

## WSPOMAGANIA PROCESU DECYZYJNEGO WYBORU ZAKUPU MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH Z ZASTOSOWANIEM ANALIZY WIELOKRYTERIALNEJ

### Streszczenie

Autorzy przeprowadzają analizę procesu decyzyjnego związanego z wyborem optymalnej maszyny do robót ziemnych, w tym przypadku spycharki. W swojej pracy zastosowali szereg narzędzi związanych z oceną wielokryterialną: metodę sumy ważonej, metodę iloczynu ważonego oraz metodę punktu idealnego. Następnie przeprowadzona została normalizacja wykorzystująca metodę liniową oraz ustalono scenariusze wagowe. Wyniki analizy pozwoliły wyłonić wariant optymalny oraz ukazać jak poszczególne wagi oraz kryteria miały przełożenie na rezultat końcowy.

### WPROWADZENIE

Podjęcie decyzji to stały element codziennego życia. Kiedy wybieramy spośród różnych możliwości, zastanawiamy się, która z nich będzie najlepsza. Zdefiniowanie „najlepszej możliwości” okazuje się jednak problematyczne. Ograniczanie się do pojedynczego kryterium, którym najczęściej jest cena, i ignorowanie złożoności zagadnienia może prowadzić do wyboru, który przy uwzględnieniu pozostałych aspektów sytuacji zostałby uznany za nieoptymalny. Najbardziej znanym w środowisku inżynierskim przykładem tego problemu są zamówienia publiczne. Uświadomienie sobie konieczności brania pod uwagę większej liczby aspektów sytuacji decyzyjnych dało początek analizie wielokryterialnej. Dziś jest to bogata i stale rozwijająca się dziedzina nauki, w ramach której wypracowano i zbadano szereg metod.

Wybór spycharki jaką przedsiębiorca chciałby mieć na własność jest przykładem takiej decyzji, która opiera się na wielu kryteriach. Cena zakupu [6], koszty eksploatacji maszyny, jej wydajność, niezawodność, wyszkolenie pracowników obsługujących maszynę, wiek maszyny (a inaczej czas przez jaki będzie ona w stanie wydajnie pracować). Każdy z tych czynników można teoretycznie przekształcić w kryterium ekonomiczne wyrażone w jednostkach pieniężnych. W efekcie otrzymano by jedno kryterium. Istnieją przynajmniej dwa istotne powody, dla których taka operacja nie jest możliwa do wykonania w praktyce. Pierwszy to brak danych o kosztach eksploatacji. Producenci nie podają ich precyzyjnie. Nie zamieszczają też informacji jak często maszyna się psuje i jakie są koszty napraw. Uzyskanie księgowych danych na ten temat od konkurencyjnych przedsiębiorstw nie jest możliwe. Drugim istotnym powodem, dla którego nie można decyzji o zakupie maszyny sprowadzić do jednokryterialnego wyboru ekonomicznego jest nieznanie wykorzystania maszyny w przyszłości. W rachunku ekonomicznym dotyczącym maszyny jej koszty muszą być porównywane z przychodami, jakie dzięki niej uda się osiągnąć. Przychody zależą wprost m.in. od ilości i zakresu kontraktów jakie przedsiębiorcy uda się zrealizować, a to może on jedynie oszacować. Koszty są dużo prostsze do określenia, ale tylko część z nich jest niezależna od stopnia wykorzystania maszyny [1]. Należy więc stwierdzić, że do wspomaganie decyzji o zakupie spycharki potrzebne jest inne narzędzie, niż prosta, jednokryterialna analiza ekonomiczna.

W analizie wielokryterialnej bardzo ważnym elementem jest właściwie wartościowanie (ważenie) kryteriów wyboru [2]. Należy w tej kwestii zarówno wybór kryteriów, jak i ich wartościowanie dosto-

sować do możliwości przedsiębiorstwa i zawsze tworzyć swoją preferencję kryteriów [3], [4],[5].

### 1. WYBRANE METODY OCENY WIELOKRYTERIALNEJ

#### 1.1. Metoda sumy ważonej

To najprostszy sposób uwzględnienia więcej niż jednego kryterium decyzyjnego. Polega na stworzeniu tzw. kryterium syntetycznego – wieloatrybutowej funkcji użyteczności w postaci sumy ważonej ocen uzyskanych przez warianty przy poszczególnych kryteriach. Wagi są tu tożsame z wagami określającymi względne znaczenie wariantów dla decydenta.

$$P_i = \sum_{j=1}^n A_{i,j} W_j \quad (1)$$

#### 1.2. Metoda iloczynu ważonego

Metodę tę można interpretować jako modyfikację poprzedniej metody, w której suma została zastąpiona iloczynem, zaś mnożenie przez wagi – podnoszeniem do odpowiedniej potęgi. Ze względu na własności mnożenia metoda ta wymaga algorytmu normalizacji, którego wartości wyjściowe są większe od 0.

$$P_i = \prod_{j=1}^n (A_{i,j})^{W_j} \quad (2)$$

#### 1.3. Metoda punktu idealnego

Analizę tą metodą rozpoczynamy od pomnożenia wierszy znormalizowanej macierzy rozwiązań  $A_{ij}$  przez wektor wag  $W_j$ , uzyskując w ten sposób macierz rozwiązań  $V_{ij}$  uwzględniającą względne znaczenie kryteriów dla decydenta.

$$V_{i,j} = A_{i,j} W_j \quad (3)$$

Następnie tworzymy teoretyczny „wariant idealny”, który w każdym kryterium osiąga najlepszą ocenę, jaką udało się osiągnąć któremukolwiek z rozpatrywanych wariantów decyzyjnych. Dla kryteriów typu „koszt” będzie to oznaczało najmniejsze osiągnięte wartości parametrów.

$$A_{ideal,j} = \left[ \min_{1 \leq i \leq m} V_{i,j} \right]_j \quad (4)$$

W analogiczny sposób tworzymy teoretyczny „wariant antyidealny” (najgorszy), to jest taki, który dla każdego kryterium osiąga taką ocenę, jaką osiągnął najgorszy pod tym względem spośród

rozpatrywanych wariantów. Dla kryteriów typu „koszt” będzie to oznaczało największe osiągnięte wartości parametrów.

$$A_{antiideal,j} = \left[ \max_{1 \leq i \leq m} V_{i,j} \right]_j \quad (5)$$

Dla każdego z rozpatrywanych wariantów możemy policzyć jego odległość – w sensie euklidesowym – od rozwiązania idealnego i antyidealnego:

$$L_{ideal,i} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{i,j} - A_{ideal,j})^2} \quad (6)$$

$$L_{antiideali} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{i,j} - A_{antiideal,j})^2} \quad (7)$$

Miarą jakości wariantu przy uwzględnieniu wielu kryteriów staje się jego względna odległość od rozwiązania idealnego  $P_i$ :

$$P_i = \frac{L_{ideal,i}}{L_{ideal,i} + L_{antiideali}} \quad (8)$$

Im mniejsza wartość  $P_i$ , tym bliższy jest dany wariant rozwiązaniu idealnemu, a zatem lepszy.

## 2. KRYTERIA OCENY POSZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZAŃ

### 2.1. Wiek maszyny

Wiek maszyny jest jednym z kluczowych parametrów, jakie brane są pod uwagę przy zakupie używanego sprzętu im starsza maszyna tym:

- krótszy czas jej eksploatacji po jej zakupie,
- większe koszty eksploatacyjne (częstsze i bardziej kosztowne przeglądy serwisowe),
- większe prawdopodobieństwo wystąpienia usterek,
- mniejsza przydatność maszyny (nowszy sprzęt może zawierać nowatorskie rozwiązania techniczne usprawniające, zwiększające wydajność maszyny).

### 2.2. Moc maszyny

Pomimo, iż „KNR-W 2-01 0220 BUDOWLE I ROBOTY ZIEMNE Roboty ziemne zmechanizowane” został opracowany w 1997, to mimo upływu lat doskonale pokazuje on zależność mocy i wydajności spycharek. Im wyższa moc spycharki, tym większa jej wydajność.

Tab. 1. Wydajność spycharek o różnych mocach

L.p.	Nr tabeli w KNR 2-01	Opis	Moc spycharki [KM]	Wydajność [h/100 m <sup>3</sup> ]
1	0290 01	Wykopy wykonywane spycharkami o mocy 55 KW w gruncie kat. I-II	75	1,26
2	0290 04	Wykopy wykonywane spycharkami o mocy 74 KW w gruncie kat. I-II	100	1,14
3	0290 07	Wykopy wykonywane spycharkami o mocy 110 KW w gruncie kat. I-II	150	0,74
4	0290 10	Wykopy wykonywane spycharkami o mocy 283 KW w gruncie kat. I-II	385	0,40

Postęp technologiczny dotyczy wszystkich maszyn, więc zależności pomiędzy wydajnościami poszczególnych maszyn wynikające z tabel KNR – które przecież są wartościami średnimi – pozostają aktualne [9].

### 2.3. Cena zakupu

Cena zakupu mimo, iż sama w sobie jest czysto ekonomicznym kryterium, to zawsze, nieodłącznie jest ona funkcją przynajmniej dwóch innych istotnych cech maszyny:

- wieku,
- marki.

Im starsza maszyna, tym krócej będzie przez przedsiębiorcę eksploatowana, tym większe prawdopodobieństwo występowania usterek. Im lepszą markę maszyny wybierze przedsiębiorca, tym mniejsze prawdopodobieństwo występowania usterek. Wszyscy spodziewamy się, że kupując maszynę dobrej (droższej) marki zyskamy na jakości, serwisie, wydajności, słowem, że potwierdzają się słowa, iż ceny opierają się na wartości produktu dla klienta [8].

### 2.4. Opinia rynkowa

Z powodów opisanych we wstępie do niniejszej pracy nie wszystkie cechy danej maszyny nie można przeliczyć na wartości pieniężne. Stąd konieczność zastosowania innego niż ekonomiczne kryterium. Opinia rynkowa, czyli opinia innych użytkowników danego typu maszyny może budzić wątpliwości jako kryterium zakupu maszyny. Ekonomiści w swych analizach oprócz wskaźników opóźnionych, które określają historyczny stan gospodarki oraz wskaźników zbieżnych, które stan gospodarki pokazują z niewielkim opóźnieniem zaczęli stosować wskaźniki wyprzedzające formułowane i obliczane na podstawie opinii (ankiet) dotyczącej oczekiwań wybranych parametrów gospodarki [11]. Ekonomiści, analitycy, zarządy firm chętnie korzystają z wyprzedzającego wskaźnika koniunktury, gdyż często gospodarka podąża za prognozowanymi trendami. Jak ważne informacje niosą ze sobą wskaźniki wyprzedzające potwierdza fakt, iż Główny Urząd Statystyczny także z nich korzysta [15]. Doświadczenie konsumenckie autorów niniejszego opracowania także wskazuje, iż tzw. opinia rynku najczęściej potwierdza się podczas jednorazowego zakupu produktu danej marki. W przypadku tego kryterium przyjęto skalę pięciopunktową, gdzie 5 punktów oznacza rozwiązanie najlepsze a 1 punkt rozwiązanie najgorsze.

## 3. METODA NORMALIZACJI ORAZ SCENARIUSZE WAGOWE

Założono że normalizacja zostanie przeprowadzona metodą liniową (maksimum) [7]. Uzyskane wartości będą zawierały się w przedziale (0, 1). Normalizacja zostanie przeprowadzona zgodnie ze wzorem:

$$A_{I \max_{i,j}} = \frac{A_{0_{i,j}}}{\max_{1 \leq k \leq m} A_{0_{k,j}}} \quad (9)$$

Wybrano ponadto dwa scenariusze wagowe zaprezentowane w tabelach numer 2 i 3 znajdujących się poniżej.

Tab. 2. Pierwszy scenariusz wagowy

Kryterium	Wiek maszyny	Moc maszyny	Cena zakupu	Opinia rynkowa
Waga	0,25	0,25	0,25	0,25

Tab. 3. Drugi scenariusz wagowy

Kryterium	Wiek maszyny	Moc maszyny	Cena zakupu	Opinia rynkowa
Waga	0,30	0,30	0,30	0,10

#### 4. DANE ANALIZOWANYCH MASZYN

Do analizy wybrano 4 spycharki gąsienicowe. Poniżej można znaleźć krótki opis maszyn pochodzący z ich specyfikacji technicznych:

- CATERPILLAR DN6 - Zaprojektowana do pracy w najbardziej wymagających warunkach, spycharka D6N łączy dużą moc, solidne podzespoły i doskonałą stabilność, dzięki czemu w najcięższych warunkach roboczych może charakteryzować się maksymalną wydajnością. [10]
- DRESSTA TD-20M - W spycharce TD-20M Extra zastosowano liczne udoskonalenia wpływające na polepszenie osiągnięć, przez co jest w stanie sprostać wysokim wymaganiom eksploatacyjnym. Podwyższony komfort pracy operatora wraz z uproszczoną obsługą czynią maszynę bardziej wydajną. [13]
- DRESSTA TD-25M - Spycharka TD-25M Extra charakteryzuje się znakomitą trakcją podczas skrętów w każdym terenie. Maszynowa, jednoelementowa rama główna oraz trwała konstrukcja podwozia umożliwiają operatorowi płynną i stabilną pracę maszyną. [14]
- KOMATSU D51EX - Spycharki Komatsu D51EX/PX-22 są niezawodne, uniwersalne i oferują najlepszą wartość za rozsądną cenę. Układ hydrauliczny, układ napędowy, rama i inne główne podzespoły zostały zaprojektowane przez Komatsu, z myślą o harmonijnym działaniu i zapewnieniu optymalnej wydajności pracy. Nisko opadająca pokrywa silnika i chłodnica zamontowana z tyłu stanowią wyjątkowe rozwiązania na dzisiejszym rynku. [12]

Z folderów informacyjnych pozyskano również dodatkowe informacje które zamieszczono w poniższej tabeli nr 4. Ceny są cenami brutto i pochodzą ze strony [www.olx.pl](http://www.olx.pl) z dnia 08.09.2015r., również z tej strony pobrano wiek maszyn.

**Tab. 4.** Parametry techniczne wybranych maszyn [10], [12], [13], [14]

	Wiek maszyny [lat]	Moc maszyny [kW]	Cena maszyny [PLN]
CATERPILLAR DN6	7	112	385 000
DRESSTA TD-20M	1	179	520 000
DRESSTA TD-25M	1	246	650 000
KOMATSU D51EX	6	99	293 000

#### 5. ANALIZA WIELOKRYTERIALNA

##### 5.1. Dane wejściowe do analizy

W poniższej tabeli przedstawiono zebrane dane wejściowe będące oceną 4 analizowanych maszyn poddanych ocenie zgodnej z czterema opisanymi wcześniej kryteriami.

**Tab. 5.** Wartości ocen poszczególnych wariantów

	Wiek maszyny [lat]	Moc maszyny [kW]	Cena maszyny [PLN]	Opinia rynkowa
CATERPILLAR DN6	7	112	385 000	5
DRESSTA TD-20M	1	179	520 000	3
DRESSTA TD-25M	1	246	650 000	3
KOMATSU D51EX	6	99	293 000	4

Analiza danych pokazuje że dwa kryteria: wiek maszyny i cena maszyny są kryteriami typu „koszt”. Pozostałe dwa kryteria czyli moc maszyny i opinia rynkowa są kryteriami typu „zysk”. Zdecydowano się na ujednoczenie wszystkich kryteriów tak aby były kryteriami typu „koszt”. Zmodyfikowane oceny pokazuje poniższa tabela nr. 6. Dodano także oznaczenia wariantowe od A do D.

**Tab. 6.** Wartości ocen poszczególnych wariantów przy założeniu, że wszystkie kryteria są typu „koszt”

	Wiek maszyny	Moc maszyny	Cena maszyny	Opinia rynkowa
CATERPILLAR DN6 Wariant A	7	0,0089	385 000	0,20
DRESSTA TD-20M Wariant B	1	0,0056	520 000	0,33
DRESSTA TD-25M Wariant C	1	0,0041	650 000	0,33
KOMATSU D51EX Wariant D	6	0,0101	293 000	0,25

##### 5.2. Znormalizowana macierz wejściowa

Normalizację przeprowadzono zgodnie z liniową metodą (maksimum). Poniżej znajduje się znormalizowana macierz wejściowa  $A_{i,j}$ .

$$A_{i,j} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,88 & 0,58 & 0,61 \\ 0,14 & 0,55 & 0,80 & 1,00 \\ 0,14 & 0,41 & 1,00 & 1,00 \\ 0,86 & 1,00 & 0,45 & 0,76 \end{bmatrix} \quad (10)$$

##### 5.3. Wyniki analizy metodą sumy ważonej

Wyniki analizy wykonanej metodą sumy ważonej zaprezentowano w poniższej tabeli nr 7. Tabela zawiera obliczenia dla obu przyjętych schematów wagowych.

**Tab. 7.** Wyniki analiz wykonanych metodą sumy ważonej

I scenariusz wagowy				$w_i$	$P_i$
1,00	0,88	0,59	1,00	0,88	0,59
0,14	0,55	0,80	0,14	0,55	0,80
0,14	0,41	1,00	0,14	0,41	1,00
0,86	1,00	0,45	0,86	1,00	0,45
II scenariusz wagowy				$w_i$	$P_i$
1,00	0,88	0,59	1,00	0,88	0,59
0,14	0,55	0,80	0,14	0,55	0,80
0,14	0,41	1,00	0,14	0,41	1,00
0,86	1,00	0,45	0,86	1,00	0,45

##### 5.4. Wyniki analizy metodą iloczynu ważonego

Wyniki analizy wykonanej metodą iloczynu ważonego zaprezentowano w poniższej tabeli nr 8. Tabela zawiera obliczenia dla obu przyjętych schematów wagowych.

**Tab. 8. Wyniki analiz wykonanych metodą iloczynu ważonego**

I scenariusz wagowy				$w_i$	$P_i$
1,00	0,88	0,59	1,00	0,88	0,59
0,14	0,55	0,80	0,14	0,55	0,80
0,14	0,41	1,00	0,14	0,41	1,00
0,86	1,00	0,45	0,86	1,00	0,45
II scenariusz wagowy				$w_i$	$P_i$
1,00	0,88	0,59	1,00	0,88	0,59
0,14	0,55	0,80	0,14	0,55	0,80
0,14	0,41	1,00	0,14	0,41	1,00
0,86	1,00	0,45	0,86	1,00	0,45

**5.5. Wyniki analiz metodą punktu idealnego**

W przypadku analizy metodą punktu obliczenia mają dłuższy charakter i nie da się ich przedstawić w postaci syntetycznej tabeli, tym bardziej że w prezentowanym przykładzie autorzy skoncentrowali się na dwóch scenariuszach wagowych. W poniższej tabeli nr 9 zaprezentowano wartości wektora  $P_i$  dla dwóch zaproponowanych scenariuszy wagowych.

**Tab. 9. Wyniki analiz wykonanych metodą punktu idealnego**

I scenariusz wagowy	II scenariusz wagowy
$P_i$	$P_i$
0,717	0,883
0,387	0,317
0,440	0,397
0,772	0,853

**5.6. Zestawienie wyników analizy**

Wyniki wykonanych analiz zestawiono w poniższej tabeli nr 10.

**Tab. 10. Wyniki analiz wielokryterialnych**

	Scenariusz wagowy 1	Scenariusz wagowy 2
Metoda sumy ważonej	B > C > D > A	B > C > D > A
Metoda iloczynu ważonego	C > B > D > A	C > B > D > A
Metoda punktu idealnego	B > C > A > D	B > C > D > A

Analizując powyższą tabelę łatwo można zauważyć że na wynik końcowy miał wpływ zarówno przyjęty scenariusz wagowy jak i metoda oceny wielokryterialnej. Zauważono że:

- W przypadku oceny z użyciem metody sumy ważonej oraz metody iloczynu ważonego scenariusz wagowy nie miał wpływu na wynik końcowy. Należy jednak zauważyć, że uszeregowania uzyskane w wyniku tych metod nie są takie same. W metodzie sumy ważonej najlepszym rozwiązaniem jest rozwiązanie B a w metodzie iloczynu ważonego rozwiązanie C.
- W przypadku analizy metodą punktu idealnego zauważono, że na wyniki miał wpływ przyjęty schemat wagowy. Dla pierwszego schematu otrzymano uszeregowanie jakie nie wystąpiło nigdzie indziej, dla drugiego uszeregowanie było takie same jak uszeregowanie uzyskane przy zastosowaniu metody sumy ważonej.
- Stosując różne metody oceny uzyskujemy różne wyniki nawet przy takim samym schemacie wagowym. Warto zatem analizować nie tylko samo uszeregowanie ale również i wartości ocen zawarte w wektorze  $P_i$ . Mimo że uszeregowanie jest inne różnice w ocenie mogą być praktycznie niezauważalne.

- W stosowaniu przypadku zbliżonych scenariuszy wagowych proste jednokrokowe metody oceny wielokryterialnej dały dyskusyjne wyniki pokazując że te scenariusze nie mają znaczenia. Inaczej było w przypadku analizy bardziej złożoną metodą punktu idealnego. Mimo że scenariusze wagowe były zbliżone uszeregowania różniły się od siebie. Taki wynik powodowany był tym, że przedziały rozwiązań ograniczane są do przedziałów pomiędzy rozwiązaniem najlepszym i najgorszym, a co za tym idzie metoda jest bardziej czuła na wprowadzone wagi.

**PODSUMOWANIE**

W uzyskanych sześciu rankingach maszyn (trzy zastosowane metody oceny dla dwóch scenariuszy wagowych uzyskano następujące wyniki:

- Wariant B: cztery razy na pierwszym miejscu, dwa razy na drugim
- Wariant C: dwa razy na pierwszym miejscu, cztery razy na drugim
- Wariant D: pięć razy na trzecim miejscu, raz na czwartym
- Wariant A: pięć razy na czwartym miejscu, raz na trzecim.

Dla założonych scenariuszy wagowych najlepszym wydaje się wariant B, mimo, iż opinia rynkowa o markach A i D jest wyższa niż o marce z wariantu B i C. Maszyna marki B oraz C jest wskazywana jako lepsza od maszyny A i D w obydwu wariantach wagowych, mimo, iż waga przypisana marce znacznie się zmienia między scenariuszami wagowymi. Wydaje się, iż znaczna różnica wieku maszyn B i C w stosunku do A i D ma duży wpływ na otrzymane wyniki. Jest to kolejny przykład na to, iż w analizie wielokryterialnej kluczowym jest przyjęcie właściwych wag. Właściwych tzn. odpowiadających rzeczywistym preferencjom beneficjenta analizy wielokryterialnej.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Anysz H., Wpływ opóźnień w realizacji kontraktu budowlanego na wzrost kosztów jego obsługi logistycznej. Logistyka 3/2012 str. 15-21
2. Ibadov N., Kulejewski J., Hrishev L., Porządkowanie i wartościowanie kryteriów oceny rozwiązań budowlanych. Logistyka, nr 6, 2011, CD/1
3. Ibadov N., Wielokryterialny wybór wariantów wykonania przedsięwzięć budowlanych na podstawie rozmytej relacji preferencji. Logistyka 6 (6/2014), str.4564-4569
4. Ibadov N., Wielokryterialna ocena procesów budowlanych z uwzględnieniem rozmytego modelowania niepewności aspektów technologicznych. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, ISSN 1509-5878; Tom R.14; Nr 3/2013, Strony 1183-1191.
5. Ibadov N., Wybór wariantu przedsięwzięcia budowlanego przy rozmytym modelowaniu ryzyka technologiczno-organizacyjnego. THEORETICAL FOUNDATIONS OF CIVIL ENGINEERING; Polish-Ukrainian Transaction. Ed. by W. Szcześniak; Warsaw 2013, Vol. 21 pp.405-412.
6. Kaczorek K., Optymalizacja kosztów przedsięwzięcia budowlanego przy zastosowaniu autorskich modeli prowadzenia negocjacji handlowych. Polioptymalizacja i Komputerowe Wspomaganie Projektowania 2014
7. Kaftanowicz M., Krzemiński M., Multiple-criteria Analysis of Plasterboard Systems. Procedia Engineering Volume 111, 2015, Pages 364 – 370
8. Kotler P., Marketing. Dom Wydawniczy Rebis, Poznań 2005
9. Katalog Nakładów Rzeczowych 2-01 BUDOWLE I ROBOTY ZIEMNE. WACETOB, 1998

10. [www.b-m.pl/public/files/C514533.pdf](http://www.b-m.pl/public/files/C514533.pdf)
11. [www.expander.pl/warto-wiedziec/slownik,litera,W,38,slowo.html](http://www.expander.pl/warto-wiedziec/slownik,litera,W,38,slowo.html)
12. [www.komatsupoland.pl/upload/files/1505acdda3d7d.pdf](http://www.komatsupoland.pl/upload/files/1505acdda3d7d.pdf)
13. [www.pl.dressta.com.pl/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=TD-20M+EXTRA+SPECYFIKACJA+TECHNICZNA](http://www.pl.dressta.com.pl/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=TD-20M+EXTRA+SPECYFIKACJA+TECHNICZNA)
14. [www.pl.dressta.com.pl/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=TD-25M+EXTRA+SPECYFIKACJA+TECHNICZNA](http://www.pl.dressta.com.pl/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=TD-25M+EXTRA+SPECYFIKACJA+TECHNICZNA)
15. [www.stat.gov.pl/obszary-tematyczne/koniunktura/koniunktura/koniunktura-konsumencka-marzec-2015-r-,1,25.html](http://www.stat.gov.pl/obszary-tematyczne/koniunktura/koniunktura/koniunktura-konsumencka-marzec-2015-r-,1,25.html)

## SUPPORT DECISION-MAKING CHOICE OF PURCHASE EARTHMOVING MACHINERY USING MULTI-CRITERIA ANALYSIS

### *Abstract*

*The authors carried out an analysis of the decision-making process related to the choice of optimal earth-moving machinery, in this case bulldozers. In their work they used some tools related to the multi-criteria evaluation: the weighted sum method, the weighted product method and the method ideal point. Then, normalization was carried out using the straight-line method and established weight scenarios. The results of the analysis of the optimal variant allowed to emerge and show how the weights and criteria have an influence on the end result.*

Autorzy:

**Anysz Hubert** - Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Łądowej; 00-637 Warszawa; al. Armii Ludowej 16. E-mail: [ha@il.pw.edu.pl](mailto:ha@il.pw.edu.pl)

**Ibadov Nabi** - Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Łądowej; 00-637 Warszawa; al. Armii Ludowej 16. E-mail: [n.ibadov@il.pw.edu.pl](mailto:n.ibadov@il.pw.edu.pl)

**Kaczorek Krzysztof** - Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Łądowej; 00-637 Warszawa; al. Armii Ludowej 16. E-mail: [k.kaczorek@il.pw.edu.pl](mailto:k.kaczorek@il.pw.edu.pl)

**Krzemiński Michał** - Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Łądowej; 00-637 Warszawa; al. Armii Ludowej 16. E-mail: [m.krzeminski@il.pw.edu.pl](mailto:m.krzeminski@il.pw.edu.pl)