

## Sztuczna inteligencja w ekonomicznych systemach diagnostycznych

### 1. Pojęcie systemów diagnostycznych i ich klasyfikacja<sup>2</sup>

#### 1.1. Diagnoza ekonomiczna

**Diagnoza** to termin pochodzący z języka greckiego (*diagnosis*) i oznaczający przede wszystkim rozpoznanie, ale także rozróżnienie, decyzję, wyróżnienie<sup>3</sup>. W szerszym i bardziej praktycznym sensie oznacza ona „rozpoznanie badanego stanu rzeczy przez zaliczenie go do znanego typu albo gatunku, przez przyczynowe i celowościowe wyjaśnienie tego stanu rzeczy, określenie jego fazy obecnej oraz przewidywanego dalszego rozwoju”<sup>4</sup>. Termin ten jest wykorzystywany w wielu obszarach nauki i praktyki, w tym przede wszystkim w medycynie, naukach technicznych, psychologii, socjologii, ale także w naukach ekonomicznych, najczęściej do diagnozy organizacji gospodarczych.

Przez **diagnostykę** natomiast rozumiemy naukową metodę poznawania rzeczywistości, która jest oparta na doświadczeniu i wiedzy o prawidłowościach, którym ta rzeczywistość podlega<sup>5</sup>. Diagnostyka stanowi zatem umiejętność rozpoznawania rzeczywistego stanu badanych obiektów i umożliwia rozpatrywanie zjawisk we wzajemnym powiązaniu i w trakcie rozwoju. Dzięki niej można uzyskać informacje o zmianie stanu badanych obiektów, co może stanowić podstawę

---

<sup>1</sup> Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Kolegium Analiz Ekonomicznych, Instytut Informatyki i Gospodarki Cyfrowej.

<sup>2</sup> Rozdział w zasadniczej części opracowano na podstawie: J. Gołuchowski, *Inteligentne systemy diagnoz ekonomicznych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego, Katowice 1997, s. 16–50.

<sup>3</sup> W. Kopaliński, *Słownik wyrazów obcych*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1989, s. 119.

<sup>4</sup> R.R. Yager, D.P. Filev, *Podstawy modelowania i sterowania rozmytego*, WNT, Warszawa 1994, s. 86.

<sup>5</sup> B. Wersty, *Diagnostyka ekonomiczna przedsiębiorstwa* [w:] *Analiza ekonomiczna przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 1996, s. 429.

opracowywania zaleceń na przyszłość<sup>6</sup>. Trafna diagnoza może być postawiona tylko wówczas, gdy dysponujemy odpowiednią, niezbędną wiedzą o badanym obiekcie, o jego strukturze, o wewnętrznych i zewnętrznych powiązaniach przyczynowo-skutkowych oraz gdy pomiar cech (symptomów) charakteryzujących dany obiekt jest dokładny. W zależności od kierunku zastosowania diagnostyki może ona mieć charakter diagnozy przyporządkowującej badany obiekt do gatunku lub typu, diagnozy genetycznej, wyjaśniającej źródło zastanego stanu rzeczy z uwzględnieniem przyczyn lub diagnozy rozwojowej (prognostycznej)<sup>7</sup>.

Jerzy Gołuchowski proponuje, aby przez **diagnozę ekonomiczną** rozumieć proces poznawczy ukierunkowany na racjonalne i możliwie pełne wyjaśnienie obserwacji dotyczących określonej rzeczywistości ekonomicznej oraz wynik tego procesu<sup>8</sup>. Będzie ona zatem obejmować zarówno czynności prowadzące do rozpoznania i wyjaśnienia obserwowanego przypadku, jak i rezultat rozwiązywanego problemu diagnostycznego. Rozpoznanie danego zjawiska (stanu lub procesu) ma na celu zebranie danych (wiedzy) na temat diagnozowanego obiektu (np. przedsiębiorstwa) i jego otoczenia. Odbywa się ono poprzez obserwacje, badania specjalistyczne, a nawet eksperymenty. Zgromadzona wiedza stanowi podstawę postawienia diagnozy, dotyczącej zazwyczaj rozpoznania jednostkowych stanów rzeczy (w przeciwieństwie do uogólnień indukcyjnych).

Przedmiotem diagnozy ekonomicznej może być<sup>9</sup>:

- stan systemu (np. struktura organizacyjna przedsiębiorstwa, kondycja finansowa firmy),
- działanie systemu (np. przebieg sprzedaży w organizacji),
- wyniki działania systemu (np. rachunek wyników sprzedaży),
- warunki działania systemu (np. zmiana systemu prawnego),
- rozwój systemu (np. ewolucja systemu produkcji).

Wyniki diagnozy ekonomicznej sprowadzają się do ustalenia:

- nieprawidłowo funkcjonujących elementów systemu,
- niewłaściwych działań, funkcji, procesów i/lub zdarzeń,
- niepoprawnych wyników działań/procesów,
- tzw. przyczyn pierwotnych (zdarzeń, stanów) inicjujących niewłaściwe działania/sytuacje/stany.

---

<sup>6</sup> <http://wgrit.ae.jgora.pl/kzsil/pliki/DE%201%20folia.doc> [dostęp 1.06.2014].

<sup>7</sup> Ibidem.

<sup>8</sup> J. Gołuchowski, op.cit., s. 18.

<sup>9</sup> Ibidem, s. 19.

W przypadku diagnozy ekonomicznej wyróżnia się pięć etapów pełnego postępowania diagnostycznego (nie zawsze muszą być zrealizowane wszystkie) i w związku z tym pięć typów diagnozy<sup>10</sup>:

- 1) diagnoza podstawowa – opis cech stanu aktualnego,
- 2) diagnoza przyczynowa – wyjaśnienie przyczynowe,
- 3) diagnoza rozwojowa – ustalenie fazy rozwoju danego zakłócenia,
- 4) diagnoza różnicowa – ocena wpływu danego zakłócenia na funkcjonowanie systemu,
- 5) diagnoza prognostyczna – ustalenie tendencji rozwojowych lub propagacji zakłócenia.

Każda dobra diagnoza powinna charakteryzować się następującymi cechami: obiektywizmem, rzetelnością, kompleksowością (uwzględnianie powiązań diagnozowanego systemu z otoczeniem), trafnością, aktualnością, użytecznością, komunikatywnością (uwzględnianie możliwości percepcyjnych odbiorcy) oraz indywidualnością (uwzględnianie indywidualnych cech sytuacji). Natomiast proces wyjaśniania obserwacji powinien być wystandaryzowany (bazujący na instrukcji, określonych zasadach), znormalizowany (oparty na wzorcu porównawczym) oraz sprzyjający minimalizacji nakładów (czasowych i finansowych). Należy jednak zaznaczyć, że powyższe wymagania dobrej diagnozy ekonomicznej nie są w praktyce łatwe do osiągnięcia. Co więcej, ostateczny poziom „dobroci” diagnozy można rozpoznać dopiero po rezultatach działania, którego realizacji miała ona służyć.

Diagnostyka ekonomiczna jest dyscypliną stosunkowo młodą. Rozpatruje się ją przede wszystkim w kontekście działania zorganizowanego, procesu decyzyjnego, systemu wczesnego ostrzegania i controllingu. W odniesieniu do organizacji gospodarczej diagnostykę realizuje się w różnych obszarach działalności i w różnych sytuacjach decyzyjnych, np. przy ocenie wartości firmy czy wyników finansowych, przy analizie wniosków kredytowych, przy ocenie perspektywy rozwoju firmy itd.<sup>11</sup> Diagnoza nie jest celem samym w sobie, lecz służy działaniu podstawowemu organizacji, co obrazuje rysunek nr 1. Może ona być zatem elementem systemu informatycznego wspomagającego działalność organizacji czy podejmowanie decyzji, przy czym nie musi być traktowana jako zadanie odrębne takiego systemu, może także stanowić narzędzie rozpoznawania źródeł

<sup>10</sup> W. Jaworski, *Metoda diagnostyki przemysłowej*, WNT, Warszawa 1969; S. Ziemiński, *Problemy dobrej diagnozy*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1973.

<sup>11</sup> Por. np. H. Bieniok, *Metody diagnozowania i projektowania organizacji*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1996; Z. Mikołajczyk, *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1994.

szans, sił, zagrożeń i/lub słabości firmy jako element systemu informatycznego wczesnego ostrzegania, lub być elementem systemu controllingu firmy, pozwalającym rozpoznać sytuację wymagającą podjęcia działań sterujących.

Zalety diagnozy ekonomicznej jako narzędzia poznawania rzeczywistości są następujące:

- jest mniej złożona i czasochłonna niż analiza ekonomiczna;
- pozwala na szybkie przygotowanie informacji do celów decyzyjnych (stan, wyniki, słabe i mocne strony, szanse i zagrożenia);
- pozwala identyfikować potencjalne przyczyny ewentualnych zakłóceń w badanym obiekcie, a tym samym określić niezbędną „terapię”<sup>12</sup>.

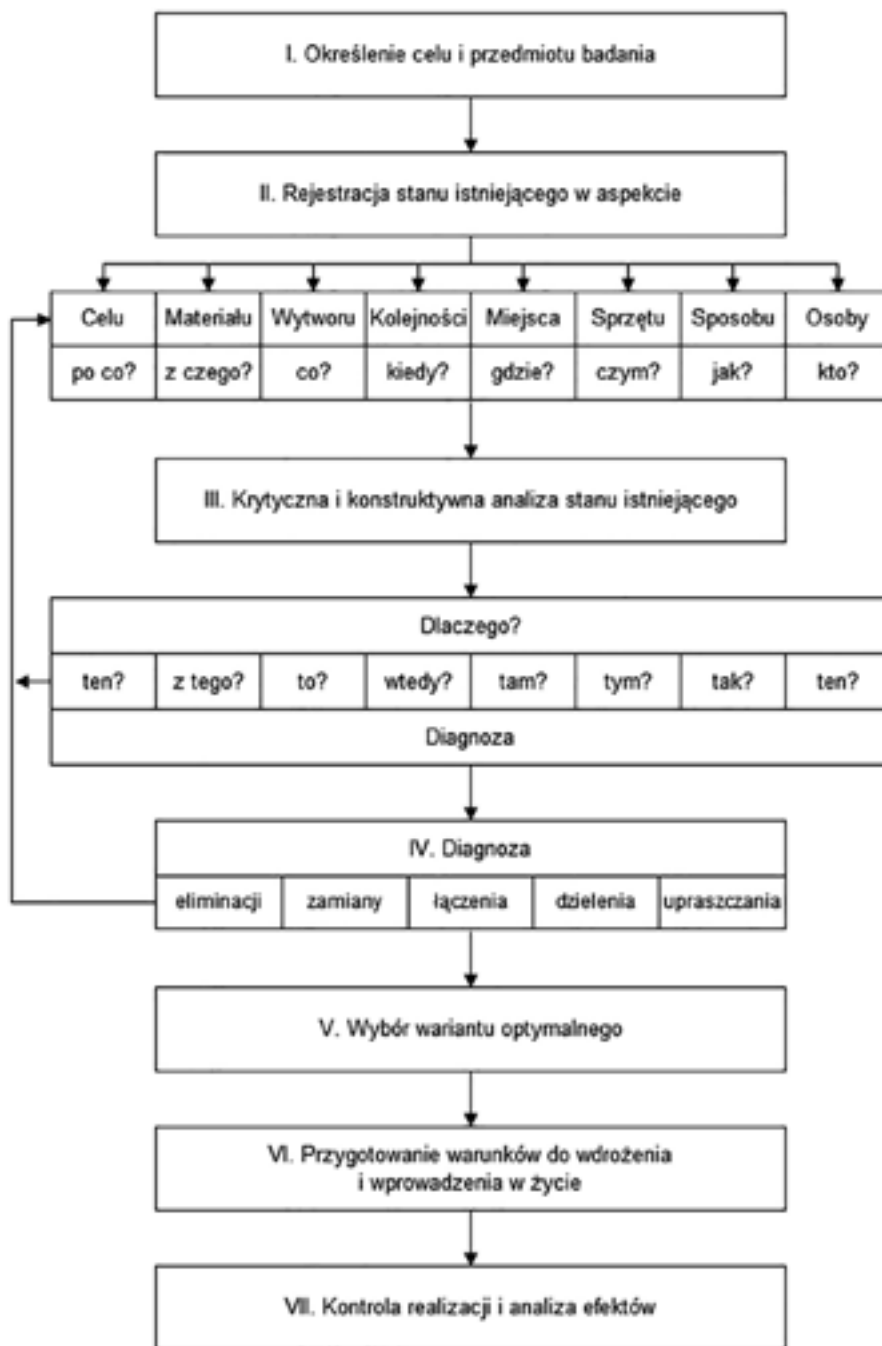
Przykładem diagnozy ekonomicznej jest diagnoza przedsiębiorstwa, która może polegać na wszechstronnym rozpoznaniu badanego przedsiębiorstwa w oparciu o:

- diagnozę rozpoznawczą (wstępną, orientacyjną, ogólną) – polegającą na sprecyzowaniu głównych obszarów niesprawności (krytycznych, newralgicznych) przedsiębiorstwa jako całości i ukierunkowaniu dalszych badań;
- diagnozę rozwiniętą (szczegółową, właściwą, podstawową) – złożoną z pełnego opisu stanu istniejącego, identyfikacji podstawowych niesprawności i zakłóceń (dysfunkcji), wyjaśnienia, genezy, źródeł i przyczyn rozpoznanych dysfunkcji (diagnoza przyczynowa), porównania (określenia odchyłeń i dystansu) z innymi podobnymi przedsiębiorstwami lub stanem pożądanym (diagnoza różnicowa), określenia fazy rozwoju badanych zjawisk i całego systemu (diagnoza rozwoju);
- diagnozę strategiczną – przeprowadzoną przy zastosowaniu np. analizy SWOT, w tym diagnozę zewnętrzną – identyfikacja szans i zagrożeń ze strony otoczenia, oraz diagnozę wewnętrzną – identyfikacja sił i słabości badanego przedsiębiorstwa<sup>13</sup>.

Na podstawie tych czynności wnioskuje się o środkach, sposobach i przesłankach umożliwiających dalszy, szybszy rozwój przedsiębiorstwa poprzez – z jednej strony – lepsze wykorzystanie szans i atutów, z drugiej – zniwelowanie zagrożeń i słabości (prognoza). Przykładowe obszary dokonywania diagnoz ekonomicznych w przedsiębiorstwie przedstawiono na rysunku nr 2.

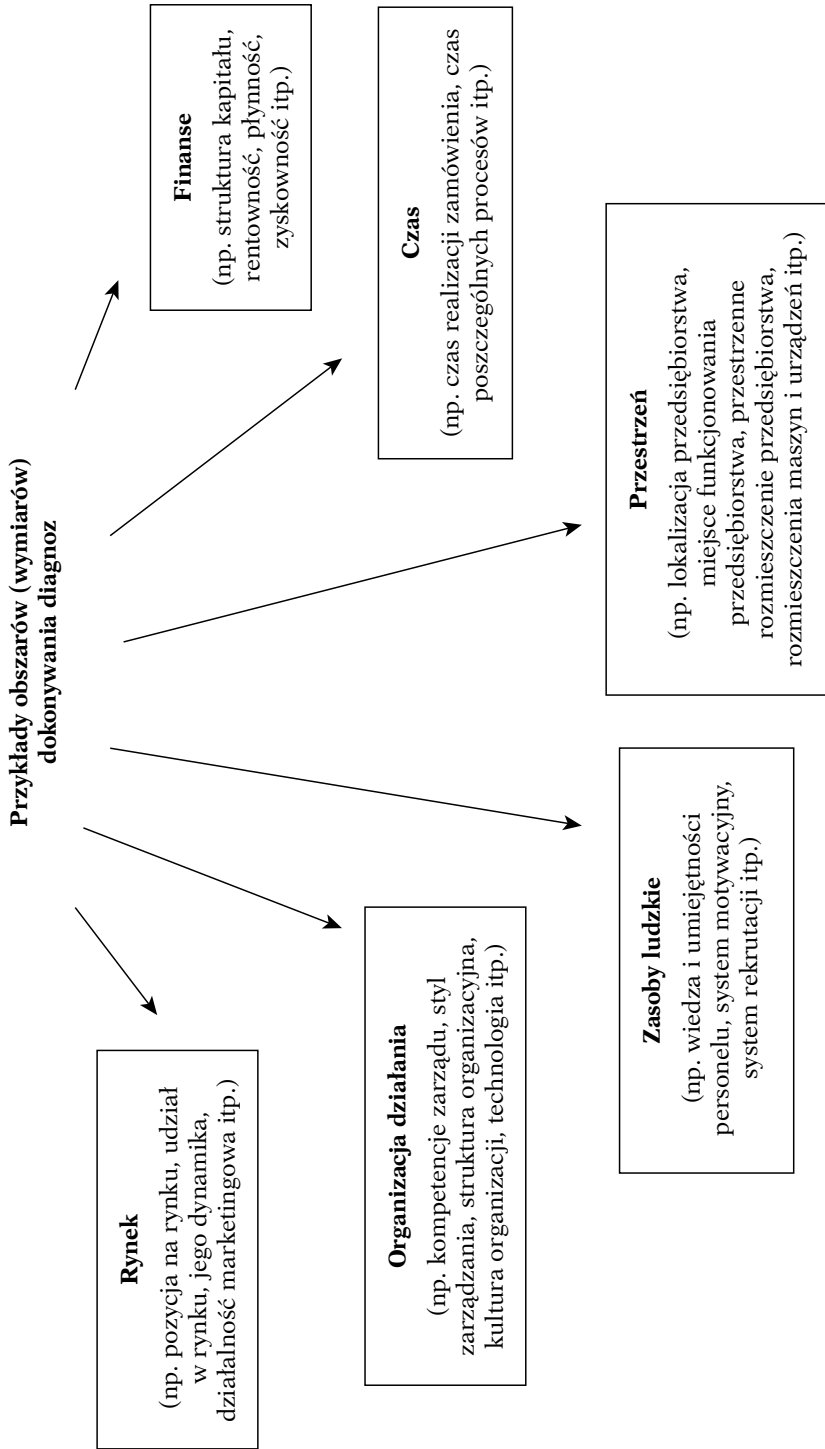
<sup>12</sup> <http://wgrit.ae.jgora.pl/kzsil/pliki/DE%201%20folia.doc> [dostęp 1.06.2014].

<sup>13</sup> Ibidem.



Rysunek nr 1. Miejsce diagnozy w procesie usprawniania organizacji

Źródło: H. Bieniok, *Metody diagnozowania i projektowania organizacji*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1996, s. 10



**Rysunek nr 2. Przykładowe obszary diagnozy ekonomicznej w przedsiębiorstwie**

Źródło: A. Allesandr, M. Delia M, G. Graffione, T. Parisini, *Nonlinear Fault Detection by a Bank of Neural Estimators*, 4<sup>th</sup> IFAC Symposium on Fault Detection Supervision and Safety, Budapest, 14–16 June 2000, vol. 1, s. 440–445

## 1.2. Tradycyjna diagnostyka ekonomiczna

Tradycyjna diagnostyka ekonomiczna, zarówno w ujęciu metodologicznym, jak i realizacyjnym, nie oferuje wystarczających podstaw do konstruowania inteligentnych systemów diagnostycznych wspierających wszystkie przedstawione wyżej etapy postępowania diagnostycznego. Dlatego dostępne systemy informatyczne oparte na takiej diagnozie ograniczają działanie do opisu stanu za pomocą wskaźników ekonomicznych i graficznej prezentacji wyników.

Metody i techniki sporządzania diagnoz ekonomicznych nazywa się analizą ekonomiczną, a termin „analiza” w tym kontekście wskazuje na rozłożenie pewnej całości na części składowe. Zadanie diagnostyczne sformułowane w kategoriach analizy prowadzi do istotnych ograniczeń z perspektywy automatyzacji diagnozy:

- Ograniczenia wyjaśnień do ustalenia struktury i odchyłeń – ujęcie problemu diagnozy w kategoriach tradycyjnej analizy ekonomicznej (ustalenie i wyjaśnienie stanu rzeczy) nie jest wystarczające z perspektywy potrzeb wspomagania zarządzania, brakuje mu bowiem pełniejszych wyjaśnień i interpretacji uzyskanych ustaleń prezentowanych w ujęciu liczbowym.
- Ograniczenia proponowanych procedur analizy do metod ilościowych – szeroko rozumiana diagnoza wymaga nie tylko rozpoznania stanu rzeczy, ale również wyjaśnienia jego genezy, przyczyn, interpretacji znaczenia badanego stanu rzeczy w szerszym kontekście, nierzadko także określenia fazy rozwojowej i prognozy dalszego rozwoju. Wykonanie obliczeń to zatem za mało – należy sięgnąć po metody przetwarzania symboli, które automatycznie pozwalają zinterpretować dokonane ustalenia ilościowe.
- Braku sformalizowanej interpretacji wyników liczbowych – pozostaje ona dzisiaj domeną eksperta, gdyż metody tradycyjnej analizy nie wskazują jasno ani na to, jakie prowadzić interpretacje obliczeń, ani też jak je prowadzić.
- Braku ukierunkowania postępowania diagnostycznego za pomocą hipotez – w przeciwieństwie do diagnozy w medycynie czy technice, gdzie proces diagnozy jest zwykle sterowany hipotezami i symptomami, co przyczynia się do minimalizacji kosztów diagnozy.
- Nadmiernej pracochłonności prac – przeciążenie analityka i decydenta dużą ilością szczegółowych danych stanowi konsekwencję braku wyżej wspomnianego ukierunkowania analiz – ze względu na brak jawnie sformułowanych hipotez.
- Ograniczenia szczegółowości wyjaśnień diagnostycznych, co utrudnia rzetelną analizę wyników działalności ze względu na obniżenie dokładności

rejestracji różnych zjawisk/stanów/elementów – potrzebne są narzędzia drastycznie zmniejszające praco- i czasochłonność prac analitycznych<sup>14</sup>.

### 1.3. Inteligentna diagnostyka ekonomiczna

Diagnozowanie, w każdej dziedzinie, w której jest stosowane, stanowi proces poznawczy przebiegający według określonego wzorca postępowania<sup>15</sup>. Cechuje go identyfikacja i wyjaśnienie stanu rozważanego systemu, zarówno obecnie, jak i w określonej przyszłości, przyczyn tego stanu, jego możliwych skutków itd., a to wszystko na podstawie zbioru zaobserwowanych faktów. Dlatego diagnoza może stanowić ogólny proces badawczy, a badania w tym zakresie zmierzają w kierunku stworzenia teorii diagnozy wykraczającej poza dziedziny przedmiotowe. Umożliwia to opracowanie możliwie niezależnych od dziedziny zastosowania modeli diagnozowania, które pozwalają na konstrukcję diagnostycznych systemów ekspertowych niezwiązanych z daną dziedziną.

**Inteligentna diagnoza ekonomiczna** to „zadanie diagnozowania rzeczywistości ekonomicznej, którego wynikiem jest **wyjaśnienie** określonej sytuacji (...). Diagnoza taka jest przeprowadzana przez inteligentny system informatyczny zdolny do prowadzenia rozumowań diagnostycznych w oparciu o modele dziedziny i modele zadania diagnostycznego”<sup>16</sup>. Wspiera się ona na dwóch zasadniczych filarach: doświadczeniu (wiedzy) i rozumowaniu diagnostycznym. Ich formalne ujęcie w postaci modelu problemu diagnostycznego jest niezbędne do opracowywania diagnoz za pomocą inteligentnego systemu diagnostycznego.

Przy opisie zadania/problemu diagnostycznego należy zwrócić szczególną uwagę na te elementy/cechy, które nie są wystarczająco brane pod uwagę przy jego formułowaniu w tradycyjnej diagnostyce ekonomicznej. Należą do nich:

- obszar problemowy składający się dwóch określonych *explicite* rozłącznych zbiorów:
  - cech problemu (symptomów) i rozwiązań problemu,
  - niepewnej zazwyczaj wiedzy o powiązaniach między symptomami i diagnozami, którą definiuje się jawnie w bazie wiedzy lub dedukuje;
- problem diagnostyczny określany przez podzbiór, często niepełny, dostępnych symptomów;

<sup>14</sup> J. Gołuchowski, op.cit., s. 27–29.

<sup>15</sup> I. Mozetic, *Hierarchical model-based diagnosis* [w:] *Model-based Diagnosis*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo 1992, s. 354–372.

<sup>16</sup> J. Gołuchowski, op.cit., s. 31.



- ustalenie czy i jakie symptomy dodatkowe należy uwzględnić, aby poprawić jakość rozwiązania problemu;
- założenie, że istnieje co najmniej jedna przyczyna nieprawidłowości;
- rozwiązanie problemu wymagające nie tylko obliczeń numerycznych, ale także rozumowań<sup>17</sup>.

Przez **nieprawidłowość** należy rozumieć stan, działanie lub jego wynik niezgodny z oczekiwaniami lub ustaloną normą. Odstępstwo może być postrzegane jako zjawisko pozytywne lub negatywne, może ono także być niemożliwe do bezpośredniego zaobserwowania. Objawy (oznaki) wystąpienia negatywnego, ale także pozytywnego zjawiska/zdarzenia, to tzw. **symptomy nieprawidłowości**. Są to znaczące i obserwowalne odchylenia od przewidywanego (normalnego) działania systemu lub jego stanu. Nie każde zatem zauważone odchylenie powinno być traktowane jako symptom. Nieprawidłowości wywołwane są przez zakłócenia pierwotne, czyli przyczyny będące stanami/działaniami powodującymi wystąpienie określonych symptomów diagnozowanego stanu. Wprowadzenie rozłączności symptomów i diagnoz powinno uwzględniać, że wynik diagnozy może stanowić także symptom w dalszym rozumowaniu. Przypuszczalne nieprawidłowości rozważane jako ewentualne wyjaśnienia zaobserwowanych symptomów to **hipotezy**, które formułuje się w postaci zdania nie w pełni uzasadnionego. Na wstępie hipotezy mogą być wzajemnie wykluczające się lub uzupełniające, mogą wyczerpywać zbiór wszystkich możliwych w danym przypadku hipotez lub nie wyczerpywać wszystkich możliwości. Znaczenie ma kolejność rozważania możliwych hipotez. Czasami żadna z rozważanych hipotez nie znajduje potwierdzenia.

Jednym z zasadniczych warunków wspomaganie diagnozowania za pomocą inteligentnych systemów diagnozy jest opracowanie modeli postępowania diagnostycznego (strategii diagnozy). Taki model powinien służyć do prawidłowej formalizacji procesów diagnostycznych, potrzeb informacyjnych oraz minimalizacji obciążenia osób realizujących diagnozę. Można doszukiwać się podobieństw w strategiach diagnostów z różnych dziedzin, co prowadzi do powstania metodologii diagnozy stanowiącej podstawę implementacji narzędzi informatycznych wspomagających procesy diagnostyczne.

---

<sup>17</sup> Ibidem, s. 32.

## 1.4. Strategie diagnostyczne

Do podstawowych strategii diagnostycznych zaliczamy<sup>18</sup>:

- diagnozowanie jako wyjaśnienie odchyleń od normy (podejście odchyleńniowe, różnicowe),
- diagnoza jako rozpoznanie przypadku,
- diagnoza jako uogólnienie szczególnego przypadku.

**Diagnozowanie jako wyjaśnienie odchyleń od normy.** Ta klasa podejść obejmuje sądy diagnostyczne nad przypadkami zakłóceń lub nieprawidłowości, które obserwujemy. Wnioskowanie prowadzi się zazwyczaj niezależnie od ogólnych danych empirycznych wynikających z poprzednich przypadków. Strategie te są bardzo skuteczne w diagnozowaniu systemów technicznych i biologicznych<sup>19</sup>. Skuteczne stosowanie takich podejść wymaga bowiem dostępności ustalonych, wiarygodnych modeli funkcji, stanów czy działań uznanych za normalne. Takie warunki występują także w systemach ekonomicznych, dlatego takie podejścia mogą się okazać właściwe przynajmniej w niektórych przypadkach (np. analiza funkcjonowania ksiąg handlowych). Ten typ diagnozy wymaga, aby wewnętrzna struktura funkcjonalna diagnozowanego systemu była dobrze rozpoznana.

Zdaniem J. Rasmussena, ze względu na cele w obrębie omawianych podejść można wyróżnić cztery odrębne strategie:

- strategię analityka – celem będzie tutaj wyjaśnienie sytuacji lub stanu, który nie jest zgodny z normą, np. diagnoza w celu wyjaśnienia kondycji finansowej organizacji;
- strategię operatora – jej cel to dokonanie kompensacji dostrzeżonego zakłócenia, np. diagnoza zmierzająca do eliminacji dostrzeżonych zakłóceń w działaniu organizacji;
- strategię serwisanta – celem tutaj jest korekta systemu, np. ustalenie możliwości udoskonalenia funkcjonowania organizacji;
- strategię prokuratora – celem diagnozy jest ustanowienie kary, np. za poniesione przez organizację straty<sup>20</sup>.

**Diagnoza jako rozpoznanie przypadku.** Jej podstawą jest wiedza dostępna w postaci danych empirycznych, uzyskanych dzięki przeprowadzeniu diagnozy

<sup>18</sup> Ibidem, s. 37–44.

<sup>19</sup> M. Ramoni, M. Stefanelli, L. Magnani, G. Barosi, *An Epistemological Framework for Medical Knowledge-Based Systems*, „IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics” 1992, vol. 22, no. 6, s. 1361–1374.

<sup>20</sup> J. Rasmussen, *Diagnostic reasoning in action*, „IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics” 1993, vol. 23, no. 4, s. 981–991.

wcześniejszych przypadków. Przeszukuje się strukturę w postaci drzewa decyzyjnego, będącego strukturą hierarchiczną kategorii empirycznych, lub tablicy decyzyjnej. Na takim podejściu opiera się zazwyczaj diagnoza medyczna. Wyróżnia się tutaj dwie wersje strategii:

- Diagnoza typowego przypadku na podstawie analizy drzewa decyzyjnego/ tabeli decyzyjnej (strategia normatywna). Warunkami są tutaj wzorce symptomów, a zbiory decyzji powstają dzięki heurystykom konstruowanym na podstawie możliwych terapii. Stosowana nie tylko w medycynie, ale także np. w instrukcjach naprawy samochodów, postępowania w przypadku awarii. Korzysta się przy niej przy diagnozowaniu procesów cechujących się wysokim ryzykiem, np. w tabelach oceny ryzyka kredytowego.
- Diagnoza nietypowego przypadku jako rozpoznawanie przypadku przez eksperta. Eksperti mają duży zasób wiedzy zbudowany na podstawie analizy przypadków z przeszłości, co pozwala im na uniknięcie obszernych przeszukiwań na drzewie decyzyjnym. Może tutaj wystąpić:
  - bezpośrednie rozpoznanie typowego przypadku – w tej sytuacji kontekst diagnostyczny to subiektywny zbiór wiedzy powstały na bazie doświadczeń danego eksperta, np. rewizja ksiąg rachunkowych przez rewidenta, sprzedawca klasyfikujący klienta na podstawie zachowania, wyglądu, ubioru itd.;
  - podejmowanie decyzji ukierunkowane rozpoznawaniem – w tej sytuacji ekspert przeszukuje drzewo decyzyjne, ale jest ono niepełne, tj. nie zawiera wszystkich niezbędnych gałęzi – dlatego jest uzupełniane i rozwijane podczas diagnozy na podstawie niejawnej wiedzy eksperta, prowadząc do pierwszego ukierunkowania diagnozowania, ograniczającego przestrzeń poszukiwań (np. ocena przez eksperta bankowego wniosku kredytowego dla nietypowej inwestycji).

**Diagnoza jako uogólnienie szczególnego przypadku.** Stosowana przy doskonaleniu funkcjonowania systemów. Polega na wnioskowaniu ze szczególnego przypadku zaistniałego w systemie lub w otoczeniu. Zmierza zazwyczaj do tego, aby zapobiec powtórzeniu analizowanej sytuacji lub przynajmniej zmniejszyć jej prawdopodobieństwo w przyszłości, co implikuje konieczność identyfikacji powiązania przyczynowego w odpowiednim porządku czasowym. Najczęściej prewencja polega na usuwaniu zasadniczej przyczyny odchyień, ale można się zabezpieczyć przed niewłaściwym przebiegiem zdarzeń w przyszłości także poprzez usunięcie określonego powiązania w związku przyczynowym lub blokując możliwość pojawienia się przypadku w przyszłości.

Wyróżnia się trzy perspektywy wykorzystania tej klasy strategii:

- Uogólnienie funkcjonalne – może być zastosowane dla systemów mających stabilną strukturę funkcjonalną (np. systemy techniczne ze ściśle określonym celem). Uogólnienie sprowadza się wtedy do wniosku regresywnego, tj. od szczególnego ciągu zdarzeń do ogólnego rozwiązania. Zabezpieczenie można zaplanować na podstawie analizy przebiegu przypadkowych zdarzeń. Podstawą do uogólnienia może być analiza efektów potencjalnych ulepszeń. W ekonomii można w ten sposób zdiagnozować określone procedury organizacyjne, w których istnieje możliwość udoskonalenia, na przykład w systemie obsługi kontrahentów, na podstawie wykrytej niesprawności bazującej na określonym przypadku.
- Uogólnienie różnicowe – analiza skutków niepowodzeń następuje na podstawie odchylenia od ustalonej praktyki. Istotną klasą systemów ekonomicznych, w których znajduje zastosowanie strategia różnicowa, są systemy organizacji pracy.
- Uogólnienie indukcyjne – przeznaczone dla systemów o niestabilnej, nietransparentnej dla analizy funkcjonalnej strukturze, np. w organizacjach powołanych do realizacji niepowtarzalnego zadania. Wtedy uogólnienia służące usprawnieniu przeprowadza się po zagregowaniu przypadków występujących w systemie i dokonując porównań z prawidłowo funkcjonującym systemem<sup>21</sup>.

Rozwiązując konkretny problem diagnostyczny, diagnosta posługuje się zazwyczaj kilkoma strategiami diagnozowania, co wynika nierzadko ze zmiany celów diagnozy, ale także z odmiennych wymagań różnych możliwych strategii. Ów fakt powinien być uwzględniony w inteligentnym systemie diagnostycznym.

### **1.5. Zadania informatycznego systemu inteligentnej diagnozy ekonomicznej**

Właściwe rozpoznanie problemów występujących w organizacjach gospodarczych jest czasochłonne, nietrywialne i niesie ze sobą duże ryzyko popełnienia błędów. Toteż systemy informatyczne wspomagające proces inteligentnej diagnozy ekonomicznej stanowią narzędzie bez wątpienia potrzebne, a co więcej – pozwalające także na poszerzenie możliwości diagnozowania.

Do zasadniczych procedur informatycznej oceny odchylenia pozwalającej na wspomaganie diagnozy zalicza się:

---

<sup>21</sup> Ibidem, s. 981–991.

- kontrolę o charakterze interakcyjnym – polega ona na przeszukiwaniu, kontrolowaniu i ocenie odchyleń przez użytkownika, który analizuje stan rzeczy na monitorze;
- monitoring w części zautomatyzowany;
- diagnozę w pełni zautomatyzowaną, czyli inteligentną diagnozę ekonomiczną, która pozwala najlepiej wspomagać pracę diagnosty.

Wspomniana inteligentna diagnoza wymaga:

- rozpoznania stanu,
- wyjaśnienia jego genezy,
- ustalenia jego przyczyn,
- wyjaśnienia znaczenia określonego stanu w odpowiednim kontekście,
- określenia fazy rozwojowej,
- określenia prognozy dalszego rozwoju sytuacji.

Inteligentne diagnozowanie ekonomiczne nie może się zatem opierać jedynie na metodach ilościowych stosowanych w analizie ekonomicznej czy metodach zwykłego wyszukiwania danych – konieczne jest wykorzystywanie metod wnioskowania symbolicznego, co pozwala na wyprowadzenie słownej interpretacji dokonanych ustaleń.

Od systemów informatycznych inteligentnej diagnozy należy zatem oczekiwać pełniejszych wyjaśnień diagnostycznych, opartych na znanych zależnościach przyczynowo-skutkowych sformalizowanych w bazie wiedzy oraz na sformalizowanym rozumowaniu przyczynowym. W celu spełnienia tych wymagań należy uwzględnić następujące kwestie<sup>22</sup>:

- Ograniczenie analiz do rozpatrywania odchyleń istotnych – należy redukcować informacje analityczne dostarczane decydentom, tak aby decydent analizował tylko znaczące odchylenia. Rozwiązaniem, które się w tym aspekcie rekomenduje, jest utworzenie listy wybranych pozycji wymagających analizy, które służą jako podstawa oceny sytuacji. Nie jest to jednak zadanie proste, co wynika z ogromnej dynamiki rzeczywistości ekonomicznej, i wymaga częstej weryfikacji.
- Kodyfikacja i standaryzacja wiedzy diagnostycznej – w postaci np. istotnych cech diagnostycznych, możliwych hipotez. W przypadku analizy ekonomicznej mamy raczej do czynienia z metodami obliczeniowymi, a wiedza ekonomiczna jest zwykle prezentowana w postaci tekstu nieustrukturalizowanego (w rozumieniu informatycznym). Nie mamy jawnej ekonomicznej wiedzy diagnostycznej w postaci np. wystandaryzowanych cech diagnostycznych,

---

<sup>22</sup> J. Gołuchowski, op.cit., s. 46–48.

niezbędnych badań diagnostycznych koniecznych do przeprowadzenia w określonej sytuacji, dlatego potrzebna jest jej rekonstrukcja (wzorem nauk technicznych i medycznych).

- Formalizacja interpretacji danych ilościowych za pomocą wnioskowań jakościowych – przydatna w przypadku problemu nadmiernej szczegółowości, metody powinny bowiem pozwolić na prowadzenie rozumowania, a nie tylko na proste porównanie, co powodowałoby, iż systemy sztucznej inteligencji przeprowadzałyby interpretację danych liczbowych w sposób analogiczny do człowieka-eksperta.
- Uwzględnienie wyjaśnień przyczynowych – analizy przyczynowe, chociaż bardzo istotne, w przypadku diagnoz ekonomicznych nie mają jak dotąd wystarczającego wsparcia metodologicznego i narzędziowego, choć trwają intensywne prace w tym kierunku.

Inteligentna diagnoza przedsiębiorstwa powinna wspomagać przede wszystkim następujące grupy zadań<sup>23</sup>:

- ustalanie wzorców określających stan pożądany (punkt odniesienia) wraz z granicami tolerancji,
- wykrycie miejsc istotnych odchyłeń od wielkości wzorcowych,
- ocenę stopnia szkodliwości skutków odchyłeń dla funkcjonowania przedsiębiorstwa,
- rozstrzygnięcie o konieczności reakcji na odchylenia oraz o czasie tej reakcji,
- ustalanie przyczyn odchyłeń,
- ustalanie działań zmierzających do usunięcia skutków odchyłeń.

Ekspert w procesie diagnozowania opiera się zarówno na bogatej wiedzy fachowej, jak i na własnym doświadczeniu – ta wiedza praktyczna to w zasadniczej części heurystyki. Metoda heurystyczna to sposób rozwiązywania problemów, który nie zawsze prowadzi do właściwego rozwiązania (w przeciwieństwie do algorytmu), ale daje solidną podstawę do budowy użytecznych narzędzi rozwiązywania problemów złożonych i mało poznanych – czasami jest to jedyny sposób w tego typu okolicznościach.

---

<sup>23</sup> W. Kraemer, *Effizientes Kostenmanagement, EDV-gestuetzte Datenanalyse und interpretation durch den Controlling-Leitstand*, Gabler, Wiesbaden 1993.

## 2. Wspomaganie diagnozy ekonomicznej za pomocą inteligentnych systemów informatycznych<sup>24</sup>

### 2.1. Klasyfikacja podejść diagnostycznych

Podejścia do inteligentnych systemów diagnozy ekonomicznej można klasyfikować ze względu na następujące kryteria:

- typ wykorzystywanej wiedzy,
- sposób formalnego ujęcia diagnozy,
- klasę dziedziny,
- problematykę diagnozy.

Ze względu na **typ wykorzystywanej wiedzy** systemy diagnostyczne dzieli się na następujące generacje (klasy):

- Systemy oparte na wiedzy płytkiej (pierwszej generacji) – wiedza wyraża empirycznie ustalone powiązania symptomów z diagnozami, a do wyrowadzania diagnoz wykorzystywane są w nich heurystyki ustalone na bazie opisu zachowania eksperta w określonej dziedzinie problemowej.
- Systemy oparte na wiedzy głębokiej i jednym modelu dziedziny (drugiej generacji) – proces diagnostyczny opiera się na jawnej reprezentacji wiedzy o diagnozowanej dziedzinie (w bazie wiedzy zapisany jest jeden model diagnozowanego systemu, np. organizacji gospodarczej) oraz jej oddzieleniu od wiedzy o zadaniu diagnostycznym. Nie cechuje ich wysoka efektywność procesu diagnostycznego, co jest rezultatem dużej złożoności obliczeniowej algorytmu wnioskowania.
- Systemy oparte na wiedzy głębokiej i wielu modelach dziedziny (trzeciej generacji) – podobnie jak systemy drugiej generacji, jednak opierają się na kilku modelach dziedziny przedmiotowej.

### 2.2. Podejście heurystyczne – systemy pierwszej generacji

Zasadą systemu diagnostycznego, w przypadku podejścia heurystycznego (asocjacyjnego), jest globalny cel zadania diagnostycznego: wyjaśnienie symptomów poprzez podanie ich przyczyn. Organizację wiedzy diagnostycznej w systemach pierwszej generacji cechuje zazwyczaj postać reguł, które wiążą symptomy (obserwowalne odchylenia od normalnego działania) z potencjalnymi wyjaśnieniami.

<sup>24</sup> Rozdział w zasadniczej części opracowano na podstawie: J. Gołuchowski, op.cit., s. 51–76.

Symptomy traktuje się jako dane wejściowe do procesu rozumowania, dopasowując je do reguł. Na tej podstawie ustala się możliwe nieprawidłowości. W tej klasie systemów wiedza o powiązaniach nieprawidłowości z symptomami ma charakter heurystyczny, wynikający z doświadczenia ekspertów – taką wiedzę określamy mianem „płytkiej”, gdyż nie obejmuje opisu budowy i zasad działania diagnozowanego systemu, w przeciwieństwie do wiedzy „głębokiej”.

Proces wyprowadzania diagnoz w systemach pierwszej generacji sprowadza się zatem do wykorzystania reguł, które wiążą nieprawidłowości i ich symptomy. Jeżeli w wyniku wnioskowania uzyskuje się zbyt duży zbiór diagnoz, to konieczne jest ich zróżnicowanie, co następuje w kolejnym kroku (krokach) – dzięki ekspertryzie wykonanej przez użytkownika systemu doradczego. Warunkiem koniecznym efektywnego systemu diagnostycznego pierwszej generacji jest istnienie pewnego ustalonego i raczej prostego modelu niepoprawnego działania, ale ów model nie jest jawnie przedstawiany w bazie wiedzy. Można go zbudować, gdy znany jest zbiór możliwych nieprawidłowości, tymczasem nie zawsze taka wiedza jest dostępna. Reprezentacje wiedzy użyte w takich systemach to m.in.: reprezentacje regułowe, ramowe, sieci z probabilistycznymi lub przyczynowymi związkami między obserwacjami a przyczynami. Niezależnie od tej reprezentacji, baza wiedzy zawiera wbudowane heurystyki, które ograniczają możliwość zastosowania systemu tylko do określonych sytuacji praktycznych, a zatem nie wszystkie zadania diagnostyczne mogą być wykonane.

Zasadnicze ograniczenia opisywanej klasy systemów są następujące:

- wiedza o systemie jest skategoryzowana jedynie jako powiązania między symptomami a nieprawidłowościami;
- diagnozy mogą stanowić jedynie elementy ze zbioru wcześniej znanych nieprawidłowości;
- granice kompetencji systemu są problematyczne (ograniczenie zakresu wiedzy w postaci powiązań między symptomami a diagnozami);
- systemy są silnie uzależnione od diagnozowanego systemu, czyli dziedziny przedmiotowej – każdy nowy system wymaga bowiem wyprowadzenia nowych powiązań empirycznych;
- sytuacja odmienna (nawet w niewielkim stopniu) od jawnych założeń przyjętych w momencie konstruowania systemu powoduje zaprzestanie działania mechanizmu wnioskującego;
- brak zdolności do wyjaśniania i uzasadniania swoich wyników w sposób polegający na odwołaniu do podstawowych zasad danej dziedziny zastosowania;
- brak ujęcia wiedzy o strukturze systemu, jego celach i sposobie ich osiągnięcia w bazie wiedzy (ew. tylko pośrednie ujęcie tych elementów), a źródłem



wiedzy o powiązaniach są poprzednio przeprowadzone procesy diagnostyczne;

- często nie są stosowane charakterystyki normalnego działania (ew. z wyjątkiem etapu różnicowania diagnoz);
- dotychczas niedostrzeżone odchylenia od normalnego działania systemu nie mogą zostać wyjaśnione, gdyż baza wiedzy nie zawiera reguł, które byłyby z nimi powiązane<sup>25</sup>.

W związku z powyższym systemy heurystyczne sprawdzają się wyłącznie przy wnioskowaniu: (1) o znanych nieprawidłowościach, (2) w znanych systemach, (3) ze znanych symptomów. Ustalenie zupełnego zbioru możliwych nieprawidłowości i ich symptomów jest często zadaniem niewykonalnym. Są to istotne ograniczenia. Dlatego nie sprawdzają się w dziedzinach, w których istnieje potrzeba diagnozowania nowych rozwiązań czy nieprzewidywalnych działań, w tym nieznanymi jeszcze sposobów niepoprawnego funkcjonowania. „Dotyczy to również systemów ekonomicznych, gdzie (...) m.in. czynnik ludzki wprowadza dużą niedookreśloność”<sup>26</sup>. Z powyższych powodów systemy pierwszej generacji mają zastosowanie do diagnozowania jedynie wąskich klas bardzo podobnych systemów lub nawet tylko pojedynczych przypadków, w związku z tym tworzenie i utrzymanie (zwykle znaczna zmiana w systemie niezbędna nawet w przypadku niewielkiej zmiany rzeczywistości) bazy wiedzy są bardzo kosztowne.

### **2.3. Podejście oparte na jednym modelu dziedziny – systemy drugiej generacji**

Powyższe problemy z inteligentnymi systemami diagnostycznymi pierwszej generacji stały się głównym bodźcem do rozwoju systemów generacji drugiej. Stosuje się w nich jawną reprezentację wiedzy o systemie będącym przedmiotem diagnozy, w tym wiedzę o: (1) elementach diagnozowanego systemu, (2) powiązaniach między nimi, (3) działaniu elementów systemu, składającą się na model systemu będący podstawą rozumowania diagnostycznego. W związku z tym różnica w stosunku do pierwszej generacji polega na tym, że w systemach drugiej generacji wiedza o zadaniu diagnostycznym i dziedzinie przedmiotowej nie jest zaszyta w jednym module – zawierają one w swojej bazie wiedzy jawną reprezentację wiedzy o dziedzinie (o strukturze i działaniu diagnozowanego systemu), wiedzy z natury ustrukturalizowanej i formalnej (tzw. „wiedza podręcznikowa”,

<sup>25</sup> Ibidem, s. 54–56.

<sup>26</sup> Ibidem, s. 55.

czasami pochodząca z dokumentacji), stanowiącej model dziedziny przedmiotowej, których wykorzystanie w procesie diagnozowania daje możliwość udoskonalenia rezultatów inteligentnej diagnozy oraz zwiększa elastyczność systemów diagnostycznych w zestawieniu z systemami empirycznymi.

Podjęcie modelowe wymaga wprowadzenia znaczących zmian natury konstrukcyjnej, gdyż system należy wtedy wyposażyć nie tylko w niezależny od dziedziny mechanizm wnioskowania, ale także w tzw. ontologię dziedziny, tj. bibliotekę komponentów modelu dziedziny (biblioteka ta stanowi zbiór obiektów wyróżnionych w danej dziedzinie, np. kartoteka towarów w hurtowni) oraz w model zadania diagnostycznego, oddzielony od modelu dziedziny przedmiotowej – ich rozdzielenie stanowi podstawę podejścia modelowego, natomiast razem składają się one na tzw. model aplikacji. Oba te modele są nie tylko oddzielnie, ale i jawnie reprezentowane w systemie. Co więcej, takie rozwiązanie pozwala na objęcie szerokiej klasy systemów złożonych z modelowanych elementów (zawartych w bibliotece dziedziny).

Model dziedziny przedmiotowej (systemu), np. przedsiębiorstwa, który może pokazywać w sposób jawny strukturę organizacyjną w postaci jego elementów składowych i relacji między nimi oraz opisywać funkcje każdego z elementów, składa się z następujących części:

- modeli części składowych systemu pobieranych z biblioteki elementów dziedziny (aktywne składniki realne, np. klient, oraz pasywne instrumenty, np. bilans, czy składniki abstrakcyjne, np. procesy gospodarcze);
- opisu struktury – specyficznej wiedzy o danym systemie.

Niezależnie od modelu dziedziny, można skonstruować modele realizacji zadań podejmowanych w przedsiębiorstwie na wybranym poziomie ogólności.

Zasadnicze korzyści płynące z rozdzielenia wiedzy o dziedzinie od wiedzy o rozwiązywaniu zadania diagnostycznego są następujące:

- zwiększa się przejrzystość systemu diagnostycznego na etapie modelowania;
- konserwacja systemu diagnostycznego staje się prosta (zmiana rzeczywistości jest odzwierciedlana poprzez dodanie/wymianę odpowiednich obiektów w bibliotece modelu, co jest działaniem wykonywanym jednokrotnie dla wszystkich systemów diagnostycznych w danej dziedzinie);
- konstrukcja systemu diagnostycznego dla wybranej dziedziny staje się mniej kosztowna.

Przy podejściu modelowym tworzenie inteligentnego systemu diagnostycznego rozpoczyna się od skonstruowania modelu systemu rzeczywistego (wykorzystanie wiedzy głębokiej), przy czym dąży się do jawnego, bezpośredniego wskazania wszelkich zasad i prawidłowości obowiązujących w danej dziedzinie.

Rozwiązanie zadania diagnostycznego sprowadza się zatem do wskazania tych elementów, których funkcjonowanie jest powodem rozbieżności między obserwowanym a oczekiwanym działaniem systemu. Dla wygenerowania systemu diagnostycznego dla wybranej dziedziny wystarczy więc dodanie specyficznego opisu strukturalnego dla tej dziedziny i jego połączenie z wiedzą podstawową dziedziny, co znacznie redukuje koszty. Należy przy tym pamiętać, że wiedza podstawowa powinna być zapisana efektywnie, tj. w sposób zapewniający jej wielokrotne użycie, a szczegółowy opis systemu, nawet jeśli oparty jest na wiedzy podstawowej systemu, bywa trudny do pozyskania.

Konstruowanie systemów diagnostycznych wymaga uwzględnienia istotnych różnic pomiędzy systemami deterministycznymi (technicznymi) a systemami ekonomicznymi, w których to istnieje znacznie większa nieokreśloność i niepewność działania systemu, głównie ze względu na czynnik ludzki powodujący ograniczoną przewidywalność działania. Granice systemów ekonomicznych także są znacznie trudniejsze do wyznaczenia – często są one sztuczne czy umowne. Dlatego określenie pełnego zbioru możliwych nieprawidłowości w funkcjonowaniu takich systemów jest z perspektywy praktyki niewykonalne. Wiedza o niewłaściwym działaniu w przypadku takich systemów jest zdecydowanie bardziej uboga i trudniejsza do zdobycia w zestawieniu z systemami technicznymi. Cechy te m.in. przemawiają w większym stopniu za stosowaniem w przypadku systemów ekonomicznych systemów z jawnym modelem dziedziny.

Z powyższych rozważań wynika, że podstawowy paradygmat diagnozy opartej na jawnym modelu dziedziny można ująć następująco: „dane są: (1) model systemu, w tym: (a) opis struktury systemu, (b) oczekiwane (normalne) działanie każdego elementu (komponentu); (2) zbiór obserwacji o rzeczywistym (faktycznym) działaniu systemu uzyskany poprzez bezpośrednie badanie, pomiar lub obserwację”<sup>27</sup>. Natomiast zadanie diagnostyczne to ustalenie zbioru symptomów świadczących o niezgodności między rzeczywistymi obserwacjami a oczekiwanym modelowym działaniem systemu. Diagnoza zaś stanowi zbiór elementów modelu dziedziny, których niewłaściwe działanie może wyjaśnić zaobserwowane symptomy.

Biorąc pod uwagę sposób wyprowadzenia diagnozy za pomocą modelu dziedziny, sztuczna inteligencja wyróżnia trzy zasadnicze podejścia do diagnozowania, zgodnie z malejącym stopniem szczegółowości wyjaśniania obserwacji przez rozwiązania:

---

<sup>27</sup> Ibidem, s. 62.

- Implikujące (abdukcyjne) – oparte na pojęciu pokrycia zbioru obserwacji przez wyjaśnienia. Modele pokrycia to najprostsza forma wnioskowania abdukcyjnego. Wywodzą się z diagnoz medycznych. Ich konstrukcja bazuje na ustalonych relacjach, które reprezentują powiązania między obserwacjami a potencjalnymi diagnozami (hipotezami). Wykorzystuje się tutaj głównie wiedzę o niepoprawnym działaniu systemu. Na diagnozę składa się zaś zbiór elementów stanowiących pokrycie (lub implikację) zbioru obserwacji (wyjaśnienie zbioru obserwacji). Wyjaśnienie abdukcyjne to zatem pokrycie zbioru obserwacji zbiorem hipotez. Wyjaśnieniem abdukcyjnym zbioru obserwacji jest taki zbiór praw/faktów, który wystarcza do zaistnienia zbioru obserwacji, natomiast za wyjaśnienie optymalne przyjmuje się minimalny zbiór pokrycia zbioru obserwacji zbiorem hipotez. Podejście abdukcyjne do diagnozy charakteryzuje się wykorzystywaniem rozumowania wyjaśniającego, które pierwotnie ukierunkowane było jedynie na modele niepoprawnego działania diagnozowanego systemu, jednak obecnie uwzględnia się również modele poprawnego działania. Wadą takiego podejścia do diagnozy jest zredukowanie wyjaśnienia do listy przyczyn – dlatego nie jest on zalecany w przypadku, gdy przyczyny są ze sobą powiązane lub współdziałają albo gdy wymaga się określenia sekwencji i struktury powiązań przyczynowych.
- Niesprzecznościowe – teoria diagnozy oparta na pojęciu niesprzeczności zbioru, która w klasycznym ujęciu definiuje diagnozę jako minimalny zbiór komponentów, dla których założenie o poprawnym działaniu przeczy dostępnym obserwacjom rzeczywistego działania systemu. Taką diagnozę uzyskuje się poprzez symulację działania modelowanego systemu, a do tego niezbędna jest wiedza o poprawnym działaniu systemu. Diagnozę stanowi zatem zbiór tych elementów, dla których opis właściwego funkcjonowania uzyskany na podstawie modelu jest sprzeczny z obserwacją. Ogólna teoria diagnozy niesprzecznościowej, która została opracowana przez de Kleera i Williamsa<sup>28</sup>, nosi nazwę *General Diagnostic Engine* (GDE) i dostarcza niezależną od dziedziny architekturę systemu diagnostycznego, także w przypadku wielu występujących równocześnie nieprawidłowości w systemie. Teoria ta opiera się na 3 głównych działaniach:
  - predykcji – na podstawie obserwacji i komponentów systemu dokonuje predykcji jego działania;

---

<sup>28</sup> J. de Kleer, B.C. Williams, *Diagnosis with behavioral modes* [w:] *Model-based Diagnosis*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo 1992, s. 100–117.

- rozpoznaniu konfliktu (sprzeczności między predykcjami i obserwacjami) – należy także skonstruować minimalny zbiór konfliktów, który jest zbiorem założeń prowadzących do diagnozy (zbiór komponentów będzie konfliktem, o ile założenie, że wszystkie te komponenty pracują poprawnie prowadzi do sprzeczności z obserwacjami);
- generowaniu kandydatów (minimalnego ich zbioru) – kandydat to taki zbiór założeń, że jeśli wszystkie założenia zawiodą, to wszystkie symptomy są wyjaśnione; a zatem zbiór komponentów jest diagnozą – kandydatem, o ile dotyczy hipotezy nieprawidłowego funkcjonowania wszystkich komponentów, na bazie działania których można wyjaśnić wszystkie obserwowane symptomy.

Diagnozę opracowuje się przyrostowo, wraz z pozyskiwaniem nowych obserwacji.

- Pośrednie – łączące dwa powyższe podejścia. Stanowią takie rozwiązania problemu deterministycznego, które wyjaśniają (pokrywają) część obserwacji i są niesprzeczne z pozostałymi. Powiązanie wnioskowania opartego na niesprzeczności z modelem poprawnego działania systemu oraz wnioskowania wyjaśniającego z modelami działania nieprawidłowego stanowi naturalny sposób opracowywania diagnoz.

Wymienione podejścia różnią się zatem zakładanym sposobem opisu dziedziny: budowy modeli, w tym możliwością reprezentacji prawidłowego i nieprawidłowego działania oraz sposobami formalnego definiowania i wyprowadzania diagnoz – aby wyprowadzić diagnozę na wyższym poziomie szczegółowości, należy skorzystać z dodatkowej wiedzy.

Podejście oparte na jawnym modelu systemu w zestawieniu z podejściem heurystycznym daje wiele korzyści, do których należą:

- możliwość wnioskowania o komponentach działających niepoprawnie poprzez wykorzystanie konfliktów – nie jest zatem niezbędna wiedza o możliwych nieprawidłowościach, wystarczy model poprawnego działania systemu;
- nie ma potrzeby istnienia *a priori* listy symptomów – dowolna obserwacja wskazująca na odchylenie jest uważana za symptom;
- powiązania symptomów i komponentów działających niepoprawnie są generowane automatycznie, np. przez wykrywanie związków przyczynowych/sprzeczności, a zatem nie muszą być one dostarczane systemowi diagnostycznemu przed rozpoczęciem jego użytkowania – stwarza to możliwość diagnozowania nowych nieprawidłowości (zwłaszcza przy podejściu niesprzecznościowym), także występujących jednocześnie, przy uwzględnieniu symptomów, których wcześniej nie znano.

Podejście jednomodelowe wykorzystuje jedynie wiedzę strukturalną i behawioralną, dlatego – mimo powyższych zalet – charakteryzuje się pewnymi ograniczeniami, które odnoszą się do:

- wykrywania symptomów – okazuje się bowiem, że nie każda sprzeczność działania systemu jest rzeczywistym symptomem: działanie może się różnić od oczekiwanego, ale może to nie wpływać na prawidłowe funkcjonowanie systemu, ponieważ cele działania oczekiwanego i obserwowanego są takie same;
- reprezentacji symptomów – jest możliwa tylko w kategoriach wiedzy strukturalnej i behawioralnej, podczas gdy w rzeczywistości symptomy są często formułowane na poziomie bardziej abstrakcyjnym, także przy wykorzystaniu wiedzy funkcjonalnej i celowościowej (teleologicznej);
- reprezentacji nieprawidłowości – nieprawidłowości, podobnie jak symptomy, mogą być wykrywane w kategoriach wiedzy strukturalnej (wadliwe elementy) lub behawioralnej (nieprawidłowe działania), co powoduje możliwość nieodpowiedniego (na niewłaściwym poziomie ogólności) sformułowania nieprawidłowości, a wtedy utrudnione jest określenie działania naprawczego, oraz czasami wręcz niemożliwą reprezentację nieprawidłowości (np. gdy symptomy niewłaściwego działania przypisane są nieodpowiednim warunkom działania);
- złożoności obliczeniowej procesu diagnozowania – podejście oparte na modelu strukturalnym i behawioralnym charakteryzuje się wysoką złożonością obliczeniową, zwłaszcza w toku predykcji, rozpoznawania konfliktów oraz uzyskiwania diagnoz – kandydatów. Ryzyko takiej sytuacji występuje podczas diagnozowania systemów złożonych, na które składają się setki/tysiące elementów – w takim przypadku czas i/lub koszt uzyskiwania diagnozy bywa nieakceptowalny;
- niedoskonałości wyników diagnozowania – ograniczona możliwość uzyskania sensownych diagnoz, wynikająca z faktu, że formalne ujęcie diagnozy bazującej na podejściu modelowym w kategoriach niesprzeczności zbioru może prowadzić do diagnoz akceptowalnych logicznie, ale bezsensownych faktycznie, a nawet niemożliwych;
- niezgodności algorytmów wnioskowania diagnostycznego z przebiegiem rzeczywistych procesów diagnozowania realizowanych przez ekspertów – w świetle nauk poznawczych stosowane podejście modelowe nie jest całkiem zgodne z faktycznym przebiegiem procesów diagnozowania realizowanym przez ekspertów. Zasady modelowania i algorytmy wnioskowania diagnostycznego są w niewielkim stopniu powiązane ze sposobem rzeczywistego

rozwiązywania problemów diagnostycznych przez ludzi, którzy formułują diagnozy na bardziej abstrakcyjnym poziomie, nie ograniczają opisu symptomów i nieprawidłowości do kategorii behawioralnych, a wykorzystują także wiedzę funkcjonalną i celowościową. Także strategie diagnozowania są bardziej złożone niż wykorzystywane w systemach diagnostycznych;

- niedostatecznego wykorzystywania heurystyk – wielu autorów twierdzi, że systemy pierwszej generacji są efektywne, ale nie są wiarygodne i pełne w rozpoznawaniu możliwych nieprawidłowości i ich wyjaśnianiu, natomiast systemy drugiej generacji uznaje się za pełne i odporne, ale charakteryzujące się dużą złożonością modeli i nierozstrzygalnością wykorzystywanych w nich algorytmów. Wynika to z faktu, że te pierwsze systemy stosują heurystyki, a te drugie ich nie stosują. Istnieje zatem opinia, zgodnie z którą systemy dziedziczące zalety obu tych klas systemów mogą rozwiązać powyższe problemy. Jednak pojawił się pogląd, iż systemy drugiej generacji także stosują heurystyki, niezbędne również w tym podejściu, ale niejawnie, a diagnoza oparta na podejściu modelowym będzie bardziej efektywna, gdy zastosuje się je jawnie. Zastosowanie określonego ujęcia formalnego diagnozy wymusza wprowadzenie pewnych elementów heurystycznych, np. założeń wstępnych o stosowaniu systemu w niesprzecznościowym ujęciu diagnozy czy wskazania miejsc, w których należy szukać dodatkowych informacji. Jednak pojawiają się trudności związane z: pozyskiwaniem wiedzy, jej wielokrotnym użyciem, ogólnością jej zastosowań oraz modyfikowalnością i konserwacją bazy wiedzy. Podejście „mieszane” okazuje się jednak niewystarczające, gdyż zamiast pokonywać ograniczenia obu podejść, dziedziczy je<sup>29</sup>.

Ze względu na powyższe istotne ograniczenia, pojawiła się koncepcja inteligentnych systemów diagnostycznych opartych na wielu modelach dziedziny przedmiotowej, tj. systemów trzeciej generacji.

#### 2.4. Podejście wielomodelowe – systemy trzeciej generacji

Modele dziedziny mogą się różnić między sobą wieloma cechami, co wynika często z potrzeby ujmowania rzeczywistości z różnych perspektyw oraz z ograniczeń pojedynczych modeli. W wyniku analizy podejścia jednomodelowego do diagnozowania stwierdzono, że w systemach diagnostycznych opartych na takim podejściu brakuje jawnego ujęcia modelowania konceptualnego dziedziny przedmiotowej oraz dostatecznego zrozumienia roli procesu modelowania dziedziny

<sup>29</sup> J. Gołuchowski, op.cit., s. 66–71.

przedmiotowej i samego modelu w procesie diagnozowania. Do głównych barier stosowania takiego podejścia zalicza się zasadnicze kwestie związane z opracowywaniem modelu dziedziny przedmiotowej, a mianowicie: stopień niezależności proponowanych mechanizmów wnioskowania, problem skalowania modelu oraz problem jego wyboru. Tymczasem model dziedziny znacząco wpływa na efektywność diagnozowania, stopień wyjaśnienia symptomów, koszt oraz granice kompetencji systemu diagnostycznego. Wszystkie te bariery zachęcają do wykorzystania podejścia wielomodelowego, które nie koncentruje się przede wszystkim na algorytmach diagnostycznych (jak w przypadku systemów drugiej generacji), a przypisuje zasadniczą wagę problematyce modelowania dziedziny przedmiotowej.

Do zasadniczych kierunków rozwoju systemów diagnostycznych można zatem zaliczyć:

- modelowanie systemu na wielu poziomach ogólności, w tym także przez jawną reprezentację wiedzy o funkcjach i/lub celach systemu z perspektywy jego projektanta;
- łączenie różnych modeli systemu w bazie modeli systemu diagnostycznego.

Podejściem bardziej perspektywicznym i bardziej ogólnym, umożliwiającym łatwiejsze pokonanie dostrzeżonych ograniczeń, wydaje się podejście bazujące na diagnozowaniu w oparciu o wiele modeli (podejście wielomodelowe). Ma ono istotne zastosowanie w ekonomii, gdzie często mamy do czynienia z wieloma różnymi modelami tej samej rzeczywistości (np. różne modele giełdy). Diagnozowanie powinno się opierać na tym modelu, który najlepiej tłumaczy zaobserwowane fakty. Co więcej, możliwe jest uwzględnienie korzyści płynących ze współpracy różnych modeli tej samej dziedziny w procesie diagnozowania.

Do propozycji rozwiązań możliwych do wykorzystania w konstrukcji systemów wielomodelowych zalicza się m.in.:

- wykorzystanie hierarchii modeli strukturalnych i behawioralnych na różnych poziomach agregacji,
- rozszerzenie tradycyjnego podejście GDE dzięki włączeniu modeli usterek lub poprzez wykorzystanie różnych modeli behawioralnych dla każdego komponentu,
- integrację jakościowych i ilościowych modeli behawioralnych, modeli empirycznych i funkcjonalnych, modeli celowych i niepoprawnego działania (usterek), modeli bazujących na wiedzy strukturalnej, behawioralnej, funkcjonalnej i empirycznej<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> Ibidem, s. 73.



Wymienione podejścia spowodowały poprawę jakości diagnoz w odniesieniu do systemów medycznych i technicznych, jednak mają ograniczenia, które powodują konieczność prowadzenia dalszych badań, przede wszystkim:

- brak ogólnej teorii diagnozy wielomodelowej – satysfakcjonująca formalizacja pojęcia zadania diagnostycznego to nadal problem otwarty;
- brak ogólnego metodologicznego podejścia do modelowania systemu w postaci multimodelu – proponowane podejścia poprawiają diagnozę poprzez włączenie wiedzy funkcjonalnej/celowościowej do modelu behawioralnego/strukturalnego lub poprzez ustalenie możliwych powiązań między różnymi modelami systemu, co prowadzi do specyficznych i nieprzenośnych multimodeli;
- brak solidnych podstaw teoretycznych do współdziałania modeli i mechanizmów wnioskowania w procesie diagnozowania – omawiane podejścia nie dostarczają ram, w których wszystkie modele są integrowane w sposób jasny i strukturalny, co ogranicza ich zdolność do rozwiązywania problemów (np. trudności w przeformułowaniu wyników uzyskanych w obrębie jednego modelu na terminologię innych modeli)<sup>31</sup>.

Dlatego, aby uporać się z powyższymi kwestiami, konieczne jest opracowanie metodologii diagnozowania skonstruowanej na bazie solidnych podstaw teoretycznych, która pozwoli na zorganizowanie i wykorzystanie w procesie diagnozowania wielu zróżnicowanych modeli w taki sposób, aby mogły one ze sobą współpracować.

## 2.5. Podejścia oparte na analizie bazy przypadków

Głównym motywem do poszukiwania metod umożliwiających odkrywanie wiedzy z danych zawartych w bazach danych są trudności z pozyskaniem niezbędnej wiedzy o dziedzinie, w tym wiedzy eksperckiej (heurystycznej) o związkach między symptomami a diagnozami. Pewną klasą zbiorów danych, jakie można wykorzystać w celu diagnozowania systemów ekonomicznych, są zbiory (biblioteki) przypadków (*case*), opracowanych dotąd diagnoz dla danego systemu. Stanowią one możliwe do wykorzystania wzorce rozwiązania – opisują bowiem sytuacje, które miały miejsce w przeszłości i które zaowocowały określonymi działaniami. Na takiej podstawie można wykorzystać następujące metody wnioskowania:

---

<sup>31</sup> Ibidem.

- Analizy przypadków (*case-based reasoning*) – wiedza dostępna diagnoście nie jest modelowana bezpośrednio w postaci reguł heurystycznych, natomiast jest zawarta *implicite* w bibliotece przypadków. System próbuje wtedy rozpoznać/zidentyfikować co najmniej jeden przypadek podobny, a najlepiej najbardziej odpowiadający rozpatrywanemu problemowi diagnostycznemu, uwzględniając odpowiednie kryteria relacji podobieństwa. Przypadek znaleziony zazwyczaj nie jest w pełni zgodny z analizowanym, toteż systemy często pozwalają na adaptację rozwiązania do nowych potrzeb. Użyteczność systemów opartych na takiej metodzie wnioskowania zależy przede wszystkim od zawartości i dokładności opisu zbioru przypadków (zarówno sytuacji, jak i podjętych decyzji) oraz od procedur dopasowujących analizowany przypadek do przypadków opisanych w bazie.
- Indukcyjne (*inductive reasoning*) – gdy nie jest dostępna wiarygodna wiedza o dziedzinie ani wiarygodna wiedza o postępowaniu ekspertów, do pozyskiwania wiedzy diagnostycznej i rozwiązywania problemów użyteczne okazują się metody, które pozwalają wydobywać wiedzę diagnostyczną dotyczącą sposobów rozwiązywania problemów na podstawie analizy bazy przypadków. Systemy diagnostyczne oparte na indukcji korzystają z wiedzy o symptomach i diagnozach zawartej niejawnie w bazie historii przypadków i przy użyciu określonych algorytmów wnioskowania generują reguły klasyfikacyjne, które są użyteczne przy wnioskowaniu diagnostycznym. Użyteczność takich systemów zależy od dokładności opisu zbioru przypadków (sytuacji i podjętych decyzji), reprezentatywności zbioru przypadków oraz od procedur wnioskowania indukcyjnego na podstawie posiadanych przypadków. Na szczególną uwagę zasługują metody indukcyjnego uczenia się, zwłaszcza systemy oparte na sieciach neuronowych, których możliwości zależą od architektury sieci (powiązań neuronowych), funkcji wykonywanych przez poszczególne neurony oraz ustalonego zbioru parametrów/wag. Znalazły one wiele zastosowań, np. w analizie sytuacji giełdowej.

### 3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono możliwości zastosowania sztucznej inteligencji w systemach diagnostycznych o charakterze ekonomicznym. Szczególną uwagę zwrócono na klasyfikację takich systemów i wsparcie diagnostyki ekonomicznej za pomocą inteligentnych systemów informatycznych. Jak wynika z rozważań,

przedstawione podejścia należy uznać za użyteczne i efektywne, chociaż nadal nie są one pozbawione ograniczeń. Najbardziej perspektywicznym podejściem w zastosowaniach ekonomicznych, umożliwiającym łatwiejsze pokonanie dostrzeżonych ograniczeń, wydaje się podejście wielomodelowe, ponieważ w ekonomii często mamy do czynienia z wieloma różnymi modelami tej samej rzeczywistości. Dlatego diagnozowanie powinno się opierać na wybranym modelu, najlepiej tłumaczącym obserwacje.

## Bibliografia

- Allesandr A., Delia M., Graffione G., Parissini T., *Nonlinear Fault Detection by a Bank of Neural Estimators*, 4<sup>th</sup> IFAC Symposium on Fault Detection Supervision and Safety, Budapest, 14–16 June 2000, vol. 1, s. 440–445.
- Bieniok H., *Metody diagnozowania i projektowania organizacji*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 1996.
- Gołuchowski J., *Inteligentne systemy diagnoz ekonomicznych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adameckiego, Katowice 1997.
- Jaworski W., *Metoda diagnostyki przemysłowej*, WNT, Warszawa 1969.
- Kleer J. de, Williams B.C., *Diagnosis with behavioral modes [w:] Model-based Diagnosis*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo 1992, s. 100–117.
- Kopaliński W., *Słownik wyrazów obcych*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1989.
- Kraemer W., *Effizientes Kostenmanagement, EDV-gestuetzte Datenanalyse und interpretation durch den Controlling-Leitstand*, Gabler, Wiesbaden 1993.
- Mikołajczyk Z., *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1994.
- Mozetic I., *Hierarchical model-based diagnosis [w:] Model-based Diagnosis*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo 1992, s. 354–372.
- Ramoni M., Stefanelli M., Magnani L., Barosi G., *An Epistemological Framework for Medical Knowledge-Based Systems*, „IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics” 1992, vol. 22, no. 6, s. 1361–1374.
- Rasmusen J., *Diagnostic reasoning in action*, „IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics” 1993, vol. 23, no. 4, s. 981–991.
- Wersty B., *Diagnostyka ekonomiczna przedsiębiorstwa [w:] Analiza Ekonomiczna przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 1996.
- Yager R.R., Filev D.P., *Podstawy modelowania i sterowania rozmytego*, WNT, Warszawa 1994.
- Ziemski S., *Problemy dobrej diagnozy*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1973.

## Źródła sieciowe

<http://wgrit.ae.jgora.pl/kzsil/pliki/DE%201%20folia.doc> [dostęp 1.06.2014].

\* \* \*

## Artificial intelligence in economic diagnostic systems

### Summary

The aim of the article is to present the possibility of using artificial intelligence in economic diagnostic systems. Special attention was paid to the classification of such systems and to the support of economic diagnosis using intelligent IT systems. The paper is a part of the project no. POIG.01.03.01-14-059/12.

**Keywords:** economic diagnosis, diagnostic systems, artificial intelligence