

**WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA**



ANALIZA SYSTEMOWA W FINANSACH I ZARZĄDZANIU

**Wybrane problemy
Tom 2**

Pod redakcją

Macieja KRAWCZAKA i Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 2000

**WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA**

ANALIZA SYSTEMOWA W FINANSACH I ZARZĄDZANIU

Wybrane problemy
Tom 2

Pod redakcją
Macieja KRAWCZAKA i Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 2000

Wykaz opiniodawców artykułów zamieszczonych w tomie:

doc dr hab. Dariusz **GĄTAREK**

prof. dr hab. Jakub **GUTENBAUM**

prof. dr hab. Jerzy **HOLUBIEC**

doc. dr hab. Marek **LIBURA**

prof. dr hab. Stanisław **PIASECKI**

prof. dr hab. Andrzej **STRASZAK**

doc. dr hab. Sławomir **WIERZCHOŃ**

doc dr. hab. Leszek **ZAREMBA**

© **Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania**

Warszawa 2000

ISBN 83-85847-54-5

INTERFEJS KOMPUTEROWEGO SYSTEMU DO ANALIZY NIEPRECYZYJNYCH WYNIKÓW BADAŃ NIEZAWODNOŚCI

Piotr Nycz^{}, Przemysław Grzegorzewski[§]*

^{}Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania*

[§]Institut Badań Systemowych, Polska Akademia Nauk

Praca zawiera omówienie sposobu modelowania nieprecyzyjnych wyników badań niezawodności oraz opis interfejsu komputerowego umożliwiającego analizę statystyczną tego typu danych.

Słowa kluczowe: niezawodność, czas bezawaryjnej pracy, czas życia obiektu, liczby rozmyte, funkcja przynależności, obliczenia na słowach.

1. Wprowadzenie

Klasyczne metody statystyki oraz teorii niezawodności mogą być stosowane wówczas, gdy dane pochodzące z badań niezawodnościowych oraz odpowiednie wymagania dotyczące wskaźników niezawodnościowych wyrażane są w sposób precyzyjny. Tymczasem w wielu przypadkach spotykanych w praktyce są one wyrażane nieprecyzyjnie (językiem potocznym, bądź w sposób opisowy). Sytuacja ta ma miejsce szczególnie często wtedy, gdy czas poprawnej pracy, jak i ocena stanu badanych obiektów dokonywana jest przez odbiorców produkowanych wyrobów.

W niniejszej pracy omawiamy problemy pojawiające się w praktycznej realizacji koncepcji „obliczeń na słowach” (ang. computing with words), wysuniętej przez Zadeha (1973, 1999), w kontekście analizy statystycznej nieprecyzyjnych wyników badań niezawodności. Przedstawiamy też opis interfejsu systemu komputerowego umożliwiającego prowadzenie takiej analizy.

2. Obliczenia na słowach w teorii niezawodności

Badania niezawodności obejmują takie zagadnienia jak: estymacja średniego czasu poprawnej pracy badanego obiektu, estymacja innych parametrów rozkładu prawdopodobieństwa czasu poprawnej pracy

(trwałości) obiektu, estymacja prawdopodobieństwa wykonania określonego zadania, a także weryfikację hipotez o spełnieniu przez wyżej wymienione wielkości pewnych wymagań. Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat opracowany został rozbudowany aparat statystyczny pozwalający na rozwiązanie większości problemów spotykanych w praktyce. Jednakże aparat ten może być stosowany jedynie wówczas, gdy dane pochodzące z badań niezawodnościowych oraz odpowiednie wymagania wyrażane są w sposób precyzyjny. Tymczasem w wielu przypadkach spotykanych w praktyce dane niezawodnościowe, jak i odpowiednie wymagania dotyczące określonych parametrów niezawodnościowych, wyrażane są w sposób nieprecyzyjny. Sytuacja ta ma miejsce szczególnie często wtedy, gdy czas poprawnej pracy, jak i ocena stanu badanych obiektów dokonywana jest przez odbiorców produkowanych wyrobów. Mogą to być oceny wyrażane językiem potocznym, bądź też wyrażane w sposób opisowy, np. „uszkodzenie nastąpiło po około 1000 godzinach pracy”, „mniej więcej po 10 miesiącach użytkowania samochodu odnotowano większe od dotychczasowego zużycie paliwa”. Podobne przykłady można mnożyć, zwłaszcza gdy analiza niezawodnościowa dotyczy obiektów badanych w warunkach eksploatacji. Owa niepewność, spotykana w danych niezawodnościowym ma najczęściej źródło w

- a) subiektywizm oceny uszkodzenia opisywanego przez użytkownika,
- b) braku precyzji przy rejestrowaniu momentu uszkodzenia,
- c) braku precyzji w rejestrowaniu sposobu, tempa, czy też intensywności eksploatacji danego urządzenia.

Także wymagania niezawodnościowe bywają wyrażane w sposób nieprecyzyjny, np. „prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu w okresie jednorocznej gwarancji (odpowiadającej w przybliżeniu 1000 godzinom nieprzerwanej pracy) powinno być mniejsze niż ...”. Nieprecyzyjnie wyrażone dane oraz wymagania niezawodnościowe mogą pojawić się również wtedy, gdy ocena precyzyjna jest wręcz niewykonalna z przyczyn technicznych lub nieopłacalna z powodów ekonomicznych.

Ponieważ zastosowanie tradycyjnych metod statystycznych teorii niezawodności we wszystkich wspomnianych powyżej (i im podobnym) przypadkach nie jest bezpośrednio możliwe, stąd też zachodzi potrzeba takiego uogólnienia owych klasycznych metod, które pozwoliłoby na prowadzenie efektywnej analizy nieprecyzyjnych danych niezawodnościowych. Zagadnieniom podejmowania decyzji statystycznych w obecności nieprecyzyjnych danych poświęcono, jak dotąd, stosunkowo niewiele uwagi, a statystyka nie wypracowała w tym zakresie powszechnie akceptowanej metodologii. Dotyczy to w szczególności metod statystycznych teorii niezawodności.

Nieliczne próby rozwiązania wspomnianych powyżej problemów niezawodnościowych podejmowali Hryniewicz (1988, 1995), Kanagawa i Ohta (1990, 1992), Viertl i Gurker, oraz Grzegorzewski i Hryniewicz.

Podstawowym problemem analizy nieprecyzyjnych danych niezawodnościowych jest znalezienie właściwego opisu matematycznego braku precyzji. W niniejszej pracy przyjęto założenie, że teoria zbiorów rozmytych dostarcza narzędzi właściwych do opisu nieprecyzyjności zarówno ocen, jak i wymagań niezawodnościowych. Zakłada się również, że wspomniany brak precyzji nakłada się na losowość będącą rezultatem oddzielnych mechanizmów. W efekcie mamy do czynienia z sytuacjami, w których konieczne jest podejmowanie decyzji w oparciu o rozmyte obserwacje o charakterze losowym. W pracy Grzegorzewskiego i Hryniewicza zaproponowano sposób konstrukcji efektywnych procedur statystycznych teorii niezawodności umożliwiających wnioskowanie mimo współistnienia dwojakiego rodzaju niepewności: rozmytości i losowości.

Biorąc pod uwagę stopień trudności stosowanego aparatu matematycznego wydaje się celowe opracowanie systemu komputerowego, ułatwiającego prowadzenie odpowiednich analiz danych niezawodnościowych przez praktyków. Bardzo istotnym elementem takiego systemu komputerowego jest interfejs, pozwalający na operowanie nieprecyzyjnie sformułowanymi wyrażeniami, pochodzącymi często z języka naturalnego. Wiąże się to z koniecznością wprowadzenia dodatkowej warstwy oprogramowania odpowiedzialnej za przetwarzanie elementów lingwistycznych we wprowadzanych do systemu danych. W efekcie, ma to być więc system realizujący w praktyce coraz bardziej popularną koncepcję „obliczeń na słowach”. Dodatkowo, aby z owego systemu komputerowego mogły korzystać osoby nie znające dogłębnie większości wykorzystywanych do obliczeń teorii matematycznych, wspomniany interfejs powinien zawierać interpreter wyników czyniący zeń użyteczny i przyjazny system wspomagania decyzji.

3. Nieprecyzyjne dane niezawodnościowe

Podstawowym celem analizy statystycznej realizowanej przez wspomniany system komputerowy będzie estymacja średniego czasu poprawnej pracy badanego obiektu oraz weryfikacja hipotez dotyczących czasu poprawnej pracy obiektu. Postać konkretnych procedur statystycznych służących temu celowi, wraz z opisem ich matematycznych podstaw, przedstawiono w pracy Grzegorzewskiego i Hryniewicza. W tym miejscu pragniemy jedynie ukazać sposób modelowania braku precyzji w danych niezawodnościowych, odgrywający fundamentalną rolę w projektowaniu interfejsu systemu komputerowego.

Załóżmy, że badaniu podlega n obiektów (urządzeń, elementów). Do prowadzenie analizy niezawodnościowej konieczna jest znajomość czasów bezawaryjnej pracy tych obiektów T_1, \dots, T_n , zwanych także czasami życia

obiektów, oraz liczby zaobserwowanych awarii. Z uwagi na skończony horyzont czasowy prowadzonych badań, w praktyce rzadko dostępna jest informacja o czasach bezawaryjnej pracy wszystkich badanych obiektów. Oznacza to, że znamy czasy życia tylko części badanych obiektów, podczas gdy o pozostałych możemy powiedzieć jedynie to, że odpowiadające im czasy bezawaryjnej pracy przekraczają pewną wartość. Ta cecha danych niezawodnościowych zwana jest „cenzurowaniem”. Zatem wraz z czasami życia T_i poszczególnych obiektów mamy do czynienia z czasami cenzurowania $Z_i > 0$, a dane T_i jest rejestrowane tylko wtedy, gdy $T_i \leq Z_i$. Mówiąc bardziej formalnie, rezultat prowadzonego badania może być opisany przez próbę losową

$$(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n),$$

gdzie $X_i = \min\{T_i, Z_i\}$, natomiast

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{gdy } X_i = T_i \\ 0, & \text{gdy } X_i = Z_i \end{cases}$$

Opisane powyżej czasy bezawaryjnej pracy obiektów T_i , a także czasy cenzurowania Z_i otrzymywane być mogą na podstawie danych odpowiadających momentom rozpoczęcia badania O_i , momentom wystąpienia awarii U_i oraz momentom cenzurowania W_i . W oczywisty sposób $T_i = U_i - O_i$ oraz $Z_i = W_i - O_i$.

W niniejszej pracy, jak wspomniano w rozdz. 2, przyjmujemy założenie, że teoria zbiorów rozmytych dostarcza narzędzi właściwych do modelowania nieprecyzyjnych danych niezawodnościowych oraz efektywnego ich przetwarzania. A konkretnie, zakładamy że momenty rozpoczęcia badania, wystąpienia awarii, cenzurowania oraz czasy bezawaryjnej pracy i czasy cenzurowania opisywane będą przez nieujemne rozmyte zmienne losowe. Realizacjami takich rozmytych zmiennych losowych są nieujemne liczby rozmyte. Ponieważ pojęcie to odgrywa zasadniczą rolę zarówno w konstrukcji interfejsu, jak i modułu obliczeniowego naszego systemu komputerowego, przypominamy poniżej definicję liczby rozmytej, zaproponowaną przez Dubois i Prade'a.

Definicja

Podzbiór rozmyty A prostej rzeczywistej \mathcal{R} , o funkcji przynależności $\mu_A: \mathcal{R} \rightarrow [0,1]$, nazywamy liczbą rozmytą wtedy i tylko wtedy, gdy:

- A jest normalny, tzn. istnieje taki punkt $x_0 \in \mathcal{R}$, że $\mu_A(x_0) = 1$,
- A jest wypukły w sensie rozmytym, tzn. $\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \mu_A(x_1) \wedge \mu_A(x_2)$ dla każdego $x_1, x_2 \in \mathcal{R}$ i dla każdego $\lambda \in [0,1]$,
- μ_A jest funkcją górnio półciągłą,
- nośnik A jest ograniczony.

Nietrudno wykazać, że funkcję przynależności dowolnej liczby rozmytej można zapisać w następującej postaci:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < a_1 \\ r_l(x) & \text{dla } a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & \text{dla } a_2 \leq x \leq a_3 \\ r_u(x) & \text{dla } a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & \text{dla } x > a_4 \end{cases}$$

gdzie $a_1, a_2, a_3, a_4 \in \mathcal{R}$, $a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4$, $r_l: [a_1, a_2] \rightarrow [0, 1]$ jest funkcją niemalejącą i górnie półciągłą, natomiast $r_u: [a_3, a_4] \rightarrow [0, 1]$ jest funkcją nierosnącą i górnie półciągłą. Funkcje te są nazywane czasem, odpowiednio, lewym i prawym ramieniem (stroną) liczby rozmytej. Dodajmy jeszcze, że dana liczba rozmyta jest nieujemna, jeżeli $a_1 \geq 0$.

Dla tak zdefiniowanych liczb rozmytych określone są wszystkie podstawowe działania arytmetyczne (por. prace Dubois i Prade, Mizumoto i Tanaka). Trudność przeprowadzania tych operacji arytmetycznych zależy, w oczywisty sposób, od postaci ramion rozważanych liczb rozmytych i zwiększa się znacząco, jeżeli owe funkcje są nieregularne. Stąd też praktycy wolą zazwyczaj posługiwać się liczbami rozmytymi o stosunkowo regularnych ramionach, np. liniowych, bądź kawałkami liniowych. Takie najprostsze liczby rozmyte o liniowych ramionach zwane są liczbami rozmytymi trapezoidalnymi. Mają one naturalną interpretację, a ponadto – z punktu widzenia konstruktora systemu komputerowego – są one, z uwagi na prostą reprezentację (ograniczającą się do czterech liczb a_1, a_2, a_3, a_4), bardzo wygodne w przetwarzaniu (obliczenia i grafika) oraz gromadzeniu danych (wymagają niewielkich zasobów pamięci).

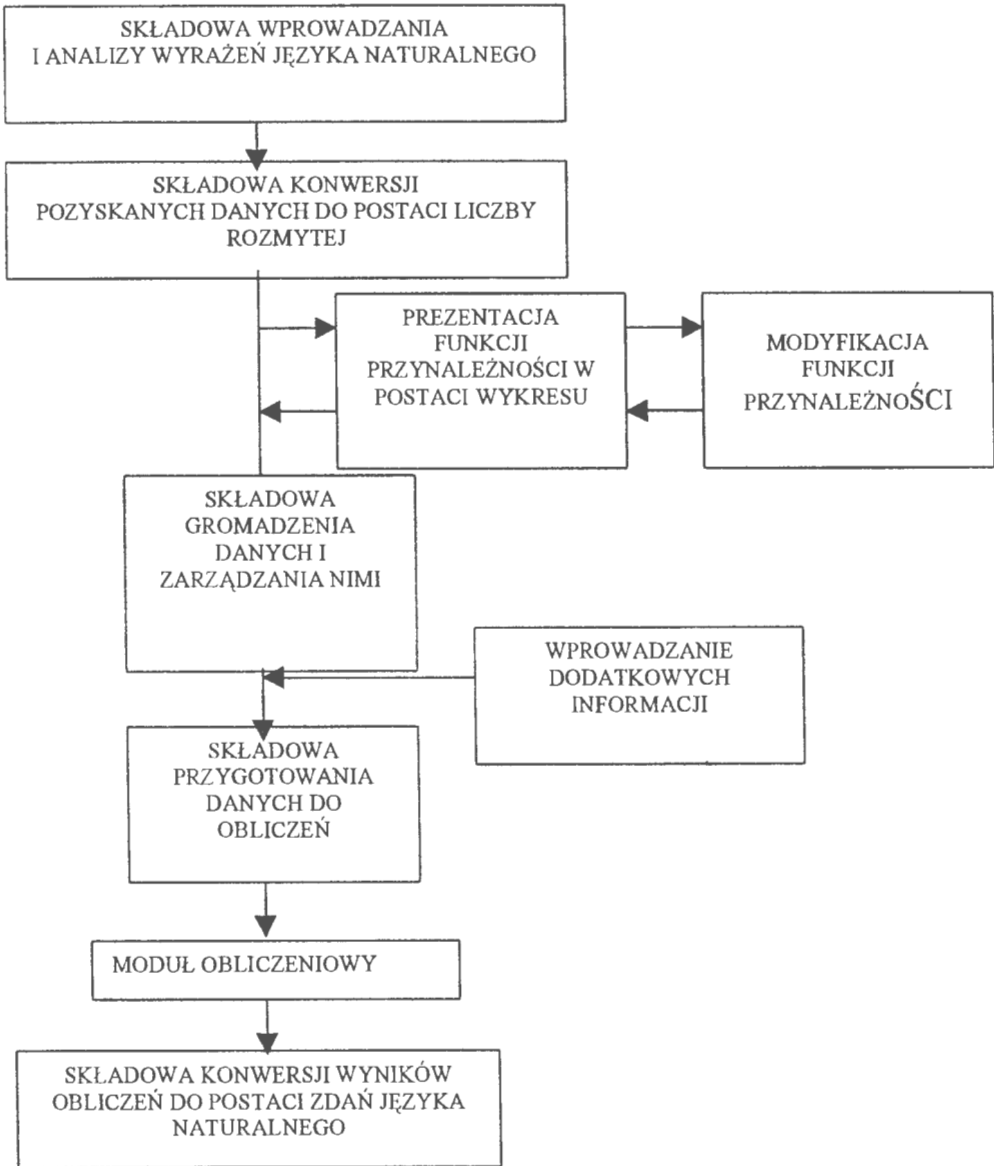
4. Opis interfejsu

W rozdz. 2 podkreślono znaczenie przyjaznego interfejsu systemu komputerowego przeznaczonego do prowadzenia analiz nieprecyzyjnych danych niezawodnościowych. W bieżącym rozdziale przedstawimy schemat takiego systemu (por. Rys. 1) i omówimy pokrótce podstawowe składowe interfejsu, spełniane przez nie role i ich wzajemne powiązania.

W modelu obiektowym oprogramowania szczególnie istotną rolę spełniają następujące składowe:

- wprowadzania i analizy wyrażen języka naturalnego,
- konwersji pozyskanych danych do postaci liczby rozmytej,
- prezentacji danych w postaci graficznej i ich modyfikacji (dostrajania),
- gromadzenia i zarządzania danymi,

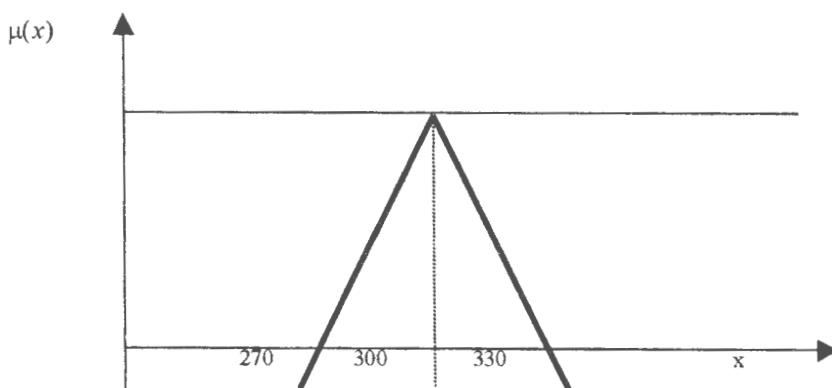
- konwersji wyników obliczeń do postaci zdań języka naturalnego (interpreter wyników).



Rysunek 1 - Schemat blokowy systemu komputerowego

Składowa wprowadzania i analizy wyrażenia języka naturalnego jest ściśle związana ze składową konwersji pozyskanych danych.

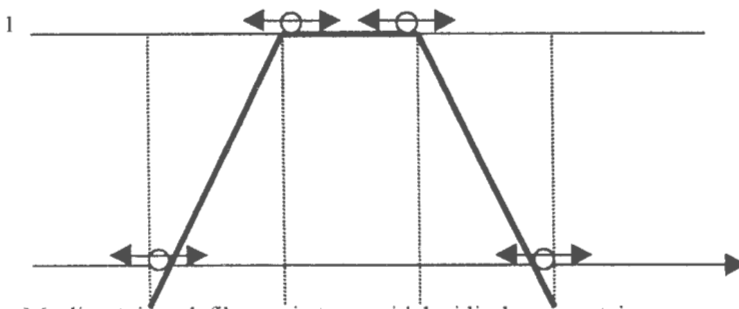
Po wprowadzeniu przez użytkownika do systemu obserwacji zawierającej wyrażenia nieprecyzyjne (lingwistyczne), rozpoczyna się analiza wprowadzonych informacji przy pomocy wbudowanego słownika. W rezultacie tej analizy danemu wyrażeniu przyporządkowywana jest pewna liczba rozmyta. Przykładowo, wyrażeniu „około x ”, gdzie x jest liczbą rzeczywistą, przypisywana jest liczba rozmyta trójkątna symetryczna, której funkcja przynależności przyjmuje wartość 1 w x , a nośnik jest postaci $(x - kx, x + kx)$, gdzie k jest ustaloną liczbą z przedziału $(0,1)$. W ten sposób funkcja przynależności liczby rozmytej przypisanej wyrażeniu „około 300 godzin”, dla $k = 0.1$, będzie miała postać ukazaną na rys.2. Warto w tym miejscu wspomnieć, że użytkownik systemu będzie miał możliwość tworzenia (definiowania) własnego słownika poprzez modyfikację słownika wbudowanego, bądź też na drodze dołączania do słownika nowych wyrazów.



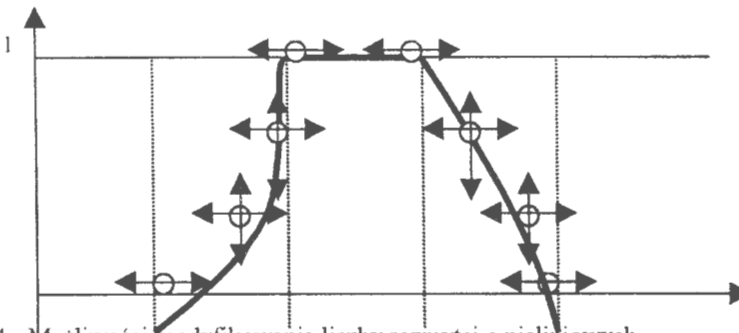
Rysunek 2 - Funkcja przynależności liczby rozmytej przypisanej wyrażeniu „około 300 godzin”.

Dla wygody użytkownika system generuje wykres funkcji przynależności proponowanej liczby rozmytej, otrzymanej w efekcie słownikowej interpretacji wprowadzonego wyrażenia. Celem tej wizualizacji jest umożliwienie użytkownikowi dokonania korekty w konwersji, a więc pewnego „dostrojenia” funkcji przynależności do własnej, subiektywnej interpretacji wprowadzonego wyrażenia. Dostrojanie może być prowadzone dwoma sposobami: za pomocą zaimplementowanych modyfikatorów rozmytych (por. np. Kacprzyk) lub też drogą interaktywnej modyfikacji wykresu. Ów drugi sposób wydaje się być szczególnie atrakcyjny dla potencjalnego użytkownika. Realizacja dostrojania graficznego jest najprostsza w przypadku ograniczenia się do liczb rozmytych trapezoidalnych. Sprowadza się ona bowiem do przesuwania w poziomie czterech punktów definiujących liczbę (por. rozdz. 3) – patrz rys. 3. Dla

bardziej skomplikowanych klas funkcji przynależności w efektywnym modelowaniu ramion liczby rozmytej można wykorzystać funkcje kawałkami liniowe (por. rys. 4), interpolację wielomianami, funkcje sklepane czy też krzywe Bezier. Jest rzeczą oczywistą, że przyjęcie bardziej wyrafinowanych metod interpolacji pociąga za sobą znaczące utrudnienia w zakresie gromadzenia i przetwarzania danych. Niezależnie od typu rozważanych funkcji trzeba zwrócić uwagę na to, aby w trakcie graficznego modyfikowania wykresu funkcji przynależności spełnione były warunki, jakie musi spełniać funkcja przynależności liczby rozmytej (por. rozdz. 3).



Rysunek 3 - Możliwości modyfikowania trapezoidalnej liczby rozmytej.



Rysunek 4 - Możliwości modyfikowania liczby rozmytej o nieliniowych ramionach.

Jeśli chodzi o gromadzenie i przechowywanie danych, to bardzo wygodnym jego sposobem jest przyjęcie struktury macierzowej, znanej z popularnych arkuszy kalkulacyjnych, czy też pakietów statystycznych. W macierzy takiej kolumny odpowiadają realizacjom poszczególnych próbek losowych, natomiast wiersze – kolejnym obserwacjom. W przypadku danych nieprecyzyjnych musi to być macierz o większej liczbie wymiarów, pozwalająca na kilkupoziomowe zapisywanie tych samych danych: w

postaci wyrażen lingwistycznych, grafiki odzwierciedlającej funkcje przynależności oraz pewnej liczbowej reprezentacji funkcji przynależności użytecznej dla modułu obliczeniowego. Ta liczbowa reprezentacja zależy również od przyjętego typu funkcji przynależności i jest najprostsza dla liczb trapezoidalnych.

Pomijamy w tym miejscu charakterystykę modułu obliczeniowego, zawierającego implementację procedur statystycznych opisanych w pracy Grzegorzewskiego i Hryniewicza. Warto w tym miejscu tylko wspomnieć stosowaną tam arytmetykę przedziałową oraz obecność pewnych specyficznych procedur związanych z przetwarzaniem zbiorów rozmytych.

Ponieważ omawiany system komputerowy ma w swym zamierzeniu umożliwić dokonywanie analiz danych niezawodnościowych nie tylko ekspertom z zakresu statystyki i teorii niezawodności, wyposażony on będzie w swoisty interpreter wyników. Składowa ta będzie zawierała słownik służący konwersji wyników otrzymywanych z modułu obliczeniowego, mających zasadniczo postać zbiorów rozmytych, do postaci wygodnej dla użytkownika. Znajdą się tu elementy wspomagania decyzji opatrzone rozbudowanym opisem oraz stosowną grafiką. Przykładowo, w przypadku weryfikacji hipotez dotyczących przewidywanego czasu bezawaryjnego działania obiektu, będą to wskazania, którą hipotezę należy podjąć, uzupełnione stopniem przekonania, co do słuszności podjęcia poszczególnych decyzji.

5. Zakończenie

W niniejszej pracy przedstawiono szereg problemów związanych z modelowaniem nieprecyzyjnych danych spotykanych w badaniach niezawodnościowych oraz z konstrukcją interfejsu systemu komputerowego przeznaczonego do analiz takich danych. Mówiąc o nieprecyzyjności danych, skupiono się zasadniczo na informacji dotyczącej czasów życia badanych obiektów. Innym, niemniej ciekawym i ważnym zagadnieniem, które stanie się przedmiotem dalszej pracy, jest modelowanie nieprecyzyjnych ocen stopnia awarii, czy też liczby zaistniałych uszkodzeń.

System komputerowy, to oczywiście nie tylko interfejs. Bardzo ważną jego częścią jest – wspomniany tu zaledwie – moduł obliczeniowy. O jego efektywności decydować będzie m.in. szybkość i dokładność zastosowanych algorytmów numerycznych występujących w procedurach statystycznych.

Prace nad omawianym oprogramowaniem, jak i nad doskonaleniem stojących u jego podstaw metod statystycznych są w toku. Pozostaje żywić

nadzieję, że finalny produkt spotka się z zainteresowaniem i życzliwym przyjęciem przyszłych użytkowników oraz stanie się przykładem udanej realizacji coraz powszechniejszej koncepcji „obliczeń na słowach”.

Literatura

- [1] Dubois D., Prade H., 1978: Operations on fuzzy numbers, *Int. J. Syst. Sci.* 9, 613-626.
- [2] Grzegorzewski P., Hryniewicz O., 1999: Lifetime Tests for Vague Data, W: Zadeh L.A., Kacprzyk J. (Red.): *Computing with Words in Information / Intelligent Systems. Part 2. Applications*, Springer - Physica Verlag, Heidelberg, 176-193.
- [3] Hryniewicz O., 1988: Estimation of life-time with fuzzy prior information: application in reliability, W: Kacprzyk J., Fedrizzi M. (Red.), *Combining Fuzzy Imprecision with Probabilistic Uncertainty in Decision Making*, Springer-Verlag, 307-321.
- [4] Hryniewicz O., 1995: Lifetime tests for imprecise data and fuzzy reliability requirements, W: Onisawa T., Kacprzyk J. (Red.), *Reliability and Safety Analyses under Fuzziness*, Physica-Verlag, Heidelberg, 169-179.
- [5] Kacprzyk J., 1986: Zbiory rozmyte w analizie systemowej, PWN, Warszawa.
- [6] Kanagawa A., Ohta H., 1990: Fuzzy design for fixed-number life tests, *IEEE Trans. Reliability* 39, 394-398.
- [7] Kanagawa A., Ohta H., 1992: Fixed-Time Life Tests Based on Fuzzy Life Characteristics, *IEEE Trans. Reliability* 41, 317-320.
- [8] Mizumoto M., Tanaka K., 1979: Some properties of fuzzy numbers, W: *Advances in Fuzzy Theory and Applications*, Red. Gupta M.M., Ragade R.K., Yager R.R., North-Holland Publ., 153-164.
- [9] Viertl R., Gurker W., 1995: Reliability Estimation Based on Fuzzy Life Time Data, In: *Reliability and Safety Analyses under Fuzziness*, Eds. T. Onisawa, J. Kacprzyk, Physica-Verlag, Heidelberg, pp. 153-168.
- [10] Zadeh L.A., 1973: Outline of a new approach to the analysis of complex system and decision processes, *IEEE Trans. SMC* 3, 28-44.
- [11] Zadeh L.A., 1999: Fuzzy logic = computing with words, W: Zadeh L.A., Kacprzyk J. (Red.): *Computing with Words in Information / Intelligent Systems. Part 1. Foundations*, Springer - Physica Verlag, Heidelberg, 3-23.

**WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA**

pod auspicjami
Polskiej Akademii Nauk

ZAŁOŻYCIELEM

Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania

jest

FUNDACJA KRZEWIENIA NAUK SYSTEMOWYCH

powołana z inicjatywy

Prezesa

POLSKIEJ AKADEMII NAUK

FUNDATOREM

Fundacji Krzewienia Nauk Systemowych

jest

POLSKA AKADEMIA NAUK

ORGANEM

sprawującym nadzór jest

MINISTERSTWO EDUKACJI NARODOWEJ

Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania

prowadzi studia wyższe na kierunkach:

INFORMATYKA

ZARZĄDZANIE I MARKETING

SIEDZIBA

Instytut Badań Systemowych

Polskiej Akademii Nauk

ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa

ISBN 83-85847-54-5