

# Rozdział 1

## Wstęp

Diagnostyka techniczna obejmuje zagadnienia detekcji, lokalizacji, a niekiedy nawet identyfikacji poziomu uszkodzenia. Systemy diagnostyki technicznej wykorzystują w procesie diagnozowania obiektu różne osiągnięcia naukowe, poczynając od wiedzy heurystycznej, poprzez wybrane działy matematyki do elementów sztucznej inteligencji.

Zastosowanie tak bogatego spektrum różnych technik diagnostycznych ma jeden wspólny mianownik: jest nim wiedza niezbędna do tworzenia opisów zjawisk, weryfikacji poprawności funkcjonowania podzespołów diagnozowanego obiektu oraz interpretowania wygenerowanych symptomów stanu obiektu. Niezbędna w procesie diagnozowania wiedza może być wydobywana, przechowywana i przetwarzana w różnej formie i reprezentacji.

Postęp techniczny w dziedzinie przetwarzania informacji wymusza przygotowania odpowiedniej dla rozwiązywanego problemu oraz budowanego systemu diagnostycznego formy reprezentacji wiedzy. Wybór formy reprezentacji wiedzy uzależniony jest od zakresu merytorycznego problemu, od ilości i jakości posiadanych danych oraz od możliwości implementacyjnych systemu diagnostycznego.

Nowoczesne systemy nadzorowania procesu przemysłowego, zaliczane do grupy SCADA, umożliwiają gromadzenie dużych ilości danych obejmujących historię oraz stan aktualny nadzorowanego procesu. Ważnym zagadnieniem systemu diagnostycznego jest realizacja zabezpieczenia procesu w czasie rzeczywistym. Wiedza niezbędna do poprawnego funkcjonowania systemu zabezpieczenia procesu może być wydobywana z bogatych w dane baz danych tworzonych i uzupełnianych w czasie monitorowania procesu.

Baza danych operacyjnych uzyskanych w wyniku wybranych analiz bazy danych znana jest jako hurtownia danych. Do realizacji budowy hurtowni danych

można zastosować różne techniki przetwarzania informacji poczynając od metod analitycznych (budowa wzorców matematycznych) poprzez wiedzę heurystyczną (wiedza eksperta lub zdobyta w procesie uczenia maszyn), kończąc na szeroko rozumianej sztucznej inteligencji. Każda z przedstawionych technik przetwarzania danych przygotowuje i tworzy specyficzną dla niej reprezentację wiedzy.

Systemy diagnostyczne złożonych procesów przemysłowych wymagają analizy dużej liczby wielkości opisujących stan procesu. Dla zapewnienia dobrej jakości realizacji zadania diagnostycznego niezbędnym staje się wspomaganie operatora-eksperta systemem doradczym. Systemy ekspertowe mogą pełnić funkcje doradcze lub decyzyjne zastępujące operatora przy wykonywaniu niektórych czynności w warunkach trudnych lub niebezpiecznych [137, 13]. Reprezentują one wiedzę zgromadzoną od ekspertów posiadających wiedzę niezbędną do przeprowadzania analiz i podejmowania decyzji lub uzyskaną w procesie wydobywania wiedzy z baz danych.

System ekspertowy jest programem komputerowym, który wykonuje złożone zadania o dużych wymaganiach intelektualnych i robi to niekiedy w sposób zbliżony do działania człowieka będącego ekspertem w tej dziedzinie. Określenie "system ekspertowy" może być zastosowane do dowolnego programu komputerowego, który na podstawie szczegółowej wiedzy może wyciągać wnioski i podejmować decyzje, działając w sposób zbliżony do procesu rozumowania człowieka. W wielu sytuacjach (np. podczas podejmowania decyzji w siłowniach energetycznych) człowiek nie może swymi zmysłami ogarnąć całej sytuacji, wtedy system ekspertowy, pracujący w czasie rzeczywistym, wykonuje swoje funkcje lepiej niż człowiek.

Praca dotyczy *systemu ekspertowego z zintegrowaną bazą wiedzy o różnej formie reprezentacji wiedzy*. Termin *zintegrowana baza wiedzy* obejmuje zagadnienia połączenia w systemie ekspertowym różnych form reprezentacji wiedzy. System, w którym zastosowano zarówno wiedzę analityczną, heurystyczną eksperta oraz wiedzę zgromadzoną przy wykorzystaniu elementów sztucznej inteligencji, nazwano *systemem hybrydowym*. System ekspertowy o wspomnianej strukturze, korzystając z redundancji bazy wiedzy, umożliwi uzyskanie dużej niezawodności i wiarygodności podejmowanych ekspertyz oraz zapewnia wystarczającą szybkość generowania alarmów w przypadku pojawiających się niesprawności diagnozowanego procesu, co w przypadku procesów przemysłowych stanowi ważny element bezpieczeństwa eksploatacyjnego. W pracy dokonano również analizy metod pozyskiwania wiedzy o różnej formie reprezentacji, analizy form wnioskowania z zastosowaniem systemu priorytetów różnych elementów zintegrowanej bazy wiedzy.

W pracy autor skoncentrował się na zagadnieniach diagnostyki procesów przemysłowych zarówno dla przypadków uszkodzeń nagłych, powodujących zagrożenie dla pracowników, środowiska, jak i samego procesu oraz uszkodzeń dryfujących, w wyniku których powstają stany spadku wydajności procesu i postanowił dla potrzeb zadania diagnostycznego opracować i dokonać analizy efektywności porad-

---

czego systemu ekspertowego z zintegrowaną bazą wiedzy, w której możliwe będzie wykorzystanie wiedzy: analitycznej o wybranych podzespołach procesu, heurystycznej eksperta oraz bloków zbudowanych w oparciu o sztuczną inteligencję.

Przyjęto, że zostanie opracowany doradczy system z zintegrowaną bazą wiedzy dla złożonego procesu przemysłowego (procesy zachodzące w zespole *kocioł-turbina*). System będzie zawierał hierarchiczną strukturę wnioskowania. W pierwszym etapie wnioskowania system korzysta z detektorów wstępnych zbudowanych w oparciu o trzy formy reprezentacji wiedzy: regułowej, w której dokonuje się analizy progowej stanu podstawowych symptomów poprawności pracy procesu, neuronowego klasyfikatora oraz detektora z rozmytą reprezentacją wiedzy.

Przeprowadzone i opisane w pracy badania dotyczą metodologii wnioskowania diagnostycznego z zintegrowaną bazą wiedzy. Porównano w niej klasyczne metody wnioskowania w systemie z dyskretną i rozmytą reprezentacją wiedzy z wnioskowaniem opartym o nadmiarową bazę wiedzy o różnej reprezentacji. Tematyka ta ma odniesienie do ogólnej problematyki jakości diagnozowania z wykorzystaniem doradczych systemów (rozwój systemów bazy wiedzy opartej o elementy sztucznej inteligencji). Komputerowe wspomaganie procesu diagnostycznego wymaga zintegrowania różnych technik akwizycji wiedzy (od operatora-eksperta, z baz danych uzyskanych w czasie monitorowania stanu procesu) oraz przetwarzania wiedzy o różnej reprezentacji w zadaniu wnioskowania.

Badania autora w zakresie przygotowania bazy wiedzy systemu ekspertowego zostały zapoczątkowane pod kierunkiem profesora Józefa Korbicza. W zakresie metodologicznych podstaw diagnostyki procesu przemysłowego zasadnicze znaczenie dla autora miały prace [112, 118, 158]. Współpraca ze środowiskiem naukowym z dziedzin sztucznych sieci neuronowych, systemów ekspertowych i ostatnio dynamicznie rozwijanej logiki rozmytej pozwoliły autorowi na zweryfikowanie koncepcji oraz opracowanie systemu diagnozowania procesu przemysłowego.

Znaczną część zadań objętych rozprawą wykonano w ramach kilku krajowych i międzynarodowych projektów badawczych. Pierwszy to projekt finansowany przez KBN pt. *Metody sztucznych sieci neuronowych w przetwarzaniu sygnałów i diagnostyce obiektów technicznych* (1993-1995), następne to projekty międzynarodowe finansowane przez Unię Europejską: INCO-COPERNICUS pt. *Integration of quantitative and qualitative fault diagnosis methods within the framework of industrial application* (1997-1999) oraz EU FP5 Research Training Network DAMADICS pt. *Development and Application of Methods for Actuator Diagnosis in Industrial Control Systems* (2000-2003). Ponadto część wyników autor uzyskał w ramach współpracy z instytutem badawczym Institute of Process Technique, Process Automation and Measuring Technique, (IPM), University of Applied Sciences Zittau-Görlitz w Niemczech (1999, 2001).

## 1.1. Cel rozprawy

Celem rozprawy jest opracowanie kompleksowej metodologii diagnozowania procesu przemysłowego za pomocą systemu ekspertowego z zintegrowaną bazą wiedzy, a także scenariusza pozyskiwania wiedzy z wykorzystaniem elementów sztucznej inteligencji. Opracowana metodologia stanowi podstawę do utworzenia diagnostycznego systemu ekspertowego dla przykładowego procesu przemysłowego, realizowanego w zespole *kocioł-turbina*.

## 1.2. Teza

1. Zintegrowana baza wiedzy oparta na reprezentacji heurystycznej, analitycznej i technik sztucznej inteligencji zwiększa jakość diagnozowania procesu przemysłowego. W badaniach do oceny jakości przyjęto dwa podstawowe wskaźniki: czas uzyskania odpowiedzi oraz ilość fałszywych alarmów [165].
2. Techniki oparte na elementach sztucznej inteligencji umożliwiają budowę diagnostycznie efektywnej bazy wiedzy pozyskanej od eksperta oraz z baz danych zgromadzonych w procesie monitorowania obiektów.

## 1.3. Układ pracy

Podstawowa treść rozprawy zawarta jest w czterech głównych rozdziałach (rozdziały 2, 3, 4, 5). Badania zaproponowanego zintegrowanego systemu ekspertowego oraz weryfikacja różnych form reprezentacji wiedzy zostały przedstawione w rozdziale 6.

W rozdziale drugim przedstawiono krótki przegląd występujących w procesie przemysłowym uszkodzeń oraz ich diagnostyki. Omówiono metody realizacji układów diagnostyki z uwypukleniem metod analitycznych. W części końcowej tego rozdziału przedstawiono systemy tolerujące uszkodzenia.

Kolejny rozdział zawiera opis form reprezentacji wiedzy i jej akwizycji. Tematem wiodącym tego rozdziału jest odkrywanie wiedzy w bazach danych, typy algorytmów odkryć oraz zasady stosowania hurtowni danych w diagnostyce.

W rozdziale trzecim przedstawiono zasady i metody zastosowania sztucznej inteligencji w diagnostyce. Omówiono w nim reprezentacje wiedzy z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych, zbiorów rozmytych i systemów ekspertowych. Zamieszczono także opis technik wydobywania wiedzy i optymalizacji zasobów wiedzy przy wykorzystaniu technik gradientowych i algorytmów ewolucyjnych.

Druga część monografii zawiera zagadnienia różnych form reprezentacji wiedzy w procesie diagnozowania procesów przemysłowych. Tematykę tę przedstawi-

no w oparciu o proces diagnozowania dwóch przykładowych złożonych procesów: elektrowni ciepłej i cukrowni. W rozdziale piątym zawarto opis diagnozowanych obiektów. Opisano w nim różne formy reprezentacji wiedzy zastosowane do opisu zespołu kocioł-turbina, przedstawiono różne modele oraz techniki budowy systemu symulacyjnego, reprezentującego wiedzę o zjawiskach zachodzących w tym zespole. W rozdziale tym przedstawiono również różne formy reprezentacji wiedzy stosowane do identyfikacji modeli podzespołów cukrowni. W przedostatnim, szóstym rozdziale, przeanalizowano zasadę funkcjonowania i skuteczność działania komputerowego systemu diagnostycznego z hybrydową reprezentacją wiedzy. Ostatni rozdział zawiera podsumowanie, w którym dokonano analizy stosowności i skuteczności różnych form reprezentacji wiedzy w diagnostycznym systemie ekspertowym.

W końcowej części pracy zamieszczono dwa dodatki zawierające opis symulatora zespołu kocioł-turbina (Dodatek A) oraz wyniki badań przeprowadzonych w celu weryfikacji funkcjonowania zbudowanego diagnostycznego hybrydowego systemu ekspertowego (Dodatek B).

W pracy pominięto problemy gromadzenia danych, formy zapisu komunikatów operatorskich przedstawianych przez badany system doradczy.

