

SZTUCZNA INTELIGENCJA W DIAGNOSTYCE TECHNICZNEJ

Bogdan ŻÓŁTOWSKI
Katedra Maszyn Roboczych i Pojazdów, ATR BYDGOSZCZ
bogzol@atr.bydgoszcz.pl

Streszczenie

W referacie omówiono główne przesłanki stosowania metod sztucznej inteligencji w diagnostyce technicznej. Szczególną rolę przypisano systemom ekspertowym wspomagającym proces wnioskowania diagnostycznego. Pozyskiwanie wiedzy do systemu ekspertowego często jest możliwe tylko od ekspertów. W tej pracy wskazano na statystyczne podejście w ustalaniu liczby, wiarygodności i zgodności ekspertów.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, diagnostyka techniczna, systemy ekspertowe

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TECHNICAL DIAGNOSTICS

Summary

It in report was has talked over cardinal of usage the methods artificial premise intelligence in technical diagnostics. Systems were attributed special part expert helping process diagnostic inference. Logging to system knowledge it expert is possible only often from experts. It was showed here on statistical approach in settlement number experts and them compatibility and credibility.

Key words: artificial intelligence, technical diagnostics, expert systems

1. WSTĘP

Wiedza jest najważniejszą kartą przetargową w rozwoju społeczeństw. Wiedza jest symbolicznym opisem otaczającego nas świata rzeczywistego, charakteryzującym aksjomatyczne i empiryczne relacje, zawierającym procedury manipulujące tymi relacjami. Wiedza stanowi zbiór faktów, relacji i procedur, które to wsparte językiem tworzą teorię.

Inżynieria wiedzy jest związana z pozyskiwaniem i przetwarzaniem wiedzy. Daje podwaliny systemów ekspertowych, sztucznych sieci neuronowych, algorytmów genetycznych i w końcu systemów hybrydowych o największym potencjale intelektualnym. To wszystko mieści się w obszarze sztucznej inteligencji [9].

W pracy przedstawiono wybrane problemy kształtujące stan dziedziny sztucznej inteligencji, a w tym szczególnie zagadnienie systemów ekspertowych w diagnostyce oraz zasady pozyskiwania wiedzy od ekspertów.

2. ZADANIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Pojęcie inteligencji

Inteligencja wg różnych autorów cytowanych w wykazie literatury oznacza: zdolności umysłowe człowieka, albo zdolność rozumienia otaczających

sytuacji i znajdowania na nie właściwych reakcji. Inteligencja to zdolność umysłu do efektywnego ujmowania zagadnień praktycznych i teoretycznych, dzięki pamięci, wyobraźni i myśleniu pojęciowym. Cechy inteligencji człowieka: świadomość, podświadomość, intuicja, operowanie pojęciami, myślenie treściowe, rozumienie i przeżywanie stanów emocjonalnych.

Inteligencja jest właściwością psychiczną człowieka, charakteryzującą efektywność wykonywania zadań. Inteligencja jest zespołem określonych procesów, obejmujących: rozumowanie, wnioskowanie, myślenie abstrakcyjne, kojarzenie, wykrywanie i odkrywanie. Myślenie i przetwarzanie informacji odbywa się w mózgu, zbudowanym z neuronów. Przetwarzanie informacji jest podobne do przetwarzania równoległego przy dużej liczbie procesorów.

Inteligencja oznacza, zatem swoisty zespół zdolności, umożliwiający człowiekowi korzystanie z nabytej wiedzy i skuteczne reagowanie w nowych sytuacjach. Ważne jej aspekty to: zdolność do analizy i uogólniania, uczenie się, złożone stany emocjonalne i irracjonalne człowieka, tworzenie, myślenie koncepcyjne i abstrakcyjne, subiektywne przeżycia.

Sztuczna inteligencja

Sztuczna inteligencja dotyczy metod i technik wnioskowania symbolicznego przez komputer oraz

symbolicznej reprezentacji wiedzy stosowanej podczas takiego wnioskowania. W jej obrębie tworzy się programy, które obrazują procesy myślowe zachodzące u człowieka. Maszyna jest nazywana inteligentną, jeśli zewnętrzny obserwator nie jest w stanie odróżnić jej odpowiedzi od odpowiedzi człowieka mogącego zastępować maszynę.

Techniki informatyczne realizowane w technice komputerowej mimo wielu zalet nie wykazują twórczego myślenia. Komputer nie ma świadomości ani podświadomości, nie ma przeżyć intuicyjnych, nie operuje pojęciami, nie myśli treściowo, nie przeżywa stanów emocjonalnych, gdyż jest tylko narzędziem. Prezentuje tylko dyskretny i skończenie wymiarowy obraz rzeczywistości, a przecież świat jest nieliniowy, a zjawiska mają charakter ciągły.

Dzięki dużej prędkości dokonywanych obliczeń komputer przewyższa pod tym względem możliwości człowieka, chociaż wykonuje tylko rozkazy zawarte w programie. Komunikacja (dialog) człowieka z komputerem stwarza pozory wymiany myśli między stronami, co prowadzi do sztucznej inteligencji. Prowadzenie dialogu komputera z człowiekiem odbywa się coraz częściej w języku naturalnym [6,9].

W metodach sztucznej inteligencji następuje przejście od przetwarzania danych do przetwarzania wiedzy, a metody algorytmiczne charakterystyczne dla przetwarzania proceduralnego w sztucznej inteligencji zostają zastąpione przeszukiwaniem inteligentnym.

Sztuczna inteligencja obejmuje zagadnienia wykorzystania nowoczesnych technik informatycznych do wykonania skomplikowanych operacji, przypominających takie procesy umysłowe, jak uczenie się, rozpoznanie, wnioskowanie, klasyfikowanie, korygowanie i podejmowanie decyzji. Systemy sztucznej inteligencji w założeniu mają osiągnąć zdolność spełniania funkcji typowych dla ludzkiego mózgu.

3. SZTUCZNA INTELIGENCJA W DIAGNOSTYCE TECHNICZNEJ

W zakresie diagnostyki technicznej istota stosowania elementów sztucznej inteligencji polega na wspomaganie działań człowieka w zakresie planowania, realizacji i opracowywania wyników badań diagnostycznych, szczególnie złożonych obiektów technicznych.

W diagnostyce technicznej istnieje wiele różnych możliwości wykorzystania technik informatycznych w zależności od sytuacji diagnostycznych oraz stopnia automatyzacji procesu i systemu diagnostycznego. Sposoby te można podzielić na trzy grupy:

- konwencjonalne wykorzystanie komputera do celów diagnostycznych;
- komputeryzacja systemu diagnostycznego;

- komputeryzacja urządzeń diagnostycznych.
Podstawowe zalety wykorzystania komputera do celów diagnostycznych to:

- odciążenie operatora (diagnosty) od konieczności pamiętania (pracochłonnego szukania w instrukcjach) różnego rodzaju danych, co zmniejsza możliwość popełnienia błędów i wypracowania błędnych diagnoz;
- znaczne skrócenie czasu diagnozowania;
- eliminacja subiektywnych wniosków i ocen oraz konsekwentna rejestracja danych, co znacznie wpływa na wiarygodność wyników kontroli.

Komputeryzacja systemu diagnostycznego ma tę zaletę, że umożliwia elastyczne wykorzystanie zgromadzonej aparatury kontrolno-pomiarowej (hardware'u) do różnych celów poprzez zmianę programu (software'u). Jest to korzystne w przypadku, gdyż często zmienia się diagnozowany obiekt lub wymagania diagnostyczne. Jeśli występuje potrzeba wielokrotnego diagnozowania tego samego lub takiego samego obiektu, celem jest doprowadzenie systemu diagnostycznego do postaci mikroprocesorowego urządzenia diagnostycznego.

Główne zalety stosowania mikroprocesorowych urządzeń w diagnostyce to:

- duża prędkość działania (możliwość rejestracji i uwzględniania wartości chwilowych procesów przejściowych);
- automatyczna, bez udziału obsługi, realizacja skomplikowanych działań pomiarowych i obliczeniowych;
- selektywny wybór informacji dostarczanych użytkownikowi w postaci najłatwiejszej do percepcji (interfejs użytkownika);
- duża niezawodność działania i wiarygodność wyników;
- obiektywność diagnoz, niezależna od klasyfikacji, zdolności psychofizycznych i koncentracji uwagi operatora (diagnosty) systemu komputerowego.

Z metodologicznego punktu widzenia atrakcyjnym rozwiązaniem układów diagnozowania jest oparcie ich budowy na systemach doradczych. Takie systemy pozwalają na doskonalenie wnioskowania diagnostycznego w oparciu o tworzenie bazy wiedzy, wykorzystującej wiedzę heurystyczną (operatorską), wiedzę proceduralną (algorytmy, modele matematyczne) oraz wiedzę deklaratywną (reguły, stwierdzenia, sieci semantyczne, ramy). Umożliwia to integrację wielu metod i technik diagnozowania prowadzących do bardziej efektywnych układów diagnostycznych dla złożonych obiektów technicznych i procesów przemysłowych.

W podsumowaniu można zaznaczyć etapy wdrażania w diagnostyce technicznej elementów sztucznej inteligencji, kolejno obejmujące:

- tworzenie baz pomiarowych i wzorców symptomów stanu badanych obiektów;
- opracowywanie programów symulacyjnych w oparciu o modele diagnostyczne;
- automatyczne rozpoznawanie obrazów stanu obiektu i ich kwalifikacja za pomocą sztucznych sieci neuronowych;
- rozwój systemów doradczych wykorzystywanych podczas wnioskowania diagnostycznego, bazujących na odpowiednio skonstruowanej bazie wiedzy pozyskanej od ekspertów dziedzinowych.

Elementy sztucznej inteligencji w diagnostyce, wykorzystywane są wszędzie tam gdzie realizowane zadania wymagają wspomaganie decyzji operatora w celu postawienia diagnozy o stanie złożonych obiektów technicznych [6].

4. SYSTEM EKSPERTOWY

System ekspertowy jest programem komputerowym, który wykonuje złożone zadania o dużych wymaganiach intelektualnych i robi to tak dobrze jak człowiek będący ekspertem w tej dziedzinie. System ekspertowy wyciąga wnioski i podejmuje decyzje działając w sposób zbliżony do procesu rozumowania człowieka, generując profesjonalne ekspertyzy. Systemy ekspertowe można podzielić na trzy grupy: doradcze (advisory), podejmujące decyzje bez kontroli człowieka (dictatorial), krytykujące (criticizing). Systemy doradcze prezentują rozwiązania dla użytkownika, który jest w stanie ocenić ich jakość, przyjąć lub odrzucić oferowane rozwiązanie. Systemy podejmujące decyzje bez kontroli człowieka są same dla siebie końcowym autorytetem. Używane są w sterowaniu obiektami, gdzie udział człowieka jest utrudniony. Systemy krytykujące przedstawiają problem i jego rozwiązanie, dokonują analizy i komentują uzyskane rozwiązanie.

Systemy ekspertowe tworzone są w oparciu o bazę wiedzy ekspertów, budowanej na podstawie ich informacji o problemie oraz na ich doświadczeniu. Moc programu ekspertowego tkwi w zakodowanej w nim wiedzy, a nie w formalizmie i schematach wnioskowania, których ten program używa. Proces konstruowania systemów ekspertowych należy do zagadnień inżynierii wiedzy, zajmującej się pozyskiwaniem wiedzy, jej strukturalizacją i przetwarzaniem. Baza wiedzy systemu ekspertowego jest odseparowana od mechanizmu wnioskowania (maszyny wnioskującej).

Podstawowe elementy struktury systemu ekspertowego:

- baza wiedzy (zbiór reguł);
- baza danych (dane normatywne, wyniki pomiarów, hipotezy);
- procedury wnioskowania;
- procedury objaśniania;
- procedury sterowania dialogiem;
- procedury modyfikacji pozyskiwanej wiedzy.

W diagnostyce technicznej systemy ekspertowe mają przeważnie zadanie doradzania, dlatego przyjęto nazywać je systemami doradczymi [6].

Rozważając bardziej szczegółowo architekturę systemów doradczych stosowanych w diagnostyce obiektów technicznych, możemy w niej wyróżnić następujące podstawowe elementy:

- baza wiedzy (wiedza proceduralna, deklaratywna);
- baza danych (np. dane o obiekcie, wyniki pomiarów, hipotezy);
- procedury wnioskowania (maszyna wnioskująca);
- procedury objaśniania – objaśnia strategię wnioskowania;
- procedury sterowania dialogiem – procedury wejścia / wyjścia umożliwiają formułowanie zadań przez użytkownika i przekazanie rozwiązania przez program;
- procedury umożliwiające rozszerzenie oraz modyfikację wiedzy – pozyskiwanie wiedzy.

Istotnym, choć nie jedynym elementem każdego systemu ekspertowego jest baza wiedzy. Wiedza w systemie zapisana jest przy pomocy określonego sposobu reprezentacji wiedzy. Wiedza znajdująca się w systemie pochodzi z różnych źródeł, najczęściej pochodzi od ekspertów z danej dziedziny. Pozyskiwaniem wiedzy eksperta oraz jej formalizacją, tj. zapisaniem za pomocą określonego sposobu reprezentacji wiedzy, zajmuje się tzw. inżynier wiedzy. Inżynier wiedzy to nowa profesja powstała na gruncie sztucznej inteligencji.

Proces pozyskiwania wiedzy jest na ogół bardzo pracochłonny i realizowany w toku współpracy inżyniera wiedzy i eksperta. Do najczęściej spotykanych metod pozyskiwania wiedzy należy dialog z ekspertem lub obserwacja eksperta podczas rozwiązywania problemu. Ze względu na psychologiczne warunki pozyskiwania wiedzy, proces ten stanowi „wąskie gardło” budowy bazy wiedzy. Dlatego badania naukowe prowadzone w różnych ośrodkach zmierzają do automatyzacji procesu pozyskiwania wiedzy za pomocą tzw. algorytmów indukcyjnych, które są w stanie wygenerować reguły dla bazy wiedzy na podstawie zbiorów uczących. Zbiory te, zawierają najczęściej dane z przeszłości opisujące sytuację problemową oraz wynikającą z niej konkluzję rozumowania eksperta. Na podstawie tych problemów system uczy się rozwiązywania podobnych problemów samodzielnie. Należy jednak pamiętać, że w procesie automatycznej generacji reguł, baza wiedzy powinna być poddana weryfikacji przez ekspertów, co jest możliwe w przypadku niewielkich baz wiedzy.

4.1 Reprezentacja wiedzy i wnioskowanie

Problematyka reprezentacji wiedzy jest jednym z najważniejszych nurtów badań w dziedzinie sztucznej

inteligencji. Systemy ekspertowe wykorzystują do rozwiązywania problemów jawnie wyrażoną wiedzę z określonej dziedziny. Wiedza ta musi być wcześniej opisana (sformalizowana) za pomocą tzw. języka reprezentacji wiedzy i wprowadzona do systemu.

W kontekście systemów ekspertowych wiedzę można określić jako informacje o świecie, umożliwiające ekspertom rozwiązywanie problemów i podejmowanie decyzji. Przez reprezentację wiedzy będziemy tu rozumieć sposób odwzorowania tej wiedzy w określony formalizm, który jest „rozumiały” dla systemu ekspertowego. Oznacza to zdolność SE nie tylko do statycznego przechowywania fragmentu wiedzy o świecie, ale również jej efektywne przetwarzanie w celu znalezienia rozwiązania postawionego przed nim problemu. Efektywność jest bardzo ważnym kryterium z punktu widzenia praktycznej realizacji systemów ekspertowych. O ile w początkowym okresie rozwoju dużą rangę przypisywano znalezieniu uniwersalnych metod wnioskowania, to po pierwszych spektakularnych sukcesach systemów ekspertowych zasadniczą wagę dla sukcesu tej technologii zaczęto przywiązywać do wiedzy jako takiej. Dziś oba punkty widzenia wydają się skrajne.

4.2 Narzędzia do tworzenia systemów ekspertowych

Narzędzia programowe (expert system tool), które służą do tworzenia systemów ekspertowych, można podzielić na dwie grupy:

- języki programowania: języki systemów ekspertowych, języki sztucznej inteligencji, inne języki programowania,
- szkieletowe systemy ekspertowe (ang. expert system shells lub skeletal systems).

W skład pierwszej grupy narzędzi do tworzenia systemów ekspertowych wchodzi specjalne języki, które są znane jako języki systemów ekspertowych. Należą do nich np. Clips, Flops, OPS5 itp. Porównując języki systemów ekspertowych

z językami systemów szkieletowych można stwierdzić, że te ostatnie są łatwiejsze do implementacji. Posługiwanie się językiem systemów ekspertowych stwarza większe możliwości aplikacyjne, ale wymaga większego wysiłku, ponieważ trzeba nauczyć się języka.

Opracowanie systemu ekspertowego jest zadaniem bardzo pracochłonnym i wymaga zatrudnienia programistów o wysokich kwalifikacjach. Alternatywą jest zastosowanie systemu szkieletowego, zawierającego gotowy podsystem przetwarzania wiedzy. W takim przypadku zadanie twórcy systemu polega głównie na pozyskiwaniu i sformalizowaniu wiedzy ekspertów, co również jest zadaniem niełatwym. Do narzędzi umożliwiających realizację systemu ekspertowego (doradczego), w ramach drugiego podejścia należą systemy szkieletowe [6,9].

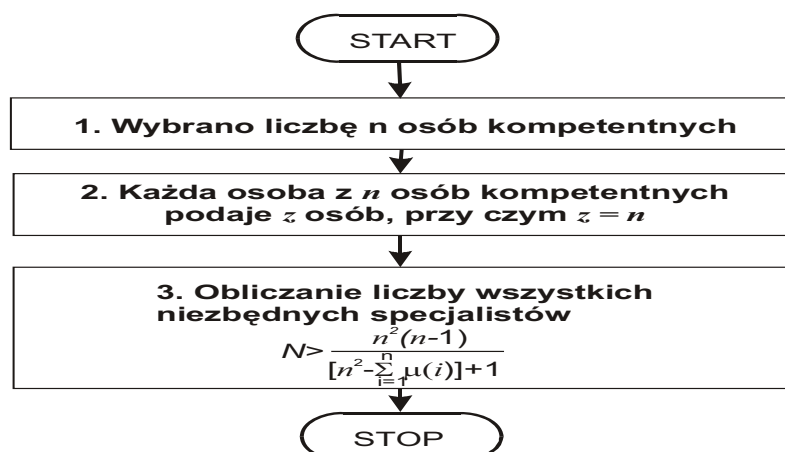
5. WYZNACZANIE ZESPOŁU EKSPERTÓW

W każdym systemie doradczym (ekspertowym) jednym z głównych elementów decydującym o jego jakości, jest baza wiedzy. Ponieważ często obecny stan wiedzy nie pozwala na opracowanie wiarygodnej teorii opisującej badane zjawisko, dlatego przy tworzeniu systemów doradczych jednym z najważniejszych źródeł wiedzy jest wiedza ekspertów.

5.1 Wstępny dobór i ocena ekspertów

Jakość otrzymanych wyników istotnie zależy od jakości ocen ekspertów. Dlatego też należy badać zespół ekspertów, pod względem jego kompetencji i zgodności opinii. Istotną sprawą jest, aby osoby, których oceny chcemy wykorzystać w systemie doradczym nie były przypadkowe, lecz specjalistami wysokiej klasy, a ich opinie umiarkowanie zgodne.

Wstępną liczbę ekspertów ustala się na podstawie niżej podanego algorytmu (rys.1).



Rys. 1. Algorytm obliczania niezbędnej liczby specjalistów

Minimalna liczba specjalistów [6] przy założeniu, że każdy z n specjalistów typuje taką samą liczbę $z = n$ specjalistów w swoim gronie, obliczona jest ze wzoru:

$$N > \frac{nz(n-1)}{(nz - \sum_{i=1}^n \mu(i)) + 1} \quad (1)$$

gdzie: N – niezbędna liczba specjalistów; z – kompetentni specjaliści podani przez n wytypowanych specjalistów; $\mu(i)$ – liczba nie powtarzających się specjalistów podana przez i -tego specjalistę z n grup. Przy założeniu, że n specjalistów poda taką samą liczbę specjalistów tj. $z = n$, to przedstawiony wzór się uprości i otrzymamy:

$$N > \frac{n^2(n-1)}{(n^2 - \sum_{i=1}^n \mu(i)) + 1} \quad (2)$$

Przy faktycznym wyborze poszczególnych specjalistów mogą być pomocne pewne obiektywne wskaźniki, takie jak: liczba przepracowanych lat, czy liczba publikacji. Jednak praktyka wykazuje, że samoocena eksperta określająca jego względną kompetencje, w różnych dziedzinach wiedzy, może być stosunkowo dobrze skorelowana z jego faktyczną wiedzą w danej dziedzinie, a zatem może być wykorzystywana przy wyborze ekspertów z grona specjalistów.

Do oceny stopnia kompetencji eksperta zastosowano współczynnik K_k kompetencji eksperta wyrażony wzorem:

$$K_k = \frac{k_z + k_a}{2} \quad (3)$$

gdzie:

K_k – współczynnik kompetencji eksperta,
 k_z – współczynnik stopnia znajomości problemu przez eksperta,
 k_a – współczynnik argumentacji.

Współczynnik k_z i k_a uzyskuje się na podstawie samooceny wytypowanych specjalistów. Każdy z zastosowanych współczynników przyjmuje wartość z przedziału $<0;1>$.

Podstawowym wskaźnikiem uogólnionej opinii ekspertów może być, wyznaczona dla każdego j -tego obiektu ($j = 1, 2, \dots, n$), średnia wartość jego oceny M_j (w punktach dana wzorem:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} c_{ji}}{m_j} \quad (4)$$

Wartość M_j równa dolnej granicy skali punktowej odpowiada przypadkowi, gdy wszyscy oceniający j -ty obiekt eksperci dali najmniejszą możliwą ocenę ważności. Wartość M_j równa górnej granicy skali punktowej oznacza, że wszyscy eksperci przyznali największą możliwą ocenę. Im

większa wartość M_j , tym znaczenie obiektu jest większe.

Uzupełniającym wskaźnikiem charakteryzującym uogólnioną opinię grupy ekspertów o względnej ważności obiektów jest częstość największej możliwej oceny uzyskanej przez j -ty obiekt $K_{\max j}$ dana wzorem:

$$K_{\max j} = \frac{m_{\max j}}{m_j} \quad \text{gdzie } j = 1, \dots, n^l \quad (5)$$

Wskaźnik $K_{\max j}$ przyjmuje wartości z przedziału $<0;1>$. Charakteryzuje on znaczenie obiektu z punktu widzenia przyznania pierwszych miejsc.

5.2 Wyznaczenie stopnia zgodności opinii ekspertów

Zgodność opinii ekspertów ma decydujące znaczenie dla jakości tworzonej bazy wiedzy. Od jakości bazy wiedzy zależy to, czy generowane wyniki przez system doradczy będą dla operatora systemu wiarygodne. Do scharakteryzowania stopnia zgodności opinii zespołu ekspertów o względnej ważności j -tego obiektu służy współczynnik zmienności V_j . Im wartość współczynnika zmienności V_j jest mniejsza, tym stopień zgodności opinii ekspertów jest większa. Obliczenia współczynnika zgodności opinii V_j dokonano na podstawie wzoru:

$$V_j = \frac{\delta_j}{M_j}, \quad \text{dla } j = 1, 2, \dots, n^l \quad (6)$$

gdzie: δ_j – odchylenie standardowe obliczone według wzoru:

$$\delta_j = \sqrt{D_j} \quad (7)$$

gdzie: D_j jest wariancją obliczaną według wzoru:

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^{m^l} (c_{ij} - M_j)^2}{m_j} \quad (8)$$

Do scharakteryzowania stopnia zgodności opinii ekspertów o względnej ważności obiektów poddanych ocenie, służy współczynnik konkordacji Kandalla-Babingtona-Smitha ω (dla $m^l > 2$) obliczany ze wzoru:

$$\omega = \frac{\sum_{j=1}^{n^l} d_j^2}{\frac{1}{12}(m^l)^2((n^l)^3 - n^l) - \frac{1}{12}m^l \sum_{i=1}^{m^l} T_i} \quad (9)$$

gdzie: d_j – odchylenie sumy rang ocen otrzymanych przez obiekt j od średniej arytmetycznej sum rang ocen otrzymanych przez wszystkie obiekty, obliczony ze wzoru:

$$d_j = S_j - \bar{S} \quad j = 1, 2, \dots, n^l \quad (10)$$

gdzie: \bar{S} – średnia arytmetyczna sum rang ocen otrzymanych przez wszystkie obiekty; T_i – wskaźnik związanych rang ocen nadanych przez i -tego eksperta, jeśli są one jednakowe:

$$T_i = \sum_{k=1}^l (t_k^3 - t_k) \quad i = 1, 2, \dots, m^1 \quad (11)$$

gdzie:

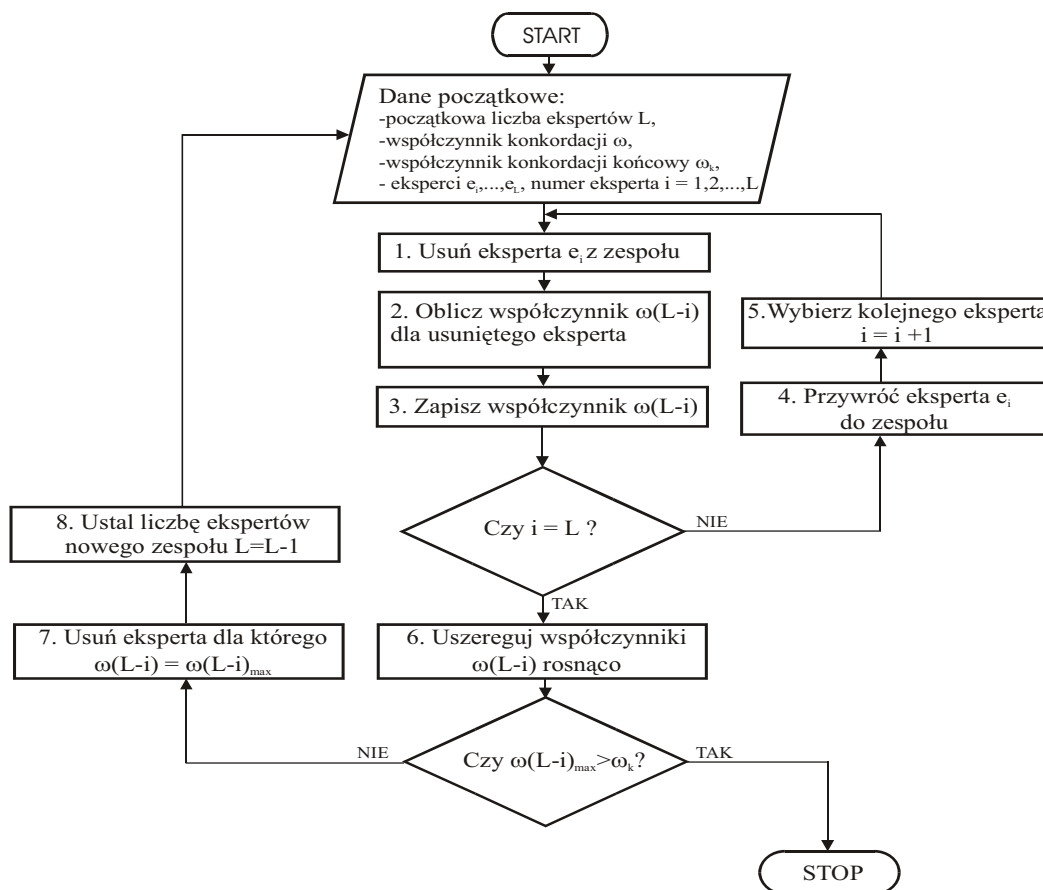
- l – liczba grup o połączonych rangach,
- t_k – liczba równych rang w k -tej grupie ($1 \leq k \leq l$).

Współczynnik konkordacji ω przyjmuje wartości w granicach od 0 do 1. Wartość współczynnika bliska lub równa jeden odpowiada większej zgodności opinii ekspertów.

Aby wyodrębnić z zespołu ekspertów, zespół o dużej zgodności opinii opracowano algorytm metody usuwania eksperta z zespołu ekspertów (rys.2).

Działanie algorytmu jest następujące. W pierwszej kolejności ustala się wielkość współczynnika konkordacji, jaki powinien być osiągnięty w wyniku usuwania kolejnych ekspertów. Następnie usuwa się kolejno ekspertów i oblicza współczynnik konkordacji. Po obliczeniu współczynników przy usunięciu kolejno ekspertów, usuwa się z zespołu tego eksperta, dla którego współczynnik konkordacji był maksymalny. Tak długo powtarza się tę procedurę dopóki nie zostanie przekroczony współczynnik ω_k .

5.3 Poszukiwanie zespołu ekspertów o dużej zgodności opinii



Rys. 2. Algorytm usuwania eksperta z zespołu

5.4. Weryfikacja stopnia zgodności opinii ekspertów

O tym, czy stwierdzoną współzależność cech wyrażonych na skalach porządkowych uznamy za istotną, decyduje wynik zastosowania właściwych testów niezależności. Po wyznaczeniu współczynnika konkordacji ω należy przeprowadzić weryfikację stanowisk grupy ekspertów tzn. zweryfikować wiarygodność

otrzymanych wyników. Dokładniej mówiąc, należy zweryfikować hipotezę o niezależności rang przypisanym poszczególnym obiektom

W przypadku, kiedy uporządkowań równoległych (liczba oceniających ekspertów), zawiera się w przedziale ($3 < m < 7$), oraz liczba ocenianych obiektów zawiera się w przedziale ($3 < n < 20$) to korzystamy z wyznaczenia wartości krytycznej $S(\alpha, m, n)$ z tablic.

Dla prób o większej liczebności ($m > 7$), konstruuje się statystykę χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12}mn(m+1)} = n(m-1)\omega \quad (12)$$

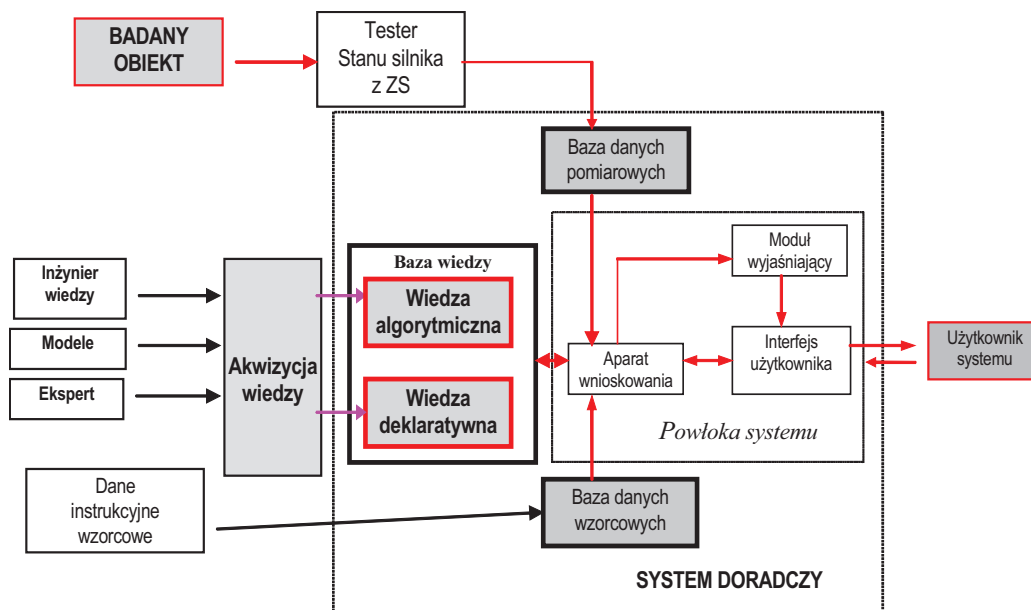
która, przy założeniu prawdziwości hipotezy H_0 , ma asymptotyczny rozkład χ^2 ze stopniami swobody $v = n - 1$.

Obszar krytyczny (prawostronny) w teście określa nierówność $\chi^2 \geq \chi^2(\alpha; n-1)$ gdzie $\chi^2(\alpha; n-1)$ jest wartością krytyczną odczytaną z tablicy rozkładu χ^2 dla ustalonego z góry poziomu istotności α i dla $n-1$ stopni swobody, w taki sposób aby zachodziła relacja $P\{\chi^2 \geq \chi^2(\alpha; n-1)\} \leq \alpha$. Obliczoną wartość χ^2 porównujemy z wartością krytyczną $\chi^2(\alpha; n-1)$ i jeżeli zajdzie nierówność $\chi^2 \geq \chi^2(\alpha; n-1)$, to hipotezę H_0 o niezależności uporządkowań należy odrzucić. Gdy natomiast $\chi^2 < \chi^2(\alpha; n-1)$, nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 o niezależności badanych cech wyrażonych na skalach porządkowych.

6. ARCHITEKTURA SYSTEMU DORADCZEGO

Na podstawie ogólnej koncepcji systemu doradczego, opracowano dla potrzeb tej pracy koncepcję systemu doradczego (rys.3). Główne założenia realizowanego systemu to:

1. równoległa praca systemu z urządzeniem diagnozującym – możliwa tylko do zrealizowania w systemie operacyjnym Windows lub podobnym,
 2. rejestrowanie parametrów stanu podczas badania diagnostycznego,
 3. sporządzanie raportów pełnych lub częściowych z badania diagnostycznego na podstawie wykonanych pomiarów,
 4. przechowywanie danych pomiarowych z przeprowadzonych badań.
- Akwizycja wiedzy to proces ciągły, podczas którego inżynier wiedzy współpracując z ekspertem z danej dziedziny, stara się pozyskać od niego wiedzę (różnymi metodami) oraz sposób jej zastosowania do rozwiązania danego problemu.
- Przystępując do prac związanych z opracowaniem systemu doradczego wspomagającego badania diagnostyczne wskazanego, konkretnego obiektu, należy postępować według określonych poniżej procedur:
- określić zakres zadań głównych i szczegółowych realizowanych przez system, uruchamianych baz danych i specjalistycznych aplikacji wspomagających proces wnioskowania,
 - opracować architekturę systemu doradczego (poczynione w tym rozdziale) strukturę bazy wiedzy i współpracujących z systemem baz danych,
 - dokonać wyboru narzędzia do tworzenia systemów ekspertowych, systemu szkieletowego lub wyboru języka programowania (w przypadku tworzenia systemu od podstaw),
 - dokonać wyboru ekspertów z grona specjalistów w celu utworzenia bazy wiedzy systemu doradczego o wysokiej jakości (realność, wiarygodność, jednoznaczność),
 - wykonać prototyp systemu doradczego według zaproponowanej architektury,
 - pozyskać wiedzę od ekspertów w ramach akwizycji wiedzy, dokonać jej strukturalizacji i zapisu,
 - 5. testować i szkolić operatora systemu doradczego oraz uaktualniać bazę wiedzy.



Rys. 3. Architektura systemu doradczego wspomagającego decyzje operatora

jednoznacznych diagnoz w postaci raportów diagnozy stanu technicznego.

7. WNIOSKI

1. Stworzenie nowych warunków w dziedzinie sztucznej inteligencji spowodował znaczny postęp w rozwoju technik programowania, interfejsu użytkownika, sposobów reprezentacji wiedzy w bazach wiedzy tworzonych systemów, szybkości ich przeszukiwania i reagowania na zaistniałe zmiany parametrów stanu.
2. Ciekawe rozwiązanie interfejsu użytkownika, w postaci graficznego schematu drzew decyzyjnych oraz możliwość śledzenia procesu wnioskowania, kontrolowania automatycznego bazy wiedzy pod względem jej nadmiarowości, uaktualniania bazy wiedzy na każdym etapie projektowania, czyni system szkieletowy nowoczesnym rozwiązaniem do tworzenia systemów ekspertowych (doradczych).
3. Zastosowanie systemu szkieletowego do budowy systemu doradczego, ograniczone jednak możliwościami programowymi tego „narzędzia”, pozwala w dalszym okresie realizacji prototypu systemu, na znaczne ograniczenie pracochłonności podczas projektowania i konstruowania systemu doradczego.
4. Stworzenie możliwości wspomagania decyzji operatora w procesie diagnozowania obiektów technicznych pozwoli na znaczne skrócenie pracochłonności tych czynności oraz uzyskanie

LITERATURA

- [1] Basztura Cz.: Jak rozmawiać z komputerem ludzkim głosem?, WPN Format, Wrocław 1993.
- [2] Bubnicki Z., Grzech A.: Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
- [3] Cholewa W., Pedrycz W.: Systemy doradcze, Skrypt uczelniany Politechniki Śląskiej nr 1447, Gliwice 1987.
- [4] Chromiec J., Strzemiczna E.: Sztuczna inteligencja – metody konstrukcji i analizy systemów ekspertowych, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1994.
- [5] Jackson P.: Introduction to expert systems, Addison-Wesley Reading, Massachusetts 1986.
- [6] Kupraszewicz W.: Szkieletowy system doradczy w diagnozowaniu silnika spalinowego, Materiały konferencyjne. Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
- [7] Michalski R.: Pokładowy system nadzoru maszyn ze sztuczną inteligencją, Wyd. ART., Olsztyn 1997.
- [8] Moczulski W.: Metody pozyskiwania wiedzy dla potrzeb diagnostyki maszyn, Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, Mechanika z. 130, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.
- [9] Mulawka J. J.: Systemy ekspertowe, WNT Warszawa 1996.
- [11] Podręcznik użytkownika: Szkieletowy system ekspertowy PC-Shell v. 2,3 dla Windows 98/NT, AITECH, Katowice 1999.

[12] MultiLogic Exsys Developer, User Manual, 1999.



Prof. zw. dr hab. inż.
Bogdan Żółtowski.

W działalności naukowej zajmuje się problemami dynamiki maszyn, wibroakustyki, diagnostyki technicznej, metrologii i eksploatacji pojazdów. Ma w swoim dorobku ogólnie około 320 publikacji, w tym 20 pozycji książkowych (własne i współautorskie), 46 publikacji naukowych, 182 publikacje naukowo-techniczne i konferencyjne, 27 referatów naukowych oraz 45 opracowań naukowo-technicznych. Wypromował kilkudziesięciu (około 200) absolwentów studiów magisterskich i inżynierskich, prowadzi prace promocyjne (wypromował 7 doktorów nauk technicznych, 3 otwarte przewody, prowadził opiekę nad 8 zrealizowanymi rozprawami habilitacyjnymi) oraz recenzuje prace naukowo-badawcze, promocyjne (9 recenzji rozpraw habilitacyjnych, 12 recenzji rozpraw doktorskich), a także dorobek naukowy (5 recenzji na stanowisko profesora, 3 recenzje na tytuł profesora). Od 1998r. jest profesorem zwyczajnym w ATR, gdzie pełni obowiązki Kierownika Katedry Maszyn Roboczych i Pojazdów.