

**Barbara Galińska<sup>1</sup>**

Politechnika Łódzka

**Katarzyna Rybińska<sup>2</sup>**

Politechnika Łódzka

**Jacek Żak<sup>3</sup>**

Politechnika Poznańska

## Wielokryterialna ocena dostawców dla przedsiębiorstwa branży spożywczej

### 1. WPROWADZENIE

Proces zakupów dokonywany jest w każdym przedsiębiorstwie, niezależnie od profilu jego działania. Firmy zaopatrują się w surowce, materiały, zespoły, części oraz różnego rodzaju usługi. Dobra te są konieczne do prowadzenia działalności gospodarczej, przede wszystkim produkcyjnej i usługowej. Powszechność procesu zakupu sprawia, że odgrywa on istotną rolę w każdej firmie, wpływa na jej sytuację ekonomiczną i pozycję konkurencyjną [24].

Znaczenie procesu zaopatrzenia widoczne jest w dostawach artykułów spożywczych, które wymagają szczególnych warunków transportu i magazynowania w całym łańcuchu dostaw. Ze względu na skłonność surowców i wyrobów spożywczych do psucia się oraz ich ograniczony czas zdatności do spożycia, wybór wiarygodnych dostawców produktów spożywczych, specjalizujących się w przewozach typu „fresh logistics” odgrywa bardzo istotną rolę. Od jakości i efektywności działań zaopatrzeniowców zależy często sukces rynkowy produktu końcowego, dostarczanego do ostatecznego odbiorcy.

### 2. WYBÓR DOSTAWCÓW

#### 2.1. Ocena dostawców

Wielu autorów dowodzi, że sukces procesu zakupów w dużym stopniu zależy od dostawcy [3, 4]. Zdarzają się sytuacje, w których sposób prowadzenia procesu sprzedażowego przez kooperanta powoduje, że otrzymany produkt różni się od zamówionego, dostawa jest nieterminowa, a jakość towaru nie spełnia uzgodnionych wymagań [8]. Stąd, zarówno w literaturze przedmiotu [1, 3, 12, 14, 16], jak i w praktyce gospodarczej coraz więcej uwagi poświęca się zagadnieniu doboru dostawców.

Procedura oceny dostawców obejmuje: możliwości produkcyjne, organizacyjne i kontrolne dostawcy, jego doświadczenie, pozycję rynkową i elastyczność działania. Używa się jej do oceny [5]:

- nowych dostawców,
- dostawców, z którymi podpisano umowy warunkowe,
- dostawców, którzy zainteresowani są zwiększeniem wielkości dostaw,
- dostawców wybranych wcześniej, których należy powtórnie zweryfikować.

Zdaniem autorów ocena dostawców powinna być oparta na systematycznych, efektywnych i porównywalnych zasadach, obejmować wszystkie segmenty przedsiębiorstwa- dostawcy i zostać przeprowadzona w oparciu o zestaw kryteriów charakteryzujących różne aspekty jego działania [15], w tym: techniczne, ekonomiczne, środowiskowe, rynkowe, społeczne i organizacyjne [3, 4, 29, 31].

---

<sup>1</sup>barbara.galinska@p.lodz.pl

<sup>2</sup>katarzyna.rybinska@p.lodz.pl

<sup>3</sup>jacek.zak@put.poznan.pl

Niektórzy autorzy podkreślają, że zgodnie ze współczesnymi zasadami zarządzania łańcuchem dostaw ważne jest stworzenie pomiędzy dostawcą i odbiorcą długookresowej współpracy, na zasadach kooperacji. Zasady te opierają się na partnerstwie, stabilności, podziale osiągnięć i ryzyka, funkcjonalnej integracji, poprawie jakości materiałów, wprowadzaniu innowacji, niezawodności dostaw itp. [5].

Jak dowodzą prace wielu autorów [2, 10, 13] problem doboru dostawców ma charakter wielokryterialny. Podczas jego analizy konieczne jest uwzględnienie aspektów o charakterze: ekonomicznym, jakościowym, logistycznym i technicznym. Istotne jest również rozważanie interesów różnych podmiotów (interesariuszy), takich jak np. ostateczny odbiorca wytwarzanego dobra. Ponadto niektóre z publikacji wskazują, że nieco inaczej realizowany jest wybór dostawców o charakterze krótko-, średnio- i długoterminowym. Jego celem jest (pod względem niezawodności dostaw, jakości i opłacalności kosztów) stworzenie odpowiedniej sieci dostawców, która jest w stanie oferować potrzebne towary [17]. Interesującym zagadnieniem jest również dobór dostawców na rynkach lokalnych i globalnych.

## 2.2. Kryteria doboru dostawców

Na podstawie prac różnych autorów [3, 4, 9, 27, 32] można stwierdzić, że przy wyborze konkretnego dostawcy stosuje się różnorodne kryteria oceny. Są one zależne od materiału, który jest przedmiotem zakupu czy branży, w której realizuje się zakup. Na przykład nabywca komputera zwraca dużą uwagę na kompetencje jakościowe oraz umiejętności techniczne i instruktażowe kooperanta, mniej ważna jest dla niego terminowość dostaw. Nabywca artykułów biurowych ocenia głównie ich cenę jednostkową oraz terminowość dostaw [4]. Z kolei jeszcze inne aspekty są uwzględniane przy wyborze dostawcy artykułów spożywczych. W tym przypadku za najważniejsze kryteria oceny posługują: jakość produktu i dostawy, koszt jednostkowy materiału czy wiarygodność dostawcy.

Mimo wspomnianych różnic i odmienności branżowych istnieje jednak pewien uniwersalny zestaw parametrów i charakterystyk, istotny przy analizie dowolnego dostawcy. Zestaw ten wiąże się z obowiązującym w logistyce standardem 7W [23]. Ważne jest zatem, że wybierając kooperanta należy dążyć do minimalizacji kosztów zakupu i utrzymania zapasów, jednocześnie stwarzając realne przesłanki dla prawidłowego przebiegu logistycznych procesów zaopatrzenia i produkcji [24, 25].

## 3. WIELOKRYTERIALNE WSPOMAGANIE DECYZJI (WWD)

### 3.1. Podstawy metodyczne WWD

Wielokryterialne wspomaganie decyzji (WWD), zwane też analizą wielokryterialną (franc. analyse multicritere) lub wielokryterialnym podejmowaniem decyzji (ang. multiple criteria decision making), jest dziedziną wiedzy wywodzącą się z badań operacyjnych [7, 28]. Dziedzina ta zmierza do wyposażenia decydenta w procedury, narzędzia i metody matematyczno – informatyczne umożliwiające rozwiązywanie złożonych problemów decyzyjnych, przy analizie których konieczne jest uwzględnienie wielu, często przeciwstawnych punktów widzenia [6, 26]. Według B. Roya [18, 20] wielokryterialne wspomaganie decyzji jest działalnością analityka, który w procesie decyzyjnym pomaga decydentowi znaleźć odpowiedzi na pytania związane z poszukiwaniem najbardziej pożądanego rozwiązania, przy uwzględnieniu wielości celów (kryteriów), jakie stawia sobie decydent.

Metodyka WWD służy do rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych, czyli sytuacji, w których, mając zdefiniowany zbiór działań (decyzji, wariantów) i spójną rodzinę kryteriów, decydent dąży do [6, 20, 26]:

- określenia podzbioru działań (decyzji, wariantów) uważanych za najlepsze względem rozważanej rodziny kryteriów (problem wyboru);
- podziału zbioru działań (decyzji, wariantów) na podzbiory zgodnie z pewnymi normami (problem klasyfikacji albo sortowania);
- uszeregowania zbioru działań (decyzji, wariantów) od najlepszych do najgorszych (problem szeregowania albo rankingu).

Podstawowymi atrybutami wielokryterialnych problemów decyzyjnych są:

- zbiór rozwiązań (wariantów)  $A$ ,
- spójna rodzina kryteriów oceny  $F$ .

Zbiór rozwiązań  $A$  to zbiór obiektów, decyzji, kandydatów, wariantów lub czynności, które mają być poddane analizie i ocenie w trakcie procedury decyzyjnej. Zbiór rozwiązań  $A$  może być zdefiniowany w sposób bezpośredni (przez wymienienie wszystkich jego elementów) lub pośredni (przez określenie właściwości charakteryzujących elementy zbioru lub warunków go ograniczających). Zbiór  $A$  może być stały, tzn. zdefiniowany z góry (a priori) i niepodlegający zmianom w toku procedury decyzyjnej lub ewoluujący (zmienny), czyli podlegający modyfikacjom w trakcie procedury decyzyjnej. Przez spójną rodzinę kryteriów  $F$  rozumie się taki zbiór kryteriów, który wg B. Roya [6, 20], powinien spełniać wymagania:

- wyczerpywalności oceny, polegającej na uwzględnieniu wszystkich możliwych aspektów rozważanego problemu;
- spójności oceny, polegającej na właściwym kształtowaniu przez każde kryterium globalnych preferencji decydenta;
- nieredundancji kryteriów, czyli niepowtarzalności zakresów znaczeniowych kryteriów.

Każde kryterium występujące w zbiorze  $F$  jest funkcją  $f_j$  zdefiniowaną na zbiorze  $A$ , służącą do oceny zbioru  $A$  i reprezentującą preferencje decydenta w odniesieniu do określonego aspektu (wymiaru) problemu decyzyjnego. Wielokryterialne problemy decyzyjne należą do tzw. problemów matematycznie źle zdefiniowanych, ponieważ przy ich rozwiązywaniu dąży się do wyznaczenia takich rozwiązań  $x$ , które maksymalizują wielokryterialną funkcję celu  $F(x)$ .

$$F(x) = \max \langle f_1(x), f_2(x), \dots, f_J(x) \rangle \quad (1)$$

przy ograniczeniach:  $x \in A$

gdzie:

- $A$  – zbiór rozwiązań dopuszczalnych,
- $f_j(x)$  – poszczególne cząstkowe funkcje kryterialne dla  $j = 1, 2, \dots, J$ .

W takiej sytuacji koncepcja rozwiązania globalnie optymalnego nie ma uzasadnienia, gdyż w praktyce nie istnieje takie rozwiązanie, które byłoby jednocześnie najlepsze ze względu na wszystkie kryteria oceny. Zamiast tego wprowadza się pojęcie rozwiązania niezdominowanego lub sprawnego, zwanego również paretooptimalnym [6, 31]. Rozwiązanie  $a$  jest sprawne  $\Leftrightarrow$  gdy w zbiorze rozwiązań dopuszczalnych  $A$  nie istnieje żadne inne rozwiązanie  $b$ , które dominuje nad  $a$ . Istotne jest przy tym pojęcie relacji dominacji. Rozwiązanie  $a$  dominuje nad  $b$  ( $aDb$ )  $\Leftrightarrow$  gdy dla każdego kryterium  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) oceny rozwiązań  $a$  i  $b$ , odpowiednio  $f_j(a)$  i  $f_j(b)$ , zachowują zależność  $f_j(a) \geq f_j(b)$  i przynajmniej jedna z nierówności jest ostra, tj. dla wybranego  $j$   $f_j(a) > f_j(b)$ . Jeżeli natomiast żadna z nierówności nie jest ostra, to mówimy o tzw. dominacji słabej, a uzyskane rozwiązanie  $a$  jest słabo niezdominowane. Najczęściej uzyskiwany zbiór rozwiązań niezdominowanych jest dość liczny ze względu na znaczną liczbę rozważanych kryteriów. Z tego zbioru rozwiązań decydent wybiera rozwiązanie najbardziej satysfakcjonujące, czyli kompromisowe [6, 26, 31].

Do rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych stosuje się różnorodne narzędzia i metody WWD. Metody te można w ogólności podzielić na trzy grupy [6, 26, 30, 31]:

- metody wieloatrybutowej teorii użyteczności [11], zwane przez B. Roya metodami syntezy do pojedynczego kryterium, pomijającymi nieporównywalność np. UTA, AHP [21, 22];
- metody oparte na relacji przewyższania, które B. Roy nazywa metodami syntezy przewyższającej z uwzględnieniem nieporównywalności np. ELECTRE I–IV [6, 19, 26], Promethee oraz Oreste;
- metody interaktywne, wg B. Roya nazywane metodami dialogowej oceny lokalnej, opartej na podejściu prób i błędów w poszczególnych iteracjach np. LBS.

W niniejszej pracy wykorzystano wielokryterialną metodę szeregowania wariantów (porządkowania) ELECTRE III/IV.

### 3.2. Opis i charakterystyka metody ELECTRE III/IV

Metoda Electre III/IV [6, 19, 20, 26, 31] jest wielokryterialną metodą porządkowania skończonego zbioru wariantów, ocenianego za pomocą zestawu kryteriów. Należy ona do uniwersalnych, wielokryterialnych metod rankingowych, opartych na relacji przewyższania. Jej algorytm obliczeniowy obejmuje trzy etapy:

- I – konstrukcję macierzy ocen oraz definicję modelu preferencji decydenta,
- II – konstrukcję relacji przewyższania,
- III – wykorzystanie (eksploatację) relacji przewyższania.

Etap I rozpoczyna się od określenia zbioru wariantów  $A$  oraz zdefiniowania spójnej rodziny kryteriów  $F$ . Dla wszystkich wariantów określa się wartości poszczególnych funkcji kryterialnych. Następnie za pomocą progów równoważności  $q_j'$ , preferencji  $p_j'$  i weta  $v_j'$  oraz współczynników ważności  $w_j$  definiowany jest model preferencji decydenta. Obowiązuje przy tym zasada, że:  $q_j' < p_j' < v_j'$ .

W etapie II dla każdej pary wariantów  $(a, b)$  wyznacza się kolejno: współczynniki zgodności  $C(a,b)$ , które przedstawia się w postaci macierzy zgodności.  $C(a,b)$  wyraża stopień w jakim osiągi / wartości  $a$  i  $b$  względem wszystkich kryteriów są zgodne ze stwierdzeniem, że  $a$  przewyższa  $b$ . Następnie algorytm metody Electre III/IV oblicza dla każdego kryterium  $j$  współczynniki niezgodności  $D_j(a,b)$ , biorąc pod uwagę argumenty, reprezentowane przez wartości kryteriów, przemawiające za tym, że nie można zaakceptować stwierdzenia, że  $a$  przewyższa  $b$ . Ostatecznie konstruowana jest relacja przewyższania  $S(a,b)$ , zdefiniowana jako stopień przewyższania lub stopień wiarygodności  $d(a,b)$ , będący zagregowaną miarą oceny wariantów, opartą na współczynnikach zgodności  $C(a,b)$  i niezgodności  $D_j(a,b)$ . Relacja przewyższania  $S(a,b)$  jest ogólną miarą określającą stopień, w jakim globalnie „ $a$  przewyższa  $b$ ”. Stopnie przewyższania / wiarygodności zamieszczone są w macierzy wiarygodności (ang. credibility matrix).

W etapie III następuje porządkowanie wariantów na podstawie uzyskanych stopni przewyższania  $S(a, b)$ . Etap ten rozpoczyna się od zdefiniowania wartości  $\lambda = \max S(a, b)$ . Dalszej analizie poddaje się tylko te pary wariantów  $(a, b)$ , dla których  $S(a, b)$  jest „wystarczająco bliskie”  $\lambda$ . Bliskość tę określa się za pomocą różnicy  $\lambda - o(\lambda)$ , gdzie  $o(\lambda)$  jest tzw. poziomem odcięcia. Na podstawie wartości  $\lambda$  oblicza się tzw. współczynnik kwalifikacji każdego wariantu –  $k^{\text{kwal}}(a)$ , czyli różnicę pomiędzy liczbą wariantów, które dany wariant  $a$  przewyższa, a liczbą wariantów, przez które dany wariant  $a$  jest przewyższany.

Szeregowanie wariantów rozpoczyna się od ich wstępnego uporządkowania za pomocą dwóch algorytmów klasyfikowania: destylacji zstępującej i destylacji wstępującej. Obie destylacje polegają na uszeregowaniu wariantów od najlepszego (o najwyższym współczynniku kwalifikacji) do najgorszego (o najniższym współczynniku kwalifikacji). W przypadku destylacji zstępującej proces szeregowania rozpoczyna się od wyboru wariantu najlepszego i umieszczenia go na szczycie klasyfikacji. W dalszej kolejności spośród pozostałych wariantów ponownie wybierany jest wariant najlepszy i umieszczany na kolejnym miejscu w klasyfikacji. Procedura ta jest powtarzana do wyczerpania zbioru  $A$ . W przypadku destylacji wstępującej proces szeregowania rozpoczyna się od wyboru wariantu najgorszego i umieszczeniu go na końcu uszeregowania. Dalej postępuje się podobnie jak w algorytmie destylacji zstępującej, z tym że w kolejnych iteracjach z pozostających do rozważenia wariantów wybierany jest zawsze najgorszy i umieszczany na kolejnych pozycjach uszeregowania „od dołu”.

Końcowym krokiem etapu III jest tworzenie rankingu finalnego na podstawie preporządków: zstępującego i wstępującego, zgodnie z następującymi zasadami:

- wariant  $a$  jest uważany za lepszy od wariantu  $b$  ( $aPb$ ), jeżeli w co najmniej jednym preporządku pełnym  $a$  jest umieszczony przed  $b$ , a w drugim  $a$  jest co najmniej tak dobrze sklasyfikowany jak  $b$ ;
- wariant  $a$  jest oceniany równorzędnie względem  $b$  ( $aIb$ ), jeżeli oba warianty należą do tej samej klasy w każdym z dwóch uszeregowień;

- warianty a i b są nieporównywalne (aRb), jeżeli w jednym z dwóch uszeregowień wariant a jest na lepszej pozycji niż b, zaś wariant b jest na lepszej pozycji od a w drugim uszeregowaniu.

W rezultacie powstaje końcowe uszeregowanie wariantów, w którym pomiędzy wariantami mogą wystąpić relacje: równoważności – I, przewyższania – >, odwrotności przewyższania – < i nieporównywalności – R.

#### 4. OPIS SYTUACJI DECYZYJNEJ

##### 4.1. Charakterystyka werbalna i definicja wariantów

Przedmiotem rozważań jest ocena i dobór dostawców dla przedsiębiorstwa z branży spożywczej, zajmującego się produkcją wyrobów garmazeryjnych, z dodatkiem mięsa wieprzowego. Podstawowym produktem tej firmy są pierogi z mięsem, rumsztyki, krokiety. Obecniymi dostawcami mięsa są sklepy mięsne. Dotychczasowy wybór źródła, w którym dokonywano zakupu mięsa podyktowany był dostępnością surowca oraz jego ceną. Właściciel firmy- decydent dokonywał zakupu surowca w sklepie mięsnym na zasadzie umowy na mocy której sklep dowoził mięso do decydenta własnym transportem.

Ponieważ decydent w ostatnim roku osiągnął znaczny wzrost sprzedaży i zdobył nowych klientów składających cykliczne zamówienia, zdecydował się na zwiększenie ilości produkowanych wyrobów. W związku z powyższym zaprognozował wzrost zużycia mięsa wieprzowego w stosunku do roku poprzedniego o ok. 150 kg/miesiąc, tj. z 350 kg/miesiąc do 500 kg/miesiąc. Prognozowana ilość kupowanego mięsa kwalifikuje przedsiębiorstwo do zakupu hurtowego. Po wstępnym rozpoznaniu rynku decydent zastanawia się nad zakończeniem współpracy z dotychczasowym dostawcą, a rozpoczęciem z nowymi, skupiając się na ubojniach i masarniach. Omijając jednego z pośredników w łańcuchu dostaw możliwy jest zakup surowca lepszego jakościowo i tańszego, co w dobie silnej konkurencji stanowi bardzo ważny aspekt. Jednocześnie decydent chciałby dokonać wszechstronnej, obiektywnej oceny dostawców.

Problem doboru dostawców jest zdefiniowany jako wielokryterialne zadanie szeregowania wariantów. Rozważane warianty to dostawcy mięsa wieprzowego D1-D7 (tabela 1).

**Tabela 1.** Warianty - dostawcy mięsa wieprzowego - w opisanej sytuacji decyzyjnej

DOSTAWCA	OPIS
D1	Średniej wielkości masarnia zaopatrująca się w mięso od polskich rolników, zlokalizowana w odległości 100 km od klienta, istniejąca na rynku od 15 lat.
D2	Średniej wielkości masarnia zaopatrująca się w mięso od polskich rolników, zlokalizowana w odległości 70 km od klienta, istniejąca na rynku od 24 lat.
D3	Dużej wielkości masarnia, posiadająca własną ubojnię, zaopatrująca się w mięso od polskich rolników, zlokalizowana w odległości 30 km od klienta, istniejąca na rynku od 25 lat, dostarczająca mięso do klientów hurtowych, w tym sieci handlowych.
D4	Średniej wielkości masarnia, posiadająca własną ubojnię, zaopatrująca się w mięso od polskich rolników, zlokalizowana w odległości 50 km od klienta, istniejąca na rynku od 20 lat.
D5	Mała masarnia zaopatrująca się w mięso od polskich rolników, zlokalizowana w odległości 60 km od klienta, istniejąca na rynku od 20 lat.
D6	Dużej wielkości masarnia, zaopatrująca się w mięso od polskich rolników, zlokalizowana w odległości 23 km od klienta, istniejąca na rynku od 22 lat, dostarczająca mięso do klientów hurtowych, w tym sieci handlowych.
D7	Sklep mięsny zaopatrujący się w ubojni w mięso od polskich rolników, zlokalizowany w odległości 5 km od klienta, istniejący na rynku od 23 lat. Dotychczasowy dostawca.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań

Ponieważ decydent do tej pory nie kooperował z dostawcami, którzy samodzielnie dokonują uboju i rozdziałania mięsa, wybór nowego kooperanta musi być przemyślany i dokonany w oparciu o kompleksową analizę. Do jej wykonania posłuży szereg kryteriów, istotnych z punktu widzenia decydenta. Do najważniejszych z nich należą m.in.: bezpieczeństwo produktu (im mniej pośredników tym wyższe prawdopodobieństwo świeżości i bezpieczeństwa produktu), jakość dostawy, cena wyrobu (im mniej pośredników tym niższa), elastyczność dostaw i inne.

#### 4.2. Kryteria doboru dostawców

Proces decyzyjny związany z wyborem dostawcy mięsa oparto o ocenę 7 dostawców. Kryteria sformułowano na podstawie wywiadu przeprowadzonego z decydentem, w oparciu o wyrażane przez niego preferencje i aspiracje. Kryteria K1-K10 zostały szczegółowo opisane w tabeli 2.

**Tabela 2.** Kryteria oceny dostawców w opisanej sytuacji decyzyjnej

KRYTERIUM	OPIS
K1: Cena jednostkowa	Jest to jedno z najważniejszych kryteriów oceny dostawcy, które powstało w oparciu o deklarowane ceny jednostkowe mięsa oferowanego przez rozważanych dostawców. Jest ono wyrażone w postaci średniej ceny poszczególnych elementów rozbioru tuszy wieprzowej, skorelowanej z zakładanym zapotrzebowaniem. Wielkość zakupu została oszacowana w skali miesiąca i wynosi około 500 kg. Kryterium jest minimalizowane.
K2: Warunki finansowe	Kryterium zdefiniowano w oparciu o dwa aspekty - termin płatności oraz formę płatności. Podkryteria zagregowano i wyrażono w skali punktowej (0-3 pkt). Najbardziej korzystny wariant to płatność przelewem w terminie 14 dni. Najmniej korzystny to płatność gotówką w momencie dostawy. Jest to kryterium maksymalizowane.
K3: Jakość dostarczanego mięsa	Kryterium zostało skonstruowane w oparciu o trzy podkryteria. Pierwsze z nich to liczba drobnoustrojów w mięsie, drugie- wygląd zewnętrzny mięsa (w tym kolor i stopień obsuszenia mięsa), a trzecie- zapach mięsa. Te trzy czynniki skorelowano z faktem posiadania przez dostawcę własnej ubojni. Stwierdzono, że mięso dostarczane od firm wyposażonych we własną ubojnię jest lepszej jakości (mniej drobnoustrojów, lepszy wygląd i zapach) w porównaniu z masarniami, które nabywają je od pośredników (zewnętrznych ubojni). W procesie definiowania kryterium posłużono się również informacjami pochodzącymi od dotychczasowych odbiorców badanych dostawców i dotyczącymi niezawodności dostawy mierzonej, jako procent dostaw w pełni świeżego mięsa (bez oznak zepsucia). Jest to kryterium maksymalizowane, wyrażone w skali punktowej (1-5 pkt).
K4: Stopień narażenia ładunku na przebywanie w warunkach niebezpiecznych	Kryterium zostało zdefiniowane w oparciu o odległość dostawcy od siedziby firmy klienta. Przy jego konstrukcji założono, że odległość wpływa bezpośrednio na prawdopodobieństwo wystąpienia dodatkowych rozładunków i przerw w trakcie procesu dostawy. To z kolei oddziałuje na stopień narażenia wyrobu na czynniki szkodliwe. Za warunki niebezpieczne uznano sytuacje związane bezpośrednio z narażeniem wyrobu na szkodliwe czynniki biologiczne, chemiczne i fizyczne, w tym przebywanie w niewłaściwej temperaturze, ryzyko awarii /kolizji pojazdu oraz możliwość kontaktu z ciałem obcym. Jest to kryterium maksymalizowane, wyrażone w skali punktowej (1-7 pkt).
K5: Zgodność terminu dostawy z umową	Kryterium wyraża stopień spełnienia wymagań klienta dotyczących dnia i godziny dostawy. W przypadku transportu własnego punktualność

	rozumiana jest, jako zapewnienie dostępności produktów zgodnie z terminem określonym w umowie. Z uwagi na specyfikę branży przyjęto, że dostawa zgodna to taka, której przesunięcie w czasie nie przekroczy jednej godziny. Pozostałe przypadki oznaczają dostawę niepunktowaną. Kryterium wyrażono w skali procentowej. Poszczególne wartości uzyskano na podstawie danych statystycznych otrzymanych od potencjalnych dostawców. Jest to kryterium maksymalizowane.
K6: Liczba nieprawidłowo zrealizowanych zamówień	Kryterium mierzone jest liczbą reklamacji w skali miesiąca. Poszczególne wielkości przyjęto na podstawie danych statystycznych otrzymanych od potencjalnych dostawców. Jest to kryterium minimalizowane.
K7: Możliwa liczba dostaw w ciągu tygodnia	Kryterium to mierzy dostępność dostawcy i dostarczanego towaru. Zdefiniowano je jako liczbę dni w tygodniu, w których może być zrealizowana dostawa lub odbiór własny surowca (mięsa). Jest to kryterium maksymalizowane.
K8: Elastyczność dostawcy	Kryterium mierzy szybkość reakcji dostawcy na dodatkowe zamówienie, złożone niespodziewanie oraz sposób jego realizacji. Jest to kryterium maksymalizowane, wyrażone w skali punktowej. Zależy od możliwości transportowych dostawcy oraz szybkości realizacji zamówienia. W analizie uwzględniono następujące opcje: transport dostawcy zawarty w cenie dostawy, transport za dopłatą oraz odbiór własny towaru dokonywany przez klienta. Sytuacja najkorzystniejsza to taka, w której kooperant jest w stanie zrealizować dodatkowe zamówienie w ciągu jednego dnia oraz ponosi koszty transportu.
K9: Koszt dostawy	Kryterium to określa całkowity miesięczny/ jednostkowy koszt dostawy mięsa wyrażony w zł. Jego konstrukcja zakłada dwie możliwości. Pierwsza oznacza transport dostawcy zawarty w cenie mięsa. Wówczas kryterium przyjmie wartość 0. Druga opcja to odbiór mięsa transportem własnym klienta. Wówczas koszt transportu kalkulowany jest wg przyjętej stawki za kilometr (0,9 zł/km), zakładanej standardowej liczby dostaw w ciągu miesiąca (12) oraz odległości drogowej pomiędzy dostawcą i klientem i wyraża się wzorem: $\text{Koszt dostawy} = \text{odległość drogowa [km]} \times 0,9 \left[ \frac{\text{zł}}{\text{km}} \right] \times 12$
K10: Jakość i nowoczesność taboru	Kryterium wyrażone zostało poprzez średni wiek [w latach] posiadanych przez dostawcę samochodów chłodni. Jest to kryterium minimalizowane. Przy jego konstrukcji przyjęto, że jakość i nowoczesność taboru jest ściśle skorelowana z jego wiekiem (im starszy pojazd tym mniej nowoczesny, bardziej podatny na awarie, na niedotrzymanie wymagań jakościowych).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań

## 5. EKSPERYMENTY OBICZENIOWE

Ranking wariantów przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu komputerowego MCDM ToolKit, będącego komputerową implementacją metody ELECTRE III/IV. Zgodnie z algorytmem metody ELECTRE III/IV w I etapie eksperymentu obliczeniowego skonstruowano macierz ocen (tabela 3), zawierającą oceny wszystkich wariantów – dostawców mięsa (D1, D2, ... D7) względem wszystkich kryteriów (K1, K2, ..., K10). Dane zawarte w macierzy ocen wprowadzono do programu komputerowego MCDM ToolKit.

**Tabela 3.** Macierz ocen dla problemu doboru dostawców mięsa

	KRYTERIUM	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
K1	CENA JEDNOSTKOWA	13,07	13,14	12,26	11,97	11,74	11,14	12,98
K2	WARUNKI FINANSOWE	0	0	3	0	0	1	2
K3	JAKOŚĆ DOSTARCZANEGO MIĘSA	1	3	3	5	3	3	4
K4	STOPIEŃ NARAŻENIA ŁADUNKU NA PRZEBYWANIE W WARUNKACH NIEBEZPIECZNYCH	1	3	6	4	4	6	7
K5	ZGODNOŚĆ TERMINU DOSTAWY Z UMOWĄ	80%	95%	97%	89%	93%	91%	99%
K6	LICZBA NIEPRAWIDŁOWO ZREALIZOWANYCH ZAMÓWIEŃ	2	2	1	1	1	1	0
K7	MOŻLIWA LICZBA DOSTAW W CIĄGU TYGODNIA	1	5	5	2	5	3	6
K8	ELASTYCZNOŚĆ DOSTAWCY	2	3	6	4	4	6	6
K9	KOSZT DOSTAWY	0	3,02	0	0	2,59	0	0
K10	JAKOŚĆ I NOWOCZESNOŚĆ TABORU	5,33	6	3	11	6	6,25	10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań

Następnie, zgodnie z regułami przedstawionymi w rozdziale 3 zdefiniowano model preferencji decydenta, określając wagi kryteriów i progi: równoważności  $q$ , preferencji  $p$  i weta  $v$ , będące sposobem wyrażenia wrażliwości decydenta na zmiany wartości kryteriów. Model ten przedstawiono w tabeli 4. Tabela jest zrzutem z ekranu z programu MCDM ToolKit i zawiera kolejno: poszczególne kryteria (ang. Criterion), kierunek preferencji (ang. Preference direction) – kryteria maksymalizowane – ang. Increasing (Gain) i kryteria minimalizowane - ang. Decreasing (Cost), wagę kryteriów (ang. Weight) – w skali od 1- 10 punktów (1 – kryterium najmniej ważne; 10 – kryterium najważniejsze) oraz progi: równoważności (ang. Indifference threshold), preferencji (ang. Preference threshold) i weta (ang. Veto threshold).

**Tabela 4.** Model preferencji decydenta dla problemu doboru dostawców mięsa (ang. Preference Information = informacja preferencyjna, Criterion=kryterium, Preference direction=kierunek preferencji, Weight=waga, Indifference threshold=próg równoważności, Preference threshold=próg preferencji, Veto threshold=próg weta)

Preference information					
Criterion	Preference direction	Weight	Indifference threshold	Preference threshold	Veto threshold
K1	Decreasing (Cost)	10,000	0,4	0,7	1
K2	Increasing (Gain)	1,000	1	2	3
K3	Increasing (Gain)	10,000	0	1	3
K4	Increasing (Gain)	6,000	0	1	2
K5	Increasing (Gain)	5,000	0,05	0,08	0,16
K6	Decreasing (Cost)	4,000	0	1	2
K7	Increasing (Gain)	9,000	0	1	2
K8	Increasing (Gain)	8,000	1	2	3
K9	Decreasing (Cost)	7,000	0	0,7	1
K10	Decreasing (Cost)	6,000	0,7	1	3

Źródło: Opracowanie własne – wynik eksperymentu obliczeniowego przeprowadzonego w programie MCDA Toolkit



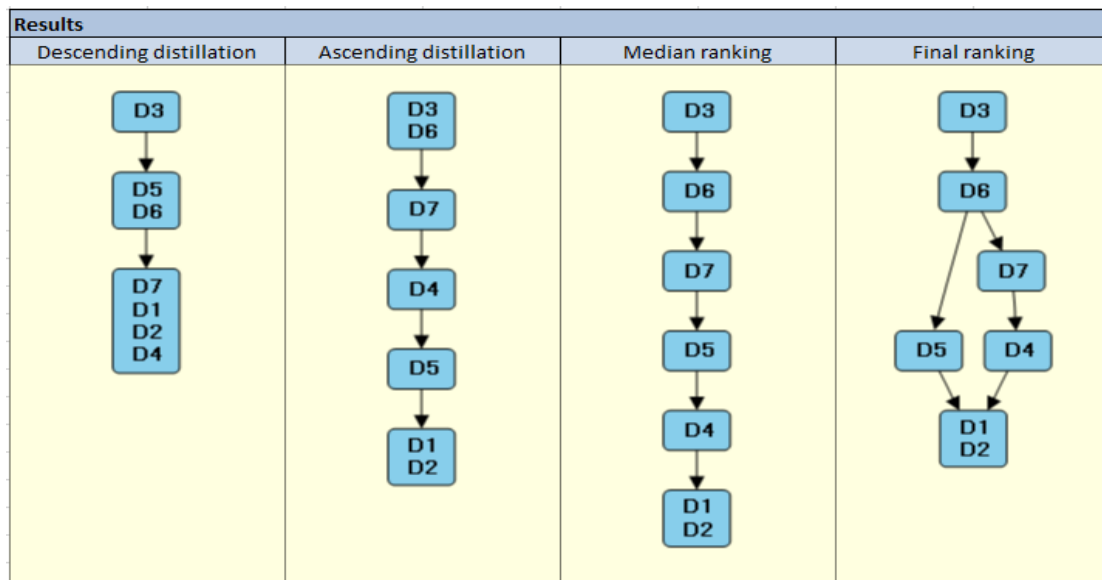
W etapie II algorytmu skonstruowano relację przewyższania. W tym celu, w kolejnych krokach procedury obliczeniowej wygenerowano: macierz zgodności, zawierającą współczynniki zgodności  $C(a,b)$  oraz macierze niezgodności dla każdego kryterium, zawierające współczynniki niezgodności  $D_j(a,b)$ . Na tej podstawie uzyskano macierz wiarygodności (ang. Credibility matrix), przedstawioną w tabeli 5. Macierz ta zawiera stopnie przewyższania lub wiarygodności  $d(a,b)$ , będące zagregowaną miarą oceny wariantów i reprezentacją relacji przewyższania  $S(a,b)$ . Każdy ze stopni wiarygodności określa stopień, w jakim globalnie „a przewyższa b”. Przykładowo, zawarty w tabeli stopień wiarygodności  $d(D6, D4) = 0,424$  oznacza, że wariant D6 ma pewne szanse na przewyższenie wariantu D4; z kolei  $d(D4, D6) = 0,00$  świadczy o tym, że wariant D4 nie ma szans na przewyższenie wariantu D6.

**Tabela 5.** Macierz wiarygodności (ang. Credibility matrix) dla problemu doboru dostawców mięsa

Credibility matrix							
Alternative	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D3	1,000	1,000	1,000	0,424	0,939	0,000	0,561
D4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
D5	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
D6	0,933	0,000	0,000	0,424	0,000	1,000	0,000
D7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Źródło: Opracowanie własne – wynik eksperymentu obliczeniowego przeprowadzonego w programie MCDA Toolkit

W etapie III algorytmu wykorzystano relację przewyższania  $S(a, b)$  i na podstawie współczynników kwalifikacji  $k^{kwal}(a)$  każdego z wariantów przeprowadzono destylację wstępującą (ang. Ascending Distillation) i zstępującą (ang. Descending Distillation), uzyskując preporządki zupełne wariantów. Ich uśrednienie pozwoliło na uzyskanie rankingu uśrednionego (ang. Median Ranking), zaś ich przecięcie logiczne – iloczyn zbiorów - dał ranking końcowy (ang. Final ranking). Wyniki tych obliczeń dla problemu doboru dostawców przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Wyniki końcowe (ang. Results) eksperymentów obliczeniowych dla problemu doboru dostawców mięsa. Uporządkowania zupełne – destylacja wstępująca (ang. Ascending distillation) i destylacja zstępująca (ang. Descending distillation); ranking uśredniony (ang. Median ranking) i uporządkowanie końcowe (ang. Final ranking).

Źródło: Opracowanie własne – wynik eksperymentu obliczeniowego przeprowadzonego w programie MCDA Toolkit

Tabelarycznym odpowiednikiem graficznego rankingu końcowego (ang. Final ranking) jest tzw. macierz przewyższania (ang. Outranking matrix), zwana też macierzą relacji końcowych (ang. Relation matrix), przedstawiona w tabeli 6. W macierzy tej zaznaczono relacje: równoważności (I), preferencji (>), odwrotności preferencji (<) lub nieporównywalności (R) pomiędzy wariantami.

**Tabela 6.** Macierz przewyższania (relacji końcowych) dla problemu doboru dostawców mięsa

Relation matrix							
Alternative	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1	I	I	<	<	<	<	<
D2	I	I	<	<	<	<	<
D3	>	>	I	>	>	>	>
D4	>	>	<	I	R	<	<
D5	>	>	<	R	I	<	R
D6	>	>	<	>	>	I	>
D7	>	>	<	>	R	<	I

*Źródło: Opracowanie własne – wynik eksperymentu obliczeniowego przeprowadzonego w programie MCDA Toolkit*

Jak wynika z rankingu końcowego i macierzy relacji końcowych wariantem preferowanym jest wariant D3, który przewyższa wszystkie pozostałe warianty. Jest on zdecydowanym liderem rankingu, a do jego najsilniejszych stron należą (patrz tabela 3): oferowane warunki finansowe (kryterium K2), elastyczność dostawcy (kryterium K8), koszty dostawy (kryterium K9) oraz jakość i nowoczesność taboru (kryterium K10). Ponadto, na wielu innych kryteriach (K3, K4, K5, K6 i K7) „osiągi” dostawcy D3 są wyróżniające. Jednocześnie wariant D3 ma niewiele słabych stron. Co ciekawe, dostawca D3 oferuje mięso w umiarkowanej, ale wcale nie najniższej cenie jednostkowej, co oznacza, że tę niedogodność rekompensuje szeregiem innych walorów.

Drugi w rankingu dostawca D6, który przewyższa wszystkie pozostałe warianty, za wyjątkiem wariantu D3, jest z kolei liderem pod względem ceny jednostkowej oferowanego mięsa (kryterium K1) i współ-liderem (razem z dostawcą D3) jeśli chodzi o koszty dostawy (kryterium K9). Można, zatem powiedzieć, że jest to dostawca skoncentrowany na oferowaniu „najniższej ceny”. Wariant ten prezentuje się natomiast nieco gorzej na takich kryteriach jak: warunki finansowe (kryterium K2), zgodność terminu dostawy z umową (kryterium K5), możliwa liczba dostaw w ciągu tygodnia (kryterium K7) oraz jakość i nowoczesność taboru (kryterium K10).

Warto zauważyć, że dotychczasowy dostawca mięsa- wariant D7 znajduje się w środkowej części rankingu.

Najmniej pożądanymi dostawcami są równoważne warianty D1 i D2, które pod wieloma względami przedstawiają się mało atrakcyjnie. Są to dostawcy, którzy oferują mięso po najwyższej cenie jednostkowej, a jednocześnie o niskiej lub, co najwyżej, średniej jakości. Wariant D1 jest dostawcą najmniej punktualnym (kryterium K5), zaś D2 usługodawcą oferującym dostawę po najwyższych kosztach (kryterium K9). Obaj dostawcy wyglądają najgorzej pod względem udziału nieprawidłowo zrealizowanych zamówień (kryterium K6).

Autorzy opracowania rekomendują wybór dostawcy D3, jako wariantu najbardziej uniwersalnego i pożądanego ze względu na różne kryteria oceny. Dla decydenta o dużej wrażliwości cenowej sugerują ewentualne rozważanie dostawcy D6.

## 6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono uniwersalną metodykę rozwiązywania problemu doboru dostawców mięsa, w której wykorzystano reguły wielokryterialnego wspomaganie decyzji (WWD) i tradycyjny algorytm postępowania przy rozwiązywaniu wielokryterialnych problemów decyzyjnych. Problem

decyzyjny sformułowany jako wielokryterialny problem porządkowania (rankingu) wariantów. Do uzyskania rankingu końcowego dostawców mięsa wykorzystano metodę ELECTRE III/IV.

Artykuł ma zarówno walory metodyczne, jak i użyteczne. Wskazuje, jak należy przeprowadzić kompleksową analizę i ocenę dostawców mięsa, aby uzyskać ich końcowe uszeregowanie od najlepszego do najgorszego w sensie wielokryterialnym.

W kategoriach metodycznych najważniejszym osiągnięciem autorów artykułu jest prezentacja wszystkich etapów postępowania przy rozwiązywaniu wielokryterialnego problemu decyzyjnego (rankingu wariantów) zastosowanego do zagadnienia doboru dostawców mięsa. Autorzy przedstawiają kolejno: sposób preselekcji i definiowania wariantów (dostawców mięsa), określają spójną rodzinę kryteriów do oceny dostawców mięsa, rozpoznają i modelują preferencje decydenta (klienta – producenta wyrobów mięsnych), przeprowadzają eksperymenty obliczeniowe, generują rozwiązania i dokonują wyboru wariantu (dostawcy) najbardziej pożądanego. Prezentują również walory metody ELECTRE III/IV jako uniwersalnego narzędzia do analizy wielokryterialnej, które doskonale sprawdza się w procesie oceny dostawców mięsa.

W kategoriach praktycznych autorzy dowodzą, że wariant najlepszy (D3) w ocenie wielokryterialnej nie jest wariantem o najniższym koszcie jednostkowym dostarczanego mięsa. Niższy koszt jednostkowy był proponowany przez dostawcę D4, D5, D6. Jednakże jest to wariant, który ma szereg innych zalet i najmniej słabych punktów. Autorzy artykułu właśnie ten wariant rekomendują, jako rozwiązanie najbardziej pożądane. Jednocześnie zauważają, że dla klienta wyjątkowo wrażliwego cenowo możliwe byłoby rozważanie wariantu D6, dostarczającego mięso po najniższej cenie jednostkowej, a jednocześnie uzyskującego dobre „osiągnięcia” na innych kryteriach. Warto zauważyć, że wariant zwycięski w rankingu wielokryterialnym (dostawca D3) wyraźnie przewyższa obecnego dostawcę mięsa, tj. wariant D7. Dostawca D3 jest lepszy od dostawcy D7 o 5,55% na kryterium K1 czyli cenie jednostkowej, o 50% na kryterium K2 czyli warunkach finansowych oraz o 233% na kryterium K10 czyli jakości i nowoczesności taboru. W przypadku kryteriów K8 czyli elastyczność dostawcy oraz K9 czyli koszt dostawy obaj dostawcy osiągnęli takie same wyniki.

### Streszczenie

W artykule przedstawiono spójną metodykę wielokryterialnej oceny dostawców z branży spożywczej, obejmującą: określenie zbioru wariantów – dostawców mięsa, zdefiniowanie spójnej rodziny kryteriów pozwalających na ich kompleksową ocenę, modelowanie preferencji decydenta (w tym określenie ważności kryteriów i wrażliwości decydenta na zmiany ich wartości), przeprowadzenie eksperymentów obliczeniowych prowadzących do uzyskania rankingu końcowego dostawców oraz wybór dostawcy najbardziej pożądanego.

W rozważaniach uwzględniono zbiór 7 dostawców - producentów mięsa, zlokalizowanych w województwie łódzkim. W rodzinie kryteriów oceniających kooperantów (ważnych z punktu widzenia decydenta, czyli firmy produkującej wyroby garmazeryjne) uwzględniono 10 miar, w tym między innymi: cenę jednostkową nabywanego surowca, jego jakość, punktualność i niezawodność dostawy, elastyczność dostawcy, koszt dostawy. W fazie eksperymentów obliczeniowych wykorzystano wielokryterialną metodę szeregowania / rankingu wariantów – ELECTRE III/IV.

Słowa kluczowe: ocena dostawców, branża spożywcza, wielokryterialne wspomaganie decyzji

## Multiple Criteria Evaluation of Suppliers for the Food Industry Company

### Abstract

The paper presents a coherent methodology of a multiple criteria evaluation of suppliers in a food industry, covering: definition of a set of variants – meat suppliers, definition of a consistent family of criteria that allow for their comprehensive evaluation, modeling of decision maker's (DM's) preferences (including: the definition of the importance of criteria and the DM's sensitivity towards changes of criteria values), carrying out computational experiments resulting in the final ranking of suppliers and finally the selection of the most desirable supplier.

In the analysis a set of 7 suppliers – meat producers, located in the Lodz region have been considered. In the family of criteria evaluating the cooperating units (important for the DM, i.e. the meat products producer) 10 measures have been taken into account. These have included, among others: Unit Price of the Purchased Raw Material and its Quality, Timeliness and Reliability of Deliveries, Flexibility of the Supplier, Cost of Delivery. In the computational phase a multiple criteria ranking method ELECTRE III/IV has been applied.

Keywords: Evaluation of Suppliers, Food Industry, Multiple Criteria Decision Aiding

## LITERATURA

- [1] Anders W.: *Strategische Einkaufsplanung. Kernbereich eines strategischen Einkaufsmanagements*. Univ. Diss., Frankfurt am Main 1992
- [2] Arnold U.: *Beschaffungsmanagement*. Schaeffer-Poeschel, Stuttgart 1995
- [3] Baran J., Żak J.: *Multiple Criteria Evaluation of transportation performance for selected agribusiness companies*. EWGT 2013, „Procedia- Social and Behavioral Sciences”, 2013
- [4] Coyle J.J., Bardi E.J., Langley JR. C.J.: *Zarządzanie Logistyczne*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010
- [5] Dwiliński L.: *Zarys logistyki przedsiębiorstwa*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
- [6] Figueira S, Ehrgott G.M.: *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*. Springer, New York 2005
- [7] Hillier F., Lieberman G.: *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill, New York 1990
- [8] <http://www.logintrade.pl>
- [9] <http://www.rzbd.fh-hamburg.de>
- [10] Janker Ch. G.: *Multivariate Lieferantenbewertung: empirisch gestützte Konzeption eines anforderungsgerechten Bewertungssystems*. Dt. Univ.-Verlag, Wiesbaden 2004
- [11] Keeney R., Raiffa H.: *Decisions with Multiple Objectives. Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge University Press, Cambridge 1993
- [12] Kleinau A. C.: *Zur Strategie der Lieferantenentwicklung: Konzeption einer neuen Beschaffungsstrategie und deren Beurteilung im Rahmen eines strategischen Beschaffungsmanagement*. Peter Lang, Frankfurt am Main 1995
- [13] Kocój G.: *System oceny dostawców i współpraca z dostawcami*. „Gospodarka Materialowa i Logistyka”, 1997, nr 4
- [14] Koppelman U.: *Beschaffungsmarketing*. Springer Verlag, Berlin 2004, 4. Auflage
- [15] Krökel R.: *Controlling von Abnehmer-Zuliefer-Partnerschaften. Ein integrativer Ansatz dargestellt am Beispiel der Automobilindustrie*. Demedias Edition Aditorial, Stuttgart 2001
- [16] Pampel J. R.: *Kooperation mit Zulieferern: Theorie und Management*. Gabler Verlag, Wiesbaden 1993
- [17] Piontek J.: *Internationales Beschaffungsmarketing*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1993
- [18] Roy B.: *Decision-Aid and Decision Making*. *European Journal of Operational Research*, Vol. 45, 1990
- [19] Roy B.: *The Outranking Approach and the Foundations of ELECTRE Methods*. [w]: Bana e Costa C. (Ed.), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Springer-Verlag, Berlin 1990
- [20] Roy B.: *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*. Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 1990
- [21] Saaty T.: *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York 1980
- [22] Saaty T.: *Transport Planning with Multiple Criteria: The Analytic Hierarchy Process Applications and Progress Review*. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 29, No. 1, 1995
- [23] Shapiro R.D., Heskett J. L.: *Logistics Strategy*. West Publishing, St. Paul 1985
- [24] Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z.: *Logistyka w przedsiębiorstwie*. PWE, Warszawa 2003
- [25] Skowronek Cz.: *Analiza gospodarki materiałowej w przedsiębiorstwie przemysłowym*. PWE, Warszawa 1982
- [26] Vincke P.: *Multicriteria Decision-Aid*. Chichester: John Wiley & Sons, 1992
- [27] Żak J., Redmer, A., Sawicki, P.: *Multiple objective optimization of the fleet sizing problem for road freight transportation*. *Journal of Advanced Transportation*, vol. 45, nr 4, 2011
- [28] Żak J.: *Application of Operations Research Techniques to the Redesign of the Distribution Systems*. [w] Dangelmaier W., Blecken A., Delius R., Klöpfer S. (red.): *Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics. Conference Proceedings of 8th International Heinz Nixdorf Symposium, IHNS 2010, Paderborn, Germany, 21-22 April 2010*, Springer, LNBIP 46
- [29] Żak J.: *Decision Support Systems in Transportation*. [w] Jain L., Lim C. (Red.): *Handbook on Decision Making – Vol. 1: Techniques and Applications*. *Intelligent Systems Reference Library*, vol. 4, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010
- [30] Żak J.: *The Methodology of Multiple Criteria Decision Making/ Aiding in Public Transportation*. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 45, No. 1, 2011
- [31] Żak J.: *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym*. Politechnika Poznańska, Poznań 2005
- [32] Zusammenarbeit an der Fachhochschule Kiel: *Leitfaden zur Internationalisierung der Beschaffung*. Seminar Einkauf und Logistik, Februar 2006