

Ewa Roszkowska

Uniwersytet w Białymstoku
e-mail: erosz @o2.pl

**WYKORZYSTANIE INFORMACJI PREFERENCYJNEJ
ZADANEJ NA ZBIORZE ROZWIĄZAŃ BLISKICH
ROZWIĄZANIU IDEALNEMU W WYBRANYCH
METODACH WIELOKRYTERIALNYCH***

**THE APPLICATION OF PREFERENCE
INFORMATION ON THE SET OF ALTERNATIVES
NEAR IDEAL SOLUTIONS IN SELECTED
MULTI-CRITERIA METHODS**

DOI: 10.15611/ekt.2015.4.09

JEL Classification: C02 C30, C44

Streszczenie: W opracowaniu dokonano analizy możliwości wykorzystania informacji preferencyjnej zadanej na zbiorze wariantów referencyjnych składającym się z rozwiązań bliskich rozwiązaniu idealnemu w wybranych metodach wielokryterialnych. Porównano metody ZAPROS, MARS oraz UTA w kontekście ich użyteczności do rozwiązywania słabo ustrukturyzowanych problemów decyzyjnych. Rozważania teoretyczne zilustrowano przykładem obliczeniowym, pokazującym praktyczne możliwości wykorzystania tych metod do oceny pakietów negocjacyjnych.

Słowa kluczowe: modelowanie preferencji, informacja preferencyjna, problem słabo ustrukturyzowany, ZAPROS, MARS, UTA, MACBETH.

Summary: The main aim of the paper is the analysis of application of the reference set consisting of the alternatives near the ideal solution in selected multi-criteria techniques. The comparative overview of ZAPROS, MARS and UTA techniques in the perspective of their usefulness in ill structure decision making problems was made. The theoretical discussion was illustrated by a numerical example that shows practical applications of these methods for the evaluation of negotiations offers.

Keywords: preference modelling, preference information, ill-structured decision problem, ZAPROS, MARS, UTA, MACBETH.

* Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/03/B/HS4/03857.

1. Wstęp

Złożoność otaczającego świata oraz wielowymiarowość ludzkiego postrzegania problemów powodują, że sytuacje decyzyjne są rozważane przez decydentów często z perspektywy więcej niż jednego kryterium. Zestawu użytecznych narzędzi umożliwiających rozwiązywanie problemów tego typu dostarczają metody wielokryterialnej analizy problemu decyzyjnego [Figueira, Greco, Ehr Gott (red.) 2005; Roy 1990; Trzaskalik (red.) 2014]. Ogólnie wielokryterialna analiza decyzyjna (WAP) składa się z czterech elementarnych kroków: określenia struktury problemu decyzyjnego, wyrażenia i modelowania preferencji decydenta, agregacji ocen (preferencji) wariantów decyzyjnych oraz opracowania rekomendacji.

Model preferencji decydenta jest wypadkową struktury problemu decyzyjnego oraz możliwości percepcyjnych decydenta. Rzeczywiste problemy decyzyjne są zazwyczaj słabo lub nieustrukturyzowane, a ich rozwiązywanie w znacznej mierze opiera się na pozyskanych subiektywnych osądach decydenta. Podejmowanie decyzji przebiega w warunkach niepełnej, nieprecyzyjnej informacji, problemy decyzyjne są opisane w sposób ilościowy i jakościowy, występują dane różnego typu. Co więcej, analiza preferencji decydenta jest ograniczona możliwościami jego umysłu, np. bezpośrednie wyrażenie informacji preferencyjnej przez decydenta jest utrudnione, a czasem wręcz niemożliwe, dokonanie wiarygodnych porównań zbyt wielu kryteriów/wariantów decyzyjnych może przerastać jego zdolności percepcyjne lub operacje porównawcze mogą być zbyt pracochłonne, całkowita ocena wariantu decyzyjnego może być wyrażona tylko za pomocą określeń werbalnych.

Z powyższych przesłanek wynika potrzeba dostosowania analizy procesu decyzyjnego do modelu rozumowania ludzkiego umysłu. Może to być osiągnięte przez wykorzystanie do opisu problemu języka naturalnego dla decydenta, zastosowanie technik pomiaru wartości kryteriów i preferencji naturalnych dla ludzkiego umysłu, wyrażanie informacji preferencyjnej w sposób pośredni w postaci przykładów decyzji dla referencyjnego zbioru wariantów decyzyjnych oraz korzystanie z procedur wykorzystujących informację tego typu, przejrzystość, prostotę oraz zrozumiałość procedur czy zapewnienie objaśnień wszystkich rezultatów [Moshkovich, Mechitov, Olson 2005; Larichev, Moshkovich 1997; Jacquet-Lagrèze, Siskos 2001; Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005].

Wybór metody wielokryterialnej zależy w dużym stopniu od informacji preferencyjnej, którą może dostarczyć decydent. Taka informacja preferencyjna może być wyrażona przez niego w sposób bezpośredni lub pośredni za pomocą przykładów decyzji dla podzbioru wariantów referencyjnych. W związku tym, że dostarczenie informacji preferencyjnej w formie bezpośredniej bywa zadaniem trudnym lub czasem wręcz niemożliwym do wykonania, coraz większą wagę przykładają się do procedur wykorzystujących informację pośrednią, której postać jest spójna z intuicyjnym postrzeganiem sytuacji problemowej przez decydenta [Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005; Figueira, Greco, Słowiński 2009; Greco, Mousseau, Słowiński 2008; Moshkovich, Mechitov, Olson 2005].

Celem opracowania było pokazanie możliwości wykorzystania informacji preferencyjnej zadanej w postaci zbioru referencyjnego składającego się z rozwiązań bliższych rozwiązaniu idealnemu w metodach ZAPROS, MARS oraz UTA. Dokonano analizy porównawczej użyteczności tych metod w kontekście podejmowania decyzji w słabo ustrukturyzowanych problemach decyzyjnych. Rozważania teoretyczne zilustrowano przykładem wykorzystania informacji preferencyjnej określonej na zbiorze rozwiązań bliższych rozwiązaniu idealnemu do oceny pakietów negocjacyjnych za pomocą omawianych metod.

Model preferencji oparty na rozwiązaniach bliższych rozwiązaniu idealnemu, czyli zbiorze składającym się z wariantów decyzyjnych, dla których wszystkie składowe, z wyjątkiem jednej, przyjmują najlepsze możliwe wartości, został pierwotnie zaproponowany i wykorzystany w metodzie ZAPROS [Larichev, Moshkovich 1995; 1997; Moshkovich, Mechitov, Olson 2005]. Podobny zbiór referencyjny jest wykorzystywany w metodzie MARS, będącej hybrydą metod MACBETH oraz ZAPROS [Górecka, Roszkowska, Wachowicz 2014; Roszkowska, Wachowicz 2015b]. Z kolei procedura UTA opiera się na informacji preferencyjnej określonej na dowolnie wybranym przez decydenta zbiorze referencyjnym [Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005].

2. Wybrane metody wielokryterialne wykorzystujące koncepcję zbiorów referencyjnych

2.1. Wprowadzenie

Uwzględniając sposób ustalania preferencji wariantów decyzyjnych, wyróżnia się dwa zasadnicze podejścia do modelowania decyzji. Podejście pierwsze oparte jest na koncepcji agregacji kryteriów, w którym zakłada się znajomość *a priori* modelu agregacji kryteriów, podczas gdy globalna preferencja wariantów decyzyjnych nie jest znana. Zadaniem decydenta jest wybór/opracowanie koncepcji agregacji uwzględniającej typy relacji preferencji i operatory ich agregacji, pozyskiwanie informacji międzykryterialnej oraz stopni niejednoznaczności i nieporównywalności informacji preferencyjnej [Roy 1990; Figueira, Greco, Ehrgott (red.) 2005; Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005]. W drugim podejściu buduje się postać modelu preferencji na podstawie deagregacji preferencji globalnych. Podejście agregacji/dezagregacji oparte jest na kognitywnej analizie procesów myślowych decydenta, która pozwala na odtworzenie systemu wartości decydenta, a także na uzyskanie dokładniejszej informacji od niego poprzez głębsze uświadomienie kontekstu sytuacji decyzyjnej [Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005]. Istota paradygmatu dezagregacji (regresji) polega na określeniu postaci modelu preferencji spójnego z preferencjami decydenta, czyli takiego, który odtwarza dostarczone przez decydenta przykłady decyzji [Greco, Mousseau, Słowiński 2008]. Rozważane w pracy metody ZAPROS, MARS oraz UTA oparte są na koncepcji agregacji-dezagregacji.

Przyjmujemy oznaczenia, które będą wykorzystane w dalszej części pracy.

- $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ oznacza zbiór kryteriów;
- X_k – skończony zbiór ocen (np. werbalnych, liczbowych, porządkowych) ze względu na k -te kryterium $k = 1, 2, \dots, n$, gdzie $|X_k| = n_k$;
- $X = \prod_{k=1}^n X_k$ – zbiór wszystkich możliwych wektorów w przestrzeni n kryteriów;
- $[x_1, \dots, x_n] \in X$ – reprezentacja wariantu decyzyjnego, gdzie $x_k \in X_k$, $k = 1, 2, \dots, n$;
- $Y \subseteq X$ – skończony zbiór wariantów referencyjnych, dla których decydent jest w stanie wyrazić swoje preferencje;
- $A \subseteq X$ – skończony podzbiór k wariantów decyzyjnych, który należy uporządkować.

W szczególności przez $R = Y_{nl} \cup \{W_l\} \subset X$ oznaczmy zbiór referencyjny wariantów decyzyjnych obejmujący zbiór Y_{nl} składający się ze zbioru wektorów, dla których wszystkie składowe, z wyjątkiem jednej, przyjmują najlepsze możliwe wartości, oraz wektora W_l , który przyjmuje wszystkie najlepsze możliwe wartości. Zakładamy dalej, że głównym celem decydenta jest uporządkowanie wariantów decyzyjnych należących do zbioru A na podstawie preferencji wyrażonych przez niego na zbiorze referencyjnym $R = Y_{nl} \cup \{W_l\} \subset X$.

2.2. Metoda ZAPROS

Metoda ZAPROS¹ została opracowana przez O.I. Laricheva oraz H. Moshkovich [1995; 1997] z przeznaczeniem do rozwiązywania problemów słabo lub nieustrukturyzowanych. Istotną własnością tej metody jest niewykorzystywanie informacji o charakterze ilościowym na temat ważności kryteriów oceny wariantów decyzyjnych oraz niestosowanie żadnych operacji ilościowych do ocen werbalnych. Metoda ZAPROS składa się z następujących etapów [Larichev, Moshkovich 1997; Moshkovich, Mechitov, Olson 2005; Trzaskalik 2014]:

Etap 1. Zdefiniowanie skończonego zbioru wariantów X , określenie spójnej rodziny kryteriów F oraz zbiorów skal porządkowych dla wszystkich kryteriów, które są rozważane w problemie decyzyjnym.

Etap 2. Porównanie parami hipotetycznych wektorów ze zbioru referencyjnego $R = Y_{nl} \cup \{W_l\} \subset X$, dla którego wszystkie składowe, z wyjątkiem jednej, przyjmują najlepsze możliwe wartości, lub wektora, dla którego wszystkie składowe przyjmują najlepsze możliwe wartości.

Uporządkowanie ocen w ramach skali dla danego kryterium wymaga w rzeczywistości od decydenta wybrania preferowanego wariantu decyzyjnego spośród

¹ Nazwa ZAPROS stanowi akronim rosyjskich słów, których polskie odpowiedniki brzmią następująco: procedury w pobliżu sytuacji odniesienia (*closed procedures near reference situation*).

dwóch hipotetycznych rozwiązań opisanych przez wektory należące do zbioru Y_m , różniących się wartościami swoich składowych w odniesieniu do jednego tylko kryterium (pozostałe składowe są identyczne dla obu wektorów).

Etap 3. Konstrukcja wspólnej skali porządkowej dla rozpatrywanego problemu decyzyjnego.

Przy tworzeniu wspólnej skali porządkowej (JOS) przyjmuje się założenie o przechodniości preferencji decydenta i o preferencyjnej niezależności par kryteriów. Wspólna skala porządkowa jest wykorzystywana do porównywania dowolnych wariantów decyzyjnych zgodnie z następującą regułą [Larichev, Moshkovich 1997]:

wariant a jest nie mniej preferowany od wariantu b , jeżeli dla każdej oceny wariantu a można znaleźć nie bardziej preferowaną niepowtarzalną ocenę wariantu b .

Etap 4. Porównanie parami wariantów decyzyjnych ze zbioru A oraz utworzenie częściowego porządku na tym zbiorze.

Wspólna skala porządkowa wykorzystywana jest do przeprowadzenia porównań parami wariantów decyzyjnych należących następnie zbioru A , w wyniku czego konstruowany jest częściowy porządek na tym zbiorze. Przy porównaniu wariantów ze zbioru A wykorzystuje się regułę:

wariant a_i jest nie mniej preferowany od wariantu a_j , gdzie $a_i, a_j \in A$, jeżeli $JOS_k a_i \leq JOS_k a_j$ dla każdego $k = 1, 2, \dots, n$.

2.3. Metoda MARS

Metoda MARS (*Measuring Attractiveness near Reference Solutions*) [Górecka, Roszkowska, Wachowicz 2014; Roszkowska, Wachowicz 2015b] jest hybrydą dwóch metod: ZAPROS (*Closed Procedures near Reference Situations*) [Larichev, Moshkovich 1995] oraz MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) [Bana eCosta, Vansnick 1999]. Metoda ta pozwala na uzyskanie pełnego rankingu wariantów decyzyjnych ocenianych na skali przedziałowej. Porządek na zbiorze referencyjnym budowany jest przez oceny werbalne z wykorzystaniem 6-stopniowej skali semantycznej; nie wykorzystuje się informacji o charakterze ilościowym na temat własności kryteriów oceny wariantów decyzyjnych. Procedura MARS składa się z następujących etapów [Górecka, Roszkowska, Wachowicz 2014]:

Etap 1. Zdefiniowanie skończonego zbioru wariantów X , określenie spójnej rodziny kryteriów F oraz skal porządkowych dla wszystkich kryteriów, które są rozważane w problemie decyzyjnym.

Etap 2. Porównanie parami hipotetycznych wektorów ze zbioru $R = Y_m \cup \{W_j\} \subset X$, dla których wszystkie składowe, z wyjątkiem jednej, przyjmują najlepsze możliwe

wartości, oraz wektora, dla którego wszystkie składowe przyjmują najlepsze możliwe wartości.

Porównanie polega na jakościowej ocenie różnicy w atrakcyjności między dwoma wektorami ze zbioru referencyjnego przy wykorzystaniu 6 kategorii semantycznych: d_1 – różnica w atrakcyjności między wektorami jest „bardzo mała”, d_2 – „mała”, d_3 – „umiarkowana”, d_4 – „duża”, d_5 – „bardzo duża”, oraz d_6 – „ekstremalna”. Porównania parami są dokonywane z wykorzystaniem oprogramowania M-MACBETH, które weryfikuje dodatkowo spójność podanych przez decydenta informacji, proponując jednocześnie zmiany w przypadku braku takiej spójności².

Etap 3. Rozwiązanie zadania PL-MACBETH oraz wyznaczenie ocen punktowych od 0-100 dla porównywanych wariantów decyzyjnych.

Do rozwiązania zadania programowania liniowego PL można wykorzystać oprogramowanie M-MACBETH.

Etap 4. Wyznaczenie ocen końcowych wariantów decyzyjnych oraz ich uporządkowanie w stosunku do wariantu idealnego.

Oceny końcowe wariantów decyzyjnych L_i dla $i = 1, \dots, m$ obliczane są w następujący sposób. Jako ocenę w wariacie decyzyjnym przyjmuje się ocenę punktową p_{ik} ze skali 0-100 przypisaną opcjom w ramach poszczególnych kryteriów. Następnie wyznacza się odległość L_i od wariantu idealnego następująco:

$$L_i = \sum_{k=1}^n (100 - p_{ik}), \quad (1)$$

gdzie: p_{ik} – ocena punktowa i -tej opcji ze względu na k -te kryterium, $k = 1, 2, \dots, n$, $i = 1, \dots, n_k$.

Warianty decyzyjne porządkuje się rosnąco według odległości od wariantu idealnego³. Najlepszym wariantem jest ten, dla którego ocena końcowa jest najniższa.

2.4. Metoda UTA

Metoda UTA, jedna z pierwszych metod wielokryterialnego podejmowania decyzji, oparta na paradygmacie dezagregacji-agregacji, składa się z następujących etapów (np. [Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005]):

Etap 1. Zdefiniowanie skończonego zbioru wariantów X , określenie spójnej rodziny kryteriów F oraz zbiorów ocen kryteriów.

Etap 2. Wybór zbioru Y wariantów referencyjnych, gdzie $Y \subseteq X$.

Etap 3. Utworzenie rankingu (uporządkowanie) wariantów ze zbioru referencyjnego.

Etap 4. Wyznaczenie zbioru cząstkowych funkcji użyteczności $u_i(f_i)$, czyli funkcji wyrażających preferencje decydenta dotyczące i -tego kryterium $i = 1$,

² Oprogramowanie M-MACBETH jest dostępne na [Internet 2].

³ Opcjonalnie można dokonać normalizacji ocen końcowych wariantów decyzyjnych.

2, ..., n , zgodnych z podanym rankingiem na podstawie rozwiązania problemu regresji porządkowej – problemu PM typu liniowego.

Do rozwiązania zadania programowania liniowego PL można wykorzystać oprogramowanie UTA⁴. Należy podać liczbę odcinków liniowych dla użyteczności cząstkowych, zakres wartości kryteriów, kierunek preferencji (typu zysk czy typu strata), nie podaje się natomiast wag kryteriów⁵.

Etap 5. Konstrukcja globalnej funkcji użyteczności U . Funkcja użyteczności globalnej (całkowitej) ma postać:

$$U(x) = \sum_{i=1}^n u_i(f_i(x)), \quad (2)$$

gdzie: $u_i(f_i)$ – cząstkowe funkcje użyteczności, ($i = 1, 2, \dots, n$).

Zgodność rankingu z funkcjami, czyli zgodność funkcji użyteczności z preferencjami decydenta, mierzy tzw. współczynnik Kendalla. Współczynnik Kendalla przyjmuje wartości z przedziału $\langle -1, 1 \rangle$, gdzie 1 oznacza pełną zgodność. Jeśli współczynnik Kendalla jest różny od 1, to oznacza, że nie udało się dokładnie opisać zbioru za pomocą funkcji, przy czym wartość -1 oznacza zupełny brak zgodności.

Etap 5. Wyznaczenie ocen końcowych wariantów decyzyjnych ze zbioru A na podstawie funkcji użyteczności U oraz uporządkowanie tych wariantów decyzyjnych rosnąco według wartości funkcji użyteczności.

Najlepszym wariantem jest ten, dla którego ocena końcowa wynosi 1, najgorszym – wariant o ocenie 0.

3. Analiza porównawcza metod ZAPROS, MARS oraz UTA

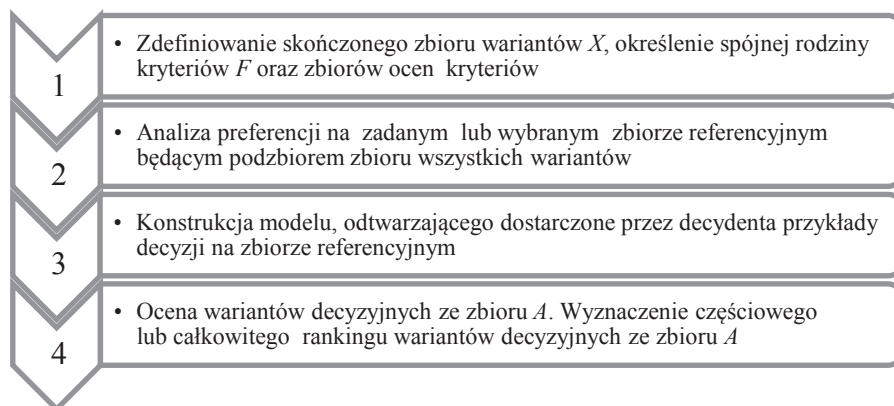
Metody ZAPROS, MARS oraz UTA oparte są na paradygmacie agregacji-dezagregacji, w którym zakłada się znajomość pełnej preferencji na zadanym (ZAPROS, MARS) lub wybranym (UTA) przez decydenta zbiorze referencyjnym będącym podzbiorem zbioru wszystkich wariantów. Następnie konstruowany jest model odwzorowujący dostarczone przez decydenta przykłady decyzji. Ogólny schemat procedury ZAPROS, MARS oraz UTA, uwzględniający wspólne etapy postępowania, przedstawia rys. 1.

W dalszej części tekstu, na podstawie schematu z rys. 1, dokonano analizy porównawczej procedur ZAPROS, MARS oraz UTA.

Etap 1. Zdefiniowanie skończonego zbioru wariantów X , określenie spójnej rodziny kryteriów F oraz zbiorów ocen kryteriów.

⁴ Oprogramowanie Visual UTA dostępne np. na [Internet 1].

⁵ Szerzej o metodzie UTA, formalizacji matematycznej oraz przykładach zastosowań np. [Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005].



Rys. 1. Ogólny schemat procedur: ZAPROS, MARS oraz UTA

Źródło: opracowanie własne.

Etap ten jest wspólny dla każdej z omawianych metod wielokryterialnych. W metodzie ZAPROS oraz MARS oceny kryteriów mają charakter porządkowy, a w UTA – charakter porządkowy oraz/lub liczbowy.

Etap 2. Analiza preferencji na zadanym (lub wybranym przez decydenta) zbiorze referencyjnym będącym podzbiorem zbioru wszystkich wariantów.

Procedura MARS oraz ZAPROS wykorzystuje koncepcję zbioru referencyjnego opartego na zbiorze postaci Y_{nl} , natomiast w przypadku procedury UTA decydent ma możliwość wyboru dowolnego zbioru referencyjnego. Zaletą zbioru Y_{nl} jest możliwość analizy rozwiązań bliskich rozwiązaniu idealnemu, czyli takich, które są przez decydenta pożądane. Porównania parami wariantów decyzyjnych, dla których wszystkie składowe z wyjątkiem tylko jednej przyjmują najlepsze możliwe wartości, nie powinny być dla niego trudne. Warto zwrócić uwagę także na fakt, że tak określony zbiór wyczerpuje wszystkie istotne opcje rozważanych kryteriów, co umożliwia w następnym kroku ocenę dowolnego wariantu decyzyjnego. Liczba wektorów tworzących zbiór referencyjny wynosi $\sum_{k=1}^n (n_k - 1) + 1$, nie jest więc zwykle zbyt duża.

Rozważane metody różnią się zasadniczo sposobem analizy preferencji na zbiorze referencyjnym. W metodach ZAPROS oraz UTA decydent dokonuje parami porównań elementów ze zbioru referencyjnego i ustala porządek częściowy lub całkowity na tym zbiorze. W przypadku procedury MARS zastosowanie metodologii MACBETH dodatkowo umożliwia werbalną ocenę różnic w atrakcyjności między dwoma wektorami z tego zbioru. Przy tym w szczególnym przypadku decydent może ograniczyć się jedynie do określenia porządku częściowego na tym zbiorze, podobnie jak w metodzie ZAPROS czy UTA.

Etap 3. Konstrukcja modelu odtwarzającego dostarczone przez decydenta przykłady decyzji na zbiorze referencyjnym.

Rozważane metody wykorzystują różne konstrukcje modeli odtwarzających dostarczone przez decydenta przykłady decyzji na zbiorze referencyjnym. Najprostszą z tych metod jest procedura ZAPROS, która zgodnie z założeniami jej twórców uwzględnia ograniczenia ludzkich systemów przetwarzania informacji [Larichev, Moshkovich 1997]. Konstrukcja funkcji JOS jest prosta, wszystkie wykonywane operacje są jasne i zrozumiałe dla decydenta. W metodzie MARS wykorzystuje się podejście stosowane w metodzie MACBETH, w której wyznaczenie ocen cząstkowych bazuje na rozwiązaniu zadania programowania liniowego PL (szerzej np. [Bana e Costa, Vansnick 1999]). Dużym ułatwieniem dla decydenta jest możliwość wykorzystania oprogramowania M-MACBETH do wyznaczenia ocen wariantów decyzyjnych ze zbioru referencyjnego. Podobnie jak w procedurze MACBETH, tak i w UTA funkcje użyteczności cząstkowej są wyznaczone na podstawie rozwiązania zadania programowania liniowego PL [Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005]. Tutaj również decydent ma możliwość skorzystania z oprogramowania Visual UTA.

Etap 4. Ocena wariantów decyzyjnych ze zbioru A . Wyznaczenie częściowego lub całkowitego rankingu wariantów decyzyjnych ze zbioru A .

W metodzie ZAPROS agregacji ocen cząstkowych dokonuje się za pomocą funkcji JOS, w metodzie MARS – za pomocą funkcji L , a w metodzie UTA – funkcji użyteczności globalnej U . Warto zaznaczyć, że żadna z tych metod nie wykorzystuje wektora wag, co może być dużym ułatwieniem dla decydenta. Procedura ZAPROS pozwala na uzyskanie jedynie porządku częściowego na zbiorze wariantów decyzyjnych ze zbioru A , dopuszczalna jest nieporównywalność wariantów decyzyjnych z tego zbioru. W przypadku procedur MARS oraz UTA otrzymujemy porządek kompletny na zbiorze wariantów decyzyjnych A wraz z ocenami punktowymi.

4. Wykorzystanie metod wielokryterialnych ZAPROS, MARS oraz UTA do oceny pakietów negocjacyjnych.

Przykład obliczeniowy

Ze względu na złożony, wieloaspektowy charakter problematyki negocjacyjnej metody wielokryterialnej analizy problemu decyzyjnego dostarczają wielu użytecznych narzędzi, które są z powodzeniem wykorzystywane do rozwiązywania problemów negocjacyjnych [Salo, Hämmäläinen 2012; Brzostowski, Roszkowska, Wachowicz 2012; Wachowicz 2006; 2013]. Duża liczba dostępnych metod sprawia jednak, że czasem trudno dokonać właściwego wyboru najlepszej spośród nich. Decydują o tym różne aspekty, które obejmują charakter rozważanego problemu negocjacyjnego, umiejętności i zaangażowanie podejmującego decyzję, możliwości narzędzia, jego elastyczność i łatwość użytkowania. Wybór metody jest więc sam w sobie zagadnieniem wielokryterialnym [Guitouni, Martel 1998]. Do najczęściej wykorzysty-

wanych narzędzi można zaliczyć metodę SAW (*Simple Additive Weighting Method*), która jest stosowana w wielu systemach wspomaganie negocjacji, w tym w Inspire [Kersten, Noronha 1998], SmartSettle [Thiessen, Soberg 2003], NegoCalc [Wachowicz 2008], metodę AHP [Mustajoki, Hamalainen 2000; Brzostowski, Roszkowska, Wachowicz 2012] czy metodę TOPSIS [Roszkowska, Brzostowski, Wachowicz 2014; Roszkowska, Wachowicz 2015a]. Metody SAW, AHP oraz TOPSIS wykorzystują ten sam model preferencji oparty na koncepcji agregacji kryteriów przy założeniu *a priori* modelu agregacji kryteriów oraz braku globalnej preferencji wariantów decyzyjnych. Badania eksperymentalne wskazują na problemy związane ze stosowaniem niektórych metod do wspomaganie procesu negocjacji. Problemy dotyczą m.in. strukturyzacji sytuacji negocjacyjnej, zgodności analizy preferencji negocjatora z informacją preferencyjną, interpretacji uzyskanych wyników [Vetschera 2007; Roszkowska, Wachowicz 2014; 2015c]. W związku z tym wyzwaniem badawczym jest poszukiwanie metod wielokryterialnych uwzględniających inne, niestandardowe koncepcje agregowania preferencji decydentów, które mogą mieć zastosowanie do wspomaganie procesu negocjacji. Jedną z propozycji mogą być metody ZAPROS, MARS, UTA oparte na modelu dezagregacji preferencji globalnych oraz wykorzystujące dodatkowo informację preferencyjną zadaną na zbiorze rozwiązań bliskich rozwiązaniu idealnemu.

Prezentowany przykład, oparty na danych umownych, nie wykorzystuje wszystkich potencjalnych zastosowań metody ZAPROS, MARS oraz UTA do analizy procesu negocjacji i służy jedynie jako jej ilustracja. Rozważamy negocjacje kupna-sprzedaży, w których zagadnienia negocjacyjne określone są następująco: f_1 – cena jednostkowa towaru (PLN), f_2 – termin płatności po otrzymaniu zamówienia (w dniach), f_3 – warunki gwarancji (ocena werbalna). Poziomy realizacji kwestii negocjacyjnych opisano dla kryterium f_1 – przez wartości liczbowe, f_2 – wartości przedziałowe, f_3 – słownie. Do oceny wybrano następujące opcje negocjowanych zagadnień, które pozwalają na zbudowanie $4 \times 3 \times 3 = 36$ pakietów negocjacyjnych:

- cena (PLN): {50,55,60,65},
- termin płatności (w dniach): {0-3, 3-7, 7-14}
- warunki gwarancji: {słabe (S), dobre (D), bardzo dobre (BD)}.

Dla sprzedającego kryteria f_1, f_3 są typu „zysk”, natomiast f_2 jest kryterium typu „strata”. Oferta idealna ma postać [65,0-3,BD], a zbiór Y_{nl} składa się z ośmiu pakietów: $Y_{nl} = \{PR1 = [65,0-3,BD], PR2 = [60,0-3,BD], PR3 = [55,0-3,BD], PR4 = [50,0-3,BD], PR5 = [65,3-7,BD], PR6 = [65,7-14,BD], PR7 = [65,0-3,D], PR8 = [65,0-3,S]\}$. Zakładamy, że celem sprzedającego jest ocena pięciu pakietów ze zbioru $A = \{P1 = [65,0-3,D], P2 = [60,7-14,BD], P3 = [55,0-3,D], P4 = [65,7-14,D], P5 = [50,3-7,D]\}$.

W dalszej części pracy dokonano oceny i uporządkowania pakietów negocjacyjnych metodą ZAPROS, MARS oraz UTA. Porównano możliwości zastosowania i użyteczność każdej z tych metod w kontekście tworzenia systemu oceny pakietów negocjacyjnych. Należy zwrócić uwagę, że analiza wartości ofert negocjacyjnych

z własnego punktu widzenia oraz z punktu widzenia drugiej strony jest kluczowym elementem planowania strategii negocjacyjnej. System oceny ofert zbudowany przez negocjatora pozwala wartościować oferty składane w trakcie prowadzonych rozmów, mierzyć skalę ustępstw, wizualizować postępy negocjacji, oceniać i weryfikować efektywność wynegocjowanego kompromisu czy proponować jego usprawnienia [Wachowicz 2013].

- Ocena pakietów negocjacyjnych metodą ZAPROS

Sprzedający dokonuje porównania ofert ze zbioru referencyjnego, odpowiadając na serię pytań postaci: „Który pakiet negocjacyjny preferujesz; [60,0-3,BD], z ceną 60 PLN, terminem płatności 0-3 dni po otrzymaniu zamówienia oraz bardzo dobrymi warunkami gwarancji czy też pakiet [65,3-7,BD] z ceną 65 PLN, terminem płatności 3-7 dni po otrzymaniu zamówienia oraz bardzo dobrymi warunkami gwarancji?”. Możliwe odpowiedzi są następujące: pierwsza oferta [60,0-3,BD] jest lepsza; druga oferta [65,3-7,BD] jest lepsza; obie oferty są równoważne. Na podstawie tak ujawnionych preferencji przez sprzedającego wyznacza się zupełny porządek na zbiorze wektorów należących do zbioru $R = Y_{nl} \cup \{W_I\}$ oraz buduje się wspólną skalę porządkową (JOS). Wspólna skala porządkowa otrzymana w wyniku analizy preferencji dokonanej przez sprzedającego na zbiorze referencyjnym przedstawiona została w tab. 1.

Tabela 1. Wspólna skala porządkowa JOS dla problemu negocjacyjnego

Pakiet	PR1	PR5	PR7	PR2	PR6	PR8	PR3	PR4
Ranga w JOS	1	2	3	4	5	6	7	8
Ocena kryterium	65, 0-3, BD	3-7	D	60	7-14	S	55	50

Źródło: opracowanie własne.

W celu oceny pakietów negocjacyjnych ze zbioru A w pierwszym kroku zastąpiono oceny ze względu na poszczególne kryteria przez rangi ze wspólnej skali porządkowej (JOS) dla ofert ze zbioru A . Następnie uporządkowano rangi od najmniejszej do największej oraz utworzono oceny pakietów negocjacyjnych ze względu na skalę JOS. Oceny pakietów ze zbioru A ze względu na JOS zaprezentowano w tab. 2.

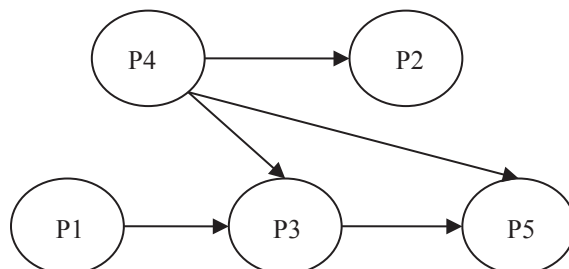
Tabela 2. Oceny JOS dla pakietów ze zbioru A

Oferta P_i	$P1=[65,3-7, D]$	$P2=[60,3-7,BD]$	$P3=[55,0-3,D]$	$P4=[65,7-14,D]$	$P5=[50,3-7,D]$
Ocena JOS(P_i)	JOS($P1$)=(2,3,4)	JOS($P2$)=(1,4,5)	JOS($P3$)=(2,3,7)	JOS($P4$)=(1,3,5)	JOS($P5$)=(2,3,8)

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2 przedstawia graf opisujący częściowy porządek na zbiorze A pakietów negocjacyjnych otrzymany na podstawie ocen JOS dla tych pakietów (tab. 2) oraz porównań parami wariantów ze zbioru A zgodnie z zasadą:

pakiet P_i jest nie mniej preferowany od pakietu P_j , gdzie $P_i, P_j \in A$, jeżeli $JOS_k P_i \leq JOS_k P_j$ dla każdego $k = 1, 2, 3$.



Rys. 2. Porządek częściowy pakietów negocjacyjnych ze zbioru A

Źródło: opracowanie własne.

Można zauważyć, że np. pakiet P1 jest bardziej preferowany niż P3, P3 niż P5. Podobnie pakiet P4 jest bardziej preferowany niż P3, P5 lub P2. Natomiast np. pakiety P1 oraz P4; P1 oraz P2; P2 oraz P5; P2 oraz P5 są nieporównywalne.

- Ocena pakietów negocjacyjnych metodą MARS

Zgodnie z procedurą MARS dokonano porównania pomiędzy sobą pakietów negocjacyjnych ze zbioru referencyjnego $R = Y_{ni} \cup \{W_j\}$, korzystając z oprogramowania M-MACBETH.

	[65,0-3.BD]	[65,3-7.BD]	[65,0-3.D]	[60,0-3.BD]	[65,7-14.BD]	[65,0-3.S]	[55,0-3.BD]	[50,0-3.BD]	Current scale	
[65,0-3.BD]	no	weak	moderate	moderate	strong	strong	v. strong	extreme	100.00	extreme
[65,3-7.BD]		no	very weak	weak	weak	weak	moderate	strong	66.67	v. strong
[65,0-3.D]			no	weak	weak-mod	weak	moderate	strg-vstr	62.96	strong
[60,0-3.BD]				no	very weak	very weak	weak	mod-strg	40.74	moderate
[65,7-14.BD]					no	very weak	very weak	moderate	37.04	weak
[65,0-3.S]						no	vweak-mod	vweak-weak	33.33	very weak
[55,0-3.BD]							no	very weak	18.52	no
[50,0-3.BD]								no	0.00	

Rys. 3. Porównanie wariantów ze zbioru referencyjnego z wykorzystaniem oprogramowania M-MACBETH

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu M-MACBETH.

Zestawienie ocen punktowych poziomów realizacji kryteriów dla sprzedającego otrzymanych przez M-MACBETH prezentuje rys. 3. Odnotujmy, że przyjęto ranking wariantów decyzyjnych ze zbioru referencyjnego jak w tab. 3.

Odległości L_i od idealnego wariantu dla pakietów ze zbioru A prezentuje tab. 4.

Tabela 3. Ocena p_{ik} sprzedającego 0-100

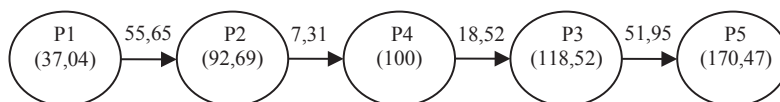
Poziom realizacji wariantu decyzyjnego	65	60	55	50	0-3	3-7	7-14	BD	D	S
Ocena punktowa	100	40,74	18,52	0	100	66,57	37,04	100	62,96	33,33

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Odległości od idealnego pakietu negocjacyjnego dla pakietów ze zbioru A

Oferta	P1=[65,3-7,D]	P2=[60,7-14,BD]	P3=[55,0-3,D]	P4=[65,7-14,D]	P5=[50,3-7,D]
Wartość Li	37,04	92,69	118,52	100	170,47

Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 4.** Ocena i uporządkowanie pakietów negocjacyjnych ze zbioru A otrzymane za pomocą metody MARS

Źródło: opracowanie własne.

Można zauważyć, że pakiet P1 jest bardziej preferowany niż P2, pakiet P2 bardziej niż P4, pakiet P4 niż P3 oraz pakiet P3 bardziej niż P5. Dodatkowo ustępstwo w przypadku rezygnacji z pakietu P1 na rzecz P2 ma wartość 55,65 pkt (92,69-37,04), a ustępstwo w przypadku rezygnacji z pakietu P2 na P4 można ocenić na 7,31 pkt (100-92,69).

- Ocena pakietów negocjacyjnych metodą UTA

Zgodnie z procedurą UTA w pierwszym kroku sprzedający dokonuje uporządkowania pakietów negocjacyjnych ze zbioru referencyjnego $R = Y_{nl} \cup \{W_B\}$. Przyjęto dalej rangi wariantów referencyjnych jak w tab. 3. Następnie, korzystając z oprogramowania Visual UTA [Internet 1], wyznaczono użyteczności cząstkowe ze względu na rozważane kryteria (tab. 5).

Tabela 5. Cząstkowe funkcje użyteczności dla kryterium „Cena”

Cena (w PLN)	50	55	60	65
Cząstkowa użyteczność	0	0,031	0,281	0,375

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu Visual UTA.

Tabela 6. Częstkowe funkcje użyteczności dla kryterium „Termin płatności”

Termin płatności (w dniach)	0-3	3-7	7-14
Cząstkowa użyteczność	0,313	0,281	0

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu Visual UTA.

Tabela 7. Częstkowe funkcje użyteczności dla kryterium „Warunki gwarancji”

Warunki gwarancji	Słabe (S)	Dobre (D)	Bardzo dobre (BD)
Cząstkowa użyteczność	0	0,25	0,315

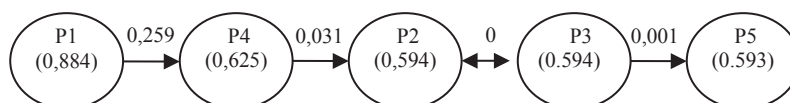
Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu Visual UTA.

Zestawienie otrzymanego rankingu pakietów negocjacyjnych ze zbioru *A* prezentuje tab. 8.

Tabela 8. Użyteczności globalne oraz rangi dla pakietów ze zbioru *A*

Oferta	P1=[65,3-7,D]	P2=[60,7-14,BD]	P3=[55,0-3,D]	P4=[65,7-14,D]	P5=[50,3-7, D]
Użyteczność globalna (ranga)	0,844 (1)	0,594 (3)	0,594 (3)	0,625 (2)	0,531 (4)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu Visual UTA.

**Rys. 5.** Ocena i uporządkowanie pakietów negocjacyjnych ze zbioru *A* otrzymane za pomocą metody UTA.

Źródło: opracowanie własne.

Można zauważyć, że pakiet P1 jest bardziej preferowany niż P4, pakiet P4 jest bardziej preferowany niż pakiet P2, pakiety P2 oraz P3 są jednakowo preferowane oraz pakiet P3 jest bardziej preferowany niż P5. Dodatkowo ustępstwo w przypadku rezygnacji z pakietu P1 na P4 ma wartość 0,259 pkt (0,884-0,625), a ustępstwo w przypadku rezygnacji z pakietu P4 na P3 lub P2 można ocenić na 0,031 pkt (0,625-0,594).

- Podsumowanie

Konstrukcja zbioru referencyjnego postaci $R = Y_{nl} \cup \{W_j\}$ jest przejrzysta i zrozumiała dla negocjatora, porównania parami całych wariantów decyzyjnych są naturalne z punktu widzenia problemu negocjacyjnego, gdyż wariant decyzyjny jest utożsamiany z konkretną ofertą negocjacyjną; brak konieczności szacowania istotności wag kryteriów jest niewątpliwie zaletą omawianych procedur.

Istotną zaletą metody ZAPROS jest jej prostota obliczeniowa, możliwość oceny pakietów w słabo ustrukturyzowanych problemach negocjacyjnych, szczególnie wówczas, gdy poziomy realizacji kwestii są opisane werbalnie. Niestety dużą niedogodnością jest otrzymanie częściowego porządku na zbiorze ofert, co może skutkować nieporównywalnością ofert negocjacyjnych. Ponadto brak ocen punktowych przypisanych pakietom nie pozwala na oszacowanie potencjalnych wartości ustępstw/korzyści. Tych niedogodności są pozbawione procedury MARS oraz UTA. Obie z nich umożliwiają uzyskanie pełnego rankingu z oceną punktową pakietów, wyznaczenie rozwiązań alternatywnych, szacowanie wartości ustępstw/korzyści. Każda z metod pozwala na ocenę dowolnego pakietu ze zbioru 36 potencjalnych ofert. Procedury MARS oraz UTA są, co prawda, bardziej skomplikowane rachunkowo, ale oprogramowanie M-MACBETH oraz Visual UTA są proste w obsłudze, zrozumiałe i przyjazne dla użytkownika.

5. Zakończenie

Podejście holistyczne modelowania preferencji oryginalnie zostało zapoczątkowane przez Siskosa [Jacquet-Lagrèze, Siskos 1982] i rozwijane było następnie w metodach rodziny UTA [Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis 2005] czy GRIP [Figueira, Greco, Słowiński 2009]. Metody te są oparte na paradygmacie dezagregacji-agregacji [Greco, Mousseau, Słowiński 2008], co oznacza, że budowany jest preporządek na zbiorze wariantów referencyjnych, a następnie na podstawie tej informacji dokonuje się oceny oraz tworzy ranking wariantów decyzyjnych określonych na całym zbiorze.

W opracowaniu dokonano analizy porównawczej trzech metod ZAPROS, MARS oraz UTA w kontekście wykorzystania informacji preferencyjnej zadanej przez decydenta w sposób pośredni za pomocą przykładów decyzji dla podzbioru wariantów referencyjnych składającego się z rozwiązań bliskich rozwiązaniu idealnemu. Zaletą proponowanego podejścia jest możliwość oceny wariantów decyzyjnych w problemach słabo lub nieustrukturyzowanych na podstawie niepełnej informacji preferencyjnej. Konstrukcja omawianego zbioru referencyjnego jest przejrzysta i zrozumiała dla decydenta, porównania parami całych wariantów decyzyjnych są naturalne z punktu widzenia wielu problemów decyzyjnych. Żadna z metod nie wymaga znajomości istotności wag kryteriów. Należy jednak pamiętać, że dobór narzędzia uzależniony jest od struktury problemu negocjacyjnego, stopnia jego złożoności, zakresu i rodzaju dostępnej informacji, znajomości i prostoty obliczeniowej algorytmu oraz systemu preferencji negocjatora [Guitouni, Martel 1998].

W pracy rozważania teoretyczne zostały zilustrowane przykładem obliczeniowym pokazującym możliwości i ograniczenia metody ZAPROS, MARS oraz UTA do oceny pakietów negocjacyjnych. Dalsze badania będą dotyczyć weryfikacji empirycznej użyteczności proponowanych metod do analizy problemów słabo ustrukturyzowanych (por. [Konopka, Roszkowska 2015]) ze szczególnym uwzględnieniem budowy systemu oceny ofert negocjacyjnych, a także poszukiwania innych metod

bazujących na pośredniej analizie preferencji. Na uwagę zasługuje np. metoda GRIP [Figueira, Greco, Słowiński 2009] oparta na paradygmacie *ordinal regression*, który może być traktowany jako uogólnienie podejścia zastosowanego w metodzie UTA. Zaletą metody GRIP w porównaniu z UTA jest możliwość określenia natężenia preferencji ze względu na porównane warianty decyzyjne i/lub kryteria.

Literatura

- Bana eCosta C., Vansnick J.-C., 1999, *The MACBETH approach: Basic ideas, software, and an application*, [w:] N. Meskens, M. Roubens (red.), *Advances in Decision Analysis*, Springer, s. 131-157.
- Brzostowski J., Roszkowska E., Wachowicz T., 2012, *Using an analytic hierarchy process to develop a scoring system for a set of continuous feasible alternatives in negotiation*, *Operations Research and Decisions*, no. 4, s. 21-40.
- Brzostowski J., Roszkowska E., Wachowicz T., 2012, *Using multiple criteria decision making methods in negotiation support*, *Optimum. Studia Ekonomiczne*, nr 5(59), s. 3-29.
- Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (red.), 2005, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, s. 609-637.
- Figueira J., Greco S., Słowiński R., 2009, *Building a set of additive value functions representing a reference preorder and intensities of preference: GRIP method*, *European Journal of Operational Research*, 82, 195, s. 460-486.
- Górecka D., Roszkowska E., Wachowicz D., 2014, *MARS – a hybrid of ZAPROS and MACBETH for verbal evaluation of the negotiation template*, *Group Decision and Negotiation 2014, GDN 2014, Proceedings of the Joint International Conference of the INFORMS GDN Section and the EURO Working Group on DSS*, (red.) Zaraté P., Camilleri G., Kamissoko D., Amblard F., Toulouse University, s. 24-31.
- Greco S., Mousseau V., Słowiński, R., 2008, *Ordinal regression revisited: Multiple criteria ranking using a set of additive value functions*, *European Journal of Operational Research*, 191, s. 416-436.
- Guitouni A., Martel J.M., 1998, *Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA, method*, *European Journal of Operational Research*, 109, s. 501-521.
- Jacquet-Lagrèze E., Siskos Y., 1982, *Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method*, *European Journal of Operational Research*, 10 (2), 151-164.
- Jacquet-Lagrèze E., Siskos Y., 2001, *Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience*, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), s. 233-245.
- Larichev O.I., 2001, *Ranking multicriteria alternatives: The method ZAPROS III*, *European Journal of Operational Research*, 131(3), s. 550-558.
- Larichev O.I., Moshkovich H.M., 1995, *HM: ZAPROS-LM – A method and system for ordering multi-attribute alternatives*, *European Journal of Operational Research* 82(3), s. 503-521.
- Larichev O.I., Moshkovich H.M., 1997, *Verbal Decision Analysis For Unstructured Problems*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Kersten G.E., Noronha S.J., 1999, *WWW-based negotiation support: Design, implementation and use*, *Decision Support Systems*, 25(2), s. 135-154.
- Konopka P., Roszkowska E., 2015 *Zastosowanie metody UTA do wspomaganie podejmowania decyzji o finansowaniu startupów działalności gospodarczej*, *Optimum. Studia Ekonomiczne*, nr 3(75), s. 138-153
- Moshkovich H.M., Mechitov A.I., Olson D.L., 2005, *Verbal Decision Analysis*, [w:] Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (red.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, s. 609-637.

- Mustajoki J., Hamalainen R.P., 2000, *Web-HIPRE: Global decision support by value tree and AHP analysis*, *INFOR J* 38(3), s. 208-220.
- Roszkowska E., Brzostowski J., Wachowicz T., 2014, *Supporting Ill-Structured Negotiation Problems*, [w:] *Human-Centric Decision-Making Models for Social Sciences*, Guo Peijun, Pedrycz W. (red.), Springer, London, s. 339-367.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2014, *SAW-Based Rankings vs. Intrinsic Evaluations of the Negotiation Offers – An Experimental Study*, [w:] *Group Decision and Negotiation. A Process-Oriented View: Joint INFORMS-GDN and EWG-DSS International Conference*, GDN 2014, Proceedings, (red.) Zarate P., Kersten G.E., Hernández J.E., Springer International Publishing, s. 176-183.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2015a, *Application of Fuzzy TOPSIS to scoring the negotiation offers in ill-structured negotiation problems*, *European Journal of Operational Research*, 242(5), s. 920-932.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2015b, *Holistic evaluation of the negotiation template – comparing MARS and GRIP approaches*, [w:] Kamiński B., Kersten G.E., Szufel P., Jakubczyk M., Wachowicz T. (red.), *The 15th International Conference on Group Decision and Negotiation Letters*, Warsaw School of Economics Press, s. 139-148.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2015c, *Inaccuracy in Defining Preferences by the Electronic Negotiation System Users*, *Lecture Notes in Business Information Processing, Outlooks and Insights on Group Decision and Negotiation* 218, s. 131-143.
- Roy B., 1990, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*, WNT, Warszawa.
- Salo A., Hämmäläinen R.P., 2012, *Multicriteria Decision Analysis in Group Decision Processes*, [w:] *Handbook of Group Decision and Negotiation*, (red.) Kilgour D.M., Eden C., Springer, Dordrecht, s. 269-284.
- Siskos Y., Grigoroudis E., Matsatsinis, 2005, *NF: UTA methods*, [w:] Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (red.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, s. 297-334.
- Thiessen E.M., Soberg A., 2003, *Smartsettle described with the Montreal taxonomy*, *Group Decision and Negotiation*, 12, s. 165-170.
- Trzaskalik T. (red.), 2014, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Metody i zastosowania*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Vetschera R., 2007, *Preference structures and negotiator behavior in electronic negotiations*, *Decis Support Sys*, 44(1), s. 135-146.
- Wachowicz T., 2006, *E-negocjacje. Modelowanie, analiza i wspomaganie*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach
- Wachowicz T., 2008, *NegoCalc: Spreadsheet Based Negotiation Support Tool with Even-Swap Analysis*, [w:] Climaco J., Kersten G., Costa J.P. (red.), *Group Decision and Negotiation 2008: Proceedings – Full Papers*, INESC Coimbra.
- Wachowicz T., 2013, *Metody wielokryterialne we wspomaganiu prenegocyjnego przygotowania negocjatorów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.

Internet

[1] <http://idss.cs.put.poznan.pl/site/visualuta.htm> (5.05.2015).

[2] <http://www.m-macbeth.com/en/downloads.html>.