

## METODYKA FORMUŁOWANIA KWANTYFIKATORÓW LINGWISTYCZNYCH W SYSTEMACH INFORMATYCZNYCH ZARZĄDZANIA

JAROSŁAW BECKER  
RYSZARD BUDZIŃSKI  
MARTA SZARAFIŃSKA  
BARBARA WĄSIKOWSKA  
Uniwersytet Szczeciński  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny

### Streszczenie

*Współczesne systemy informatyczne charakteryzuje złożoność procedur dotyczących przetwarzania i pozyskiwania danych. Coraz częściej niezbędnymi dla podjęcia decyzji okazują się być informacje wyrażone w formie słownej (lingwistycznej). W artykule przedstawiono metodykę tworzenia kwantyfikatorów lingwistycznych z zastosowaniem teorii zbiorów rozmytych. Na przykładzie rozmytych modeli konceptów lingwistycznych zbudowano modele kwantyfikatorów o wieloelementowych słownikach oraz przedstawiono propozycję ich umiejscowienia w systemie informatycznym klasy DSS.*

**Słowa kluczowe:** dane lingwistyczne, teoria zbiorów rozmytych, kwantyfikator lingwistyczny, systemy informatyczne zarządzania.

### 1. Wprowadzenie

Wraz ze wzrostem ilości gromadzonych danych zyskują obecnie na znaczeniu metody i oprogramowanie pozwalające wydobywać z nich cenne informacje. Pozyskiwanie wiedzy (ang. data mining) stało się obecnie jednym z głównych obszarów badań naukowych i jest powszechnie stosowane. Rozwój metod data mining związany jest z rozwojem wielu dziedzin: informatyki, statystyki, ekonometrii, matematycznych technik rozwiązywania problemów, teorii i narzędzi wnioskowania w warunkach niepewności. Jednakże hurtownie danych oraz bazy danych, będące głównym źródłem informacji dla systemów pozyskiwania wiedzy, zawierają dane mające różnorodną postać. W literaturze najczęściej rozróżnia się dwa rodzaje danych – dane numeryczne oraz dane o charakterze jakościowym (dane lingwistyczne). Do niedawna informacje słowne (np. mały dochód firmy, wysoka jakość produktu itp.) nie były w ogóle stosowane w metodach opartych na matematyce konwencjonalnej. Niebranie pod uwagę tych informacji ograniczało znacznie skuteczność i efektywność różnych metod modelowania, prognozowania, projektowania, sterowania itp.[10]. W praktyce bardzo często jednak występuje sytuacja, w której to informacje wyrażone w sposób słowny są niezbędne do podjęcia decyzji, gdyż właśnie ta forma jest bliższa człowiekowi. Problem podjęty w artykule dotyczy ważnej kwestii związanej z podejmowaniem decyzji w środowisku niejednorodnych danych. Przedstawiono zagadnienia dotyczące współistnienia danych numerycznych i lingwistycznych oraz problematykę ich eksploracji i przetwarzania w systemach informatycznych klasy DSS.

Informacje zgromadzone w postaci danych określonych lingwistycznie, wyrażane są w języku naturalnym i z tego powodu są one trudne do przetworzenia i transformacji w wartości

numeryczne. Różnicę pomiędzy tym w jaki sposób ludzie postrzegają otoczenie a pomiarem numerycznym stanowi fakt, iż człowiek postrzega zjawiska w sposób nieprecyzyjny, nieostry. Mimo to opis słowny jest bardziej adekwatny i lepiej oddaje istotę otaczającej nas rzeczywistości. Zakwalifikowanie danej osoby do pewnego przedziału wieku (np. osoba „młoda” lub „stara”, bądź „ładny” lub „brzydki”) określonego numerycznie może być inne dla każdego i zależeć od danej sytuacji. Słowo „młody” można przypisać do każdej osoby będącej w określonym przedziale wiekowym. Nie ma jednolitej definicji tego przedziału, ponieważ może się zdarzyć, że osoba „młoda” dla jednych, dla innych jest już „stara”. Przede wszystkim określenie „młody” nie odnosi się wyłącznie do wieku danej osoby wyrażonego przedziałem czasu, może również określać doświadczenie, siły vitalne, nastawienie do życia. Taka wieloznaczność jest powszechna w języku naturalnym [9].

Inaczej ma się rzecz z danymi wyrażonymi numerycznie. Spotykamy się z nimi wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z wielkościami mierzalnymi, które możemy dowolnie przetwarzać za pomocą różnych metod pomiaru. Miary jakościowe są trudno mierzalne ze względu na ich opis słowny. Do każdej sytuacji, obiektu czy zjawiska można przypisać zarówno wielkości opisowe jak i numeryczne. Kombinacje różnych typów danych np.: z dźwięku, obrazów, dane numeryczne czy lingwistyczne wymagają zastosowania skomplikowanych algorytmów ich przetwarzania do postaci ustrukturyzowanej. Eksploracja dotyczy zastosowania odpowiednich metod i technik pozwalających na wykrycie reguł i wzorców w obszernych systemach bazodanowych. Możliwe jest to dzięki zastosowaniu teorii zbiorów przybliżonych, poprzez przypisanie wartościom lingwistycznym określonych zmiennych numerycznych, dla których można wyznaczyć odpowiednie funkcje opisujące oraz zakres zmienności parametrów z nimi związanych. Problem grupowania heterogenicznych typów danych jest tematem aktualnym i został zaprezentowany w pracach m.in.: Herrera F. [6], Herrera-Viedma E., Martinez L. [7], Yager R.R. [12].

## 2. Problemy grupowania i przetwarzania danych określonych lingwistycznie

Bazy danych będące źródłem dla systemów informatycznych coraz częściej mają niejednorodną postać. Odkrywanie wiedzy w obszernych systemach informatycznych opiera się szereg metod i algorytmów klasyfikacji i grupowania w celu poszukiwania reguł wnioskujących. Określenie właściwej metody zależy od jakości i rodzaju zgromadzonych danych (dane numeryczne oraz lingwistyczne) oraz metod ich pozyskania. Rozproszenie źródeł informacji, wielokryterialność oraz decentralizacja procesu podejmowania decyzji powoduje, że coraz częściej dane niezbędne do podjęcia decyzji wyrażane są w sposób opisowy a dotychczasowe modele zarządzania informacją okazują się niewystarczające. Istnieje zatem potrzeba poszukiwania rozwiązań dotyczących przetwarzania danych lingwistycznych. Analizując literaturę przedmiotu można wysunąć wnioski, iż pomimo dynamicznego wzrostu badań realizowanych w środowisku danych opisowych wskazywane są luki badawcze. Wśród podnoszonych problemów wymienia się głównie problem agregacji danych (*aggregation chase*), oraz problem eksploracji (*exploitation phase*) [11].

Większość metod operujących na danych lingwistycznych opiera się o klasyczną teorię użyteczności wykorzystującą metody wielokryterialne. Podejście to wykorzystuje metody operatorów OWA (*ordered weighted averaging*) zaproponowanego przez Yager'a [12]. Agregacja polega na łączeniu ze sobą poszczególnych obiektów w zbiory na podstawie podobieństw oraz pewnych cech wspólnych. Zidentyfikowane operatory agregacji oparte o rozmytą większość realizowane przy pomocy operatora OWA to między innymi: operator LWGA (*linguistic weighted*

*geometric averaging operator*) oraz operator LOWGA (*linguistic ordered weighted geometric averaging operator*). Inne operatory służące grupowaniu to: ULOWA (*uncertain linguistic operator*), ULHA (*uncertain linguistic hybrid aggregation operator*), LAWA (*linguistic aggregation of majority additive operator*), ULGM (*uncertain linguistic geometric mean operator*), ULWGM (*uncertain linguistic weighted geometric mean operator*), OWG oraz ULOWG (*uncertain linguistic operator*), ULOWG oraz IULOWG (*induced operator*). [7,11]

Inne podejście do grupowania danych w środowisku lingwistycznym dotyczy zastosowań metod wielokryterialnych opartych o teorię logiki rozmytej. Zidentyfikowane metody to: rozmyta metoda AHP (*ang. fuzzy AHP*), rozmyta metoda Delphi (*ang. fuzzy Delphi*) oraz nieostre metody kompromisowe (*ang. fuzzy Copromising*) [5]. Procedura pozyskiwana rozwiązań sprowadzona jest do formy nieostrej i polega się na wyznaczeniu wektora preferencji globalnych i lokalnych, agregacji wektora ocen cząstkowych oraz obliczeniu wektora uporządkowania wariantów decyzyjnych.

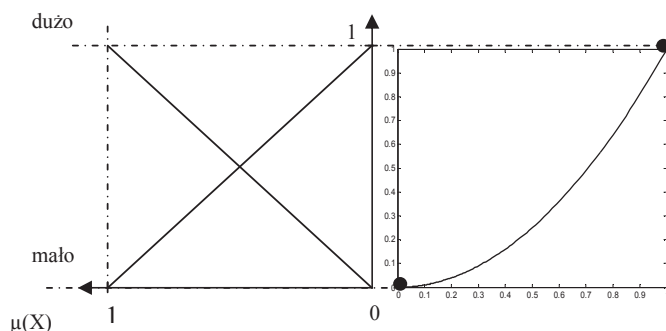
W literaturze znanych jest wiele przykładów operacji przetwarzania danych i informacji opartych o algorytmy identyfikujące klastry. Główne przeszkody w budowaniu narzędzi do rozwiązania tego problemu to zastosowanie właściwej metody grupowania, która odpowiednio identyfikować będzie rodzaj przetwarzanych danych bez utraty istotnych informacji w procesie transformacji.

### 3. Formułowanie kwantyfikatorów lingwistycznych

Narzędziem pozwalającym na zamianę danych numerycznych na dane lingwistyczne (i odwrotnie) jest logika rozmyta. Bazuje ona na pojęciu zbiorów rozmytych, czyli takich, które nie mają ściśle zdefiniowanych granic. O tym, w jakim stopniu dany element można zaliczyć do konkretnego zbioru, decyduje tzw. funkcja przynależności (*ang. membership function*) przypisująca poszczególnym argumentom wartość z zakresu od 0 do 1. Jednakże język naturalny oraz sposób opisywania świata przez człowieka jest nieprecyzyjny i niedokładny. Przy opisie zjawisk występuje sytuacja kiedy to poszczególne słowa posiadają wiele znaczeń. W sytuacjach decyzyjnych, w których mamy do czynienia z różnymi ocenami, decydenci często posługują się nierówną skalą ocen (tzn. różnym poziomem ziarnistości informacji). Problem „ziarnistości” dotyczy ocen, które mogą być wyrażone na różny poziomie abstrakcji [8, 9].

W poniższym artykule przedstawiono propozycję stworzenia profili indywidualnych o różnym stopniu szczegółowości. Utworzone przez autorów modele kwantyfikatorów lingwistycznym to wieloelementowe słowniki o następującym poziomie ziarnistości: dwustopniowym, trójstopniowym i czterostopniowym, pięciostopniowym oraz siedmiostopniowym. Sposób budowy przykładowego dwuelementowego kwantyfikatora lingwistycznego przy użyciu tzw. trójkątnych funkcji przynależności pokazuje rysunek 1. Kwantyfikator ten został skonstruowany dla profilu indywidualnego, którego postać można wyrazić za pomocą funkcji  $y=ax^2$  (dla  $a=1$ ). Zakładając normalizację danych wejściowych do przedziału od 0 do 1 ekspert określa, dla jakich wartości  $x$  funkcje przynależności określające przynależność do zbioru rozmytego np. *mało* i zbioru rozmytego *dużo* równe są jeden. Z rysunku pierwszego wynika, że funkcje przynależności są równe jeden dla  $x=0$  i  $x=1$ . Oznacza to, że z całą pewnością można stwierdzić, iż  $x=0$  należy do zbioru rozmytego *mało*, a  $x=1$  należy do zbioru rozmytego *dużo*. Dla pozostałych wartości  $x$  tzn.  $0 < x < 1$ , należy obliczyć niższe funkcje przynależności:

$\mu_M(x) = \frac{1-x}{1-0}$ ; funkcja przynależności  $x$  do *mało*,  
 $\mu_D(x) = \frac{x-0}{1-0}$ ; funkcja przynależności  $x$  do *dużo*.



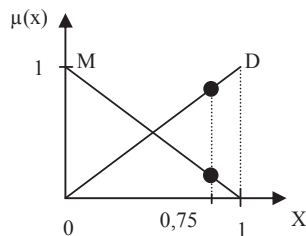
Rys. 1. Budowa dwuelementowego kwantyfikatora lingwistycznego dla profilu indywidualnego określonego funkcją  $y=ax^2$ , gdzie  $a=1$

Źródło: Opracowanie własne.

W zależności od tego, który stopień przynależności  $x$  do zbioru rozmytego będzie większy, wartość  $x$  zostanie zaklasyfikowana do zbioru rozmytego *mało* lub zbioru rozmytego *dużo*, np. dla  $x = 0,75$  (rys. 2.) funkcje te wynoszą:

$$\mu_M(0,75) = \frac{1-0,75}{1-0} = 0,25 \qquad \mu_D(0,75) = \frac{0,75-0}{1-0} = 0,75$$

Ponieważ  $\mu_M(x) < \mu_D(x)$ , wartość  $x=0,75$  należy do zbioru rozmytego *duży*.



Rys. 2. Określenie funkcji przynależności do zbiorów rozmytych *mało* i *dużo* dla  $x=0,75$

Źródło: Opracowanie własne.

Przypisanie danym obiektom stopni przynależności w trafny sposób jest zwykle trudne [8]. Operacja ta jest zazwyczaj subiektywna i zależna od kontekstu sytuacyjnego. Stopnie przynależności (subiektywne i uzależnione kontekstem) wskazują tendencję, odzwierciedlają na obiektach z danego obszaru rozważań uporządkowanie, wprowadzone poprzez skojarzenie z danym zbiorem pewnej własności. Jedną z naukowych metod wyznaczania stopni

przynależności jest metoda statystyczna, ankietowa. Za stopień przynależności przyjmuje się w niej np. stosunek liczby odpowiedzi twierdzących do liczby wszystkich odpowiedzi udzielonych przez ankietowane osoby. Inną, powszechnie stosowaną metodą jest wyznaczenie stopni przynależności przez eksperta. Często jest również tak, że ekspert wyznacza tylko ogólny kształt funkcji przynależności, dokładne zaś wartości parametrów dobierane są na drodze prób i błędów. Stworzenie więc gotowych do użycia wzorców kwantyfikatorów lingwistycznych, dla różnych stopni przynależności oraz zastosowanie ich w systemach klasy DSS w znaczący sposób ułatwi wydobycie informacji z baz czy też hurtowni danych.

Poniżej przedstawiono propozycje kwantyfikatorów lingwistycznych o słownikach 2 oraz 4 elementowych dla profilu indywidualnego określonego wzorem  $y=ax^2$ , gdzie  $a=1$ .

a) słownik dwuelementowy np.: *niski, wysoki*

dla $X=0$	wartość lingwistyczna = <b>niski</b>
dla $0 < X < 1$	wartość lingwistyczna = <b>niski</b> gdy $\mu_N(X) > \mu_W(X)$ , wartość lingwistyczna = <b>wysoki</b> gdy $\mu_N(X) < \mu_W(X)$ , gdzie $\mu_N(X) = (1-X)/(1-0)$ i $\mu_W(X) = (X-0)/(1-0)$
dla $X=1$	wartość lingwistyczna = <b>wysoki</b>

b) słownik czteroelementowy np.: *niski, średni, wysoki, bardzo wysoki*

dla $X=0$	wartość lingwistyczna = <b>niski</b>
dla $0 < X < 0,1$	wartość lingwistyczna = <b>niski</b> gdy $\mu_N(X) > \mu_{Sr}(X)$ , wartość lingwistyczna = <b>średni</b> gdy $\mu_N(X) < \mu_{Sr}(X)$ , gdzie $\mu_N(X) = (0,1-X)/(0,1-0)$ i $\mu_{Sr}(X) = (X-0)/(0,1-0)$
dla $X=0,1$	wartość lingwistyczna = <b>średni</b>
dla $0,1 < X < 0,44$	wartość lingwistyczna = <b>średni</b> gdy $\mu_{Sr}(X) > \mu_W(X)$ , wartość lingwistyczna = <b>wysoki</b> gdy $\mu_{Sr}(X) < \mu_W(X)$ , gdzie $\mu_{Sr}(X) = (0,44-X)/(0,44-0,1)$ i $\mu_W(X) = (X-0,1)/(0,44-0,1)$
dla $X=0,44$	wartość lingwistyczna = <b>wysoki</b>
dla $0,44 < X < 1$	wartość lingwistyczna = <b>wysoki</b> gdy $\mu_W(X) > \mu_{Bw}(X)$ , wartość lingwistyczna = <b>bardzo wysoki</b> gdy $\mu_W(X) < \mu_{Bw}(X)$ , gdzie $\mu_W(X) = (1-X)/(1-0,44)$ i $\mu_{Bw}(X) = (X-0,44)/(1-0,44)$
dla $X=1$	wartość lingwistyczna = <b>bardzo wysoki</b>

Zwiększając liczbę elementów w słowniku dla danego profilu indywidualnego zwiększamy precyzję otrzymywanej informacji. Tak utworzone dla każdego profilu indywidualnego kwantyfikatory lingwistyczne można zaimplementować do systemu DSS. Zadaniem użytkownika (eksperta) korzystającego z systemu będzie jedynie podjęcie decyzji, którego z gotowych kwantyfikatorów użyć.

#### 4. Miejsce algorytmu w procesie walidacji danych

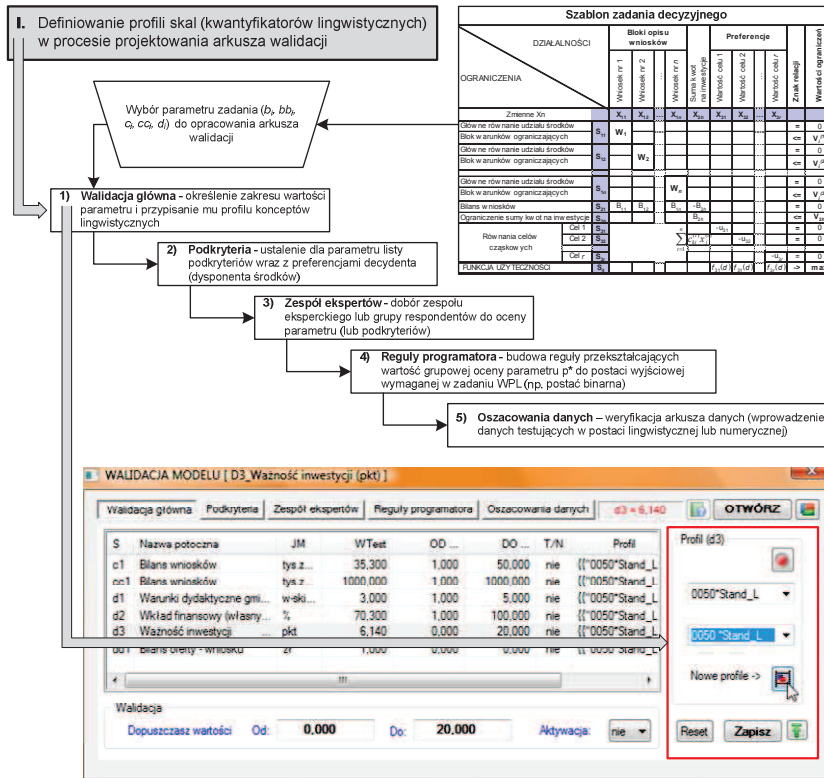
Algorytm formułowania kwantyfikatorów lingwistycznych został zastosowany w systemie informatycznym klasy DSS, autorstwa: Budziński R., Becker J. [4]. Celem systemu, u którego podstaw leży wykorzystanie modeli wielokryterialnego programowania liniowego (WPL), jest rozwiązywanie złożonych problemów decyzyjnych. Zastosowano w nim ideę programowania celowego (ang. *goal programming*) o specyficznym (diagonalnym i blokowym) układzie macierzy parametrów, gdzie każdemu z bloków odpowiada jeden wniosek lub oferta przetargowa [2]. Bloki traktowane oddzielnie tworzą samodzielne zadania WPL, a rozpatrywane łącznie pozwalają na

wybór bloku najlepszego (również w sensie PARETO). W ujęciu bazodanowym blok odpowiada rekordowi (o zmiennych długościach), a całe zadanie formalnie spełnia warunek relacyjnej bazy danych ze wszystkimi jej atrybutami [3].

Podstawowymi atrybutami systemu są: wielokryterialność i wieloetapowość procesu wyboru, masowość i elastyczność (autoadaptacja) wariantów decyzyjnych, grupowe oceny parametrów zadania oraz gwarancja uzyskania rozwiązań najlepszych (zastosowanie funkcji użyteczności). W systemie DSS zastosowano specjalną procedurę walidacji parametrów [1], w której rozpatrzono problem dopuszczalności wartości wejścia w ujęciu różnych źródeł ich pochodzenia i interpretacji. Proces ten polega nie tylko na kontrolowaniu zakresu dopuszczalnych parametrów numerycznych, ale na dużo szerszej interpretacji źródłowych wartości wprowadzanych danych (rys. 3). Przyjęto założenia, że parametry te mogą: – pochodzić z grupowych ocen wyrażanych za pomocą zdefiniowanego zbioru konceptów lingwistycznych, numerycznych lub mieszanych, – być defragmentowane na mniejsze składniki i oceniane łącznie (poprzez preferencje tych składników), a także – transponowane na pożądane postaci wyjścia, np. 0 lub 1.

Przykładem takiego problemu jest wieloetapowa procedura rozpatrywania wniosków unijnych (przyznawania dotacji) z udziałem wielu grup ekspertów, recenzentów o różnych kompetencjach. Jest to charakterystyczna kategoria problemów, w których pozyskiwanie danych do interpretacji wielokryterialnej może cechować rozproszenie terytorialne. Algorytm formułowania kwantyfikatorów lingwistycznych jest wykorzystywany w systemie DSS na dwóch poziomach funkcjonalności: projektanta i użytkowników końcowych.

*Pierwszy poziom* jest dedykowany dla projektanta (analityka), który przygotowuje szablony arkuszy walidacji ocen grupowych dla wybranych parametrów zadania decyzyjnego (rys. 3). Formalne ujęcie tego procesu (projektowanie arkusza walidacji) zaprezentował Becker J. w pracy [1], wyróżniając pięć następujących po sobie faz. Dobór i konstruowanie profili interpretujących koncepty lingwistyczne mieści się w fazie pierwszej – *walidacja główna* (rys. 3). Za pomocą szablonów możliwe jest przeprowadzenie walidacji wszystkich nastawialnych parametrów, które w projekcie zadania decyzyjnego występują w postaci symbolicznej. Zakres kontroli wartości parametrów modelu, które muszą mieścić się w dopuszczalnych przedziałach, został znacznie poszerzony. Walidacji podlega cały proces integracji źródeł wiedzy (ocen, osądów, oszacowań), wyrażanych przez oceniających za pomocą konceptów lingwistycznych i konwertowanych do wymaganego w zadaniu decyzyjnym formatu liczbowego. W systemie dostępne są skale ciągłe oraz skokowe z dowolną kafeterią opisową lub liczbową, które można dziedziczyć i dostosowywać do własnych potrzeb. Dla skal z kafeterią możliwa jest na przykład zmiana stopnia gradacji ocen, zmiana funkcji przynależności oraz budowa nowego słownika konceptów lingwistycznych (np. *wysoki, średni, niski, nie wiem*).



Rys. 3. Zastosowanie algorytmu formułowania kwantyfikatorów lingwistycznych w opcji projektowania szablonów walidacji informatycznego systemu klasy DSS

Źródło: [1, 4].

Drugi poziom związany jest z obsługą informatyczną funkcji użytkowników końcowych obu stron postępowania decyzyjnego, np.: wnioskobiorców, wnioskodawców i niezależnych ekspertów. Wyróżniono pięć opcji systemu, w których wprowadza się dane rzeczywiste bądź je modyfikuje podczas badań symulacyjnych. Dla wybranych parametrów zadania decyzyjnego funkcje te mogą wykorzystywać zaprojektowane wcześniej szablony walidacji.

Formularze zgłoszeń to opcja służąca do wprowadzania danych opisujących warianty decyzyjne (np. wnioski). Przykład zastosowania szablonu walidacji dla parametru D03 w opcji wprowadzania danych do systemu DSS zaprezentowano na rysunku 4.

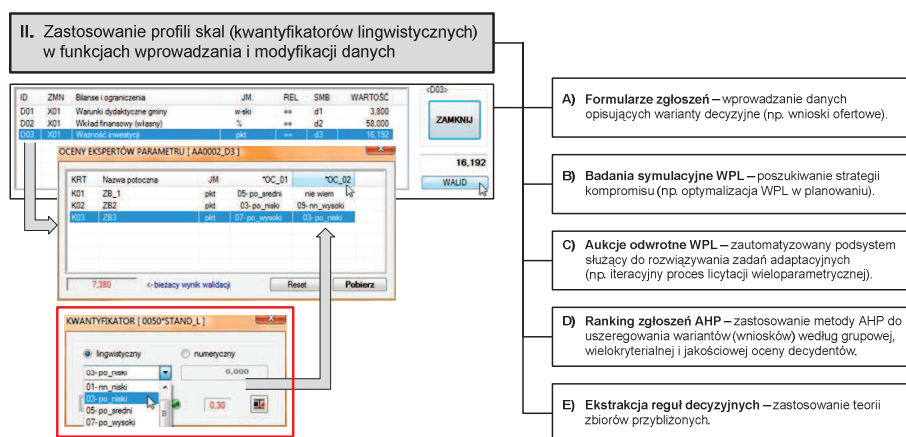
Aukcje odwrotne WPL to zautomatyzowany podsystem służący do rozwiązywania zadań adaptacyjnych. Wnioski (oferty) biorące udział w postępowaniu kwalifikacyjnym mogą samoistnie dostosowywać się do warunków (np. założonych przedziałów dofinansowania) bez ingerencji prowadzących przetarg.



Badania symulacyjne WPL mogą być pomocne w poszukiwaniu strategii kompromisu (np. optymalizacja WPL w planowaniu).

Ranking zgłoszeń AHP to dodatkowa opcja, alternatywna dla rozwiązań WPL. Wyniki uzyskane za pomocą metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) są wartościami liczbowymi, które określają hierarchię wariantów (wniosków) według zbiorczej i wielokryterialnej oceny decydentów.

Ekstrakcja reguł decyzyjnych – zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych do poszukiwania zależności przyczynowo-skutkowych w danych ofertowych o postaci lingwistycznej.



Rys. 4. Zastosowanie profili skal (kwantyfikatorów lingwistycznych) w funkcjach użytkowych systemu

Źródło: Opracowanie własne.

## 5. Podsumowanie

Współczesne systemy informatyczne charakteryzuje złożoność procedur dotyczących przetwarzania i pozyskiwania danych. Coraz częściej niezbędnymi dla podjęcia decyzji okazują się być informacje wyrażone w formie słownej (lingwistycznej). W artykule przedstawiono propozycję algorytmu tworzenia kwantyfikatorów lingwistycznych z zastosowaniem teorii zbiorów rozmytych. Na przykładzie rozmytych modeli konceptów lingwistycznych zbudowano modele kwantyfikatorów o wieloelementowych słownikach. Aby rozwiązanie było mobilne założono jednolitą indeksację kwantyfikatorów na trzech poziomach: indywidualnego słownika konceptów lingwistycznych, ustalenia liczby parametrów oraz doboru odpowiedniego profilu dla każdej zmiennej.

Przykładem praktycznego zastosowania algorytmu formułowania kwantyfikatora lingwistycznego jest umiejscowienie go w procesie walidacji danych w systemie informatycznym klasy DSS. Proces ten obejmuje wieloetapową procedurę integracji źródeł wiedzy od momentu formułowania zadania decyzyjnego (formułowania kryteriów oceny) do końcowego etapu



ekstrakcji reguł decyzyjnych. Dwa główne problemy związane z integracją danych dotyczyły: indeksacji proponowanego wzorca na poziomie tworzenia conceptów lingwistycznych (stworzenie standardu, wzorca odwołań) oraz przeprowadzenia badań pilotażowych doboru danego profilu indywidualnego do danej sytuacji decyzyjnej (znalezienie odpowiedzi na pytanie: czym powinien kierować się użytkownik wybierając określony profil?).

#### **Bibliografia**

- [1] Becker J.: Integracja źródeł wiedzy w modelowaniu zadań WPL na potrzeby systemów klasy DSS. *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, Wydawnictwo BEL Studio Sp. z o. o., Warszawa 2010.
- [2] Becker J.: Architektura informatycznego systemu generowania wielokryterialnych rozwiązań decyzyjnych: (cz. 1) Koncepcja budowy modelu WPL oparta na niestandardowych zadaniach decyzyjnych. *Badania Systemowe*, Tom 64, Wyd. Instytut Badań Systemowych PAN & Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych, Warszawa 2008.
- [3] Becker J., Budziński R.: Architektura informatycznego systemu generowania wielokryterialnych rozwiązań decyzyjnych: (cz. 2) Organizacja struktur informacyjnych i funkcjonowanie systemu informatycznego. *Badania Systemowe*, Tom 62, Wyd. IBS PAN & Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych, Warszawa 2008.
- [4] Becker J., Budziński R.: *Prototyp systemu DSS (wersja 2.0)*, Szczecin 2010.
- [5] Chen Z., Ben-Arieh D.: On the fusion of multi-granularity linguistic label sets in group decision making. *Computers & Industrial Engineering* 51, 2006, pp. 526–541
- [6] Herrera F., Herrera-Viedma E.: Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems*, 115, 2000, pp. 67–82
- [7] Herrera F., Herrera-Viedma E., Martinez L.: A fusion approach for managing multi-granularity linguistic term sets in decision making. *Fuzzy Sets and Systems* 114, 2006, pp. 43–58.
- [8] Łachwa A.: *Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji*. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2001.
- [9] Mazur D.: *Wykorzystanie danych określonych lingwistycznie w systemach pozyskiwania wiedzy*. Politechnika Śląska w Gliwicach, [dostęp: 5 maja 2010]. Dostęp w Internecie: <http://www.madar.com.pl/dmazur/pdf/dane.pdf>.
- [10] Piegat A.: *Modelowanie i sterowanie rozmyte*. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 1999.
- [11] Wu Z., Chen Y.: The maximizing deviation method for group multiple attribute decision making under linguistic environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 158, 2007, pp. 1608–1617.
- [12] Yager R.R.: On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, B 18, pp. 183–190, 1988.

**THE LINGUISTIC QUANTIFIER FORMULATION ALGORITHM IN COMPUTER  
MANAGEMENT SYSTEMS**

## Summary

*Nowadays the computer systems are based on complexity of procedures relating the processing and exploration of data. More over the decision making problems are often expressed in the linguistic form. The purpose of this paper is to present the linguistic quantifier algorithm in adapt of fuzzy logic theory. Basis on fuzzy linguistic concept, model of multi-element quantifier were built and introduced in the Decision Support System (DSS).*

**Keywords:** linguistic data, fuzzy logic theory, linguistic quantifier, Decision Support System (DSS).

Jarosław Becker  
Ryszard Budziński  
Marta Szarańska  
Barbara Wąsikowska  
Katedra Metod Informatyki Stosowanej  
Katedra Inżynierii Systemów Informacyjnych  
Uniwersytet Szczeciński  
<http://www.wneiz.pl>  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny  
<http://www.wi.zut.edu.pl/>