

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

278

Taksonomia 20

Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania



Redaktorzy naukowi

Krzysztof Jajuga

Marek Walesiak



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2013

Redaktor Wydawnictwa: Aleksandra Śliwka

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Małgorzata Czupryńska

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:

www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,

The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się

na stronie internetowej Wydawnictwa

www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Tytuł dofinansowany ze środków Narodowego Banku Polskiego

oraz ze środków Sekcji Klasyfikacji i Analizy danych PTS

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie

wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Wrocław 2013

ISSN 1899-3192 (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)

ISSN 1505-9332 (Taksonomia)

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp	9
Józef Pocięcha: Wskaźniki finansowe a klasyfikacyjne modele predykcji upadłości firm	15
Eugeniusz Gatnar: Analiza miar adekwatności rezerw walutowych	23
Marek Walesiak: Zagadnienie doboru liczby klas w klasyfikacji spektralnej	33
Joanicjusz Nazarko, Joanna Ejdyś, Anna Kononiuk, Anna M. Olszewska: Analiza strukturalna jako metoda klasyfikacji danych w badaniach foresight	44
Andrzej Bąk: Metody porządkowania liniowego w polskiej taksonomii – pakiet <code>pllord</code>	54
Aleksandra Łuczak, Feliks Wysocki: Zastosowanie mediany przestrzennej Webera i metody TOPSIS w ujęciu pozycyjnym do konstrukcji syntetycznego miernika poziomu życia	63
Ewa Roszkowska: Zastosowanie rozmytej metody TOPSIS do oceny ofert negocjacyjnych	74
Jacek Batóg: Analiza wrażliwości metody ELECTRE III na obserwacje nietypowe i zmianę wartości progowych	85
Jerzy Korzeniewski: Modyfikacja metody HINoV selekcji zmiennych w analizie skupień	93
Małgorzata Markowska, Danuta Strahl: Wykorzystanie referencyjnego systemu granicznego do klasyfikacji europejskiej przestrzeni regionalnej ze względu na filar inteligentnego rozwoju – kreatywne regiony	101
Elżbieta Sobczak: Inteligentne struktury pracujących a efekty strukturalne zmian zatrudnienia w państwach Unii Europejskiej.....	111
Elżbieta Gołata, Grażyna Dehnel: Rozbieżności szacunków NSP 2011 i BAEL.....	120
Iwona Foryś: Wykorzystanie analizy historii zdarzeń do badania powtórnego sprzedaży na lokalnym rynku mieszkaniowym	131
Hanna Dudek, Joanna Landmesser: Wpływ relatywnej deprivacji na subiektywne postrzeganie dochodów.....	142
Grażyna Łaska: Syntaksonomia numeryczna w klasyfikacji, identyfikacji i analizie przemian zbiorowisk roślinnych	151
Magdalena Osińska, Marcin Faldziński, Tomasz Zdanowicz: Analiza zależności między procesami fundamentalnymi a rynkiem kapitałowym w Chinach	161

Andrzej Bąk, Tomasz Bartłomowicz: Mikroekonometryczne modele wielomianowe i ich zastosowanie w analizie preferencji z wykorzystaniem programu R	169
Andrzej Dudek, Bartosz Kwaśniewski: Przetwarzanie równoległe algorytmów analizy skupień w technologii CUDA	180
Michał Trzęsiok: Wycena rynkowej wartości nieruchomości z wykorzystaniem wybranych metod wielowymiarowej analizy statystycznej	188
Joanna Trzęsiok: Wybrane symulacyjne techniki porównywania nieparametrycznych metod regresji.....	197
Artur Mikulec: Kryterium Mojeny i Wisharta w analizie skupień – przypadek skupień o różnych macierzach kowariancji	206
Artur Zaborski: Analiza <i>unfolding</i> z wykorzystaniem modelu grawitacji	216
Justyna Wilk: Identyfikacja obszarów problemowych i wzrostowych w województwie dolnośląskim w zakresie kapitału ludzkiego	225
Karolina Bartos: Analiza ryzyka odejścia studenta z uczelni po uzyskaniu dyplomu licencjata – zastosowanie sieci MLP	236
Ewa Genge: Segmentacja uczestników Industriady z wykorzystaniem analizy klas ukrytych	246
Izabela Kurzawa: Wielomianowy model logitowy jako narzędzie identyfikacji czynników wpływających na sytuację mieszkaniową polskich gospodarstw domowych	254
Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Jerzy Kołodziej: Modele eksploracji danych niezbilansowanych – procedury klasyfikacji dla zadania analizy ryzyka operacyjnego.....	262
Aleksandra Łuczak: Zastosowanie rozmytej hierarchicznej analizy w tworzeniu strategii rozwoju jednostek administracyjnych	271
Marcin Pelka: Rozmyta klasyfikacja spektralna c -średnich dla danych symbolicznych interwałowych.....	282
Małgorzata Machowska-Szewczyk: Klasyfikacja obiektów reprezentowanych przez różnego rodzaju cechy symboliczne	290
Ewa Chodakowska: Indeks Malmquista w klasyfikacji podmiotów gospodarczych według zmian ich względnej produktywności działania	300
Beata Bieszk-Stolorz, Iwona Markowicz: Wykorzystanie modeli proporcjonalnego i nieproporcjonalnego hazardu Coxa do badania szansy podjęcia pracy w zależności od rodzaju bezrobocia	311
Marcin Salamaga: Weryfikacja teorii poziomu rozwoju gospodarczego J.H. Dunninga w ujęciu sektorowym w wybranych krajach Unii Europejskiej	321
Justyna Wilk, Michał Bernard Pietrzak, Stanisław Matusik: Sytuacja społeczno-gospodarcza jako determinanta migracji wewnętrznych w Polsce.	330
Hanna Gruchociak: Delimitacja lokalnych rynków pracy w Polsce na podstawie danych z badania przepływów ludności związanych z zatrudnieniem	343

Radosław Pietrzyk: Efektywność inwestycji polskich funduszy inwestycyjnych z tytułu doboru papierów wartościowych i umiejętności wykorzystania trendów rynkowych	351
Sabina Denkowska: Procedury testowań wielokrotnych	362

Summaries

Józef Pocięcha: Financial ratios and classification models of bankruptcy prediction	22
Eugeniusz Gatnar: Analysis of FX reserve adequacy measures	32
Marek Walesiak: Automatic determination of the number of clusters using spectral clustering	43
Joanicjusz Nazarko, Joanna Ejdys, Anna Kononiuk, Anna M. Olszewska: Structural analysis as a method of data classification in foresight research	53
Andrzej Bąk: Linear ordering methods in Polish taxonomy – pllord package	62
Aleksandra Łuczak, Feliks Wysocki: The application of spatial median of Weber and the method TOPSIS in positional formulation for the construction of synthetic measure of standard of living	73
Ewa Roszkowska: Application of the fuzzy TOPSIS method to the estimation of negotiation offers.....	84
Jacek Batóg: Sensitivity analysis of ELECTRE III method for outliers and change of thresholds	92
Jerzy Korzeniewski: Modification of the HINoV method of selecting variables in cluster analysis	100
Małgorzata Markowska, Danuta Strahl: Implementation of reference limit system for the European regional space classification regarding smart growth pillar – creative regions	110
Elżbieta Sobczak: Smart workforce structures versus structural effects of employment changes in the European Union countries	119
Elżbieta Gołata, Grażyna Dehnel: Divergence in National Census 2011 and LFS estimates.....	130
Iwona Foryś: Event history analysis in the resale study on the local housing market	141
Hanna Dudek, Joanna Landmesser: Impact of the relative deprivation on subjective income satisfaction	150
Grażyna Łaska: Numerical syntaxonomy in classification, identification and analysis of changes of secondary communities	160
Magdalena Osińska, Marcin Faldziński, Tomasz Zdanowicz: Analysis of relations between fundamental processes and capital market in China.....	166
Andrzej Bąk, Tomasz Bartłomowicz: Microeconomic polynomial models and their application in the analysis of preferences using R program.....	179

Andrzej Dudek, Bartosz Kwaśniewski: Parallel processing of clustering algorithms in CUDA technology	187
Michał Trzęsiok: Real estate market value estimation based on multivariate statistical analysis	196
Joanna Trzęsiok: On some simulative procedures for comparing nonparametric methods of regression.....	205
Artur Mikulec: Mojena and Wishart criterion in cluster analysis – the case of clusters with different covariance matrices	215
Artur Zaborski: Unfolding analysis by using gravity model	224
Justyna Wilk: Determination of problem and growth areas in Dolnośląskie Voivodship as regards human capital.....	235
Karolina Bartos: Risk analysis of bachelor students' university abandonment – the use of MLP networks	245
Ewa Genge: Clustering of industrial holiday participants with the use of latent class analysis.....	253
Izabela Kurzawa: Multinomial logit model as a tool to identify the factors affecting the housing situation of Polish households.....	261
Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Jerzy Kołodziej: Modelling class imbalance problems: comparing classification approaches for surgical risk analysis	270
Aleksandra Łuczak: The application of fuzzy hierarchical analysis to the evaluation of validity of strategic factors in administrative districts.....	281
Marcin Pełka: A spectral fuzzy c-means clustering algorithm for interval-valued symbolic data	289
Małgorzata Machowska-Szewczyk: Clustering algorithms for mixed-feature symbolic objects	299
Ewa Chodakowska: Malmquist index in enterprises classification on the basis of relative productivity changes	310
Beata Bieszk-Stolorz, Iwona Markowicz: Using proportional and non proportional Cox hazard models to research the chances for taking up a job according to the type of unemployment	320
Marcin Salamaga: Verification J.H. Dunning's theory of economic development by economic sectors in some EU countries	329
Justyna Wilk, Michał Bernard Pietrzak, Stanisław Matusik: Socio-economic situation as a determinant of internal migration in Poland	342
Hanna Gruchociak: Delimitation of local labor markets in Poland on the basis of the employment-related population flows research.....	350
Radosław Pietrzyk: Selectivity and timing in Polish mutual funds performance measurement	361
Sabina Denkowska: Multiple testing procedures.....	369

Ewa Roszkowska

Uniwersytet w Białymstoku

ZASTOSOWANIE ROZMYTEJ METODY TOPSIS DO OCENY OFERT NEGOCJACYJNYCH¹

Streszczenie: W pracy pokazano możliwości zastosowania rozmytej metody TOPSIS do wspomaganie procesu negocjacji. Rozmyta metoda TOPSIS pozwala na ocenę ofert negocjacyjnych, ich uporządkowanie od najlepszej do najgorszej, szacowanie wartości ustępstw z uwzględnieniem w analizie niepewności, częściowej informacji czy wyrażen werbalnych. Podejmowanie decyzji na podstawie danych lingwistycznych oraz FTOPSIS ma formę bliższą językowi naturalnemu, a wynik może być lepiej dopasowany do przebiegu rzeczywistego procesu negocjacyjnego.

Słowa kluczowe: negocjacje, metody wielokryterialne, FTOPSIS, liczby rozmyte, zmienne lingwistyczne.

1. Wstęp

We wspomaganie negocjacji z powodzeniem stosowane są metody wielokryterialne, które pozwalają na uwzględnienie w analizie szeregu trudno mierzalnych, a czasem sprzecznych kryteriów. Złożoność procesu negocjacji powoduje, że niełatwo jest opisać przebieg negocjacji, używając dokładnych, precyzyjnych pojęć. Ścisłe i precyzyjne sformalizowanie procesu negocjacji pozwala co prawda na pewną elegancję matematyczną, ale wyniki praktyczne są często niezadowalające. Analiza negocjacji wymaga uwzględnienia niepewności, częściowej informacji, nieprecyzyjności danych, wyrażen werbalnych czy subiektywnych preferencji decydenta. W tym celu odpowiednie procedury obliczeniowe metod wielokryterialnych są przenoszone w dziedzinę liczb rozmytych [Hwang, Yoon 1981; Chen, Hwang 1992].

Przedmiotem rozważań artykułu są możliwości zastosowania rozmytej metody TOPSIS (FTOPSIS) do wspomaganie procesu negocjacji. FTOPSIS umożliwia ocenę ofert negocjacyjnych, ich uporządkowanie od najlepszej do najgorszej, szacowanie wartości ustępstw. Podejmowanie decyzji w oparciu o dane lingwistyczne oraz

¹ Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/03/B/HS4/03857.

FTOPSIS ma formę bliższą językowi naturalnemu, a wynik może być lepiej dopasowany do przebiegu rzeczywistego procesu negocjacyjnego.

2. Podstawowe pojęcia teorii zbiorów oraz liczb rozmytych

Pojęcie zbioru rozmytego, jako uogólnienie zbioru klasycznego, zostało wprowadzone przez L.A. Zadeha w 1965 roku do określania znaczeń pojęć nieostrych (przybliżonych) lub pojęć werbalnych [Zadeh 1965]. Niech X będzie przestrzenią obiektów. Zbiór rozmyty A definiuje się za pomocą równości $A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X, \mu_A(x) \in \langle 0, 1 \rangle\}$, gdzie μ_A jest tzw. funkcją przynależności określoną na X i przyjmującą wartości z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$.

W klasie wszystkich zbiorów rozmytych wyróżnia się pewną ich podklasę: ograniczone, domknięte, wypukłe i normalne podzbiory rozmyte, które nazywa się wielkościami przybliżonymi. Rozmyte wielkości przybliżone będące podzbiorem prostej rzeczywistej \mathfrak{R} definiuje się jako liczby rozmyte. Najczęściej stosuje się tzw. trójkątne lub trapezowe liczby rozmyte. Trójkątną liczbą rozmytą \hat{A} nazywa się trójkę postaci (a, b, c) o funkcji przynależności zdefiniowanej następująco [Chen 2000]:

$$\mu_{\hat{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{dla } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{dla } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{dla } x > c \end{cases} \quad (1)$$

3. Zmienne lingwistyczne w modelowaniu negocjacji

Modelowanie negocjacji wymaga umiejętności przetwarzania danych lingwistycznych w miejsce danych numerycznych. Przetwarzanie lingwistyczne jest najbliższe człowiekowi i bardziej naturalne, co więcej określenia słowne, mimo swej nieprecyzyjności, w odróżnieniu od danych liczbowych, mogą dobrze oddawać istotę sprawy. Zmienne lingwistyczne są użyteczne w sytuacji, gdy dostępna informacja jest zbyt nieprecyzyjna, aby zapisać ją w postaci numerycznej, lub gdy w wyniku przetwarzania danych lingwistycznych można otrzymać rozwiązania lepiej korespondujące z rzeczywistością, przy jednoczesnym niższym koszcie obliczeniowym. Pojęcie zmiennej lingwistycznej, czyli zmiennej, która przyjmuje jako swe wartości słowa, zostało wprowadzone przez Zadeha [1975]. Dla określenia wartości liczbowej wyrażeń lingwistycznych można wykorzystać trójkątne liczby rozmyte [Chen 2000].

4. Rozmyta procedura TOPSIS

Rozmyta procedura TOPSIS (FTOPSIS) składa się z następujących etapów² [Chen 2000]:

1. *Budowa rozmytej macierzy decyzyjnej oraz wyznaczenie wektora wag.* Niech $\hat{X} = [\hat{x}_{ij}]_{m \times n}$ rozmyta macierz decyzyjna, gdzie \hat{x}_{ij} wartość i -tego wariantu decyzyjnego ze względu na j -te kryterium oraz $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ wektor wag, gdzie w_j – waga j -tego kryterium, $w_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Przez I oznaczymy zbiór kryteriów zyskowych, J kryteriów kosztowych.

2. *Normalizacja rozmytej macierzy decyzyjnej.* Najczęściej wykorzystywane formuły to normalizacja [Kahraman i in. 2007; Chen 2000]:

- wektorowa: $\hat{z}_{ij} = \frac{\hat{x}_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\hat{x}_{ij})^2}}$, dla $i = 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$, (2)

- liniowa (I typ): $\hat{z}_{ij} = \frac{\hat{x}_{ij}}{\sum_{i=1}^m \hat{x}_{ij}}$ dla $i = 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$, (3)

- liniowa (II typ):

$$\hat{z}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^{\max}}, \frac{b_{ij}}{c_j^{\max}}, \frac{c_{ij}}{c_j^{\max}} \right) \text{ dla } j \in I, \quad \hat{z}_{ij} = \left(\frac{a_j^{\min}}{c_{ij}}, \frac{a_j^{\min}}{b_{ij}}, \frac{a_j^{\min}}{a_{ij}} \right) \text{ dla } j \in J, j = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

- liniowa (III typ):

$$\hat{z}_{ij} = \frac{a_{ij} - a_j^{\min}}{\Delta_{\min}^{\max}}, \frac{b_{ij} - a_j^{\min}}{\Delta_{\min}^{\max}}, \frac{c_{ij} - a_j^{\min}}{\Delta_{\min}^{\max}}, \text{ dla } j \in I, j = 1, \dots, n,$$

$$\hat{z}_{ij} = \frac{c_{ij} - c_j^{\max}}{\Delta_{\max}^{\min}}, \frac{b_{ij} - c_j^{\max}}{\Delta_{\max}^{\min}}, \frac{a_{ij} - c_j^{\max}}{\Delta_{\max}^{\min}}, \text{ dla } j \in J, j = 1, \dots, n, \quad (5)$$

² Definicje działań na trójkątnych liczbach rozmytych czy miarach odległości wykorzystywanych w rozmytej procedurze TOPSIS zawierają np. prace takich autorów, jak Chen [2000], Kahraman i in. [2007], Wysocki [2010]. Warto też zaznaczyć, że klasyczna metoda TOPSIS zaproponowana przez Hwang i Yoon [1981] nawiązuje do podstaw teoretycznych przyjętych wcześniej przez Hellwiga [1968]. W przypadku stosowania metody TOPSIS w badaniach społeczno-ekonomicznych wykorzystuje się odpowiednie pojęcia wielowymiarowej analizy porównawczej. Wariantowi decyzyjnemu odpowiada pojęcie obiekt, kryteria utożsamia się z cechami, kryteria typu zysk to stymulanty, typu koszt to destymulanty, pojęciu rozwiązanie idealne odpowiada wzorzec (rozwoju), a antyidealnemu – antywzorzec (rozwoju).

$$\Delta_{\min}^{\max} = c_j^{\max} - a_j^{\min}, \quad \Delta_{\max}^{\min} = a_j^{\min} - c_j^{\max}, \quad a_j^{\min} = \min_i a_{ij}, \quad c_j^{\max} = \max_i c_{ij}.$$

3. Budowa znormalizowanej macierzy decyzyjnej $V = [\hat{r}_{ij}]_{m \times n}$ z uwzględnieniem wag

$$\hat{r}_{ij} = w_j \otimes \hat{z}_{ij}, \text{ dla } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n. \quad (6)$$

4. Wyznaczenie rozwiązania idealnego (FPIS) A^+ oraz antyidealnego (FNIS) A^- .

- Normalizacja liniowa typu II oraz III:

$$A^+ = (\hat{v}_1^+, \dots, \hat{v}_n^+) = \left(\max_i \hat{r}_{i1}, \dots, \max_i \hat{r}_{in} \right), \quad A^- = (\hat{v}_1^-, \dots, \hat{v}_n^-) = \left(\min_i \hat{r}_{i1}, \dots, \min_i \hat{r}_{in} \right). \quad (7)$$

- Normalizacja liniowa typu I oraz normalizacja wektorowa:

$$A^+ = (\hat{v}_1^+, \dots, \hat{v}_n^+) = \left(\left(\max_i \hat{r}_{ij}, j \in I \right), \left(\min_i \hat{r}_{ij}, j \in J \right) \right),$$

$$A^- = (\hat{v}_1^-, \dots, \hat{v}_n^-) = \left(\left(\min_i \hat{r}_{ij}, j \in I \right), \left(\max_i \hat{r}_{ij}, j \in J \right) \right). \quad (8)$$

5. Wyznaczenie odległości każdego wariantu decyzyjnego od FPIS oraz FNIS z wykorzystaniem wzorów na odległość między trójkątnymi liczbami rozmytymi:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\hat{r}_{ij}, \hat{v}_j^+), \quad d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\hat{r}_{ij}, \hat{v}_j^-) \quad i=1, 2, \dots, m. \quad (9)$$

Odległość między trójkątnymi liczbami rozmytymi wyznacza się następująco:

- odległość wierzchołkowa:

$$d(\hat{A}_1, \hat{A}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}((a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2)}, \quad (10)$$

- odległość Hamminga:

$$d(\hat{A}_1, \hat{A}_2) = \frac{1}{4}(|a_1 - a_2| + 2|b_1 - b_2| + |c_1 - c_2|). \quad (11)$$

6. Wyznaczenie wartości syntetycznego miernika oceny i -tego wariantu decyzyjnego

$$CC(P_i) = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, \text{ gdzie } i=1, 2, \dots, m. \quad (12)$$

Zachodzi przy tym $0 \leq CC(P_i) \leq 1$. Wyższe wartości $CC(P_i)$ świadczą o wyższej pozycji w rankingu i – tego wariantu decyzyjnego.

6. *Uporządkowanie liniowe wariantów decyzyjnych.*

5. Formalizacja modelu negocjacyjnego jako dyskretnego modelu decyzyjnego w środowisku rozmytym

Przyjęto założenie, że wariantem decyzyjnym jest pakiet negocjacyjny, który negocjator może przedstawić jako ofertę lub otrzymać od oponenta, kryterium wariantu decyzyjnego – zagadnienie negocjacyjne, a wartością kryterium – opcja zagadnienia negocjacyjnego [Roszkowska 2012; Roszkowska, Wachowicz 2012]. Ocena pakietu negocjacyjnego powinna brać pod uwagę wszystkie istotne elementy związane ze strukturą problemu negocjacyjnego z uwzględnieniem preferencji negocjatora. Analiza konsekwencji zagadnień negocjacyjnych prowadzi do wyodrębnienia wymiarów ich oddziaływania na ocenę całego pakietu. Złożoność decyzji negocjacyjnych wiąże się z koniecznością uwzględnienia danych z różnych źródeł i o różnym charakterze.

Przez $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ oznaczmy zbiór zagadnień negocjacyjnych, D_i dziedzinę (zakres możliwych opcji) i -tego zagadnienia negocjacyjnego. Niech dalej I oznacza zbiór zagadnień negocjacyjnych zyskowych, J – zbiór zagadnień kosztowych. Przyjmujemy ponadto, że model preferencji negocjatora zawiera dwa punkty odniesienia: punkt aspiracji – $P_{asp} = (a_1, \dots, a_n)$, gdzie $a_j \in D_j$ jest poziomem aspiracji negocjatora ze względu na j -te zagadnienie negocjacyjne, czyli minimalną opcją (najgorszą z możliwych do zaakceptowania), oraz punkt rezerwacji $P_{res} = (r_1, \dots, r_n)$, gdzie $r_j \in D_j$, jest poziomem rezerwacji negocjatora ze względu na j -te zagadnienie negocjacyjne, czyli maksymalną opcją (najlepszą z możliwych do zaakceptowania). Punkt aspiracji oraz punkt rezerwacji reprezentują maksymalną granicę żądań oraz minimalną granicę ustępstw dla danego zagadnienia.

Przedmiotem porządkowania jest skończony zbiór $\mathbf{P} = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$ pakietów negocjacyjnych składający się z m obiektów, gdzie $P_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}]$ – reprezentacja i -tego pakietu negocjacyjnego, $x_{ij} \in D_j$. Ze względu na fakt, że pakiet negocjacyjny na etapie wstępnym negocjacji składać się może z wartości nieporównywalnych ze sobą, np. wartości ostrych, przedziałowych, rozmytych czy zmiennych lingwistycznych, niezbędna jest jego konwersja do postaci umożliwiającej operacje porównawcze. W tym celu dla każdego zagadnienia negocjacyjnego określona jest funkcja $v_j: D_j \rightarrow TLN$ $v_j(x) = \hat{x}$ przypisująca $x \in D_j$ trójkątną liczbę rozmytą postaci $\hat{x} = (a, b, c)$, gdzie $a, b, c \in \mathfrak{R}$. Przy czym jeśli $x \in \mathfrak{R}$, to $\hat{x} = (x, x, x)$, dla $x = (a, c)$ przyjmujemy $\hat{x} = (a, \frac{1}{2}(a+c), c)$. W przypadku zmiennych lingwistycznych stosuje się reprezentację w postaci trójkątnych liczb rozmytych (tab. 1).

Tabela 1. Terminy lingwistyczne wykorzystywane do określania rankingu wariantów decyzyjnych

Wariant decyzyjny	
Termin lingwistyczny	Trójkątna liczba rozmyta
Bardzo słaby (BS)	(0, 0, 1)
Słaby (SB)	(0, 1, 3)
Średnio słaby (SS)	(1, 3, 5)
Dostateczny (DT)	(3, 5, 7)
Średnio dobry (SD)	(5, 7, 9)
Dobry (DB)	(7, 9, 10)
Bardzo dobry (BD)	(9, 10, 10)

Źródło: por. [Chen 2000].

Niech ponadto $v_j(a_j) = \hat{a}_j = (x_j^+, x_j^+, x_j^+)$, $v_j(r_j) = \hat{r} = (x_j^-, x_j^-, x_j^-)$, gdzie a_j (r_j) jest poziomem aspiracji (rezerwacji) negocjatora ze względu na j -te zagadnienie negocjacyjne lub w przypadku zmiennych lingwistycznych $v_j(a_j) = (9, 10, 10)$ oraz $v_j(r_j) = (0, 0, 1)$.

Niech dalej $\hat{P}_i = [\hat{x}_{i1}, \hat{x}_{i2}, \dots, \hat{x}_{in}]$ oznacza rozmytą reprezentację i -tego pakietu negocjacyjnego, $i = 1, 2, \dots, m$. *Strukturę sytuacji negocjacyjnej* wyznacza rozmyta macierz decyzyjna postaci $\hat{X} = [\hat{x}_{ij}]_{m \times n}$, gdzie \hat{x}_{ij} wartość opcji j -tego zagadnienia dla i -tego pakietu negocjacyjnego oraz wektor wag określających stopień ważności zagadnień negocjacyjnych $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$, gdzie w_j – waga j -tego zagadnienia. Następnie do oceny ofert wykorzystuje się FTOPSIS. Niech $C = \{CC(P_i), i \in P$, gdzie $CC(P_i)$ ocena pakietu negocjacyjnego uzyskanego metodą FTOPSIS}. Różnica ocen wartości pakietów $\Delta CC_{i/j} = CC(P_i) - CC(P_j)$ stanowi miarę ustępstwa lub korzyści, może też stanowić miarę kompensacji między kryteriami w przypadku zmiany oferty z P_j na P_i , gdzie $i \neq j$.

6. Możliwości i ograniczenia FTOPSIS w ocenie ofert negocjacyjnych

Przyjmijmy, że stosując FTOPSIS, negocjator wyznaczył oceny ofert wstępnych (tzn. oceny ze zbioru P), natomiast w trakcie prowadzonych rozmów przedstawiono mu nową ofertę P_N spoza zbioru P . Problem negocjacyjny nazwiemy **stabilnym**, gdy P_N nie zmienia znormalizowanych wartości opcji pozostałych pakietów, nie zmienia FPIS i FNIS, oraz **niestabilnym**, gdy P_N zmienia poprzedni system ocen pakietów negocjacyjnych [Roszkowska, Wachowicz 2012]. Z punktu widzenia decydenta pożądane jest zachowanie wartości ocen poprzednio rozważanych pakietów negocjacyjnych, czyli zachowanie stabilności problemu negocjacyjnego, gdyż wtedy

wystarczy wyznaczyć tylko ocenę nowego pakietu $CC(P_N)$ i dołączyć ją do zbioru ocen C^3 . Zauważmy, że normalizacja wektorowa (2) oraz liniowa typu I (3) zawsze prowadzi do niestabilnego problemu negocjacyjnego, z tego względu jest ona mniej przydatna do oceny ofert. W celu uniknięcia niestabilności problemu negocjacyjnego, który może (choć nie musi) pojawić się przy zastosowaniu formuły normalizacyjnej typu II oraz III, proponuje się modyfikację klasycznej procedury FTOPSIS. Modyfikacja ta polega na włączeniu do oceny, już na etapie wstępnym, dwóch dodatkowych pakietów **ideal** oraz **antyeideal** pełniących funkcję *stabilnych punktów referencyjnych* FNIS oraz FPIS zbudowanych na podstawie P_{asp} oraz P_{res} . Negocjator definiuje pakiet P_I (**ideal**) oraz P_{AI} (**antyeideal**) tak, aby: $\hat{x}_{P_{I,j}} = (x_j^+, x_j^+, x_j^+)$, $\hat{x}_{P_{AI,j}} = (x_j^-, x_j^-, x_j^-)$, gdzie (x_j^+, x_j^+, x_j^+) oraz (x_j^-, x_j^-, x_j^-) są rozmytymi reprezentacjami odpowiednio poziomu aspiracji oraz rezerwacji negocjatora ze względu na j -te zagadnienie negocjacyjne, lub wykorzystuje najwyższą i najniższą ocenę werbalną wyznaczoną przez zmienną lingwistyczną (tab. 1) [Roszkowska, Wachowicz 2012]. Zauważmy, że klasyczna oraz zmodyfikowana FTOPSIS różnią się sposobem konstrukcji rozwiązania idealnego oraz antyeidealnego. W klasycznej FTOPSIS rozwiązania te wyznacza się na podstawie wartości opcji ofert należących do wyjściowego zbioru ofert negocjacyjnych, w zmodyfikowanej FTOPSIS bazują na pakiecie idealnym oraz antyeidealnym. **Model negocjacyjny negocjatora jest reprezentowany przez ósemkę postaci $(Z, P, I, J, w, P_I, P_{AI}, C)$.**

Dołączenie pakietów P_I (**ideal**) oraz P_{AI} (**antyeideal**) jest użyteczne z dwóch powodów. Po pierwsze, dowolny pakiet jest zawsze porównywany ze stabilnymi punktami odniesienia, którymi są poziom aspiracji oraz rezerwacji. Po drugie, dołączenie do oceny nowego pakietu nie zmieni ocen punktowych, a zatem także uporządkowania pakietów wcześniej rozważanych. Natomiast pokażemy dalej (przykład obliczeniowy), że formuła normalizacyjna czy miara odległości wykorzystana w procedurze FTOPSIS może mieć wpływ (czasem nawet bardzo istotny) na ostateczny ranking pakietów negocjacyjnych.

7. Przykład obliczeniowy

Prezentowany przykład, oparty na danych umownych, nie wykorzystuje wszystkich potencjalnych zastosowań FTOPSIS do analizy procesu negocjacji i służy jedynie jako jej ilustracja. Załóżmy, że podczas negocjacji kupna-sprzedaży kupujący dokonuje oceny pakietów negocjacyjnych ze względu na trzy zagadnienia: Z_1 – cena towaru (w zł), Z_2 – termin zapłaty za towar (w dniach), Z_3 – warunki gwarancji. Z_1 jest zagadnieniem kosztowym, Z_2, Z_3 są zagadnieniami zyskowymi. Obszary negocjacji dla poszczególnych zagadnień mają postać: $\langle 56, 68 \rangle$ dla Z_1 , $\langle 1, 8 \rangle$ dla Z_2 oraz $\langle BS, \dots \rangle$

³ Niestabilność problemu może pociągać nie tylko zmianę wartości oceny punktowej pakietów, ale także może skutkować zmianą rankingu ofert negocjacyjnych.

BD> dla Z_3 . Przyjęto wektor wag postaci $w = [0,4; 03; 03]$. Na etapie wstępnym kupujący wybrał do oceny sześć pakietów $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ oraz wyznaczył pakiety P_1, P_{A1} . Przyjmijmy dodatkowo, że w procesie negocjacji do oceny włączono pakiety P_7, P_8, P_9, P_{10} . Zestawienie rozmytych reprezentacji wszystkich pakietów przedstawia tab. 2.

Tabela 2. Zestawienie pakietów negocjacyjnych

Pakiet	Z_1 cena towaru (w zł)	Z_2 termin zapłaty za towar (w dniach)	Z_3 warunki gwarancji
P_1	(60,60,60)	(2,3,4)	(3,5,7)
P_2	(60,60,60)	(5,6,7)	(1,3,5)
P_3	(62,62,62)	(2,3,4)	(5,7,9)
P_4	(62,62,62)	(6,7,8)	(3,5,7)
P_5	(64,64,64)	(2,3,4)	(5,7,9)
P_6	(64,64,64)	(5,6,7)	(1,3,5)
P_7	(56,56,56)	(5,6,7)	(3,5,7)
P_8	(67,67,67)	(4,5,6)	(7,9,10)
P_9	(58,58,58)	(6,7,8)	(1,3,5)
P_{10}	(66,66,66)	(1,2,3)	(9,10,10)
P_1	(56,56,56)	(8,8,8)	(9,10,10)
P_{A1}	(68,68,68)	(1,1,1)	(0,0,1)

Źródło: opracowanie własne.

W dalszej części opracowania dokonano zestawienia oraz zaprezentowano skróconą analizę ocen oraz rankingów pakietów otrzymanych metodą FTOPSIS (klasyczną oraz zmodyfikowaną) opartą na różnych formułach normalizacyjnych oraz miarach odległości.

Tabela 3. System ocen pakietów negocjacyjnych uzyskanych klasyczną FTOPSIS (metryka Hamminga) dla różnych formuł normalizacyjnych

Klasyczna FTOPSIS (metryka Hamminga)															
Pakiet	Normalizacja wektorowa					Normalizacja liniowa typu II					Normalizacja liniowa typu III				
P_1	0,436	0,382	0,371	0,374	0,375	0,483	0,377	0,387	0,387	0,387	0,870	0,461	0,551	0,551	0,551
P_2	0,368	0,314	0,339	0,329	0,357	0,445	0,346	0,378	0,378	0,379	0,877	0,468	0,562	0,562	0,554
P_3	0,639	0,558	0,493	0,502	0,475	0,603	0,480	0,454	0,454	0,447	0,513	0,308	0,452	0,452	0,455
P_4	0,641	0,550	0,510	0,502	0,503	0,633	0,504	0,490	0,490	0,479	0,539	0,334	0,482	0,482	0,474
P_5	0,561	0,490	0,438	0,447	0,424	0,487	0,393	0,384	0,384	0,384	0,104	0,104	0,307	0,307	0,315
P_6	0,212	0,178	0,229	0,219	0,255	0,205	0,166	0,232	0,232	0,248	0,058	0,058	0,273	0,273	0,274
P_7		0,696	0,627	0,621	0,611		0,748	0,687	0,687	0,656		0,929	0,896	0,896	0,879
P_8			0,599	0,607	0,565			0,500	0,500	0,488			0,168	0,168	0,174
P_9				0,429	0,453				0,503	0,491				0,725	0,711
P_{10}					0,522					0,460					0,219

Źródło: opracowanie własne na podstawie tab. 2.

Tabela 3 zawiera porównanie systemu ocen dokonanych klasyczną FTOPSIS dla trzech formuł normalizacyjnych oraz metryki Hamminga. Dołączenie nowego pakietu spowodowało nie tylko zmianę wartości punktowej ocen pozostałych pakietów, ale także w przypadku niektórych pakietów zmianę ich uporządkowania. Przykładowo na etapie wstępnym (normalizacja wektorowa) pakiet P_4 oceniono wyżej niż P_3 , po dołączeniu pakietu P_7 odwrotnie – P_3 oceniono wyżej niż P_4 , następnie po uwzględnieniu pakietu P_8 ponownie P_4 oceniono wyżej niż P_3 , po dołączeniu pakietu P_9 pakiety P_4 oraz P_3 można traktować jako równoważne, po dołączeniu pakietu P_{10} ponownie pakiet P_4 oceniono wyżej niż P_3 . Zmianę uporządkowania zaobserwowano także dla pakietów P_5 oraz P_9 (normalizacja wektorowa) czy pakietów P_1 oraz P_5 (normalizacja liniowa typu II). Formuła normalizacyjna przyjęta w procedurze FTOPSIS miała istotny wpływ na uporządkowanie pakietów. Jedynie pakiet P_7 zajmuje 1 pozycję we wszystkich rankingach. W przypadku pozostałych pakietów zaobserwowano różnice w rankingach od jednej do ośmiu pozycji. Przykładowo pakiet P_8 zajmuje odpowiednio 2 pozycję (normalizacja wektorowa), 3 pozycję (normalizacja liniowa typu II), 10 pozycję (normalizacja liniowa typu III), pakiet P_{10} odpowiednio trzecią, piątą, dziewiątą pozycję, a pakiet P_2 – dziewiątą, dziewiątą oraz trzecią.

Tabela 4. System ocen pakietów negocjacyjnych uzyskanych FTOPSIS (klasyczna oraz zmodyfikowana) dla różnych metod normalizacji oraz miar odległości

FTOPSIS Kupujący								
Pakiet	Klasyczna		Zmodyfikowana		Klasyczna		Zmodyfikowana	
	Normalizacja liniowa typu II				Normalizacja liniowa typu III			
	m. Hamminga	m. wierzchołkowa	m. Hamminga	m. wierzchołkowa	m. Hamminga	m. wierzchołkowa	m. Hamminga	m. wierzchołkowa
	Ocena (R)	Ocena (R)	Ocena (R)	Ocena (R)	Ocena (R)	Ocena (R)	Ocena (R)	Ocena (R)
P_1	0,387 (7)	0,385 (7)	0,491 (7)	0,492 (7)	0,551(4)	0,550 (4)	0,596 (4)	0,596 (4)
P_2	0,379 (9)	0,378 (9)	0,485 (9)	0,487 (8)	0,554 (3)	0,554 (3)	0,599 (3)	0,599 (3)
P_3	0,447 (6)	0,442 (6)	0,538 (6)	0,535 (6)	0,455 (6)	0,453 (6)	0,519 (6)	0,518 (6)
P_4	0,479 (4)	0,477 (4)	0,563 (4)	0,558 (4)	0,474(5)	0,473 (5)	0,536 (5)	0,534 (5)
P_5	0,384 (8)	0,379 (8)	0,489 (8)	0,486 (9)	0,315 (7)	0,313 (7)	0,401 (7)	0,401 (7)
P_6	0,248 (10)	0,247 (10)	0,383 (10)	0,387 (10)	0,274 (8)	0,273 (8)	0,363 (8)	0,365 (8)
P_7	0,656 (1)	0,653 (1)	0,701 (1)	0,696 (1)	0,879 (1)	0,878 (1)	0,875 (1)	0,872 (1)
P_8	0,488 (3)	0,477 (3)	0,570 (3)	0,559 (3)	0,174 (10)	0,172 (10)	0,288 (10)	0,285 (10)
P_9	0,491 (2)	0,490 (2)	0,572 (2)	0,571 (2)	0,711(2)	0,710 (2)	0,731 (2)	0,729 (2)
P_{10}	0,460 (5)	0,462 (5)	0,549 (5)	0,548 (5)	0,219 (9)	0,220 (9)	0,324 (9)	0,325 (9)

Źródło: opracowanie własne na podstawie tab. 2.

Tabela 4 zawiera zestawienie ocen pakietów negocjacyjnych otrzymanych metodą FTOPSIS (klasyczna oraz zmodyfikowana) dla różnych formuł normalizacji (normalizacja liniowa typu II lub typu III) oraz miar odległości (metryka Hamminga lub wierzchołkowa). Otrzymane wyniki pokazują, że na ranking pakietów negocjacyjnych istotny wpływ ma formuła normalizacyjna. Tę samą pozycję, niezależnie od rodzaju FTOPSIS, formuły normalizacyjnej czy miary odległości, zajmują pakiety P_3 (6 pozycja), P_7 (1 pozycja), P_9 (2 pozycja). W analizowanych rankingach zaobser-

wowano różnicę 1 pozycji dla pakietu P_4 , 1 lub 2 pozycji dla pakietu P_5 , 3 pozycji dla pakietu P_1 , 4 pozycji dla pakietu P_{10} , 5 lub 6 pozycji dla pakietu P_2 , 7 pozycji dla pakietu P_8 . Natomiast przy ustalonej formule normalizacyjnej rodzaj procedury FTOPSIS (klasyczna lub zmodyfikowana) czy metryki (Hamminga lub wierzchołkowa) nie miał istotnego wpływu na ranking pakietów. Przy różnych lub porównywalnych wartościach ocen pakietów otrzymano identyczny (normalizacja liniowa typu III) lub bardzo zbliżony (normalizacja liniowa typu II) ranking pakietów. Dla normalizacji liniowej typu II zaobserwowano tylko różnice co najwyżej 1 pozycji dla pakietów P_2 , P_5 . Tak niewielki wpływ rodzaju FTOPSIS na ranking może być spowodowany tym, że poszczególne opcje odnoszące się do punktu aspiracji czy rezerwacji są już uwzględnione w dziesięciu pakietach P_1 - P_{10} .

8. Podsumowanie

Metoda FTOPSIS jest użytecznym narzędziem do oceny ofert negocjacyjnych ze względu na prostotę obliczeniową, łatwość interpretacji otrzymanych wyników, analizę wielkości ilościowych oraz jakościowych. Znajduje zastosowanie w sytuacjach, gdy zagadnienia negocjacyjne opisane są zarówno wartościami precyzyjnymi czy przybliżonymi, czy też w postaci słów. Zmodyfikowana FTOPSIS ułatwia ocenę nowych pakietów negocjacyjnych, zachowując uporządkowanie oraz ocenę punktową ofert początkowych. Należy jednak zaznaczyć, że zastosowana w procedurze FTOPSIS metoda normalizacji czy miara odległości może mieć istotny wpływ na końcowy ranking. Stąd wybór ten powinien być przemyślany i dokonany z uwzględnieniem zarówno własności poszczególnych formuł, jak i preferencji decydenta [Wysocki 2010; Jajuga, Walesiak 2000; Walesiak 2006].

Literatura

- Chen C.T., *Extension of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment*, „Fuzzy Sets and Systems” 2000, no. 114, s. 1-9.
- Chen C.T., Hwang C.L., *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin 1992.
- Hwang C.L., Yoon K., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin 1981.
- Hellwig Z., *Zastosowania metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom rozwoju i strukturę wykwalifikowanych kadr*, „Przegląd Statystyczny” 1968, z. 4, s. 307-327.
- Jajuga K., Walesiak M., *Standardisation of Data Set under Different Measurement Scales*, [w:] *Classification and Information Processing at the Turn of the Millennium*, red. R. Decker, W. Gaul, Springer, Berlin 2000, s. 105-112.
- Kahraman C., Buyukozkan G., Ates N.Y., *A two phase multi-attribute decision-making approach for new product introduction*, „Information Sciences” 2007, no. 177, s. 1567-1582.
- Roszkowska E., *Zastosowanie metody TOPSIS do wspomagania procesu negocjacji*, [w:] *Taksonomia 19, Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania*, red. K. Jajuga, M. Walesiak, Wydawnictwo UE we Wrocławiu, 2012, s. 68-75.

- Roszkowska E., Wachowicz T., *Negotiation Support with Fuzzy TOPSIS*, [w:] Group Decision and Negotiation 2012, Proceedings, red. A.T. Almeida, D.C. Morais, S.F. Daher, Recife, Brasil 2012, s. 161-175.
- Walesiak M., *Uogólniona miara odległości w statystycznej analizie wielowymiarowej*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Ekonomicznej, Wrocław 2006.
- Wysocki F., *Metody taksonomiczne w rozpoznawaniu typów ekonomicznych rolnictwa i obszarów wiejskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2010.
- Zadeh L.A., *Fuzzy sets*, „Information and Control” 1965, no. 8, s. 338-353.
- Zadeh L.A., *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning: Part I.*, „Information Sciences” 1975, no. 8, s. 199-249.

APPLICATION OF THE FUZZY TOPSIS METHOD TO THE ESTIMATION OF NEGOTIATION OFFERS

Summary: The paper shows some possibilities of application of the fuzzy TOPSIS method to support negotiation process. The FTOPSIS procedure makes the evaluation of offers possible, allows to put them in order from the best to the worst one, to determine the alternative offers taking into account uncertainty, lack of information or verbal values. The decision making based on the linguistic data and FTOPSIS has the form closer to the natural language and the result can be better adjusted to the real negotiation process.

Keywords: negotiation, multi-criteria decision making, FTOPSIS, fuzzy numbers, linguistics values.