PRACE NAUKOWE UNIWERSYTETU EKONOMICZNEGO WE WROCŁAWIU nr 151
Orientacja na klienta jako kryterium doskonałości 2011

Bartłomiej Jefmański
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

POMIAR I OCENA JAKOŚCI USŁUG Z ZASTOSOWANIEM LICZB ROZMYTYCH – ASPEKTY METODOLOGICZNE I PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ

Streszczenie: W artykule scharakteryzowano nowe podejście w pomiarze jakości usług polegające na zastosowaniu elementów teorii zbiorów rozmytych. Wskazano najczęściej stosowane w badaniach jakości usług liczby rozmyte wraz z ich prezentacją graficzną oraz funkcjami przynależności. Dokonano krótkiego przeglądu wybranych badań światowych z zakresu jakości usług, w których zastosowano liczby rozmyte, oraz scharakteryzowano zastosowane w nich podstawowe operacje arytmetyczne na liczbach rozmytych.

Słowa kluczowe: pomiar, jakość usług, liczby rozmyte.

1. Wstęp

Rosnąca popularność badań jakości usług powoduje szybki rozwój metod pomiaru i oceny tej jakości. Niezależnie od stosowanych metod analizy uzyskanych wyników badań respondenci na etapie pomiaru najczęściej proszeni są o wyrażenie swoich opinii za pomocą wartości lingwistycznych typu „bardzo dobrze", „bardzo źle" itp. Następnie na etapie analizy wyników poszczególnym wartościom lingwistycznym przyporządkowuje się liczby i przeprowadza obliczenia, sztucznie wzmacniając w ten sposób skalę pomiaru. Ponadto pomijany jest w ten sposób również fakt, że stosowane wartości lingwistyczne nie są jednoznaczne, przez co mało precyzyjne i rozmyte. Alternatywnym sposobem, którego charakterystyka jest zasadniczym celem niniejszego artykułu, jest zastosowanie elementów dobrze rozpoznanej w literaturze przedmiotu teorii zbiorów rozmytych. Jest to nowe podejście w pomiarze i ocenie jakości usług, bowiem stosowane w światowej literaturze przedmiotu zaledwie kilka lat.

2. Wprowadzenie do teorii zbiorów rozmytych

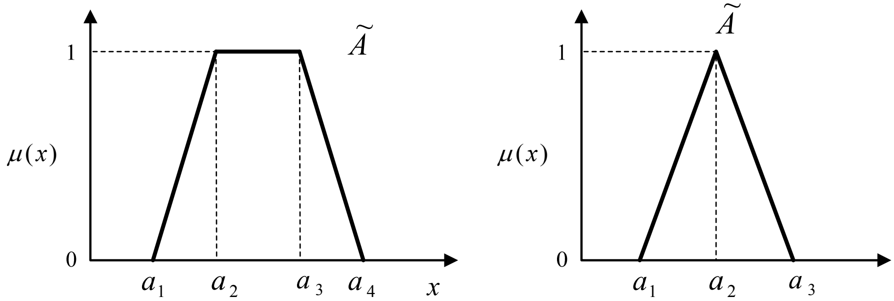
Teoria zbiorów rozmytych zaproponowana przez Zadeha jest uogólnieniem klasycznej teorii zbiorów. Uogólnienie polega na tym, że w wariancie klasycznym elementy należą do określonego zbioru bądź nie, natomiast w przypadku zbiorów rozmytych dopuszcza się możliwość częściowej przynależności elementów do zbioru [Kandel 1982, s. 23-25].

Zbiór rozmyty A w przestrzeni $X = \{x\}$ oznaczony jako $A \subseteq X$ definiowany jest przez zbiór par $A = \{\mu_A(x), x\}$ $\forall x \in X$, gdzie $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$ jest funkcją przynależności do zbioru rozmytego A, która każdemu elementowi $x \in X$ przypisuje jego stopień przynależności do zbioru rozmytego A [Benitez, Martin, Roman 2007, s. 547].

Szczególnym przypadkiem zbiorów rozmytych są liczby rozmyte (np. trójkątne, trapezoidalne). Liczba rozmyta to zbiór rozmyty $A \subseteq R$ określony w zbiorze liczb rzeczywistych spełniający następujące warunki [Pedrycz, Gomide 1998, s. 129-130]:

- A jest zbiorem normalnym,
- A jest zbiorem wypukłym,
- funkcja przynależności zbioru A jest funkcją kawałkami ciągłą.

Graficzną interpretację trapezoidalnej i trójkątnej liczby rozmytej przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Graficzna interpretacja trapezoidalnej i trójkątnej liczby rozmytej

Źródło: opracowanie własne.

Funkcja przynależności dla trapezoidalnej liczby rozmytej ma postać [Lasek 2002, s. 99]:

$$\mu(x) = \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1} \quad \text{dla}\, a_1 < x < a_2, \\ \dfrac{a_4 - x}{a_4 - a_3} \quad \text{dla}\, a_3 < x < a_4, \\ 0 \quad \text{dla}\, x \le a_1 \,\text{lub}\, x \ge a_4, \\ 1 \qquad \text{dla}\, a_2 \le x \le a_3. \end{array} \right\} \tag{1}$$

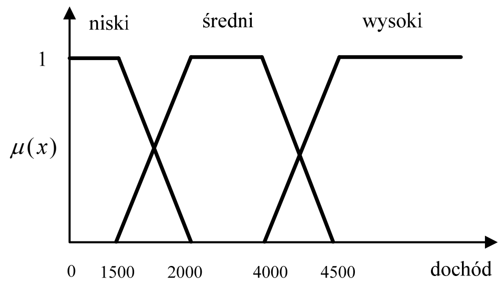
W przypadku gdy $a_2 = a_3$, wówczas trapezoidalna liczb rozmyta redukuje się do postaci trójkątnej liczby rozmytej o następującej funkcji przynależności:

$$\mu(x)=\begin{cases}\dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}, a_1 < x < a_2, \\ \dfrac{a_3-x}{a_2-a_3}, a_2 < x < a_3, \\ 0 \text{ dla } x \le a_1 \text{ lub } x \ge a_3 \\ 1 \text{ dla } x = a_2. \end{cases} \tag{2}$$

Z pojęciem liczb rozmytych ściśle związane jest pojęcie zmiennej lingwistycznej. Jest to zmienna, której wartościami są wyrażenia lingwistyczne lub tzw. określenia werbalne [Hu 2009, s. 6440; Pedrycz, Gomide 1998, s. 165-180]. Przykłady wartości lingwistycznych dla zmiennych lingwistycznych to:

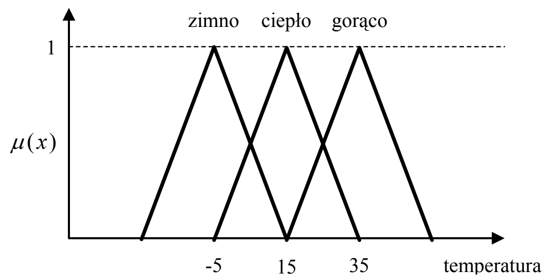
– temperatura: „zimno", „ciepło", „gorąco",
– dochód: „niski", „średni", „wysoki",
– jakość usługi: „niska", „średnia", „wysoka".

Rozmyty pomiar opinii respondenta polega na przyporządkowaniu poszczególnym wartościom lingwistycznym liczb rozmytych o określonych zakresach dzie-



Rys. 2. Trapezoidalne liczby rozmyte dla wartości lingwistycznych zmiennej „dochód"

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Trójkątne liczby rozmyte dla wartości lingwistycznych zmiennej „temperatura"

Źródło: opracowanie własne.

dzin. Przykład przyporządkowania trapezoidalnych i trójkątnych liczb rozmytych do wartości lingwistycznych odpowiednio dla zmiennej „dochód" oraz „temperatura" zaprezentowano na rys. 2 i 3.

W przypadku badania jakości usług zazwyczaj dokonywany jest pomiar ważności atrybutów usługi, satysfakcji respondenta z tych atrybutów oraz ogólny poziom zadowolenia. Każdy z tych pomiarów może odbyć się z wykorzystaniem liczb rozmytych. Etap analizy uzyskanych w ten sposób wyników wymaga jednak znajomości podstawowych operacji arytmetycznych, które mogą być wykonywane na tych liczbach.Ze względu na to, że do pomiaru opinii respondentów w badaniach dotyczących jakości usług najczęściej stosowane są w literaturze przedmiotu trójkątne i trapezoidalne liczby rozmyte,w dalszej części artykułu rozważania ograniczono właśnie do tego typu liczb.

3. Operacje arytmetyczne na trójkątnych i trapezoidalnych liczbach rozmytych

W wielu opracowaniach, w których dokonano rozmytego pomiaru jakości usług, analizę danych oparto na metodach jednowymiarowych, stosowanych najczęściej na poziomie poszczególnych atrybutów usługi. To z kolei wymaga znajomości podstawowych operacji arytmetycznych dopuszczalnych na liczbach rozmytych (głównie dodawania, odejmowania i uśredniania). Operacje te dla trapezoidalnych i trójkątnych liczb rozmytych zostały zaprezentowane m.in. w pracy Pedrycza, Gomide'a [1998] oraz Reznika [1997].

Formalny zapis dodawania, odejmowania i uśredniania trapezoidalnych liczb rozmytych wyszczególniono odpowiednio poniżej:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 &= (a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}) + (a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{24}) = \\ &= (a_{11} + a_{21}, a_{12} + a_{22}, a_{13} + a_{23}, a_{14} + a_{24})\end{aligned}, \tag{3}$$

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 &= (a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}) - (a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{24}) = \\ &= (a_{11} - a_{24}, a_{12} - a_{23}, a_{13} - a_{22}, a_{14} - a_{21})\end{aligned}, \tag{4}$$

$$\overline{\tilde{A}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i1}}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i2}}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i3}}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i4}}{n} \right). \tag{5}$$

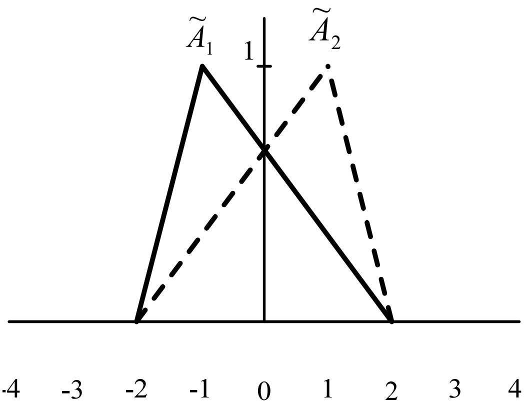
W identycznym układzie wyszczególniono poniżej operacje sumy, różnicy i wartości średniej dla trójkątnych liczb rozmytych:

$$\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 = (a_{11}, a_{12}, a_{13}) + (a_{21}, a_{22}, a_{23}) = (a_{11} + a_{21}, a_{12} + a_{22}, a_{13} + a_{23}), \tag{6}$$

$$\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (a_{11}, a_{12}, a_{13}) - (a_{21}, a_{22}, a_{23}) = (a_{11} - a_{23}, a_{12} - a_{22}, a_{13} - a_{21}) , \tag{7}$$

$$\bar{\tilde{A}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i1}}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i2}}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i3}}{n} \right). \tag{8}$$

Aby zaprezentować sposób wykonania operacji arytmetycznych na liczbach rozmytych, posłużono się przykładem. Przyjęto dwie liczby trójkątne (zazwyczaj takie są stosowane w pomiarze i ocenie jakości usług) o następujących zakresach dziedzin: $\tilde{A}_1 = (-2; -1; 2)$ oraz $\tilde{A}_2 = (-2; 1; 2)$. Postać graficzną tych liczb zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 4. Trójkątne liczby rozmyte

Źródło: opracowanie własne.

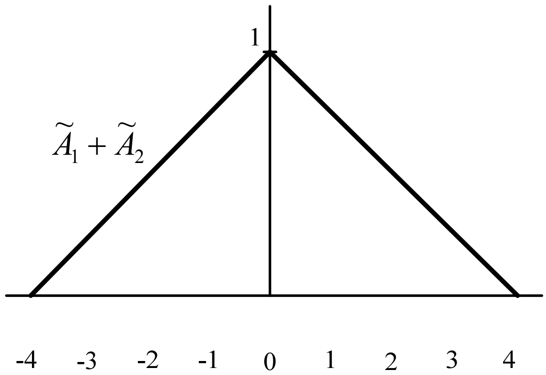
Wynik operacji arytmetycznych polegających na dodaniu, odjęciu oraz uśrednieniu liczb rozmytych $\tilde{A}_1$ i $\tilde{A}_2$ wyszczególniono w równaniach (9)-(11):

$$\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 = (-2, -1, 2) + (-2, 1, 2) = (-4, 0, 4) , \tag{9}$$

$$\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (-2, -1, 2) - (-2, 1, 2) = (-4, -2, 4) , \tag{10}$$

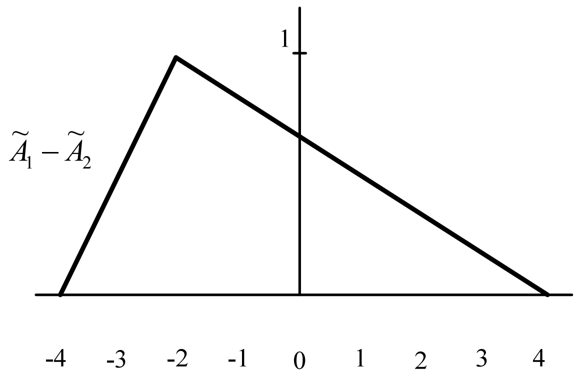
$$\bar{\tilde{A}} = \left(\frac{-2 + (-2)}{2}, \frac{-1 + (-1)}{2}, \frac{2 + 2}{2} \right) = (-2, 0, 2). \tag{11}$$

Graficzną interpretację tych działań przedstawiono odpowiednio na rys. 5-7.



Rys. 5. Wynik dodania dwóch liczb trójkątnych $\widetilde{A}_1$ i $\widetilde{A}_2$ zgodnie ze wzorem (9)

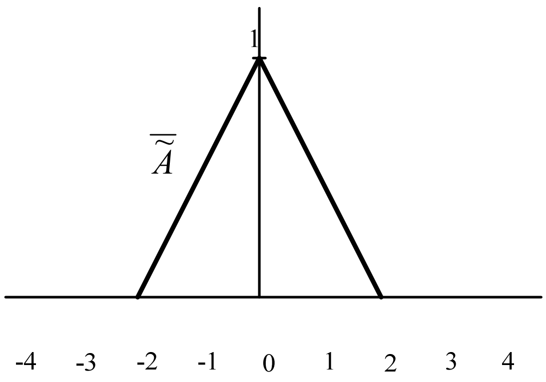
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Wynik odjęcia dwóch liczb trójkątnych $\widetilde{A}_1$ i $\widetilde{A}_2$ zgodnie ze wzorem (10)

Źródło: opracowanie własne.

Łatwo zauważyć, że wynikiem operacji arytmetycznych na liczbach rozmytych są również liczby rozmyte. Dlatego często w badaniach otrzymane wyniki poddaje się zabiegowi wyostrzenia (*defuzzification*), co oznacza zamianę liczby rozmytej na jedną wartość – liczbę rzeczywistą. Dzięki temu możliwe staje się np. ustalenie hierarchii ważności dla respondentów poszczególnych atrybutów usługi czy też wskazanie atrybutu najlepiej przez nich ocenianego. Istnieje kilka metod wyostrzania liczb rozmytych, które zostały opisane m.in. w pracach: [Bojadziev, Bojadziev 2007, s. 103-130; Chen 1996, s. 265-276; Sousa, Kaymak 2002, s. 128-130].



Rys. 7. Wynik uśrednienia dwóch liczb trójkątnych $\tilde{A}_1$ i $\tilde{A}_2$ zgodnie ze wzorem (11)

Źródło: opracowanie własne.

4. Wybrane przykłady zastosowań liczb rozmytych w badaniach jakości usług

Jak już wspomniano wcześniej, najbardziej popularnymi liczbami rozmytymi stosowanymi do opisu wartości lingwistycznych są te o trójkątnych i trapezoidalnych funkcjach przynależności, przy czym zdecydowanie przeważa stosowanie tych pierwszych. Przykład zastosowania trójkątnych liczb rozmytych w badaniach jakości usług można znaleźć w opracowaniu Beniteza, Martina i Romana [2007]. Badanie dotyczyło pomiaru jakości usług oferowanych przez branżę hotelową. Ocenie

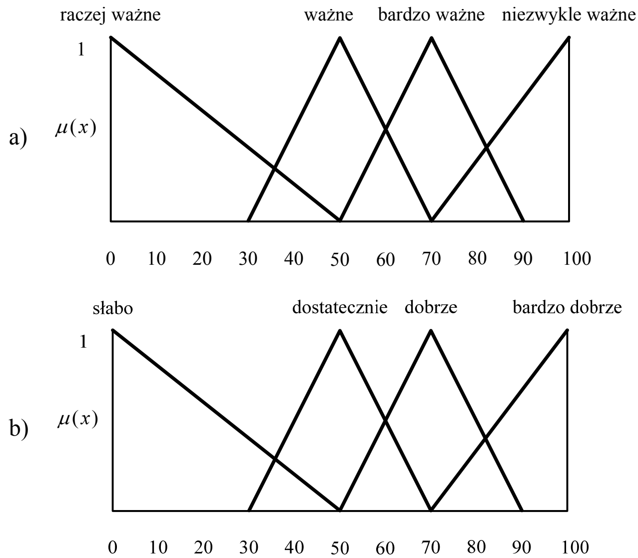
Tabela 1. Zakresy dziedzin trójkątnych liczb rozmytych przyporządkowanych wartościom lingwistycznym

Lp.	Wartości lingwistyczne i zakresy dziedzin przyporządkowanych im liczb rozmytych	
	ważność atrybutu	ocena atrybutu
1	„raczej ważne” (0; 0; 50)	„słabo” (0; 0; 50)
2	„ważne” (30, 50, 70)	„dostatecznie” (30, 50, 70)
3	„bardzo ważne” (50, 70, 90)	„dobrze” (50, 70, 90)
4	„niezwykle ważne” (70, 100, 100)	„bardzo dobrze” (70, 100, 100)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Benitez i in. 2007, s. 548].

poddano jakość usług trzech hoteli zlokalizowanych na wyspie Gran Canaria. Respondenci poproszeni zostali o ocenę zarówno ważności, jak i zadowolenia z 13 atrybutów usługi. Pomiaru opinii dokonano na czterostopniowej, porządkowej skali pomiaru. Każdej kategorii przyporządkowano trójkątne liczby rozmyte, których zakresy dziedzin wyszczególniono w tab. 1.

Graficzną interpretację liczb rozmytych zestawionych w tab. 1 zaprezentowano na rys. 8.



Rys. 8. Trójkątne liczby rozmyte dla wartości lingwistycznych zmiennej „ważność atrybutu" i „ocena atrybutu"

Źródło: opracowanie własne.

Otrzymane w postaci liczb rozmytych oceny jakości poszczególnych atrybutów usługi poddano następnie zabiegowi wyostrzenia. Uzyskane w ten sposób wyniki posłużyły do zbudowania rankingu hoteli z zastosowaniem metody TOPSIS.

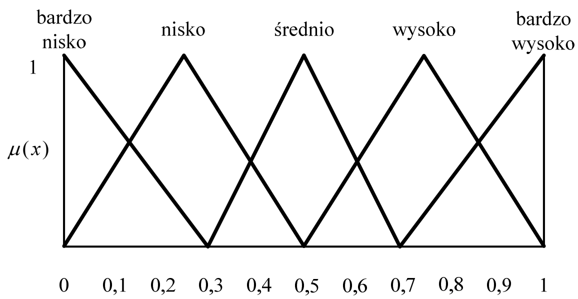
Jakość usług branży hotelowej oceniono również w opracowaniu Huanga i Huanga [2005]. Podobnie jak w przypadku klasycznej metody SERVQUAL przyjęto pięć wymiarów, w ramach których wyszczególniono 22 atrybuty usługi. Pomiaru oceny każdego z atrybutów dokonano na pięciostopniowej, porządkowej skali pomiaru. Następnie wartościom lingwistycznym przyporządkowano trójkątne liczby rozmyte (zob. tab. 2).

Graficzną interpretację liczb rozmytych wyszczególnionych w tab. 2 zaprezentowano na rys. 9.

Tabela 2. Zakresy dziedzin trójkątnych liczb rozmytych przyporządkowanych wartościom lingwistycznym

Lp.	Wartości lingwistyczne i zakresy dziedzin przyporządkowanych im liczb rozmytych
	ocena atrybutu
1	„bardzo nisko" (0; 0; 0,3)
2	„nisko" (0, 0,25, 0,5)
3	„średnio" (0,3; 0,5; 0,7)
4	„wysoko" (0,5; 0,75; 1)
5	„bardzo wysoko" (0,7; 1; 1)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Huang, Huang 2005, s. 24].



Rys. 9. Trójkątne liczby rozmyte dla wartości lingwistycznych zmiennej „ocena atrybutu"

Źródło: opracowanie własne.

Trzecim przykładem zastosowania liczb rozmytych do pomiaru jakości usług hotelowych jest opracowanie Denga i Peia [2009]. Autorzy artykułu zastosowali połączenie teorii zbiorów rozmytych, modelowania z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych oraz dobrze znanej metody IPA (*Importance-Performance Analysis*) w celu identyfikacji kluczowych atrybutów usługi. Otrzymane wyniki zostały porównane z wynikami klasycznego wariantu metody IPA. Na potrzeby pomiaru satysfakcji z poszczególnych atrybutów usługi zastosowano podejście polegające na tym, że każdy z respondentów określił własne zakresy dziedzin trójkątnych liczb rozmytych, które przyporządkowano do zastosowanych w artykule wartości lingwistycznych.

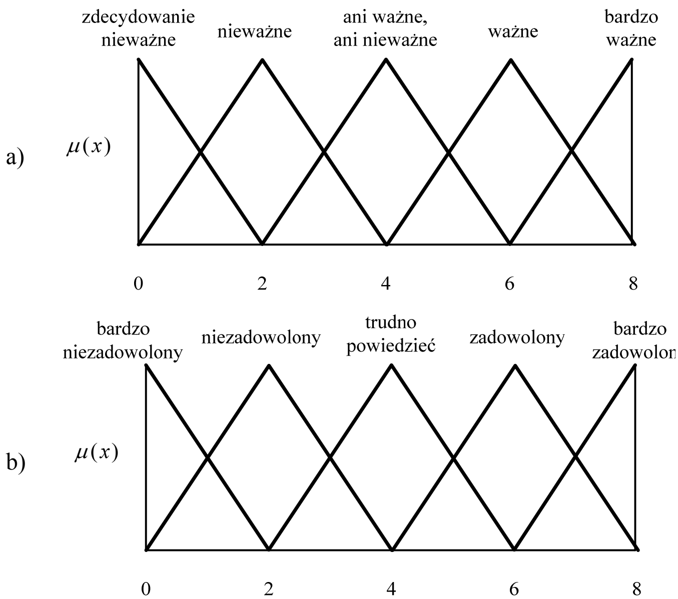
Trójkątne liczby rozmyte zastosowano również w badaniu dotyczącym oceny jakości usług pięciu typów sklepów detalicznych [Chien, Tsai 2000, s. 289-300]. Pomiaru ważności oraz satysfakcji z trzynastu atrybutów usługi dokonano na pięciostopniowej skali pomiaru. Następnie, stosując odległość Hamminga, obliczono dla każdego atrybutu rozbieżność między poziomem satysfakcji i ważności. Zakresy dziedzin trójkątnych liczb rozmytych przyporządkowanych wartościom lingwistycznych zaprezentowano w tab. 3.

Tabela 3. Zakresy dziedzin trójkątnych liczb rozmytych przyporządkowanych wartościom lingwistycznym

Lp.	Wartości lingwistyczne i zakresy dziedzin przyporządkowanych im liczb rozmytych	
	ważność atrybutu	satysfakcja
1	„zdecydowanie nieważne” (0; 0; 2)	„bardzo niezadowolony” (0; 0; 2)
2	„nieważne” (0; 2; 4)	„niezadowolony” (0; 2; 4)
3	„ani ważne, ani nieważne” (2; 4; 6)	„trudno powiedzieć” (2; 4; 6)
4	„ważne” (4; 6; 8)	„zadowolony” (4; 6; 8)
5	„bardzo ważne” (6; 8; 8)	„bardzo zadowolony” (6; 8; 8)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Chien, Tsai 2000, s. 292].

Graficzną interpretację liczb rozmytych wyszczególnionych w tab. 3 zaprezentowano na rys. 10.



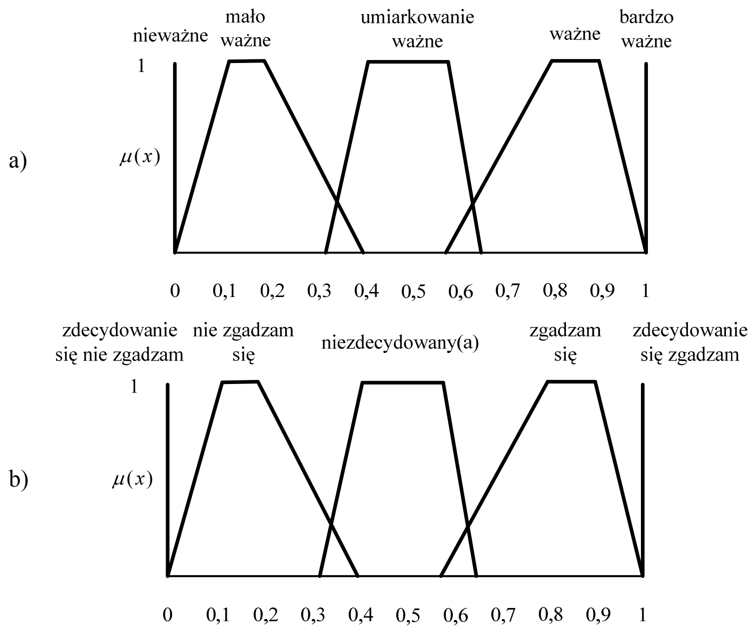
Rys. 10. Trójkątne liczby rozmyte dla wartości lingwistycznych zmiennej „ważność atrybutu” i „satysfakcja”

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Zakresy dziedzin trapezoidalnych liczb rozmytych przyporządkowanych wartościom lingwistycznym

Lp.	Wartości lingwistyczne i zakresy dziedzin przyporządkowanych im liczb rozmytych	
	oczekiwania	percepcja
1	„nieważne” (0; 0; 0; 0)	„zdecydowanie się nie zgadzam” (0; 0; 0; 0)
2	„mało ważne” (0; 0,11; 0,19; 0,42)	„nie zgadzam się” (0; 0,11; 0,19; 0,42)
3	„umiarkowanie ważne” (0,32; 0,41; 0,58; 0,65)	„niezdecydowany(a)” (0,32; 0,41; 0,58; 0,65)
4	„ważne” (0,58; 0,80; 0,90; 1)	„zgadzam się” (0,58; 0,80; 0,90; 1)
5	„bardzo ważne” (1; 1; 1; 1)	„zdecydowanie się zgadzam” (1; 1; 1; 1)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Aydin, Pakdil 2008, s. 112].



Rys. 11. Trapezoidalne liczby rozmyte dla wartości lingwistycznych zmiennej „oczekiwania” i „percepcja”

Źródło: opracowanie własne.

Przykład zastosowania trapezoidalnych liczb rozmytych można znaleźć w artykule Aydina i Pakdila [2008]. W opracowaniu zaprezentowano zastosowanie rozmytej wersji metody SERVQUAL do oceny jakości usług jednej z linii lotniczych. W badaniu wyszczególniono 35 atrybutów usługi. Pomiaru oczekiwań i percepcji respondentów dokonano na pięciostopniowej skali Likerta. Następnie poszczególnym kategoriom (wartościom lingwistycznym) przyporządkowano trapezoidalne liczby rozmyte. Wynikiem badania były oszacowane w postaci liczb rozmytych luki jakości. Zakresy dziedzin liczb rozmytych przyporządkowane poszczególnym wariantom odpowiedzi wyszczególniono w tab. 4.

Graficzną interpretację liczb rozmytych wyszczególnionych w tab. 4 zaprezentowano na rys. 11.

5. Podsumowanie

Stosowanie elementów teorii zbiorów rozmytych w badaniach jakości usług jest zagadnieniem nowym, a obserwując liczbę publikacji powstałych w stosunkowo krótkim okresie, można wnioskować, że stało się polem zainteresowań naukowych wielu badaczy. Najczęściej stosowanym podejściem wydaje się to oparte na teorii luk jakości i metodzie SERVQUAL. Nie wymagają one zbyt skomplikowanego operatu obliczeniowego, przez co możliwe jest prowadzenie analiz w ogólnodostępnych arkuszach analitycznych. Ponadto na stronach internetowych dostępnych jest wiele darmowych aplikacji, które umożliwiają przeprowadzenie podstawowych operacji arytmetycznych na liczbach rozmytych oraz wizualizację otrzymanych wyników.

Dokonując przeglądu zastosowań liczb rozmytych w badaniach jakości usług, nie sposób pominąć wielu istotnych i wydaje się, że nie do końca rozwiązanych kwestii. Jedną z ważniejszych, zdaniem autora, jest sposób ustalenia zakresów dziedzin liczb rozmytych. Najczęściej stosowanym tutaj podejściem jest przyporządkowanie *a priori* każdemu z respondentów jednakowych zakresów dziedzin liczb rozmytych charakteryzujących poszczególne wartości lingwistyczne. Wydaje się, że dalszy rozwój tego typu badań wymaga wypracowania innych sposobówpostępowania w tym zakresie. Jednym z najprostszych rozwiązań mogłoby być indywidualne określenie przez każdego respondenta w kwestionariuszu ankiety zakresu dziedzin liczb rozmytych przyporządkowanych poszczególnym wartościom lingwistycznym. Takie podejście zastosowano w przytoczonym w niniejszym artykule opracowaniu Denga i Peia [2009]. Nasuwa się również pytanie o możliwości wykorzystania w badaniach jakości usług rozmytych modyfikacji dobrze znanych w literaturze z zakresu badań marketingowych takich metod, jak analiza regresji czy też analiza czynnikowa. Pozwoliłoby to m.in. uwzględnić interakcje między ocenami poszczególnych atrybutów usługi nadawanymi przez respondentówprzez przejście z poziomu analiz jednowymiarowych na wielowymiarowe.

Literatura

Aydin O., Pakdil F., *Fuzzy SERVQUAL analysis in airline services*, „Organizacja" 2008 no 3.
Benitez J.M., Martin J.C., Roman C., *Using fuzzy number for measuring quality of service in the hotel industry*, „Tourism Management" 2007 no 28.
Bojadziev G., Bojadziev M.,*Fuzzy Logic for Business, Finance and Management*, World Scientific Publishing, Singapore 2007.
Chen S.M.,*Evaluating weapon systems using fuzzy arithmetic operations*, „Fuzzy Sets and Systems" 1996 no 77.
ChienCh.J., Tsai H.H., *Using fuzzy numbers to evaluate perceived service quality*, „Fuzzy Sets and Systems" 2000 no 116.
Deng W.J., Pei W., *Fuzzy neural based importane-performance analysis for determining critical service attributes*, „Expert Systems with Applications" 2009 no 36.
Hu Y.Ch., *Fuzzy multiple-criteria decision making in the determination of critical criteria for assessing service quality of travel websites*, „Expert Systems with Applications" 2009 no 36.
Huang T.T., Huang W.T., *Using statistical data and signed distance of fuzzy aggregate evaluation method on application of measuring service quality of hotel*, „Information and Management Sciences" 2005 no 3.
Kandel A., *Fuzzy Techniques in Pattern Recognition*, John Wiley & Sons, New York 1982.
Lasek M., *Data Mining.Zastosowania w analizach i ocenach klientów bankowych*, Biblioteka Menedżera i Bankowca, Warszawa 2002.
Pedrycz W., Gomide F., *An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design*, The MITT Press, Cambridge 1998.
Reznik L., *Fuzzy Controllers*, Newnes, Oxford 1997.
Sousa J.M.C., Kaymak U., *Fuzzy Decision Making in Modeling and Control*, World Scientific Publishing, Singapore 2002.
Tsaur S.H., Chang T.Y., Yen Ch.H., *The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM*, „Tourism Management" 2002 no 23.
Zhao R., Govind R., *Algebraic characteristics of extended fuzzy number*,„Information Science" 1991 no 54.

AN APPLICATION OF FUZZY NUMBERS IN SERVICE QUALITY MEASUREMENT AND ASSESSMENT – METHODOLOGICAL ASPECTS AND APPLICATION EXAMPLES

Summary: The paper presents a new approach with an application of fuzzy set theory elements in a service quality measurement. Graphical presentations and membership functions of fuzzy numbers which are the most often applied in service quality surveys were indicated. The paper presents also a short review of selected world surveys in service quality research with applications of fuzzy numbers. Examples of basic arithmetic operations on fuzzy numbers are included.