

Wykorzystanie rozmytych baz danych i baz wiedzy do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich

Janusz Szelka¹, Zbigniew Wrona²

¹*Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych we Wrocławiu, Uniwersytet Zielonogórski,
e-mail: jszelka@wso.wroc.pl*

²*Wyższa Szkoła Zarządzania „Edukacja” we Wrocławiu, e-mail: z_wrona@wp.pl*

Streszczenie:

Skuteczność i efektywność informatycznego wspomagania przedsięwzięć inżynierskich może być w znacznej mierze uzależniona od właściwej reprezentacji danych bądź wiedzy i możliwości przetwarzania dostępnych zasobów informacyjnych. Wykorzystywane powszechnie do informatycznego wspomagania przedsięwzięć informacyjno-decyzyjnych klasyczne systemy baz danych i coraz częściej, systemy z bazami wiedzy nie umożliwiają odzwierciedlenia powszechnie występującej w przedsięwzięciach inżynierskich niepewności, czy niejednoznaczności zasobów informacyjnych. Poszukiwanie rozwiązań informatycznych będących w stanie przetwarzać dane przybliżone skłania do rozpatrzenia możliwości wykorzystania logiki wielowartościowej, a w szczególności logiki rozmytej w modelowaniu danych oraz wiedzy, jak również w procesach przetwarzania zasobów informacyjnych. Dotychczasowy brak rozwiązań w zakresie wykorzystania rozmytych baz danych oraz rozmytych baz wiedzy w obszarze przedsięwzięć inżynierskich stanowi przesłankę do podjęcia próby oceny możliwości zastosowania tych technologii do wspomagania procesów informacyjno-decyzyjnych oraz związanych z tym ograniczeń.

Słowa kluczowe: relacyjne bazy danych, rozmyte bazy danych, wnioskowanie w logikach klasycznych i nieklasycznych, rozmyte bazy wiedzy.

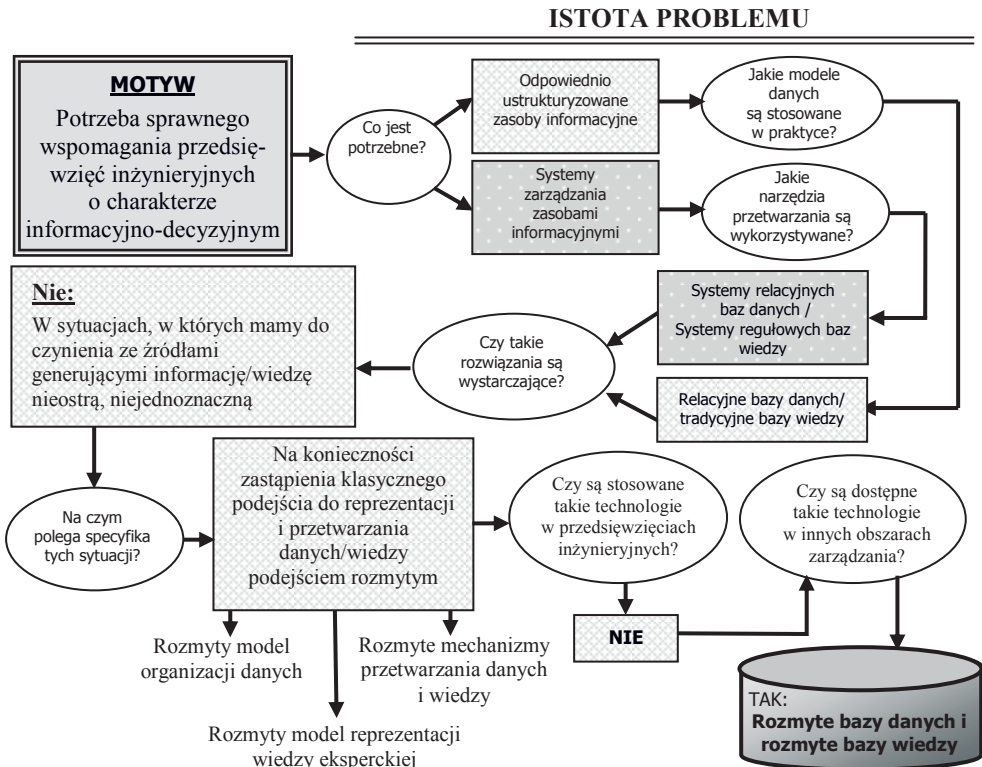
1. Wprowadzenie

Skuteczność stosowanych obecnie systemów informatycznych, niezależnie od obszaru ich wykorzystania, w znaczącym stopniu jest uzależniona od jakości realizowanych przez nie procesów gromadzenia i przetwarzania danych (a coraz częściej – także i wiedzy). Powyższa uwaga wydaje się nabierać szczególnego znaczenia dla obszarów działalności, dla których znaczna część zasobów informacyjnych ma charakter danych nieprecyzyjnych, przybliżonych, czy formułowanych opisowo (jakościowych). Tego typu specyfika jest właściwa dla znaczącej części przedsięwzięć inżynierskich, w szczególności tych, dla których kontekstem jest sytuacja kryzysowa, np. warunki powodzi. Stosowane w praktyce inżynierskiej narzędzia informatycznego wspomagania przedsięwzięć informacyjno-decyzyjnych są projektowane przy założeniu ich wykorzystania do przetwarzania danych precyzyjnych, jednoznacznie określonych co do wartości lub zakresu, najczęściej wyrażanych numerycznie. Podobna uwaga odnosi się do systemów przetwarzania wiedzy eksperckiej, w odniesieniu do której, zarówno w procesach reprezentacji, jak i przetwarzania wykorzystuje się logikę dwuwartościową. W takim przypadku zarówno przesłanki, jak i konkluzje mogą być uznane za prawdziwe, bądź za fałszywe, nie ma natomiast możliwości określania stopnia ich prawdziwości bez zastosowania dodatkowych mechanizmów.

W praktyce oznacza to narzucanie uproszczeń zarówno w zakresie wykorzystywanych modeli informacyjnych, jak i modeli opisujących procesy przetwarzania posiadanych zasobów (danych i wiedzy). Poziom dopuszczalności tych uproszczeń może być uzależniony od specyfiki sytuacji problemowej i choć praktyka wskazuje, że w znacznej części przypadków przedsięwzięć inżynierskich jest on akceptowalny, uzasadnionym wydaje się przypuszczenie, że sposób odzwierciedlenia i przetwarzania informacji nieprecyzyjnych oraz ogólnikowych może wpływać na jakość procesów analityczno-decyzyjnych. Potrzeba

uwzględniania „rozmytości”, zarówno w modelach reprezentacji danych, jak i w procesach ich przetwarzania, stała się przesłanką do poszukiwania adekwatnych rozwiązań informatycznych zarówno w zakresie technologii baz danych, jak i systemów z bazą wiedzy. Analiza wypracowanych dotychczas rozwiązań tego typu w obszarze szeroko rozumianego zarządzania, skłania do podjęcia próby oceny możliwości wykorzystania koncepcji rozmytych baz danych oraz rozmytych baz wiedzy do wspomagania procesów informacyjno-decyzyjnych w obszarze przedsięwzięć inżynierskich.

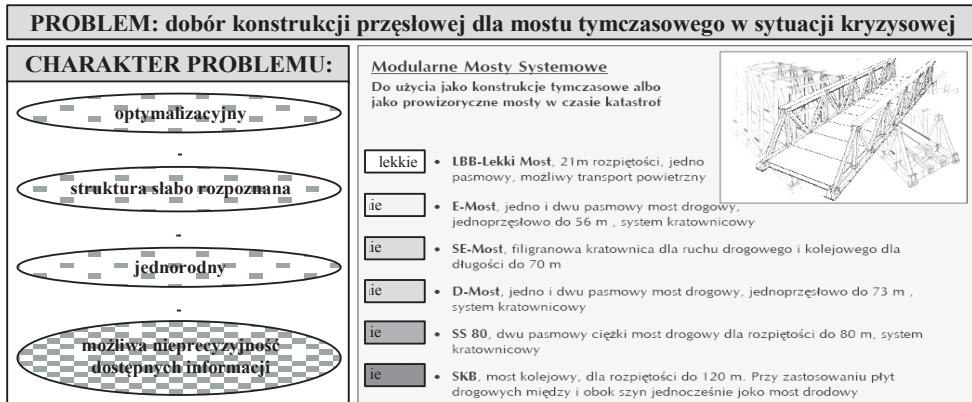
Istotę rozpatrywanego problemu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Istota problemu

2. Specyfika przedsięwzięć inżynierskich a tradycyjne systemy przetwarzania danych i wiedzy

W szerokim spektrum działań inżynierskich (planowanie, projektowanie, organizowanie budowy, monitorowanie, itd.) istotne miejsce należy przypisać przedsięwzięciom informacyjno-decyzyjnym. Zazwyczaj dotyczą one rozwiązywania sytuacji problemowych o znacznej złożoności, która może dodatkowo ulec zwiększeniu w sytuacjach kryzysowych (rys. 2). Wzrasta wówczas znacząco liczba ograniczeń (sprzętowych, konstrukcyjnych, czasowych), wytyczających zbiór rozwiązań dopuszczalnych.



Rys. 2. Specyfika problemu w sytuacji kryzysowej

Rozwiązanie sytuacji problemowej dla wskazanych wyżej grup przedsięwzięć inżynierskich powstaje jako wynik analizy różnych czynników, takich jak np.: potrzeby w zakresie użytkowania obiektu, zasoby materiałów miejscowych, czy wielkość potencjałów różnych kategorii (ludzkich, sprzętowych), możliwych do użycia przy budowie/odbudowie obiektu.

Stopień rozpoznania tych czynników oraz poziom losowości analizowanych zjawisk określają w konsekwencji charakter sytuacji problemowej, przed jaką staje inżynier. Zastosowane modele organizacji danych oraz modele ich przetwarzania, ze względu na właściwe im ograniczenia, zazwyczaj w bezpośredni sposób wpływają na rezultat końcowy procesu analitycznego czy decyzyjnego. Dotyczy to zarówno problemów algorytmicznych, jak i źle, bądź słabo ustrukturyzowanych. W przypadku pierwszej z wymienionych kategorii, źródłem zasileń informacyjnych są zazwyczaj bazy danych (zbiory danych najczęściej zorganizowanych w oparciu o struktury relacyjne). Problemy o źle rozpoznanej strukturze w praktyce najczęściej są wspomagane przy użyciu zbiorów (baz) wiedzy, w połączeniu z niealgorytmicznymi mechanizmami wnioskowania (zarządzania wiedzą). Jednak i w tym przypadku niezbędne jest gromadzenie i przetwarzanie danych, realizowane również w oparciu o relacyjne bazy danych.

Klasyczny model relacyjnej bazy danych umożliwia definiowanie obiektów informacyjnych (np. MOST, PRZESZKODA WODNA) oraz relacji pomiędzy nimi (np. obiekt PRZESŁO MOSTU jest powiązany relacją o nazwie: *jest elementem*, z obiektem MOST TYMCZASOWY). Każdy typ obiektu informacyjnego jest charakteryzowany przez atrybuty (np. NOŚNOŚĆ dla obiektu MOST), a te z kolei mają określone wartości z dowolnego zakresu, zwanego *domeną* atrybutu.

Istotną własnością relacyjnego modelu danych jest jednoznaczność (ostrość) wartości atrybutów.

Przyjęte uproszczenia w modelowaniu relacyjnym dotyczą również procesów zarządzania danymi, a w szczególności procesu definiowania zapytań do bazy danych. Zarówno parametry formułowanych kwerend, jak i rezultaty wyszukiwania w bazie danych mają postać konstrukcji jednoznacznych. Dla przykładowego zapytania: *Pokaż wszystkie dostępne konstrukcje mostów tymczasowych o nośności większej niż 600 kN*, otrzymamy w rezultacie selekcji danych zbiór obiektów (konstrukcji), dla których zaistniała prawdziwość warunku zdefiniowanego w kwerendzie.

Standardowym językiem zapytań dla klasycznego modelu relacyjnych baz danych jest język SQL (ang. Structured Query Language). Konstrukcja zapytania dla przypadku wyszukiwania mostów tymczasowych o nośności większej niż 600 kN przyjmie postać:

```
SELECT typ_mostu, nośnośc FROM mosty_tymczasowe
WHERE nośnośc > 600 kN
```

Podobne uwarunkowania występują w przypadku klasycznego modelu organizacji wiedzy. W zasobach bazy wiedzy można wyróżnić zbiory danych, faktów oraz reguł. Zbiory danych mogą być modelowane przy użyciu mechanizmów opisanych wyżej,

natomiast do reprezentowania faktów można użyć trójki <OBIEKT>, <ATRYBUT>, <WARTOŚĆ>.

Reguły w bazie wiedzy mogą wyrażać zarówno zależności między procesami, jak i dynamikę przyczyn i skutków, tzn. umożliwiać określanie, kiedy są wywoływane operacje. Przykładowa reguła może mieć postać:

JEŻELI *pal jest elementem rusztu palowego* TO *pal jest elementem podpory mostu składanego*

Aktywowanie reguły (pociągające za sobą wypracowanie konkluzji) następuje jedynie w przypadku prawdziwości przesłanki. Przykładowo, w przypadku reguły:

JEŻELI *szerokość przeszkody wodnej > 150m* TO *przeszkoda = szeroka*, poziom przynależności do zbioru *szeroka* = 1. Oznacza to, że przeszkoda wodna np. o szerokości 151 m posiada poziom przynależności do zbioru *średnia* = 0, a poziom przynależności do zbioru *szeroka* = 1.

Istotne znaczenie w przypadku modelowania procesów informacyjno-decyzyjnych w obszarze inżynierii lądowej należy przypisać zmiennym lingwistycznym [1]. Ich stosowanie wydaje się szczególnie uzasadnione (a często niezbędne) w przypadkach, w których mamy do czynienia z wielkościami, dla których trudno jest zaproponować obiektywne narzędzia pomiarowe (np. stan techniczny przęsła określono, jako *dość dobry*) lub w których koszt uzyskania precyzyjnej informacji ilościowej jest zbyt duży w stosunku do korzyści, jakie daje.

3. Istota i mechanizmy funkcjonowania rozmytych baz danych i rozmytych baz wiedzy

W przypadku sytuacji problemowych w obszarze przedsięwzięć inżynierskich, poziom precyzji i pewności pozyskiwanych informacji może być bardzo zróżnicowany. Oznacza to, że w praktyce wiele informacji związanych z projektowaniem lub budową obiektów inżynierskich ma charakter niepełny, nieprecyzyjny i niepewny. Stosowana w klasycznych systemach baz danych i baz wiedzy logika dwuwartościowa nakłada istotne ograniczenia na możliwość wyrażania przybliżoności informacji, a w szczególności jej nieprecyzyjności.

Przykładowo, jeśli przyjmiemy jako jeden z atrybutów przeszkody wodnej *szybkość prądu rzeki* (V_p [m/s]), to można przypisać zakresowi: $0,2 < V_p < 0,6$ wartość opisową *mała*. W konsekwencji, zarówno przez klasyczny system relacyjnej bazy danych, jak i system z bazą wiedzy, zarówno $V_p=0,3$, jak i $V_p=0,5$ są uznawane w dokładnie takim samym stopniu za małe. Dodatkowo należy zauważyć, że stosowanie w klasycznych systemach przetwarzania danych logiki dwuwartościowej, w wielu sytuacjach doprowadza do efektu uzyskiwania zbioru pustego jako wyniku wyszukiwania danych (gdy żaden z obiektów w bazie danych nie spełnia ostrych kryteriów selekcji), choć można znaleźć obiekty spełniające kryteria w pewnym, czasami nawet w bardzo dużym, stopniu. Oznacza to, że np. w przypadku procesu doboru podpór mostu drogowego DMS-65, przypisanie zmiennej lingwistycznej: *rodzaj gruntu dna*, wartości: *piaszczysty*, wyklucza ze zbioru dopuszczalnych rozwiązań wszystkie te, które są przeznaczone dla innych rodzajów gruntu, choć w rzeczywistości grunt dna tylko w pewnym stopniu (np. 60%) można uznać za piaszczysty.

Ograniczenia logiki klasycznej, można w znacznym stopniu wyeliminować wykorzystując w procesach modelowania i przetwarzania zasobów informacyjnych logikę wielowartościową, której jednym z reprezentantów jest logika rozmyta.

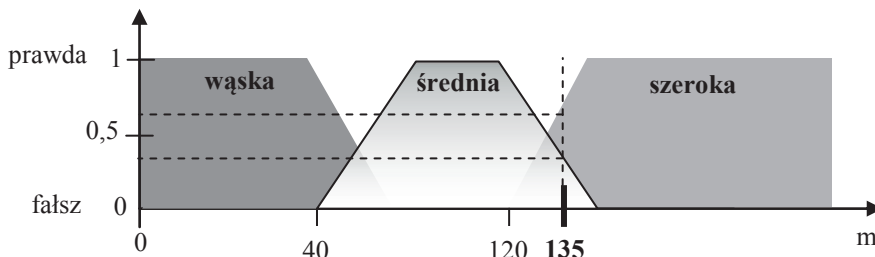
Podstawowe założenia logiki rozmytej można zestawić następująco:

- element należy do zbioru rozmytego z pewnym stopniem przynależności;
- stwierdzenie może być częściowo prawdziwe lub częściowo fałszywe;
- stopień przynależności jest liczbą rzeczywistą z przedziału 0 do 1 [2].

Istotnym zagadnieniem wydaje się możliwość uwzględniania rozmytości w systemach przetwarzających dane lub wiedzę. W przypadku baz danych odzwierciedlanie nieprecyzyjności może dotyczyć zarówno zastosowanego modelu danych (rozmyty model relacyjny), jak i mechanizmów przetwarzania tych danych (rozmyte zapytania). Rozmycie w modelu relacyjnym może obejmować różne poziomy, a w szczególności rozmytość wartości atrybutów. Przykładowo, wartość 135 zmiennej lingwistycznej:

szerokość przeszkody wodnej, przyporządkuje przeszkodę do *średnich* ze stopniem przynależności 0.4, natomiast do *szerokich* ze stopniem przynależności = 0.6 (Rys. 3).

W wyniku sformułowania nieprecyzyjnego zapytania otrzymujemy zbiór obiektów, dla których warunek jest spełniony w pewnym stopniu (nie niższym niż graniczny).



Rys. 3. Rozmyta przynależność do zbioru.

Rezultat selekcji zostaje uporządkowany według stopnia spełnienia zapytania, a ten jest utożsamiany z wartością funkcji przynależności odpowiedniego zbioru rozmytego.

Jako przykład języka umożliwiającego formułowanie nieprecyzyjnych zapytań do bazy danych można wskazać FQUERY. Zapytanie w tym języku może przyjąć postać:

```
SELECT typ mostu, noœnoœæ FROM <mosty tymczasowe>
```

```
WHERE noœnoœæ = du¿a
```

```
[WITH_POSSIBILITY <granica>], gdzie granica zawiera siê w przedziale [0, 1].
```

Zapytania nieprecyzyjne mogą zawierać liczbowe wartości rozmyte, nieliczbowe wartości rozmyte, rozmyte operatory porównania, oraz kwantyfikatory lingwistyczne. Dla przykładu, przy użyciu liczbowej wartości rozmytej oraz rozmytego operatora porównania, można sformułować warunek wyszukiwania: *nośność = niedużo większa niż 300 kN*, a użycie nieliczbowej wartości rozmytej pozwala określić warunek: *lokalizacja = w pobliżu*.

Rozmywanie wiedzy może obejmować rozmywanie danych oraz faktów, w oparciu o mechanizmy omówione wyżej, jak również reguły wnioskowania. Wykorzystanie logiki rozmytej umożliwia formułowanie reguł wnioskowania w postaci [3]:

$$\text{JEŻELI } u_1 \text{ JEST } F_1 \text{ I } \dots \text{ } u_k \text{ JEST } F_k, \text{ TO } y \text{ JEST } Y_k$$

W odniesieniu do przedstawionego wyżej przykładu doboru sposobu odbudowy przęsła, reguła rozmyta mogłaby przyjąć postać:

```
JEŻELI szer.p.wodnej JEST średnia I ... I rodzaj_przęsła JEST pojedyncze,
```

```
TO sposób budowy mostu JEST przęsło BIBER_z dodatkowymi podporemami.
```

Co ważne, podobnie jak w przypadku rozmywania zapytań do bazy danych, rozmywanie reguł obejmuje uwzględnianie stopnia prawdziwości zarówno przesłanek, jak i konsekwencji, co można przedstawić następująco:

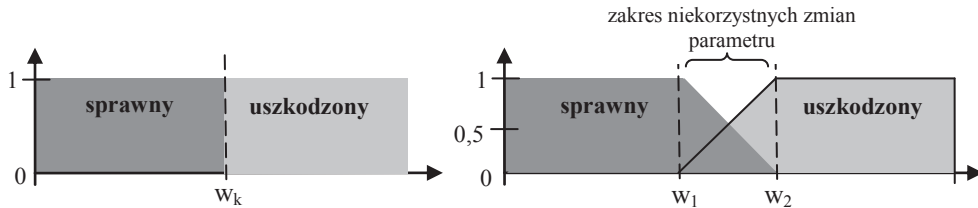
$$\text{JEŻELI przesłanka jest w pewnym stopniu prawdziwa, TO} \\ \text{także konsekwencja jest w pewnym stopniu prawdziwa.}$$

Tworzenie bazy reguł rozmytych, oprócz sformułowania postaci poszczególnych reguł, wymaga określenia funkcji przynależności dla wartości wejściowych (fuzyfikacja), łączenia rozmytych przesłanek (wejść) poprzez rozmyte reguły w kierunku uzyskania rozmytych konsekwencji (z wielu reguł), a w wielu przypadkach także wyostrzania (defuzyfikacji) wyjść.

Rozmyte bazy wiedzy znajdują liczne zastosowania, między innymi w systemach diagnostyki medycznej, czy modelowaniu i predykcji zjawisk meteorologicznych. Jako przykład narzędzia programistycznego, umożliwiającego tworzenie systemów rozmytych zarządzanie nimi (w tym konfigurację i zarządzanie regułową bazą wiedzy) można wskazać bibliotekę FUZZLIB.

4. Możliwości wspomagania przedsięwzięć inżynierskich przy użyciu rozmytych baz danych i rozmytych baz wiedzy

Złożoność przedsięwzięć inżynierskich przejawia się między innymi znaczną liczbą parametrów opisujących sytuację problemową. Często zmiana wartości nawet jednego, z licznej grupy parametrów, powoduje powstanie zupełnie nowej klasy rozwiązań dopuszczalnych lub konieczność przyporządkowania obiektu do innej kategorii. Z tego względu szczególnie rozważnie należy interpretować, w tym również klasyfikować zarówno dostępne dane, jak i informacje, uzyskane w wyniku ich przetwarzania. Typowym przykładem takiej sytuacji może być system monitoringu obiektu inżynierskiego (np. mostu). Procedura identyfikacji uszkodzeń (np. elementów konstrukcyjnych mostu) może być realizowana w oparciu o sygnały z czujników, przetwarzane wstępnie przez moduły pomiarowe. W momencie gdy dla dowolnej wielkości pomiarowej zostanie zarejestrowana wartość zagrażająca bezpieczeństwu konstrukcji (przewyższająca zdefiniowany próg pomiarowy), uruchamiany jest tryb powiadamiania. Rozwiązania realizujące powyższe zadania w oparciu o klasyczne bazy danych umożliwiają definiowanie jedynie ostrych wartości progowych dla wybranych parametrów. W efekcie pomimo, że stan elementu konstrukcyjnego w wielu przypadkach ulega stopniowej (a nie gwałtownej) zmianie w funkcji czasu, te zmiany nie są traktowane przez układ analityczny systemu monitoringu za istotne. Oznacza to zatem możliwość reagowania na określony stan w_k (uznany za krytyczny dla danego parametru). Użycie w powyższym przypadku rozmytej bazy danych, z zastosowaniem funkcji przynależności np. definiowanych przez eksperta (grupę ekspertów) umożliwia dodatkowo analizę i ocenę procesu zmian wartości parametru, związanych z tym zagrożeniami i ewentualnego prognozowania bezpiecznego czasu eksploatacji lub podjęcia decyzji o naprawie (wymianie) uszkodzonego elementu (rys. 4).

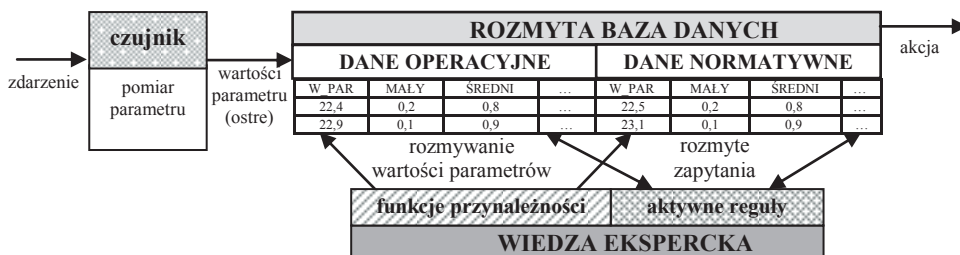


Rys. 4. Możliwości oceny stanu parametru przy wykorzystaniu tradycyjnej i rozmytej bazy danych.

Mechanizmy rozmytych zapytań umożliwiają¹ przy tym realizację działań typu:

- Wyszukaj elementy konstrukcji, w przypadku których monitorowane parametry zmieniają się w zbyt dużym tempie.
- Wyszukaj elementy konstrukcyjne, dla których wartości monitorowanych parametrów *zbliżają się* do poziomu ostrzegawczego.

Jeśli dodatkowo powiązać opisywane możliwości rozmytych baz danych z mechanizmami typu HPDA (Human Passive Database Active), które są charakterystyczne dla aktywnych baz danych, bądź też z systemem opartym o regułową bazę wiedzy, można otrzymać zaawansowane narzędzie, będące w stanie generować rozmyte zapytania do bazy danych w sposób zautomatyzowany (bez ingerencji operatora systemu), na podstawie analizy danych napływających z czujników, dokonywanej przez aktywne reguły [4]. Istotę takiego rozwiązania pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Wykorzystanie rozmytej bazy danych i aktywnych reguł decyzyjnych w systemie monitoringu.

Systemy z regulowymi bazami wiedzy mogą być z powodzeniem wykorzystywane zarówno w procesach klasyfikowania stanu obiektu, jak i predykcji takiego stanu (lub czasu bezpiecznej eksploatacji). Fuzyfikacja danych napływających z czujników powoduje ich przekształcenie na wielkości jakościowe, reprezentowane przez zbiory rozmyte na podstawie określających je stopni przynależności zapisanych w bazie wiedzy. Baza danych zawiera informacje definiowane przez eksperta dziedzinowego (inżyniera wiedzy) które obejmują wartości lingwistyczne zmiennych rozważanych w bazie reguł oraz definicje zbiorów rozmytych utożsamianych z tymi wartościami. Baza reguł zawiera zbiór reguł rozmytych, umożliwiających interpretację analizowanego problemu (klasyfikacja, predykcja stanu obiektu, czy jego elementów składowych).

5. Podsumowanie

Znaczne zróżnicowanie charakteru procesów analityczno-decyzyjnych w obszarze przedsięwzięć inżynierskich niesie za sobą zróżnicowane wymagania zarówno w zakresie struktur dostępnych zasobów informacyjnych, jak i narzędzi ich przetwarzania. W licznych przypadkach za racjonalne podejście do modelowania danych, czy wiedzy można uznać tradycyjne sposoby, oparte o logikę dwuwartościową (zestawy danych katalogowych sprzętu inżynierskiego, ewidencjonowanie precyzyjnych wartości pomiarowych). Specyfika niektórych kategorii przedsięwzięć wymusza jednak uwzględnianie nieprecyzyjności dostępnych zasobów informacyjnych. Zastosowanie rozmytych baz danych do reprezentacji i przetwarzania danych nieprecyzyjnych wydaje się szczególnie uzasadnione w przedsięwzięciach wymagających zautomatyzowanych procesów klasyfikacji, oceny zmian stanu obiektu, czy predykcji takiego stanu. Możliwość formułowania rozmytych warunków wyszukiwania danych pozwala na daleko idącą zmianę zasad ich przetwarzania, a zwłaszcza selekcji, co w znaczący sposób może wpływać na racjonalność procesów analityczno-decyzyjnych, realizowanych w oparciu o wyniki przetwarzania tych danych. Powyższą uwagę można także odnieść do nieprecyzyjności wyrażanej w regułach decyzyjnych oraz mechanizmów nieprecyzyjnego wnioskowania, realizowanego w oparciu o te reguły. Co ważne, zarówno w przypadku rozmytych baz danych, jak i rozmytych baz wiedzy można łączyć podejście klasyczne do danych (wiedzy) i ich przetwarzania z podejściem rozmytym, dokonując fuzyfikacji zasobów, czy procesów wyłącznie w uzasadnionych (np. w opinii ekspertów) przypadkach. Nie ma natomiast możliwości uwzględniania nieprecyzyjności zasobów i procesów w przypadku wykorzystania klasycznych baz danych i klasycznych baz wiedzy.

Literatura

- 1 Piegat A., Modelowanie i sterowanie rozmyte, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2003.
- 2 Myszkowski K., Zadrozny S., Szczepaniak P., Klasyczne i rozmyte bazy danych, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2008.
- 3 Kwiatkowska A., M., Systemy wspomagania decyzji. Jak korzystać z wiedzy i informacji, Wydawnictwo Naukowe PWN/MIKOM, Warszawa 2007.

- 4 Szelka J., Wrona Z., Wykorzystanie systemów aktywnych baz danych do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich. 56 Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 2010.

The use of fuzzy databases and knowledge bases for aiding engineering projects

Janusz Szelka ¹, Zbigniew Wrona ²

¹*Military Academy of Land Forces in Wrocław, University of Zielona Góra: jszelka@wso.wroc.pl*

²*College of Management "Edukacja" in Wrocław: z_wrona@wp.pl*

Abstract: The IT tools that are widely used for aiding information and decision-making tasks in engineering activities include classic database systems, and in the case of problems with poorly-recognised structure – systems with knowledge bases. The uniqueness of these categories of systems allows, however, neither to represent the approximate or imprecise nature of available data or knowledge nor to process fuzzy data. Since so far there have been no solutions related to the use of fuzzy databases or fuzzy knowledge bases in engineering projects, it seems necessary to make an attempt to assess the possible employment of these technologies to aid analytical and decision-making processes.

Keywords: relational databases, fuzzy databases, inference in classical and non-classical logics, fuzzy knowledge bases.