

Ewa Roszkowska¹

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

Marzena Filipowicz-Chomko²

Politechnika Białostocka
e-mail: m.filipowicz@pb.edu.pl

Tomasz Wachowicz¹

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
e-mail: tomasz.wachowicz@ue.katowice.pl

OCENA AKCEPTOWALNOŚCI WYBRANYCH METOD WIELOKRYTERIALNYCH – BADANIE EKSPERYMENTALNE

ASSESSMENT OF ACCEPTABILITY OF SELECTED MULTICRITERIA METHODS – AN EXPERIMENTAL STUDY

DOI: 10.15611/pn.2018.507.22
JEL Classification: C19, D91

Streszczenie: Głównym celem pracy była ocena funkcjonalności oraz akceptowalności trzech metod wielokryterialnego wspomagania decyzji: SMART, AHP, TOPSIS, uzyskana w wyniku przeprowadzonego eksperymentu. Do badania wykorzystano kwestionariusz ankiety elektronicznej zaprojektowanej jako hybryda klasycznego internetowego system sondażowego i systemu wspomagania decyzji. Uczestnikami eksperymentu było 1477 studentów sześciu polskich uczelni. Jako najprostszą, najszybszą w użyciu oraz posiadającą najbardziej intuicyjny interfejs wskazano metodę TOPSIS, a najbardziej pracochłonną – metodę AHP. Wyniki badań mogą być pomocne w wyborze metody wsparcia decydenta przy rozwiązywaniu problemów decyzyjnych, tak by dokonany wybór uwzględniał jego ograniczenia poznawcze, jak również sposób analizy preferencji, czasochłonność oraz uwarunkowania techniczne metody.

Słowa kluczowe: analiza preferencji, metody wielokryterialne, SMART, AHP, TOPSIS.

Summary: The aim of this paper is to present the experimental study results on user's acceptability of three multicriteria decision aiding methods (MCDA): AHP, SMART, TOPSIS.

¹ Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki (2016/21/B/HS4/01583).

² Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WI/1/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

In experiment an electronic survey was used, which was designed as a hybrid of classic Internet survey questionnaire and decision aiding system. The participants were 1 477 students from six Polish universities. TOPSIS was chosen as the simplest and the fastest method with the most intuitive interface. Contrary, AHP was indicated as requiring the highest workload. Obtained results can be used to recommend the MCDA method to the decision makers that differ in cognitive capabilities and expectations regarding the preference elicitation protocol, graphical interface of software support tool etc.

Keywords: preference analysis, multiple criteria decision making methods, SMART, AHP, TOPSIS.

1. Wstęp

Metody wielokryterialne są z powodzeniem stosowane jako narzędzia wsparcia przy podejmowaniu złożonych decyzji. Do najbardziej popularnych metod MCDA (*Multiple Criteria Decision Aiding*) należą m.in. SMART [Edwards, Barron 1994], AHP [Saaty 1980], TOPSIS [Hwang, Yoon 1981]. Wiele prac badawczych podejmuje problematykę rekomendacji wybranych metod wspomagania decyzji w określonym kontekście decyzyjnym i sytuacyjnym (por. [Guitouni, Martel 1998]). Z wyborem konkretnej metody, a następnie poprawnym jej wykorzystywaniem wiąże się szereg innych pytań związanych z subiektywną percepcją decydentów, między innymi:

- Czym kierują się decydenci, wybierając daną metodę wsparcia?
- Jaki wpływ na wybór metody MCDA ma sposób analizy preferencji wobec kryteriów i poziomów realizacji tych kryteriów?
- Czy wybór metody MCDA jest związany z uwarunkowaniami technicznymi (np. interfejsem) komputerowych narzędzi wsparcia implementujących te metody?
- W jakim stopniu wybór metody MCDA uwarunkowany jest zdolnościami kognytywnymi, doświadczeniem i wiedzą decydenta?

Szukając odpowiedzi na niektóre z powyższych pytań, zorganizowano eksperyment decyzyjny, którego cząstkowe wyniki zostały przedstawione w niniejszym opracowaniu³. Głównym celem badania była *ocena akceptowalności* trzech metod wielokryterialnego wspomagania decyzji: AHP, SMART i TOPSIS; analiza subiektywnej oceny decydentów w zakresie *funkcjonalności* algorytmów wsparcia bazujących na tych metodach oraz badanie związków między *oceną funkcjonalności* metody a jej *rekomendacją* do wspomagania decyzji.

³ Wyniki zawarte w tej pracy stanowią część obszernego badania związanego z eksperymentami dotyczącymi użyteczności wybranych metod MCDA do wspomagania decyzji, w szczególności w kontekście wspomagania negocjacji (por. [Roszkowska, Wachowicz (red.) 2016, 2014a, b]).

2. Opis organizacji eksperymentu

Do badania wykorzystano ankietę elektroniczną⁴ zaprojektowaną jako hybryda klasycznego internetowego systemu sondażowego i systemu wspomagania decyzji. Uczestnikami eksperymentu było 1477 studentów sześciu polskich uczelni: Uniwersytetu w Białymstoku, Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie, Politechniki Białostockiej, Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Suwałkach. Eksperyment składał się z czterech etapów przedstawionych w tabeli 1.

Tabela 1. Etapy badania wspomaganego kwestionariuszem elektronicznym

Etapy	Zadania
1	Wypełnienie kwestionariusza predecyzyjnego
2	Zapoznanie z problemem decyzyjnym
3	Analiza decyzyjna
4	Wypełnienie kwestionariusza postdecyzyjnego

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Macierz decyzyjna zawierająca warianty i kryteria oceny

Wariant	Koszt wynajmu mieszkania (miesięcznie)	Liczba pokoi	Powierzchnia	Wyposażenie	Lokalizacja (czas dojazdu komunikacją miejską)
A	950 zł	2 pokoje (w tym 1 pokój z aneksem kuchennym)	35 m ²	lodówka, pralka, mikrofalą	10-12 min
B	1200 zł	3 pokoje (w tym salon z aneksem kuchennym)	54 m ²	lodówka, pralka, zmywarka, internet	30-35 min
C	900 zł	2 pokoje + kuchnia (osobno)	35 m ²	lodówka, pralka, internet (stałe łącze)	20-25 min
D	700 zł	1 pokój + kuchnia (osobno)	25 m ²	lodówka, pralka, telewizor, kablówka, internet (stałe łącze)	30-35 min
E	950 zł	1 pokój + kuchnia (osobno)	54 m ²	lodówka, pralka, internet (stałe łącze)	20-25 min

Źródło: opracowanie własne.

⁴ Strona internetowa ankiety: www.mpar.ue.katowice.pl/ankieta_

Uczestnicy w pierwszym etapie wypełniali krótką metryczkę, zawierającą podstawowe informacje demograficzne (np. wiek, płeć, profil studiów, miejsce zamieszkania), jak również deklarowali w 7-stopniowej skali Likerta swoje doświadczenie i umiejętności podejmowania decyzji oraz znajomość metod ich wspomagania. Następnie (etap 2) zapoznawali się z problemem decyzyjnym, którym był wybór mieszkania do wynajęcia. Problem ten został zdefiniowany w postaci macierzy decyzyjnej zawierającej pięć wariantów oraz pięć kryteriów oceny (tab. 2).

Główną częścią (etap 3) eksperymentu była analiza decyzyjna. W pierwszym kroku respondenci ustalali subiektywny ranking ofert, po czym wykorzystując zaimplementowane trzy wielokryterialne metody wspomaganie decyzji dokonywali oceny pięciu wariantów decyzyjnych. Każda z metod charakteryzowała się odmiennym sposobem prezentacji analizy preferencji oraz interfejsu. W metodzie AHP został wykorzystany mechanizm oceny lingwistycznej par opcji dla każdego kryterium, realizowany graficznie w oparciu o suwaki. Algorytm metody SMART wymagał od decydenta przypisania do każdej opcji kardynalnej oceny punktowej z przedziału [0;100], opisującej jej atrakcyjność. W metodzie TOPSIS zaś preferencje wobec opcji jakościowych były definiowane przy wykorzystaniu interfejsu piktogramowego (tzw. gwiazdek jakości), skojarzonego z siedmiostopniową numeryczną skalą oceny. Eksperyment kończył ostatni etap złożony z kwestionariusza postdecyzyjnego, którego głównym celem było zbadanie poziomu użyteczności i akceptowalności zaproponowanych wcześniej narzędzi wspomaganie decyzji w rozwiązywaniu problemu podejmowania decyzji wielokryterialnych. Respondenci wyrażali swoje opinie w 7-punktowej skali Likerta⁵ w odniesieniu do czterech następujących kryteriów: *prostota użycia* (prosta – trudna), *interfejs* (intuicyjny – skomplikowany), *zachowanie preferencji* (dobrze – słabo zachowująca preferencje), *czasochłonność* (szybka – czasochłonna). Częstkowe oceny każdego z kryteriów pozwoliły na uzyskanie oceny sumarycznej **funkcjonalności** każdej z zastosowanych metod. Ponadto kluczowym elementem w tej ankiecie było pytanie:

Q1: *Która metoda wg Ciebie (AHP, SMART, TOPSIS, żadna z przedstawionych) najbardziej nadaje się do wspomaganie podejmowania decyzji?*

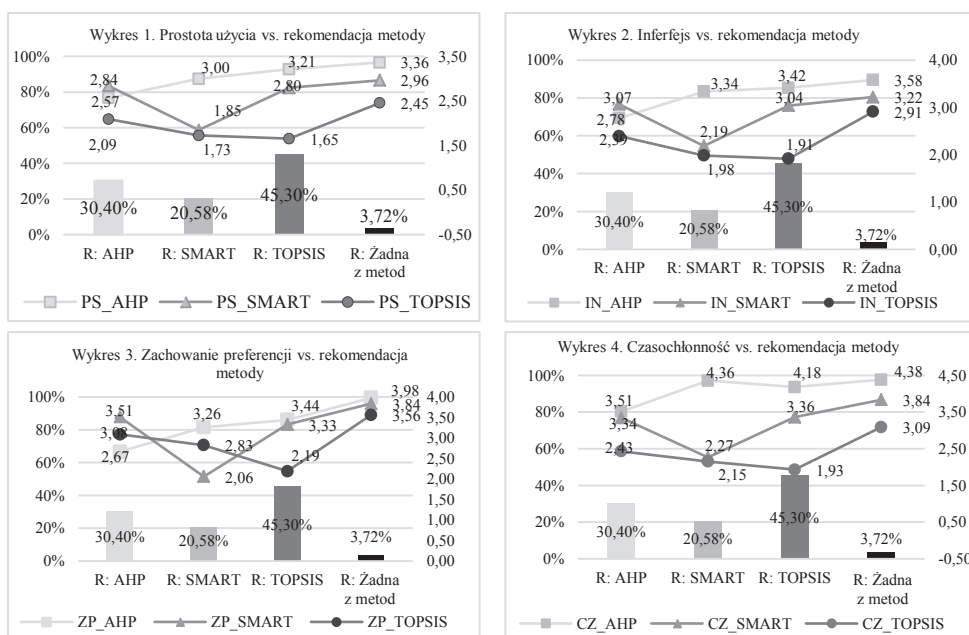
Odpowiedź na pytanie Q1 była ostateczną rekomendacją tej metody przez respondenta, po subiektywnym uwzględnieniu wad i zalet każdej z nich.

3. Wyniki badania

W wyniku analizy odpowiedzi na pytanie Q1 można stwierdzić, że na 1477 wszystkich uczestników – 669 (45,30%) rekomendowało metodę TOPSIS jako tę, która najbardziej nadaje się do wspomaganie procesów decyzyjnych. Jako drugą wskazywano metodę AHP – 449 (30,40%) respondentów, a następnie SMART – 304 (20,58%). Prawie 4% studentów nie zarekomendowało żadnej z zaproponowanych

⁵ Niższe wartości oznaczają wyższą ocenę kryterium.

metod. W tym kontekście przeprowadzono głębszą analizę ocen respondentów dotyczących wszystkich kryteriów definiujących funkcjonalność metod. Szczegółowe wyniki tej analizy zamieszczono na wykresach obrazujących ocenę każdego kryterium oddzielnie (rys. 1). W celu weryfikacji statystycznej istotności różnic pomiędzy parami ocen dla danego kryterium w przypadku trzech wyróżnionych metod: AHP, SMART, TOPSIS w każdej z grup metod rekomendowanych (R:AHP, R:SMART, R:TOPSIS) oddzielnie zastosowano test znaków rangowanych Wilcozona (krótko: test W). Natomiast analizę istotności różnic pomiędzy parami metod rekomendowanych dla każdego kryterium i każdej metody oddzielnie przeprowadzono za pomocą testu U Manna-Whitneya (test M-W)⁶.



Rys. 1. Wykresy przedstawiające średnie oceny każdej z metod (AHP, SMART, TOPSIS) w odniesieniu do kryteriów (PS, IN, ZP, CZ) vs. rekomendacja metody*

* R:X – rekomendowana metoda X; PS_X – prostota metody X; IN_X – interfejs metody X; ZP – zachowanie preferencji przez metodę X; CZ – czasochłonność metody X, gdzie $X = \{AHP, SMART, TOPSIS\}$

Źródło: opracowanie własne.

⁶ Zarówno w przypadku testu Wilcozona, jak i U Manna-Whitneya został przyjęty poziom istotności $p < 0,05$. Wybór powyższych testów został podyktowany charakterem zmiennych (dane jakościowe oraz porządkowe).

Wśród wszystkich respondentów niezależnie od rekomendowanej metody pod względem **prostoty użycia** najlepiej oceniana była metoda TOPSIS, przy czym różnica ocen prostoty użycia TOPSIS w grupach R.SMART i R.TOPSIS nie była statystycznie istotna ($p = 0,11$; test M-W). Analizując wyniki przedstawione na wykresie 1 (rys. 1), można wyciągnąć następujące wnioski: respondenci, którzy rekomendowali metodę AHP, wskazywali metodę TOPSIS jako najprostszą, w następnej kolejności zaś AHP i różnica ta była statystycznie istotna ($p = 0,00$; test W). W grupie osób rekomendujących metodę SMART również najlepiej oceniana była metoda TOPSIS, w drugiej kolejności SMART, a na końcu AHP, przy czym różnica w ocenie prostoty TOPSIS i SMART w grupie R.SMART nie była statystycznie istotna ($p = 0,09$; test W). W przypadku osób rekomendujących TOPSIS również tę metodę wskazywano jako najprostszą w użyciu i różnice pomiędzy TOPSIS a wybieraną jako drugą – SMART, jak i trzecią – AHP w grupie R.TOPSIS były statystycznie istotne ($p = 0,00$; test W).

Z wykresu 2 (rys. 1) wynika, że w przypadku oceny **interfejsu** uzyskujemy bardzo podobne wyniki do tych otrzymanych dla kryterium prostota użycia. Również w tym przypadku, niezależnie od rekomendacji, metoda TOPSIS była wskazywana jako ta, której interfejs był oceniany jako najbardziej intuicyjny. Przy czym różnica oceny interfejsu TOPSIS pomiędzy grupami R.TOPSIS oraz R.SMART nie była statystycznie istotna ($p = 0,16$; test M-W). Szczegółowa analiza w każdej z grup metod rekomendowanych daje takie same wyniki, jak w przypadku poprzedniego kryterium. W tym przypadku wszystkie rozpatrywane w rekomendowanych grupach różnice są statystycznie istotne ($p < 0,05$; test W).

Wykres 3 (rys. 1), obrazujący zależności między kryterium **zachowanie preferencji** a rekomendacją metody, pozwala stwierdzić, iż w tym przypadku respondenci, którzy wskazywali daną metodę jako najbardziej nadającą się do wspomaganie decyzji, również oceniali ją jako najlepiej zachowującą preferencje. Różnice w ocenie zachowania preferencji dla wszystkich rozpatrywanych przypadków par rekomendowanych grup metod były statystycznie istotne ($p < 0,05$; test M-W).

Ocena ostatniego kryterium – **czasochłonności** została przedstawiona na wykresie 4 (rys. 1). Wszyscy respondenci za najbardziej czasochłonną uznawali metodę AHP, na drugim miejscu wskazywali metodę SMART, jako najszybszą w użyciu zaś – metodę TOPSIS. Poza dwoma przypadkami⁷ rozpatrywane w obrębie grup rekomendowanych metod różnice były statystycznie istotne. Respondenci, którzy rekomendowali metodę TOPSIS, również tę metodę uznawali za najszybszą w użyciu, w drugiej kolejności SMART, a na końcu AHP, i w tym wypadku wszystkie różnice były statystycznie istotne.

W najmniejszej grupie, złożonej z 55 osób, które nie rekomendowały żadnej z przedstawionych metod, w przypadku każdego **kryterium** najwyższej oceniana była

⁷ Różnice statystycznie nieistotne dotyczyły: R:AHP – CZ_AHP – CZ_SMART ($p = 0,19$, test W) oraz R:SMART – CZ_SMART – CZ_TOPSIS ($p = 0,17$; test W).

metoda TOPSIS, a najslabiej AHP, przy czym w większości przypadków różnice między oceną analizowanych aspektów funkcjonalności tych metod były statystycznie nieistotne ($p > 0,05$; test W).

W dalszych badaniach oceny kryteriów funkcjonalności metod poddane były analizie czynnikowej, w wyniku której wyodrębniono trzy czynniki odpowiadające ocenie konkretnej metody: AHP, SMART i TOPSIS. Ładunki czynnikowe zostały zawarte w tab. 3. Przeprowadzona analiza rzetelności dała zadowalające rezultaty⁸, które pozwoliły na zdefiniowanie pojęcia ogólnej funkcjonalności metody. Ostatecznie, po ustaleniu silnej korelacji (powyżej 0,98) pomiędzy wartościami czynnikowymi oceny metody X a średnią ocen każdego kryterium, zdecydowano się na zdefiniowanie funkcjonalności metody X dla $X = \{AHP, SMART, TOPSIS\}$ jako średniej z sumy ocen wyrażonych przez każdego decydena.

Tabela 3. Ładunki czynnikowe dla ocen kryteriów

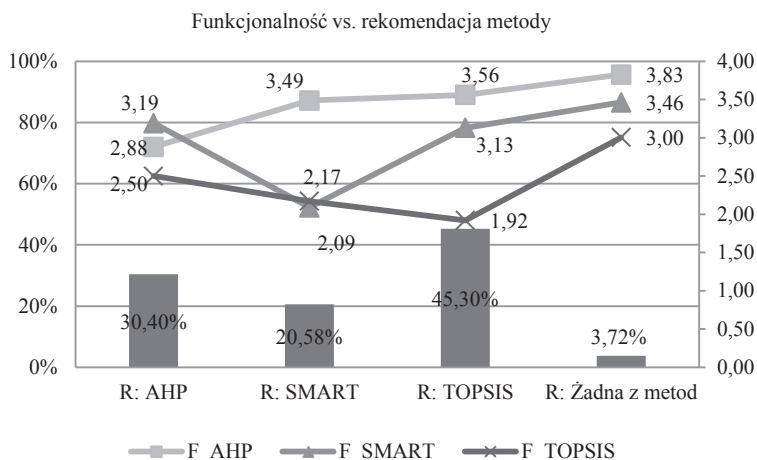
Kryterium	Czynnik 1 OCENA TOPSIS	Czynnik 2 OCENA AHP	Czynnik 3 OCENA SMART
PS_TOPSIS	0,840	0,074	0,160
IN_TOPSIS	0,828	0,054	0,181
ZP_TOPSIS	0,690	0,105	0,053
CZ_TOPSIS	0,830	0,076	0,108
PS_AHP	0,110	0,829	0,144
IN_AHP	0,077	0,842	0,175
ZP_AHP	0,100	0,693	0,136
CZ_AHP	0,032	0,801	-0,024
PS_SMART	0,138	0,086	0,845
IN_SMART	0,183	0,137	0,828
ZP_SMART	0,079	0,132	0,685
CZ_SMART	0,100	0,064	0,793

Źródło: opracowanie własne.

Średnie oceny funkcjonalności każdej z metod w wyróżnionych grupach metod rekomendowanych zostały zaprezentowane na rys. 2.

Z analizy rys. 2 wynika, że respondenci, którzy rekomendowali metodę AHP, jej funkcjonalność oceniali gorzej niż funkcjonalność metody TOPSIS i różnica ta była statystycznie istotna ($p < 0,05$; test W). Osoby wskazujące metodę SMART jako tę,

⁸ Wartości alfy Cronbacha wynosiły dla AHP – 0,841, SMART – 0,795, TOPSIS – 0,795, zaś procent całkowitej wyjaśnionej wariancji był bliski 66%.



Rys. 2. Wykres obrazujący średnie oceny funkcjonalności każdej z metod (AHP, SMART, TOPSIS) vs. rekomendacja metody*

* R:X – rekomendowana metoda X; F_X – funkcjonalność metody X, gdzie X = {AHP, SMART, TOPSIS}.

Źródło: opracowanie własne.

która najlepiej nadaje się do wspomagania decyzji, najwyżej oceniali jej funkcjonalność, a tuż za nią funkcjonalność metody TOPSIS, ale różnica oceny funkcjonalności SMART i TOPSIS była statystycznie nieistotna ($p = 0,06$; test W). Wśród respondentów rekomendujących metodę TOPSIS najlepiej oceniana była funkcjonalność tej metody ze średnią oceną równą 1,92, i to z dużą przewagą nad pozostałymi metodami SMART i AHP, ze średnimi odpowiednio równymi 3,13 oraz 3,56. Wszystkie różnice w tym przypadku były statystycznie istotne ($p < 0,05$; test W).

4. Zakończenie

W pracy, opierając się na przedstawionym eksperymencie badawczym, podjęto dyskusję na temat akceptowalności wybranych metod wielokryterialnych. Częstkowe oceny funkcjonalności wykazują, że w przeprowadzonym badaniu eksperymentalnym metoda TOPSIS była wskazywana jako najprostsza oraz najszybsza w użyciu, jak również posiadająca najbardziej intuicyjny interfejs. Ta metoda była też najczęściej rekomendowana do wspomagania decyzji. Natomiast pod względem zachowania preferencji oceny respondentów były zgodne, tzn. najlepiej oceniana była ta metoda, która następnie była rekomendowana. Respondenci byli też zgodni co do oceny czasochłonności metody. Niezależnie od rekomendacji wskazywali metodę AHP jako najbardziej czasochłonną, TOPSIS zaś jako najszybszą w użyciu.

W ogólnej ocenie funkcjonalności w przypadku metod SMART i TOPSIS rekomendacja metody pokrywała się z najwyższą oceną jej funkcjonalności, przy czym należy zauważyć, że uzyskane różnice nie zawsze były statystycznie istotne.

Przedstawione analizy prowadzą do kolejnych pytań, które wytyczają kierunki dalszych badań, a wśród nich: Co zadecydowało o popularności metody TOPSIS? Czy powodem była tendencja decydentów do unikania deklaracji preferencji za pomocą kategorii ilościowych (*low number sense*), a może uproszczony algorytm działania, czy też oszczędność czasu i wysiłku (*low cognitive demand*)? Czy rewizja protokołu działania oraz zmiana interfejsu innych metod pozwoli zwiększyć poziom akceptacji i podnieść ocenę ich funkcjonalności? Czy próba połączenia precyzji działania algorytmu SMART z łatwością obsługi algorytmu TOPSIS przyniesie pozytywny rezultat w postaci precyzyjnego systemu oceny? Warto też zaznaczyć, że prezentowane w pracy wyniki mogą być pomocne w problemie wyboru metody wielokryterialnej do analizy problemu decyzyjnego, np. do budowy systemu oceny ofert negocjacyjnych [Roszkowska, Wachowicz 2016].

Literatura

- Edwards W., Barron F.H., 1994, *SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement*, *Organ Behav Hum Dec*, vol. 60(3), s. 306–325.
- Guitouni A., Martel J.M., 1998, *Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method*, *European Journal of Operational Research*, no. 109, s. 501–521.
- Hwang C.-L., Yoon K., 1981, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2014a, *Defining preferences and reference points – a multiple criteria decision making experiment*, [w:] *Lecture Notes in Business Information Processing. Group Decision and Negotiation. A Process-Oriented View*, eds. P. Zaraté, G.E. Kersten, J.E. Hernández, Springer, s. 136–143.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2014b, *SAW-Based rankings vs. intrinsic evaluations of the negotiation offers – an experimental study*, [w:] *Lecture Notes in Business Information Processing. Group Decision and Negotiation. A Process-Oriented View*, eds. P. Zaraté, G.E. Kersten, J.E. Hernández, Springer, s. 176–183.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2015, *Inaccuracy in defining preferences by the electronic negotiation system users*, *Lecture Notes in Business Information Processing*, no. 218, s. 131–143.
- Roszkowska E., Wachowicz T., 2016, *Analyzing the applicability of selected MCDA methods for determining the reliable scoring systems*, *Proceedings of the 16th International Conference on Group Decision and Negotiation Bellingham*, eds. D.S. Bajwa, S. Koeszegi, R. Vetschera, Western Washington University, s. 180–187.
- Roszkowska E., Wachowicz T. (red.), 2016, *Negocjacje. Analiza i wspomaganie decyzji*, Wolters Kluwer Polska.
- Saaty T.L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York.