

## Autoreferat rozprawy doktorskiej

# System ekspertowy jako narzędzie do usuwania błędów w dużych informatycznych systemach bankowych

mgr inż. Wojciech Janicki

PROMOTOR: prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz, Akademia Górniczo-Hutnicza, WEAIiA

RECENZENCI: prof. dr hab. Inż. Ewa Dudek-Dyduch Akademia Górniczo-Hutnicza, WEAIiA  
prof. dr hab. Paweł Lula, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

## 1. Cel i zakres pracy

W rozprawie doktorskiej podjęta została próba określenia metod naukowych oraz narzędzi umożliwiających wspomaganie procesu usuwania błędów w dużych systemach informatycznych przeznaczonych dla potrzeb ekonomii. Problemy te wydają się dosyć typowe dla szerokiej klasy zagadnień. Jak zostało to wykazane w pracy możliwe jest zbudowanie praktycznego rozwiązania zaspokajającego potrzeby użytkowników, w postaci systemu ekspertowego, wyposażonego w wiedzę zgromadzoną w empirycznej części pracy, a także w opisanie w rozprawie techniki rozumowania.

**Główną tezą pracy jest stwierdzenie, iż przy użyciu nowoczesnych metod sztucznej inteligencji oraz wykorzystując wiedzę praktyczną specjalistów można stworzyć mechanizmy i systemy wspomagające pracę zespołu wdrożeniowego przynajmniej w zakresie tych błędów, których liczba jest bardzo duża, a obsługa w jakimś stopniu rutynowa. Zadanie to może wykonywać system ekspertowy częściowo automatyzujący analizę błędów.**

Jako główne cele pracy zostały wyodrębnione dwa zagadnienia naukowe:

- analizę i systematyzację błędów spotykanych w oprogramowaniu bankowym, wraz z analizą ich przyczyn i sposobów przeciwdziałania;
- zbadanie możliwości automatyzacji procesu analizy błędów w wybranym systemie informatyki bankowej;

Jako cele poboczne, zostały zdefiniowane zagadnienia:

- wskazanie i przebadanie mechanizmów sztucznej inteligencji, o które wzbogacić należy tradycyjne techniki systemów ekspertowych, żeby uzyskać ich skuteczne działanie w kontekście rozwiązywanych problemów (wykrywania błędów w wybranym systemie informatyki bankowej);
- określenie wymagań, jakimi muszą odpowiadać elementy hybrydujące system ekspertowy, aby mógł on spełniać zadania związane z analizą błędów w wybranym systemie informatyki bankowej;
- próba wstępnej oceny przydatności i określenia użyteczności hybrydowego systemu ekspertowego w zastosowaniu do analizy błędów w wybranym systemie informatyki bankowej.

## 2. Charakterystyka badanego systemu

System będący podstawą badań to duży centralny system jednego z dużych polskich banków, a badane błędy pochodzą z początkowego okresu użytkowania systemu. Jest to system wielowalutowy, umożliwiający księgowanie z datą efektywną (wsteczną i przyszłą), posiadający scentralizowany moduł księgowy, posiadający szeroką gamę produktów dla klientów (ponad 200 typów rachunków), współpracujący z zewnętrznymi systemami płatności krajowych i zagranicznych, autoryzujący transakcje bankomatowe w trybie on-line, posiadający zdefiniowane ponad 2000 różnego rodzaju kodów księgowych na rachunkach i kontaktach księgowych, wykonujący ponad 50 procedur merytorycznych w trakcie operacji końca dnia (m.in. naliczanie odsetek od salda ujemnego i dodatniego, wykonywanie automatycznych przelewów, pobieranie opłat i prowizji, obsługa rezerw celowych, przewalutowania, generowanie danych dla systemów sprawozdawczych).

## 3. Rodzaj analizowanych błędów i nieprawidłowości

W rozprawie, zostały poddane analizie i systematyzacji następujące rodzaje błędów:

- błędy związane ze środowiskiem działania aplikacji – błędy związane z nieprawidłową obsługą systemu bądź z błędami aplikacji, rejestrowane przez środowisko, w którym pracuje aplikacja. Powstają one na skutek błędów środowiska operacyjnego, błędów rutyn (programów), błędnych zapisów w bazie jak i na przykład chwilowego przeciążenia krytycznego systemu;
- błędy i komunikaty wynikające z procedur programowych – nie zawsze są to typowe błędy, są to np. komunikaty wyprowadzane do określonego raportu przez rutyny systemowe, wykonujące określone czynności i napotykające przy tym na określone przeszkody, czasem uzasadnione konkretną sytuacją np. obsługi nietypowego rachunku;
- błędy integralności rachunków i kartotek klientów – są to błędy spójności danych w bazie wywołane nieodpowiednim wypełnieniem pól w kartotekach i rachunkach klientów.

W pracy zostały przedstawione krótkie definicje wykazanych błędów wraz z metodami ich eliminacji oraz struktury ilościowe, ilościowo-czasowe wspomnianych grup błędów w najbardziej charakterystycznych danych. Dwie ostatnie grupy zostały wybrane do głębszej analizy pod kątem możliwości wykorzystania metod sztucznej inteligencji do ich usuwania.

## 4. Charakterystyka proponowanego systemu ekspertowego

Na podstawie omówionych w pracy cech systemów ekspertowych zdefiniowano cechy takiego systemu do analizy błędów w informatycznych systemach bankowych jako:

- system doradczy (advisor) lub ewentualnie decyzyjny (dictatorial);
- system powinien być zdolny do automatycznego formułowania diagnozy;
- system może pracować (zależnie od wyboru wynikającego z potrzeb), jako system realizujący zadania: diagnostyczne, poprawiania, naprawy i ewentualnie instruowania;
- system z wiedzą pewną;
- system z wiedzą niepełną, ze względu na fakt pojawiania się stale nowych problemów

**Jakość systemu ekspertowego zależy od zgromadzonej w bazie wiedzy oraz mechanizmu umożliwiającego wykorzystanie tej wiedzy, czyli mechanizmu wnioskowania.**

### 4.1 Baza wiedzy

Analiza błędu, jaki wystąpił w systemie, w rzeczywistości nigdy nie jest operacją jednokrokową, a dla pełnej oceny sytuacji oraz dla wybrania szczegółów najważniejszych działań naprawczych konieczne jest podanie pewnych parametrów przez użytkownika, który swoimi odpowiedziami na pytania systemu osadza swój konkretny problem w bardziej

szczegółowym kontekście. W związku z powyższym została wskazana **metoda regułowa** polegająca na zapisie w bazie wiedzy zbioru odpowiednich reguł najczęściej w postaci:

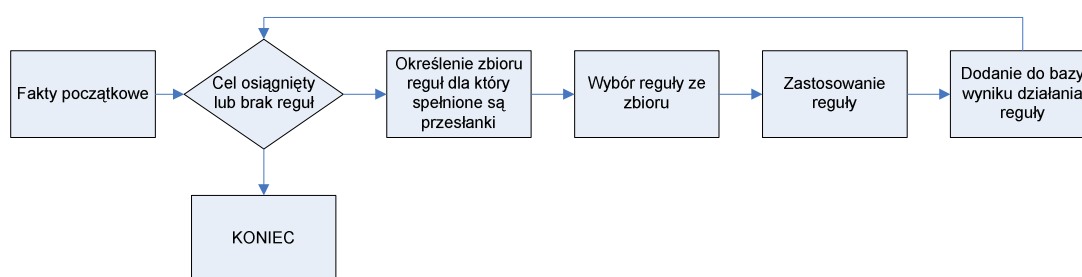
**IF <warunek logiczny> THEN <rozwiązanie>**

Równocześnie została wykazana możliwość użycia metody stwierdzeń lub metody ramowej.

## 4.2 Mechanizm wnioskowania

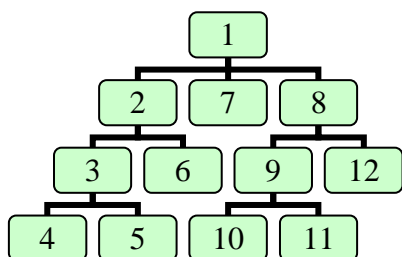
Kolejnym elementem decydującym o poprawności otrzymanych wyników jest mechanizm wnioskowania, który charakteryzują metoda wnioskowania oraz rodzaj strategii poszukiwania rozwiązania. Ze względu na stosowanie danych i oczekiwanie wyników ściśle określonych oraz poszukiwaniu rozwiązań w oparciu o pewną bazę wiedzy stworzoną przez inżyniera wiedzy wybrano **metodę wnioskowania w przód**, która polega na generowaniu nowych faktów na podstawie dostępnych reguł i znanych faktów tak długo, aż uzyska się postawiony cel.

Schemat przyjętego rozumowania:



Rys 1. Schemat wnioskowania w przód

Równocześnie na podstawie analizy została wybrana **strategia z powracaniem (backtracking)**, która jest modyfikacją strategii w głąb polegającą na zastąpieniu generowania wszystkich potomków generowaniem jednego potomka. Strategia w głąb (*depth - first*) polega na kolejnym przeszukiwaniu węzłów w dół.



Rys 2. Strategia wnioskowania w głąb

Strategia wszerz (*breadth-first*) w związku z jasno podzielonymi grupami błędów (kartoteki klientów, rachunki depozytowe, rachunki kredytowe) mogłaby powodować niepotrzebne wydłużanie poszukiwania rozwiązania poprzez przeszukiwanie węzłów innej grupy.

## 5. Metody hybrydowe proponowanego systemu

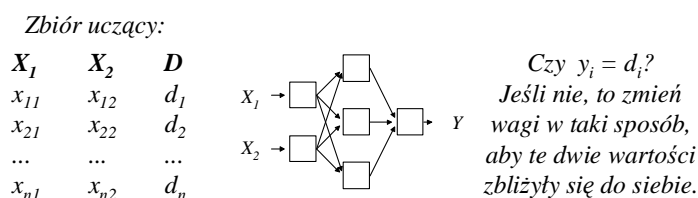
Jako rozwinięcie badań podjęto próbę wykorzystania sieci neuronowych do budowy omawianego systemu ekspertowego. Zadanie analizy błędów jest **zadaniem klasyfikacji** w większości przypadków. Na podstawie stwierdzonych faktów dostarczonych do sieci, którymi są informacja o błędzie i ustawienia poszczególnych kluczowych parametrów, sieć ma za zadanie przedstawić zbiór rozwiązań, a więc przedstawić algorytm korekty parametrów.

## 5.1 Struktura sieci neuronowej

Rozważając strukturę sieci przyjęto, iż zarówno **struktura jednokierunkowa** jak i **struktura rekurencyjna** jest odpowiednia do tego typu zadań. W przypadku struktury jednokierunkowej musi być ona bardziej rozbudowana, gdyż w przypadku różnych błędów wymaga się odmiennych ustawień określonego parametru, tak, więc wymagane by było, aby struktura zawierała wszystkie możliwe przypadki. W przypadku struktury rekurencyjnej wynik przetworzenia jest podawany, jako sygnał wejściowy na wejścia, tak, więc wynik przetworzenia może spowodować uaktywnienie innego neuronu i otrzymanie silnego sygnału decydującego o rozwiązaniu. Najpopularniejszą siecią rekurencyjną jest sieć Hopfieldda, jednak z uwagi na jej kompletność połączeń zwrotnych, w przypadku analizy błędów z różnych klas (kartoteki, depozyty, kredyty) należy w systemie zaimplementować 3 oddzielne sieci dedykowane sieci.

## 5.2 Proces uczenia sieci neuronowej

Z występujących metod uczenia w przypadku budowy systemu do analizy błędów wskazane jest **uczenie pod nadzorem**, gdyż mając opracowane zestawy danych wejściowych (występowanie określonego błędu, parametry w systemie bankowym) oraz oczekiwanych rozwiązań (wymaganych korekt parametrów), można zasilić tą wiedzą system. Do systemu podajemy pary uczące:  $(x(k), d(k))$ , gdzie  $x(k)$  to wektor danych wejściowych, a  $d(k)$  to oczekiwana odpowiedź na wyjściu:



Rys 3. Schemat uczenia sieci neuronowej z nauczycielem

## 6. Opis przykładowego błędu w proponowanym systemie

Jako przykład możliwości wykorzystania zdefiniowanego systemu przedstawiona zostanie analiza błędu 'MDT - data zapadalności rachunku depozytowego przed datą systemową'

### 6.1 Baza wiedzy – zapis błędu MDT wg metody regułowej

```

IF wystąpił błąd MDT
  THEN Czy data zapadalności jest datą przeszłą
IF Data zapadalności jest datą przeszłą
  THEN Czy rachunek jest nadal aktywny
IF Rachunek nieaktywny
  THEN Problem rozwiązany
  ELSE Czy rachunek posiada niezerowe saldo
IF Saldo zero
  THEN Zamknąć rachunek
  ELSE Czy sposób odnowienia ustawiony - nie odnawiać
IF Parametr ustawiony na nie odnawiać
  THEN Zweryfikować zasadność ustawienia parametru odnowienia - problem rozwiązany
  ELSE Ustawić poprawną datę następnej zapadalności zgodnej z terminem depozytu
    
```

### 6.2 Mechanizm wnioskowania (w przód) dla błędu MDT

Fakty:

- A: występowanie błędu na rachunku
- B: rachunek aktywny
- C: niezerowe saldo
- D: parametr odnowienia ustawiony jako odnawiać

- Reguły:
- R1: jeśli A i B to E: data zapadalności z przeszłości
  - R2: jeśli C i D i to F: data zapadalności ma być datą przyszłą
  - R3: jeśli E i F to G: zmienić datę zapadalności na datę przyszłą
  - R4: jeśli E i nie C to H: zamknąć rachunek

### 6.3 Sieć neuronowa z liniową funkcją aktywacji dla błędu MDT

próg:  $k = 1$  gdy występuje błąd MDT

wektor sygnałów wejściowych:

- $x_1 = 1$  gdy data zapadalności jest datą przeszłą
- $x_2 = 1$  gdy parametr automatycznego odnowienia ustawiony na NIE
- $x_3 = 1$  gdy saldo rachunku równe zero

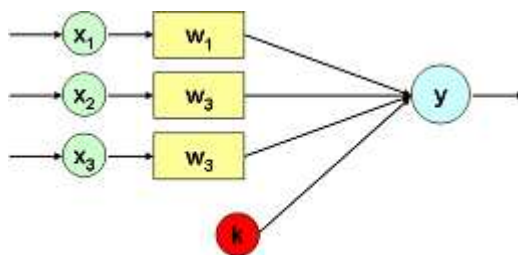
wektor wag:

- $w_1 = 2$  waga parametru data zapadalności
- $w_2 = 4$  waga parametru automatycznego odnawiania
- $w_3 = 10$  waga parametru saldo rachunku

sygnał wyjściowy:

- $y = 3$  należy zmienić datę zapadalności
- $y = 5$  nie należy dokonywać modyfikacji (brak odnawiania)
- $y = 7$  zmienić datę zapadalności zgodnie z terminem rachunku
- $y > 10$  zamknąć rachunek

funkcja aktywacji :  $y = \sum_{i=1}^3 w_i x_i + k$  (1)



Rys 4. Struktura sieci neuronowej z funkcją liniową aktywacji dla przykładowego błędu

### 6.4 Sieć neuronowa z nieliniową funkcją aktywacji dla błędu MDT

wektor sygnałów wejściowych:

- $x_1 = 1$  gdy data zapadalności jest datą przeszłą
- $x_2 = 1$  gdy parametr automatycznego odnowienia ustawiony na NIE
- $x_3 = 1$  gdy saldo rachunku równe zero

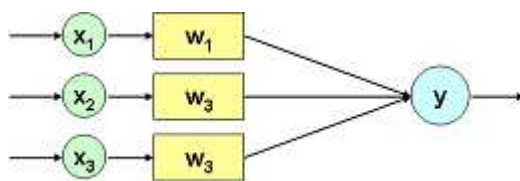
wektor wag:

- $w_1 = 2$  waga parametru data zapadalności
- $w_2 = -2$  waga parametru automatycznego odnawiania
- $w_3 = 0$

sygnał wyjściowy:

- $y = 1$  należy zmienić datę zapadalności
- $y = 0$  nie należy dokonywać modyfikacji (brak odnawiania)
- $y = -1$  zamknąć rachunek

funkcja aktywacji :  $y = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } e > 0, \\ 0 & \text{jeśli } e = 0, \\ -1 & \text{jeśli } e < 0. \end{cases}$  gdzie  $e = \sum_{i=1}^3 x_i w_i$  (2)



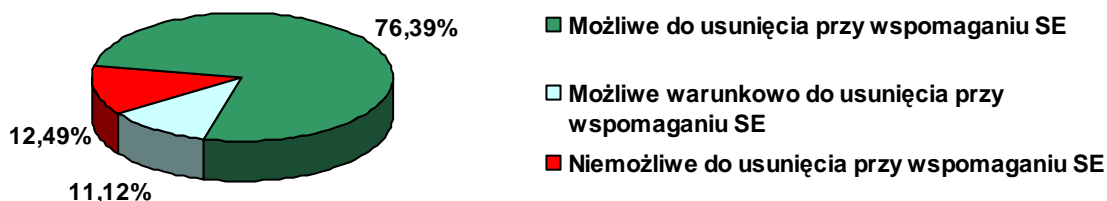
Rys 5. Struktura sieci neuronowej z funkcją nieliniową aktywacji dla przykładowego błędu

## 7. Wyniki analiz – możliwość wspomaganie usuwania błędów przez proponowany system ekspertowy

Powyższe omówione założenia hybrydowego systemu ekspertowego okazały się poprawne zarówno w przypadku błędów integralności jak i błędów i komunikatów od rutyn systemowych. Błędy związane ze środowiskiem działania aplikacji nie były przedmiotem szczegółowych badań w tym zakresie.

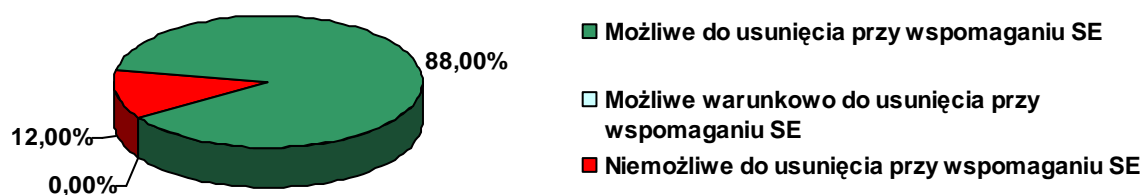
W trakcie badań pojawiła się śladowa ilość błędów integralności (pod względem ilości), których opisanie za pomocą sztywnych reguł może być skomplikowane a czasem wręcz niemożliwe z uwagi na złożoność problemu, zasad merytorycznych i specyficznych procedur bankowych związanych z produktami. W odniesieniu do tej grupy błędów zastosowanie zdefiniowanych powyżej mechanizmów sztucznej inteligencji byłoby obciążone dużym ryzykiem, gdyż muszą być każdorazowo przeanalizowane przez specjalistów.

Na poniższym wykresie przedstawiono analizę możliwości wspomaganie usuwania błędów integralności przez zaproponowany system ekspertowy w zależności od typu błędu:



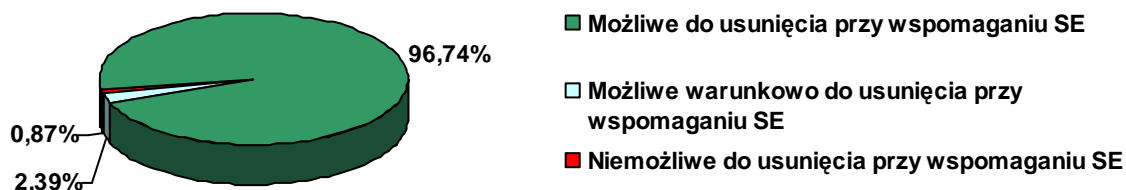
Rys 6. Możliwość wspomaganie usuwania błędów integralności

Następny wykres przedstawia analizę możliwości wspomaganie usuwania błędów od rutyn systemowych przez zaproponowany system w zależności od typu komunikatu:



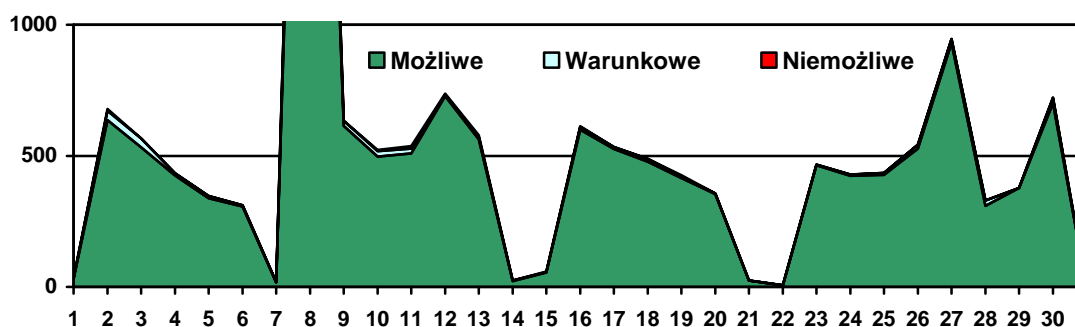
Rys 7. Możliwość wspomaganie usuwania komunikatów od rutyn systemowych

Kolejny wykres przedstawia analizę możliwości wspomaganie usuwania błędów integralności przez zaproponowany system ekspertowy w odniesieniu do ilości poszczególnych błędów w reprezentatywnej próbce z badanego okresu:



Rys 8. Możliwość wspomaganie usuwania błędów integralności w odniesieniu do ilości błędów

Interesujący jest również wynik analizy czasowo-ilościowej błędów integralności zaobserwowanych w okresie jednego miesiąca, pod kątem możliwości wspomaganie ich usuwania przez system ekspertowy. W tym przypadku stwierdzono, iż prawie 97% ilości błędów może być usuwanych przy wspomaganie systemu ekspertowego a jedynie 3 procent błędów może być warunkowo lub nie powinna być wspomaganie przez proponowany system.



Rys 9. Analiza czasowo-ilościowa możliwości wspomaganie usuwania błędów integralności przez SE

## 8. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując praca wykazuje, iż stosując nowoczesne metody informatyczne można stworzyć mechanizmy i systemy wspomagające pracę informatyków bankowych i pozwalające im na skuteczniejszą i szybszą analizę błędów, jakie nieuchronnie pojawiają się w trakcie eksploatacji dużych systemów centralnych.

Podstawowe cechy takiego systemu:

1. powinien to być system doradczy (advisor) a zarazem system diagnozy;
2. system powinien realizować zadania: diagnostyczne, poprawiania oraz naprawy;
3. jest to system z wiedzą pewną, ale równocześnie z wiedzą niepełną.

Szczegółowe parametry takiego systemu zostały określone jako:

1. metody reprezentowania wiedzy regułowe (możliwe zastosowanie metody stwierżeń bądź metody ramowej);
2. metoda wnioskowania w przód;
3. strategia z powracaniem (backtracking).

Równocześnie możliwe jest użycie sieci neuronowych do budowy takiego systemu na zasadzie hybrydyzacji. Wykorzystując sieć neuronową należy zastosować strukturę jednokierunkową lub rekurencyjną oraz uczenie pod nadzorem.

### Publikacje doktoranta:

1. R.Tadeusiewicz, W.Janicki: Czy informatyka bankowa powinna zostać wyodrębniona jako osobna dyscyplina. Zeszyt Naukowy Instytutu Informatyki w Zarządzaniu, Uniwersytet Szczeciński, z 276, 1999, str. 241-251
2. W.Janicki: Wspomaganie usuwania błędów spójności parametrów przez system ekspertowy. Konferencja Multimedia w Biznesie i Edukacji, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, 2005, str. 56-57
3. W.Janicki: Jakość bazy danych. Zeszyty Naukowe AUTOMATYKA AGH, tom 9, z. 3, 2005, str. 783-790