [9] Saaty T. L.: *Deriving the AHP 1-9 Scale from First Principles ISAH 2001*, Berne – Switzerland, 2001, s. 397-402.
- [10] Sierakowski Z., Ostrowski K., Hanusz Z.: Badania zależności pomiędzy kosztami eksploatacji ciągników, maszyn i urządzeń rolniczych a czasem ich rocznego wykorzystania na przykładzie wozów asenizacyjnych. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, Nr 7(105), s. 193-200.
- [11] Skudlarski J.: Optymalizacja decyzji zakupu maszyn rolniczych na przykładzie ciągników rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 2006, Nr 4, s. 173-180.
- [12] Tomczyk W.: Uwarunkowania racjonalnego procesu użytkowania maszyn i urządzeń rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, Nr 7(67), s. 359-366.
- [13] Tomczyk W.: Aspekty ekonomiczne ekologicznych procesów odnowy i eksploatacji maszyn i urządzeń. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, Nr 9(107), s. 305-310.
- [14] Wijnmalen D. J. D., Wedley W. C.: Non-discriminating Criteria in the AHP: Removal and Rank Reversal. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 2009, Vol. 15, s. 143-149.