

Bartłomiej Jefmański

Katedra Ekonometrii i Informatyki
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Zastosowanie rozmytych metod porządkowania liniowego w ustalaniu hierarchii ważności cech usługi związanych z jakością

Streszczenie

Zasadniczym celem artykułu jest charakterystyka i ocena możliwości aplikacyjnych wybranych rozmytych metod porządkowania liniowego w ustalaniu hierarchii ważności cech jakości usługi. Zaprezentowano wyniki badania, którego celem była ocena jakości strony internetowej Głównego Urzędu Statystycznego. Zastosowano narzędzie WebQual zmodyfikowane przez autora pod względem zarówno wyszczególnionych cech jakości usługi, jak i sposobu pomiaru opinii respondentów. Opracowany kwestionariusz ankiety umożliwia bowiem transformację wyników pomiaru w postaci wartości lingwistycznych do wartości liczbowych za pomocą zbiorów rozmytych. Tak przygotowane dane pierwotne stanowią podstawę zastosowania rozmytych metod porządkowania liniowego.

Słowa kluczowe: WebQual, liczby rozmyte, rozmyta metoda TOPSIS, rozmyta metoda Hellwiga.

1. Wprowadzenie

Identyfikacja i hierarchizacja najważniejszych czynników wpływających na jakość usługi są ważnym i intensywnie rozwijanym obszarem badań jakości usług. Nowym podejściem w tym zakresie może być zastosowanie zmodyfikowanych

metod porządkowania liniowego dla danych rozmytych. Główną przesłanką podejmowanych w tym obszarze badań jest subiektywność i niejednoznaczność ocen respondentów, które mogą być wyrażone za pomocą zbiorów rozmytych.

W artykule scharakteryzowano rozmytą metodę TOPSIS i rozmytą metodę Hellwiga oraz zastosowano je do ustalenia rankingu ważności cech jakości strony internetowej Głównego Urzędu Statystycznego. Podstawą opracowania rankingów były opinie studentów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu i Uniwersytetu Ekonomicznego Krakowie zgromadzone w trakcie prowadzonych w 2012 r. badań ankietowych.

2. Charakterystyka wybranych rozmytych metod porządkowania liniowego

2.1. Uwagi ogólne

Rozmyte metody porządkowania liniowego znalazły szerokie zastosowanie w badaniach jakości usług, czego dowodem mogą być m.in. opracowania: [Amirzadeh i Mousavi 2011], [Cheng, Lin i Tseng 2011], [Toloie-Eshlaghy i Ghafelehbashi 2011], [Kabir i Hasin 2012]. Nowym zastosowaniem tych metod do badań jakości usług jest hierarchizacja cech usługi poprzez konstrukcję rankingu ważności. Podejście takie zastosowano m.in. w opracowaniach: [Nejati, Nejati i Shafaei 2009], [Abdolvand i Taghipouryan 2011] oraz [Mehrparvar, Shahin i Shirouyehzad 2012]. Ponieważ oceny respondentów oceniających usługi są zazwyczaj nadawane w postaci wartości lingwistycznych, które można następnie transformować do postaci zbiorów rozmytych, pojawiły się opracowania, w których autorzy zmodyfikowali klasyczne metody porządkowania liniowego, tworząc ich postaci umożliwiające analizy z zastosowaniem zbiorów rozmytych. Metody te określane są mianem rozmytych metod porządkowania liniowego. W artykule zastosowano dwie z nich: metodę TOPSIS (*technique for order preference by similarity to ideal solution*) oraz metodę Hellwiga.

2.2. Rozmyta metoda TOPSIS

Najczęściej stosowana w literaturze zagranicznej metoda TOPSIS, zaproponowana przez C.L. Hwanga i K. Yoona [1981], umożliwia budowę syntetycznego miernika rozwoju oraz porównanie go z wzorcem oraz antywzorcem (określanymi w oryginalnej pracy mianem odpowiednio idealnego i antyidealnego rozwiązania). W rozmytej modyfikacji metody TOPSIS zaproponowanej przez C.-T. Chena [2000] oceny kryteriów wyrażone są w postaci wartości lingwistycznych, które są następnie transformowane do postaci liczb rozmytych.

Przyjmijmy, że dany jest zbiór obiektów $A = \{A_i | i = 1, \dots, n\}$ i zbiór cech $C = \{C_j | j = 1, \dots, m\}$, gdzie $\tilde{X} = \{\tilde{x}_{ij} | i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m\}$ oznacza zbiór rozmytych ocen, a $\tilde{W} = \{\tilde{w}_j | j = 1, \dots, m\}$ zbiór rozmytych wag. Zastosowanie metody TOPSIS wymaga realizacji następujących działań [Chen 2000]:

Etap 1. Obliczenie znormalizowanych ocen:

$$\tilde{r}_{ij}(x) = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \tilde{x}_{ij}^2}}, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m. \quad (1)$$

Etap 2. Obliczenie ważonych znormalizowanych ocen:

$$\tilde{v}_{ij}(x) = \tilde{w}_j \tilde{r}_{ij}(x). \quad (2)$$

Etap 3. Wyznaczenie wzorca \tilde{A}^+ i antywzorca \tilde{A}^- rozwoju:

$$\tilde{A}^+ = \{\tilde{v}_1^+(x), \tilde{v}_2^+(x), \dots, \tilde{v}_m^+(x)\} \left\{ (\max_i \tilde{v}_{ij}(x) | j \in J_1), (\min_i \tilde{v}_{ij}(x) | j \in J_2) | i = 1, \dots, n \right\}, \quad (3)$$

$$\tilde{A}^- = \{\tilde{v}_1^-(x), \tilde{v}_2^-(x), \dots, \tilde{v}_m^-(x)\} \left\{ (\min_i \tilde{v}_{ij}(x) | j \in J_1), (\max_i \tilde{v}_{ij}(x) | j \in J_2) | i = 1, \dots, n \right\}, \quad (4)$$

gdzie J_1 oraz J_2 są odpowiednio kryteriami wpływającymi stymulująco i destymulująco na kryterium syntetyczne.

Etap 4. Obliczenie dla każdego obiektu odległości od wzorca d_i^+ i antywzorca rozwoju d_i^- .

Etap 5. Obliczenie miary syntetycznej:

$$C_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = (1, \dots, n). \quad (5)$$

Etap 6. Ustalenie rankingu obiektów. Najlepszy obiekt ma najwyższą wartość miary syntetycznej.

2.3. Rozmyta metoda Hellwiga

Druga z metod porządkowania liniowego zastosowana w niniejszym artykule, zaproponowana przez Z. Hellwiga [1968], jest jedną z najczęściej stosowanych w polskiej literaturze przedmiotu. Jej modyfikacja, zaproponowana przez F. Wysockiego [2010], polega na zastosowaniu zbiorów rozmytych do transformacji wyników pomiaru na skali porządkowej. W procesie tworzenia miary syntetycznej autor modyfikacji wyróżnił następujące etapy:

Etap 1. Budowa macierzy danych $\mathbf{X} = [x_{ij}]$, gdzie x_{ij} oznacza wartość j -tej cechy w i -tym obiekcie. Wartości cech, których pomiaru dokonano na skali porządkowej, zostają zamienione na trójkątne liczby rozmyte scharakteryzowane za pomocą trzech parametrów: a – oceny pesymistycznej, b – oceny najbardziej prawdopodobnej, c – oceny optymistycznej.

Etap 2. Normalizacja liczb rozmytych za pomocą formuł przekształceń ilorazowych.

Etap 3. Wyznaczenie ważonej znormalizowanej macierzy danych $\tilde{\mathbf{R}} = [\tilde{r}_{ij}]$, przy czym $\tilde{r}_{ij} = z_{ij} \times w_j$, gdzie w_j – waga j -tej cechy, którą można otrzymać np. metodą analitycznego procesu hierarchicznego lub przyjmując jednakowe wagi.

Etap 4. Transformacja trójkątnej liczby rozmytej do postaci liczby rzeczywistej z zastosowaniem np. średniej arytmetycznej prostej:

$$r_{ij} = \frac{1}{3}(a_{ij} + b_{ij} + c_{ij}). \quad (6)$$

Etap 5. Obliczenia na pozostałych etapach procedury zgodnie z klasyczną metodą Hellwiga.

Etap 6. Uporządkowanie liniowe obiektów według nierosnących wartości cechy syntetycznej S_i .

3. Wyniki zastosowania rozmytych metod porządkowania liniowego do oceny ważności cech jakości strony internetowej Głównego Urzędu Statystycznego

Celem badania była ocena ważności cech jakości strony internetowej Głównego Urzędu Statystycznego. Ocenę przeprowadzono z zastosowaniem narzędzia WebQual zaproponowanego przez E. Loiacono, R. Watsona i D. Goodhue'a [2007]. Kwestionariusz ankiety składał się z 27 pytań zgrupowanych w czterech kategoriach: użyteczność, jakość informacji, jakość obsługi, ogólne wrażenie. Wykorzystywany jest on głównie do oceny jakości serwisów internetowych zaliczających się do grupy *e-commerce*. Ze względu na informacyjny charakter ocenianej w niniejszym badaniu strony internetowej nie można zastosować wszystkich zaproponowanych przez autorów pytań. Ponadto oryginalny kwestionariusz zakłada jedynie ocenę poszczególnych cech jakości strony internetowej. Na potrzeby niniejszego badania kwestionariusz rozbudowano o pytania związane z oceną ważności poszczególnych cech zbliżone do zastosowanych w popularnym narzędziu SERVQUAL. Rzetelność pomiaru z zastosowaniem zmodyfikowanego kwestionariusza oceniono na podstawie wartości statystyki α -Cronbacha, która

wyniosła 0,857. Cechy jakości uwzględnione w zmodyfikowanym przez autora kwestionariuszu ankiety wyszczególniono w tabeli 1.

Tabela 1. Cechy jakości strony internetowej

Symbol	Cechy jakości
Użyteczność	
A ₁	Łatwa i zrozumiała interakcja ze stroną
A ₂	Łatwość nawigowania (system nawigacji na stronie to zespół odnośników prowadzących do poszczególnych podstron)
A ₃	Łatwość znalezienia na stronie informacji oraz jej funkcjonalność
A ₄	Szybkość uruchamiania się i reagowania strony
A ₅	Atrakcyjny wygląd strony
A ₆	Adekwatność wyglądu strony do jej typu
A ₇	Rzeczowość/fachowość strony
A ₈	Pozytywne doświadczenia zapewniane przez stronę
Jakość informacji	
A ₉	Wiarygodność informacji zawartych na stronie
A ₁₀	Aktualność informacji zawartych na stronie
A ₁₁	Istotność informacji zawartych na stronie
A ₁₂	Zrozumiała prezentacja informacji na stronie
A ₁₃	Wystarczająca szczegółowość informacji prezentowanych na stronie
A ₁₄	Właściwa forma informacji prezentowanych na stronie
Jakość obsługi	
A ₁₅	Poczucie personalizacji oferowane przez stronę
A ₁₆	Łatwy kontakt z poszukiwanym działem informacji
A ₁₇	Strona daje poczucie bezpieczeństwa co do zabezpieczenia danych osobowych użytkownika
A ₁₈	Strona ułatwia kontakt z działem obsługi klienta

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Zborowski 2012] oraz [Barnes i Vidgen 2012].

Badanie przeprowadzono w październiku 2012 r. na próbie celowej 82 studentów Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie (ze specjalności informatyka i ekonomia oraz analityka gospodarcza) i we Wrocławiu (ze specjalności ekonomia menedżerska oraz gospodarka i administracja publiczna). Respondenci oceniali ważność każdej z cech za pomocą skali porządkowej o następujących kategoriach: „zdecydowanie nieważne”, „nieważne”, „średnio ważne”, „ważne”, „zdecydowanie ważne”. Następnie dla każdej z wyszczególnionych kategorii określili trzy wartości:

a – pesymistyczną, b – najbardziej prawdopodobną oraz c – optymistyczną, przyporządkowując im wartości z przedziału $\langle 0\%; 100\% \rangle$. Kategorie zostały następnie przetransformowane do postaci trójkątnych liczb rozmytych, których zakresy dziedzin unormowano w przedziale $\langle 0; 1 \rangle$. Trzy parametry: a , b i c dla każdej z liczb rozmytych zostały oszacowane odpowiednio na podstawie wartości minimalnej, dominującej oraz maksymalnej obliczonej na podstawie próby badawczej. W wyniku transformacji poszczególnym kategoriom przyporządkowano liczby rozmyte o następujących zakresach dziedzin: „zdecydowanie nieważne” – $(0; 0,1; 0,3)$, „nieważne” – $(0; 0,3; 0,5)$, „średnio ważne” – $(0,05; 0,5; 0,75)$, „ważne” – $(0,1; 0,8; 0,9)$, „zdecydowanie ważne” – $(0,6; 0,9; 1)$.

Tabela 2. Wyniki rankingu cech z zastosowaniem rozmytej metody TOPSIS

Cecha	Odległość od wzorca d_i^+	Odległość od antywzorca d_i^-	C_i^+	Ranking
A_1	0,352	0,791	0,692	3
A_2	0,397	0,757	0,656	5
A_3	0,296	0,821	0,735	2
A_4	0,489	0,682	0,583	12
A_5	0,636	0,512	0,446	17
A_6	0,604	0,554	0,478	16
A_7	0,359	0,782	0,685	4
A_8	0,540	0,623	0,536	14
A_9	0,282	0,828	0,746	1
A_{10}	0,295	0,818	0,735	2
A_{11}	0,403	0,760	0,654	6
A_{12}	0,411	0,759	0,649	7
A_{13}	0,426	0,742	0,635	8
A_{14}	0,467	0,710	0,603	11
A_{15}	0,601	0,564	0,484	15
A_{16}	0,463	0,721	0,609	10
A_{17}	0,449	0,719	0,616	9
A_{18}	0,494	0,673	0,577	13

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie rozmytych metod porządkowania liniowego do ustalenia hierarchii ważności cech jakości wymagało przyjęcia założenia, że wielowymiarowymi obiektami poddającymi się rangowaniu są cechy jakości strony internetowej.

Obiekty te zostały scharakteryzowane za pomocą ocen ważności będących wynikiem pomiaru opinii respondentów na temat ważności danego atrybutu.

Tabela 3. Wyniki rankingu cech z zastosowaniem rozmytej metody Hellwiga

Cecha	S_i	Ranking
A_1	0,529	4
A_2	0,444	8
A_3	0,614	2
A_4	0,297	13
A_5	0,015	18
A_6	0,072	17
A_7	0,507	5
A_8	0,189	15
A_9	0,638	1
A_{10}	0,606	3
A_{11}	0,455	6
A_{12}	0,453	7
A_{13}	0,415	9
A_{14}	0,352	12
A_{15}	0,098	16
A_{16}	0,373	10
A_{17}	0,368	11
A_{18}	0,278	14

Źródło: opracowanie własne.

Operacje arytmetyczne na liczbach rozmytych, niezbędne dla zastosowanych metod porządkowania liniowego, wykonano w programie **R** z zastosowaniem pakietu fuzzyOP v. 1.1 oraz SAFD. Szczegółowa charakterystyka operacji arytmetycznych na trójkątnych liczbach rozmytych została przedstawiona m.in. w opracowaniu [Zimmermann 2001]. Do pomiaru odległości między liczbami rozmytymi o liniowej funkcji przynależności zastosowano metodę *vertex* zaproponowaną przez C.-T. Chena [2000]. Ze względu na unormowanie wartości parametrów liczb rozmytych w przedziale $\langle 0; 1 \rangle$ oraz fakt, że pomiaru wszystkich cech dokonano na tej samej skali, nie było konieczne przeprowadzenie normalizacji. Przyjęto również jednakowe wagi dla wszystkich cech. Elementy wzorca i antywzorca stanowiły liczby rozmyte odpowiednio o zakresach dziedzin: $(1; 1; 1)$, $(0; 0; 0)$.

Wyniki przyjętego w artykule podejścia analitycznego w postaci rankingów ważności cech jakości wyszczególniono w tabelach 2 i 3.

4. Podsumowanie

Wyniki obu zastosowanych metod dały bardzo zbliżone rankingi ważności cech jakości strony internetowej Głównego Urzędu Statystycznego. Zdaniem respondentów uczestniczących w badaniu najważniejsza jest wiarygodność i aktualność informacji zamieszczanych na stronie, a także łatwość ich wyszukiwania. Dodatkowo respondenci podkreślili konieczność łatwej i zrozumiałej interakcji ze stroną. Z uwagi na złożoność i liczbę informacji statystycznych zamieszczanych na ocenianej stronie internetowej spełnienie oczekiwań jej użytkowników z pewnością nie jest zadaniem łatwym.

Wśród cech, które mają najmniejsze znaczenie, wskazano m.in. poczucie personalizacji oferowane przez stronę internetową oraz jej atrakcyjny wygląd. Wyniki jednoznacznie wskazują, że ocenie została poddana strona internetowa o charakterze informacyjnym. Prawdopodobnie w przypadku stron z grupy *e-commerce* ranking ważności cech mógłby wyglądać inaczej, co szczególnie dotyczyłoby tych cech, które w niniejszym badaniu zostały uznane za najmniej istotne.

Zastosowana w badaniu modyfikacja kwestionariusza WebQual zakładała również ocenę postrzegania przez respondentów poszczególnych atrybutów strony internetowej. Kontynuacja badań w tym obszarze mogłaby zatem dotyczyć porównania ocen postrzegania z ocenami ważności (np. z zastosowaniem modelu luk jakości), co umożliwiłoby wskazanie tych cech jakości strony internetowej, które wymagają podjęcia działań doskonalących.

Literatura

- Abdolvand M.A., Taghipouryan M.J. [2011], *Evaluation of Customs Service Quality by Using Fuzzy SERVQUAL and Fuzzy MCDM*, „American Journal of Scientific Research”, iss. 35.
- Amirzadeh R., Mousavi M. [2011], *Ranking E-Banking Service Quality Factors Using a Fuzzy TOPSIS Approach: A Study about Automatic Teller Machine (ATM)*, „Asian Journal of Business Management Studies”, vol. 2, nr 3.
- Barnes S., Vidgen R. [2012], *WebQual: An Exploration of Web-site Quality*, http://homepage.ufp.pt/lmbg/formacao/web_quality.pdf (dostęp: 1.10.2012).
- Chen C.-T. [2000], *Extensions of the TOPSIS for Group Decision-making under Fuzzy Environment*, „Fuzzy Sets and Systems”, vol. 114, iss. 1.
- Cheng Y.-L., Lin Y.-H., Tseng M.-L. [2011], *Analysis of Hotel Service Quality Perceptions Using Fuzzy TOPSIS*, „Progress in Business Innovation & Technology Management”, vol. 1, nr 3.
- Hellwig Z. [1968], *Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr*, „Przegląd Statystyczny”, z. 4.

- Hwang C.L., Yoon K. [1981], *Multiple Attribute Decision Making. Methods and Applications*, Berlin, Springer.
- Kabir G., Hasin A.A. [2012], *Comparative Analysis of TOPSIS and Fuzzy TOPSIS for the Evaluation of Travel Website Service Quality*, „International Journal for Quality Research”, vol. 6, nr 3.
- Loiacono E., Watson R., Goodhue D. [2007], *WebQual: An Instrument for Consumer Evaluation of Web Sites*, „International Journal of Electronic Commerce”, vol. 11, iss. 3.
- Mehrpourvar E., Shahin A., Shirouyehzad H. [2012], *Prioritizing Internal Service Quality Dimensions Using TOPSIS Technique (With a Case Study in Isfahan Steel Mill Co.)*, „International Journal of Business and Social Science”, vol. 3, nr 2.
- Nejati M., Nejati M., Shafaei A. [2009], *Ranking Airlines' Service Quality Factors Using a Fuzzy Approach: Study of the Iranian Society*, „International Journal of Quality & Reliability”, vol. 26, nr 3.
- Toloie-Eshlaghy A., Ghafelehbash S. [2011], *An Investigation and Ranking Public and Private Islamic Banks Using Dimension of Service Quality (SERVQUAL) Based on TOPSIS Fuzzy Technique*, „Applied Mathematical Sciences”, vol. 5, nr 61.
- Wysocki F. [2010], *Metody taksonomiczne w rozpoznawaniu typów ekonomicznych rolnictwa i obszarów wiejskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań.
- Zborowski M. [2012], *Wykorzystanie zmodyfikowanego narzędzia eQual 5.0 do badania jakości stron internetowych wybranych polskich uczelni wyższych o profilu ekonomicznym*, Materiały z konferencji „Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji”, Zakopane 2012, http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2012/p061.pdf (dostęp: 1.10.2012).
- Zimmermann H.J. [2001], *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

The Application of Fuzzy Linear Ordering Methods in Determining the Hierarchy of the Importance of Service Quality Characteristics

The principal aim of the article is to characterise and assess the application possibilities for selected fuzzy linear ordering methods in determining the hierarchy of the importance of service quality characteristics. The report presents the results of a study whose aim was to assess the quality of Poland's Central Statistical Office's website. A tool known as WebQual was used, after modification by the author for two areas: quality of listed service characteristics and how respondent opinions were measured. The survey questionnaire enables the transformation of the measurement results from linguistic values to numerical ones using fuzzy sets. The primary data prepared this way formed the basis for the application of fuzzy linear ordering methods.

Keywords: WebQual, fuzzy numbers, fuzzy TOPSIS, fuzzy Hellwig's method.