

Jacek ZABAWA*

Edward RADOSIŃSKI**

INTERFACE W HYBRYDOWYCH INTELIGENTNYCH SYSTEMACH WSPOMAGANIA DECYZJI

W pracy przedstawiono metody konstrukcji interface i współdziałania modułu komputerowego symulatora przedsiębiorstwa i systemu ekspertowego. Omówiono podstawowe układy i konfiguracje poszczególnych modułów hybrydowego systemu wspomagania decyzji. Zaprezentowano koncepcję interpretatora języka służącego koordynacji działania symulatora i technik inteligentnych. Przedstawiono schematy dynamicznego sterowania pracą poszczególnych modułów w dynamicznej analizie decyzyjnej. Artykuł jest wynikiem prac nad projektem i implementacją środowiska EKANWIN - dydaktycznego hybrydowego systemu wspomagania analizy ekonomicznej przedsiębiorstwa.

1. TECHNIKI WYMIANY INFORMACJI MIĘDZY UŻYTKOWNIKIEM A KOMPUTEREM

Interakcja między komputerem a jego użytkownikiem może realizować się na wiele sposobów. Jak podaje Höök [Url] zachowania komunikacyjne człowieka uwarunkowane są przez trzy czynniki: mechanizm komunikacyjny (języki, lingwistyka), tryb percepcyjny (wizualny - o najszerszym paśmie, interaktywny, bezpośredni, dotykowy, itp.) i kanał komunikacji. Współczesny komputer jest systemem multimedialnym, odwołującym się do różnych zmysłów, modalności, czyli różnych sposobów przyswajania informacji. Jak twierdzi Weiss [1996] komputer złożony jedynie z pamięci i procesora byłby głuchym, ślepy i nieczułym na żadne bodźce, a więc nikomu niepotrzebnym urządzeniem. Dlatego każdy komputer ma urządzenia peryferyjne, których zadaniem jest udostępnienie funkcji komunikowania się z użytkownikiem oraz z innymi komputerami za pomocą zróżnicowanych mediów i protokołów. Zadania poszczególnych *komputerowych* urządzeń zewnętrznych można porównać do poszczególnych *ludzkich* narządów zmysłów takich jak dotyk, słuch, wzrok. Najprostsze

* Politechnika Wroclawska, Instytut Organizacji i Zarządzania; zabawa@ioz.pwr.wroc.pl

** Politechnika Wroclawska, Instytut Organizacji i Zarządzania; radosinski@ioz.pwr.wroc.pl

w produkcji są urządzenia reagujące na dotyk, stąd najpopularniejszym urządzeniem zewnętrznym jest klawiatura. Oprócz niej wykorzystywane są myszki, trackballe i tablety. Zmysł słuchu w komputerze reprezentowany jest przez podłączony do niego mikrofon, a zmysł wzroku przez kamerę. Reakcje komputera realizowane są przez analogię ludzkiego wyrażania myśli poprzez pismo i mimikę, czyli monitor ekranowy; urządzenie wyjścia wyświetlające informacje przetworzone przez komputer. Monitor może pracować w trybie znakowym (alfanumerycznym) lub graficznym (także pozwalającym na wyświetlanie tekstów złożonych z liter i cyfr). W trybie graficznym, którego przykładem jest środowisko graficznego interfejsu użytkownika – MS Windows, teksty współegzystują z wykresami, obrazami, przełącznikami, suwakami i przyciskami ekranowymi.

Jak twierdzi Martin [1976] jeden rysunek wart jest tysiąca słów. Z drugiej strony wiemy, że część ludzi preferuje korzystanie z map, inni wolą otrzymać tekstowy opis drogi. Uzupełnieniem wyświetlanych na monitorze obrazów, realizującym funkcje ludzkich narządów mowy jest głośnik – urządzenie wyjściowe w postaci prostego brzęczyka lub podłączone do zaawansowanej karty dźwiękowej. Formy graficzne, obrazy, druk i pismo można wprowadzać do komputera za pomocą urządzeń wejściowych odwzorowujących funkcje ludzkiego narządu wzroku, takich jak skanery, pióra świetlne, czy ostatnio coraz bardziej powszechne kamery i rysiki. Urządzeniami wyjściowymi odwzorowującymi ludzkie ręce są natomiast drukarki i plotery. Z powyższych przykładów i analogii wynika, że człowiek – twórca komputera starał się w toku rozwoju technologicznego wyposażyć go w taki sposób, aby urządzenia zewnętrzne imitowały ludzkie narządy zmysłów umożliwiając człowiekowi komunikowanie z komputerem za pośrednictwem języka interpretowalnego przez komputer oraz zrozumiałego przez osobę, którą Martin [1976] określa jako przeszkolonego operatora. Jest to odpowiednik podejścia bottom-up opisanego w *Approaches* [URL], którego przykładem w obszarze sztucznej inteligencji są sztuczne sieci neuronowe, wspomniane w dalszej części pracy.

Konwersacja między człowiekiem a komputerem może mieć charakter procesu czasu rzeczywistego lub odbywać się w określonych odstępach czasu. Martin [1976] wskazuje, że w przypadku pytań powiązanych ze sobą, odpowiedzi powinny pojawiać się w ciągu najwyżej 2 sekund. Procesy komunikacji czasu rzeczywistego są najbardziej naturalną formą wymiany informacji, gdyż osoba potrzebująca informacji lub wprowadzająca dane komunikuje się bezpośrednio z maszyną w systemie konwersacyjnym. W przypadku inteligentnych agentów wykorzystujących antropomorficzną metaforę (tzw. software robot) użytkownik nie jest zaangażowany w dialog z systemem. Użytkownik deklaruje czynności, które agent ma wykonywać oraz jakich sytuacji (zdefiniowanych jako zagrożenie) unikać.

W trakcie przeprowadzania czasochłonnych obliczeń przez program użytkownik powinien być informowany o aktualnym ich etapie i stopniu zaawansowania gdyż przeciwdziała to zniechęceniu, odwróceniu uwagi użytkownika, a z drugiej strony

podejmowaniu przez niego działań (nie zawsze uzasadnionych) wynikających z braku informacji o postępie obliczeń. Jeżeli zapytanie lub wypowiedź użytkownika wskazuje, że jest on zakłopotany lub posiada nieprawidłowe przypuszczenia, to wg Kinga [1993] komputer potrzebuje dodatkowego wsparcia. Dopóki odpowiedzi systemu przedstawiane poprzez interface użytkownik uważa za poprawne nie podnosi alarmu, natomiast naturalną reakcją na sygnalizowanie błędu przez system lub brak zgodności z przekonaniem użytkownika jest próba zmiany komend lub ich składni. Wsparcie w takich sytuacjach może być realizowane przez ciąg zapytań kierowanych do użytkownika w celu wyjaśnienia wszystkich niuansów informacji.

Proces projektowania dialogu z komputerem składa się z wielu faz. W ich trakcie często występuje potrzeba powrotu do realizowanej już fazy w celu jej dokładniejszego przemyślenia i wykonania. Spośród faz wymienionych przez Martina [1976] najistotniejsze wydają się następujące: określenie celu dialogu, rodzaju użytkownika, struktury przepływu informacji, powiązanie wymagań dialogu i czasu reakcji z konfiguracją komputera, projektowanie szczegółowej struktury dialogu, sporządzenie procedur kontroli błędów i postępowania w przypadku awarii, określenie standardów dla programistów, sporządzenie procedur testowania programów oraz uodpornienie systemu na błędy popełniane podczas dialogu. Bardzo istotnym zagadnieniem jest dostosowanie wyglądu ekranu graficznego do ograniczonej możliwości percepcji człowieka (dopasowanie przepustowości kanału informacyjnego, porównywanie długości słupków, ograniczenie ich liczby do maksymalnie siedmiu, wielowymiarowość osądów przedstawiana w postaci gradacji jasności, wielkości punktów, kształtów itp.). Pamięć długo- i krótkotrwałą można wykorzystywać poprzez tzw. przekodowanie. Rozważania na temat istoty ludzkiej pamięci znaleźć można w pracy Modela [1989]. W finansowej analizie porównawczej (benchmarking) wielu wartości na płaszczyźnie dwuwymiarowej (np. strategii cenowych w kolejnych latach) zastosowanie znajdują wykresy trójwymiarowe lub dwuwymiarowe (np. poziomicowe) wykorzystujące kodowanie koloru. Niekiedy problematyczne może być pomieszczenie na ekranie monitora wielu wykresów, schematycznego rysunku drzewa eksperymentów oraz odpowiadającym poszczególnym węzłom zestawów zmiennych decyzyjnych. Należy wtedy wykorzystać dobrze przemyślane rozmieszczenie poszczególnych elementów, rozważyć nakładanie się okienek dialogowych lub informacyjnych, zwiększenie rozdzielności ekranu albo instalację wielomonitorową (stosowaną czasami w czasie sesji giełdowych). Wybór określonych operacji do wykonania z ograniczonego liczebnie zbioru, tzw. menu, można w stosunkowo prosty sposób zrealizować w postaci wypuszczanego (pop-up) menu ekranowego, natomiast wybór dalszych dróg postępowania łatwo implementuje się w postaci dialogu trójpoziomego typu Potwierdź/Anuluj/Pomoc.

Martin [1976] wyróżnił wiele sposobów dialogu z komputerem. Dla omawianego w pracy zastosowania środowiska dydaktyczno-eksperymentalnego zbudowanego na platformie hybrydowego systemu wspomaganie decyzji istotne będą:

- języki programowania,
- dialogi w języku naturalnym z ograniczonym słownictwem,
- dialog pytanie-odpowieź,
- dialogi przy użyciu symboli mnemotechnicznych,
- wypełnianie formularza,
- zobrazowanie przy użyciu wykresów.

2. HYBRYDOWY SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI: STRUKTURA I FUNKCJE – ZAGADNIENIA OGÓLNE

Analiza ekonomiczna jest wykładana podczas wszystkich etapów edukacji ekonomicznej przyszłych menedżerów i cieszy się znacznym dorobkiem publikacyjnym. Stosowana jest w praktyce zarządzania przedsiębiorstwem oraz stanowi podstawę podejmowania decyzji. Jednak ze względu na złożoność analizy ekonomicznej i nieustrukturalizowany charakter relacji między wynikami analiz a podejmowanymi decyzjami prowadzone są próby stworzenia odpowiedniego aparatu badawczo-eksperymentalnego. Powinien on być zdolny do zmierzenia się ze systemową złożonością przedmiotu i podmiotu zainteresowania analizy ekonomicznej. W tym celu zaproponowano połączenie dwu odmiennych podejść bazowanych na technologii informacyjnej – technik sztucznej inteligencji (realizujących postulat wspomaganie podejmowania decyzji) oraz symulacji (weryfikatora projektowanych decyzji) w celu uzupełnienia standardowych metod analizy ekonomicznej.

Konwencjonalny system wspomaganie decyzji zawiera następujące moduły funkcjonalne: model jednostki gospodarczej (lub ogólniej: problemowej sytuacji biznesowej), bazę danych, biblioteki metod obliczeniowych, analitycznych i graficznych oraz komunikacji (dialogu) z użytkownikiem. Zadaniem bazy modeli, jak pisze Wrycza [1993], jest udostępnianie różnych metod (programów i procedur) stosowanych w zależności od używanych danych w modelach strategicznych, taktycznych i operacyjnych.

Modularna struktura systemu wspomaganie decyzji umożliwia rozszerzenie jego własności analityczno-decyzyjnych poprzez zastosowanie informatycznych implementacji różnorodnych metod i technologii sztucznej inteligencji. Według Swaina [1997] włączenie symulacji do szerszego kontekstu wsparcia analizy możliwe jest dzięki integracji, która przejawia się coraz większą zdolnością do wymiany informacji między modułem skonstruowanym z wykorzystaniem pojęć modelowania symulacyjnego, sztuczną inteligencją oraz zasobami informacyjnymi przedsiębiorstwa.

Składnikami podsystemu sztucznej inteligencji (Artificial Intelligence) oprócz metod uczenia się, odkrywania wiedzy i wydobywania danych (Learning, Knowledge Discovery, and Data Mining - LKDDM) czyli systemów ekspertowych, tabu search,

case-based reasoning mogą być także moduły zawierające metody należące do grupy narzędzi zwanych *soft computing* lub *computational intelligence* tzn. algorytmów genetycznych, sztucznych sieci neuronowych, symulacyjnego wyżarzania, logiki rozmytej, algorytmów ewolucyjnych. Integrację podsystemów modelu symulacyjnego i sztucznej inteligencji umożliwia zastosowanie interface pośredniczącego w komunikacji między modułami. Dialog jest, według Wryczy [1993], interface'm realizującym bezpośredni dostęp użytkownika zarówno do bazy modeli, jak i do bazy danych, w zależności od aktualnych jego potrzeb, natomiast interface udostępnia funkcje manipulacji na danych i modelach.

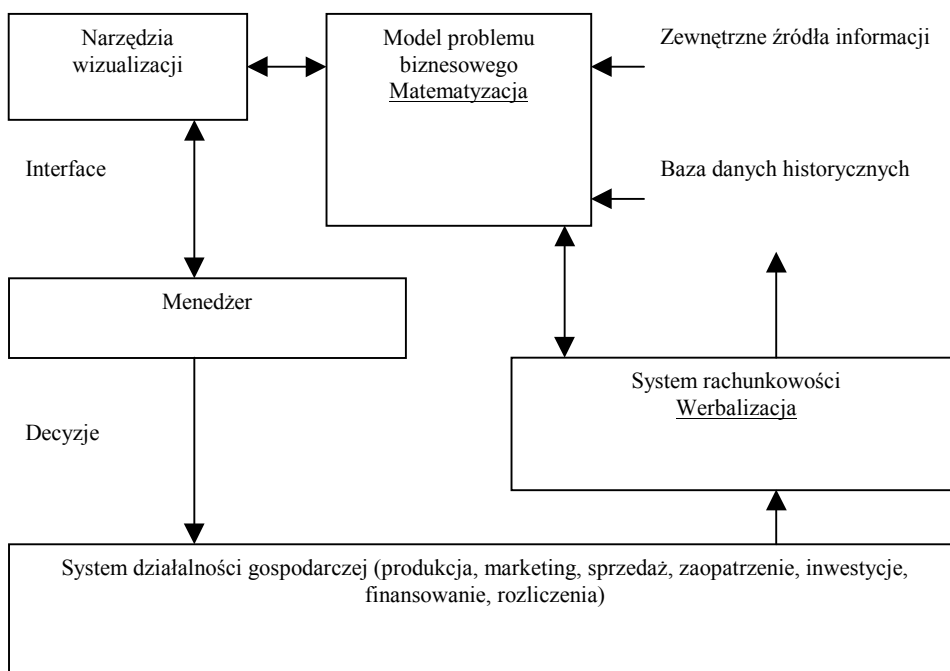
Ho [Url] podkreśla fakt, że ludzie artykułują i przesyłają informację w inny sposób niż komputery, dlatego że posługują się językiem mającym więcej aspektów jakościowych (opisowych i wyjaśniających) i mniej lapidarnym niż język matematyki. Język naturalny jest znacznie bardziej elastyczny niż inne środki rozumowania, uczenia się i komunikowania. Jak twierdzi King [1993] system komunikowania się za pomocą menu nadaje się do realizacji wyboru natomiast nie sprawdza się jako środek wyrażania związków. Przeciwna sytuacja ma miejsce dla równań matematycznych. Komendy języka programowania nie nadają się do zadawania pytań, w przeciwieństwie do języków zapytań (np. do baz danych). Zatem w celu właściwej interpretacji przez maszynę problemu zdefiniowanego przez człowieka niezbędne jest przetłumaczenie go z języka naturalnego, ludzkiego na język komputerowy.

Użyteczność i elastyczność systemu wspomaganie decyzji może podnieść wbudowanie modelu przedsiębiorstwa, pozwalającego na przeprowadzanie eksperymentów polegających na obserwacji zachowania (wyników przedsiębiorstwa) w odpowiedzi na zadane przez eksperymentatora zestawy wartości zmiennych decyzyjnych. Model symulacyjny dostarcza danych o wynikach funkcjonowania przedsiębiorstwa. Zmienne decyzyjne odwzorowują decyzje w horyzoncie operacyjnym, taktycznym i strategicznym dotyczące produkcji, inwestycji, finansowania, zaopatrzenia, sprzedaży, marketingu itd.

Kleiber [1999] zauważa, że teoria, modelowanie wraz z symulacją komputerową oraz eksperyment tworzą trzy filary współczesnej nauki. Jak argumentuje Martin [1976] „symulacja nadaje nowe wymiary eksperymentom... ponieważ umożliwia obserwację wielu bardzo małych, bardzo powolnych lub bardzo szybkich zmian, które normalnie nie nadają się do obserwacji. Skala czasu może zostać tysiące razy wydłużona lub skrócona”.

3. KONKRETYZACJA KOMPUTEROWEGO MODELU SYMULACYJNEGO

Proces konkretyzacji, czyli tworzenia komputerowego modelu symulacyjnego przedsiębiorstwa składa się wg Radosińskiego [2001] z następujących faz: matematyzacji, werbalizacji, informatyzacji i grafizacji (rys. 1).



Rys. 1. Proces konkretyzacji symulacyjnego modelu przedsiębiorstwa

Werbalizacja w kontekście projektowania interface oznacza wybór istotnych pozycji występujących w sprawozdawczości – bilansu, rachunku wyników i sprawozdania z cash flow, danych z zakresu gospodarki magazynowej (materiały, produkcja w toku, wyroby gotowe) i finansowania inwestycji w majątku trwałym. Wyboru dokonuje się na podstawie cech badanego systemu ekonomicznego. Przedsiębiorstwo przemysłowe scharakteryzowane jest m.in. przez określenie branży, charakteru procesu przetwarzania: działalności finansowej, produkcji, zarządzania.

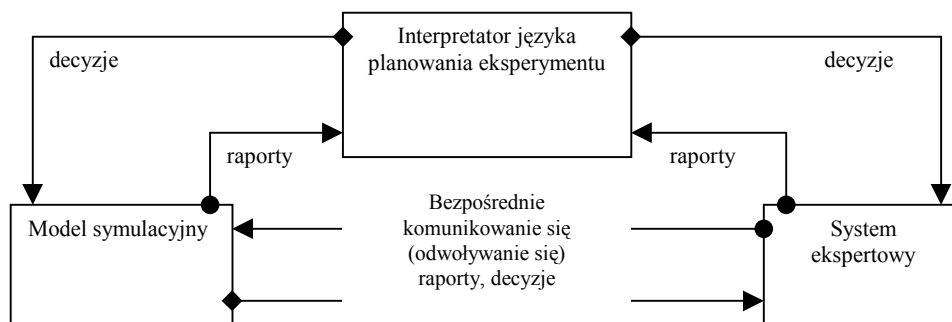
Pojęcie grafizacji obejmuje proces wybierania, określenia i uzasadnienia przydatności odpowiedniego podzbioru wyrażen konstruowanych za pomocą operatorów arytmetycznych takich jak iloraz, iloczyn, suma, różnica. Poszczególne ich agregaty znajdują zastosowanie na danym etapie i w danym przedmiocie postępowania analitycznego. Grafizacja obejmuje także strukturalizację (uporządkowanie) poszczególnych agregatów (wskaźników, należących do ilościowych modeli funkcjonalno-pre-

dykcyjnych) wg pewnego rodzaju podobieństwa (pokrewieństwa) – np. występowania we wzorach wskaźników w mianowniku poszczególnych kategorii majątku czy kapitału, czy w przypadku wskaźników struktury – np. zysku brutto. Wynikiem takiego uporządkowania jest wielopoziomowa struktura. Co więcej, określony wskaźnik (symptom) może znajdować się na różnym poziomie (np. stopniu szczegółowości czy uporządkowania wg następstwa etapu analitycznego) poszczególnych hierarchii, tworzonych w zależności od celu lub przedmiotu postępowania analitycznego – np. groźby bankructwa, klasy wiarygodności kredytowej. Należy zatem rozważyć, jak zaklasyfikować dynamikę poszczególnych wskaźników. Horyzont czasowy i częstość podejmowania decyzji (operacyjnych, taktycznych czy strategicznych) także jest istotnym czynnikiem grupowania wskaźników. Oczywiście struktura wskaźników budowana podczas procesu grafizacji odwzorowuje w znacznym zakresie problem analityczny bądź decyzyjny. Z powyższych rozważań wynika, że konstruowana struktura wskaźników przybiera w ogólnym przypadku charakter sieci powiązań o wielu węzłach.

Czy analityk powinien mieć udostępniony statyczny, ustrukturalizowany, niezmienny (unika się wtedy pominięcia, choćby przypadkowego, istotnych – wg projektanta systemu – powiązań między danymi ekonomicznymi) zestaw wskaźników? Przykładem takiego rozwiązania jest tradycyjny dialog (drzewo pytań) w systemach ekspertowych typu shell. Odmienne podejście polega na samodzielnym, prowadzonym przez analityka, budowaniu całego zestawu od postaw. Rozwiązanie takie zgodne jest ze zdaniem Cempela [2001] że precyzyjne modele matematyczne przyczynowo-skutkowe można zbudować jedynie dla układów względnie prostych, a bardziej złożone systemy wymagają bazy danych umożliwiającej wnioskowanie statystyczne oraz przetwarzanie informacji i poszukiwanie wiedzy za pomocą nowych technologii informatycznych. Wydaje się, że należy przygotować zestaw wskaźników niezbędnych do przeprowadzenia analizy wskaźnikowej przedsiębiorstwa – tzw. zestaw podręcznikowy. Moduł systemu ekspertowego może wykorzystywać wskaźniki zawarte w tym zbiorze tworząc rdzeń, czyli zestaw najważniejszych twierdzeń (reguł) uznanych za przydatne w ocenie wyników (performance) przedsiębiorstwa. Takie rozwiązania zastosowano w znanych narzędziach analitycznych (także wykorzystujących symulację typu Monte Carlo) – Analizator Menedżera [Interlan] i SIAF [Aitech]. Zbiór ten będzie mógł być ewolucyjnie rozwijany, w toku eksperymentów poznawczych prowadzonych przez projektanta-analityka.

Etap matematyzacji i informatyzacji dotyczy definiowania funkcji (wskaźników i innych agregatów – np. dynamiki, sumy, różnicy, przekształceń logicznych), kontroli matematycznej poprawności i wykonalności przeprowadzanych obliczeń. Niezbędne jest zaimplementowanie operacji służących wyszukiwaniu i identyfikacji poszczególnych argumentów funkcji. Implementowana na etapie matematyzacji i informatyzacji struktura uwzględniać musi konieczność przechowywania (w odpowiednim formacie) wyników obliczeń dokonywanych po każdym z eksperymentów. Na ich podstawie

wnioskować można o zależnościach postaci: zbiór danych wejściowych (decyzji) + zmienne stanu (warunki początkowe) + oddziaływania zewnętrzne (ujęte w postaci np. zakłóceń) => zbiór sprawozdań + wskaźniki ekonomiczne. Ze względu na zróżnicowanie złożoności argumentów funkcji i struktur niezbędne jest odpowiednie zakodowanie – przypisanie konkretnych funkcji (wskaźników) do pewnych klas – np. ilorazy, wielomiany w liczniku bądź mianowniku tworzące ilorazy, elementarne sumy i różnice, pojedyncze wartości (bez dodatkowych przekształceń), dynamika (horyzont dynamiki – np. roczny, kwartalny itd. oraz sposób ich wyliczenia: np. $(x_2-x_1)/x_1$, x_2/x_1 itd.).



Rys. 2. Struktura równorzędna modelu symulacyjnego i systemu ekspertowego.

Swain [2001] stwierdza: „... modele symulacyjne mogą być sterowane przez rozwiązania uzyskane dzięki oprogramowaniu optymalizującemu, a następnie uruchamiane w celu wglądu w proponowane rozwiązanie lub wsparcia ewaluacji alternatywnych rozwiązań”. Wyróżnić można następujące typy struktur hybrydowego systemu wspomagania decyzji integrującego podsystemy modelu symulacyjnego i technik sztucznej inteligencji:

- nadrzędny moduł techniki inteligentnej i podrzędny komputerowy model symulacyjny jednostki gospodarczej,
- podrzędny moduł techniki inteligentnej - nadrzędny komputerowy model symulacyjny jednostki gospodarczej,
- równorzędne sterowanie przez moduł techniki inteligentnej i moduł komputerowego modelu symulacyjnego (rys. 2).

Użytkownik-operator może oczekiwać od inteligentnego hybrydowego systemu wspomagania decyzji wsparcia następujących podstawowych zadań:

- diagnozy ekonomicznej,
- poszukiwania zadowalających rozwiązań,
- konstruowania eksperckiej bazy wiedzy.

Można wyróżnić następujące szczegółowe czynności prowadzące do realizacji powyższych zadań:

- Ocena sytuacji ekonomicznej przedsiębiorstwa (stan, trendy i prognozy).
- Identyfikacja mocnych i słabych stron jednostki gospodarczej.
- Przygotowanie i ocena alternatywnych wariantów (propozycji) decyzji.
- Poszukiwanie zadowalających rozwiązań.
- Konfigurowanie i sterowanie eksperymentem symulacyjnym i technikami sztucznej inteligencji (posługiwanie się interface'm użytkownika, zarządzanie bazami danych i bazą wiedzy, opracowanie tablic decyzyjnych, ustalanie wartości parametrów algorytmów i eksperymentów).
- Automatyczne uruchamianie procedur sztucznej inteligencji (system wczesnego ostrzegania o zagrożeniach lub informowania o sposobnościach) lub na żądanie operatora.
- Uruchamianie technik sztucznej inteligencji przez podsystem modelu ekonomicznego (w trakcie symulacji).
- Wywoływanie procedur podsystemu modelu ekonomicznego przez techniki sztucznej inteligencji (moduł sztucznej inteligencji automatycznie konstruuje plan eksperymentu, korzysta z technik obliczeniowych, analitycznych i prezentacji graficznej).

4. CHARAKTERYSTYKA EKANWIN - DYDAKTYCZNEGO SYMULATORA PRZEDSIĘBIORSTWA

Środowisko Ekanwin umożliwia wykonywanie eksperymentów symulacyjnych znajdujących zastosowanie w dydaktyce zarządzania przedsiębiorstwem. Zastosowano model przedsiębiorstwa charakteryzującego się następującymi najważniejszymi cechami:

a) System wytwarzania:

- Przedsiębiorstwo składa się z trzech wydziałów produkcyjnych: Alfa, Beta, Gamma. Produkują one wyroby odpowiednio Alfa, Beta, Gamma.
- Wyroby wytwarzane są z trzech rodzajów surowców: White, Black, Red. Macierz surowcochłonności określa niezbędne do wytworzenia danego wyrobu ilości danego rodzaju surowca, analogicznie wektor pracochłonności określa czas pracy (liczba roboczogodzin) niezbędny do wytworzenia danego rodzaju wyrobu.
- Reprodukacja środków trwałych (ulegających dekapitalizacji) realizowana jest przez uruchomienie inwestycji.

b) System finansowy:

- Spółka akcyjna z udziałem skarbu państwa, finansowanie działalności kapitałami własnymi i obcymi.

- Bankowy rachunek rozliczeniowy (przychody, wydatki, spłaty kredytów, zapłaty, podatki, dywidenda, finansowanie inwestycji).
 - Możliwość emisji akcji zwykłych, zaciągania kredytu długoterminowego (hipotecznego) i krótkoterminowego.
 - Inwestycje finansowane ze środków własnych lub kredytu bankowego (inwestycyjnego).
 - Finansowanie środków trwałych w eksploatacji (remonty, konserwacja).
 - Koszty w układzie kalkulacyjnym i rodzajowym, normatywy techniczne i kluczy doliczeniowe.
 - Natychmiastowy tryb sprzedaży, popyt zależny liniowo od ceny wyrobu.
 - Zysk dzielony na wypłatę dywidendy i powiększenie kapitałów przedsiębiorstwa.
- c) Wybrane parametry przedsiębiorstwa to: cena surowca, pracochłonność, narzut kosztów usług, stopa oprocentowania kredytów, płace i narzuty, stawka amortyzacyjna, okres spłaty należności i zobowiązań, dywidenda skarbu państwa, stawka podatku dochodowego.

Operator systemu Ekanwin podejmuje decyzje kierownicze wypełniając formularz reprezentujący trzyletni okres funkcjonowania przedsiębiorstwa. Formularz składa się z trzech części dotyczących: wytwarzania i sprzedaży, finansowania i podziału zysku oraz inwestycji. Trzyletni okres decyzyjny i odpowiadające mu wyniki działalności przedsiębiorstwa (sprawozdania finansowe) tworzą węzeł drzewa decyzyjnego. W drzewie decyzyjnym występuje relacja dziedziczenia. Dotyczy ona warunków początkowych i końcowych danego węzła. Warunki końcowe węzła-rodzica są warunkami początkowymi węzła-potomka. Dwa warianty (węzły) decyzji dotyczące tego samego trzyletniego okresu mogą (ale nie muszą) mieć tego samego rodzica. Zawsze jednak mają co najmniej jednego wspólnego przodka - tzw. sekwencję inicjującą D/R 0 odpowiadającą okresowi początkowemu. W celu zapewnienia porównywalności eksperymentów dla sekwencji inicjującej zablokowano możliwość edycji, pozostawiono natomiast podgląd wartości zmiennych decyzyjnych. Dla każdego z węzłów można wyświetlić na żądanie sprawozdania finansowe dotyczące trzyletniego okresu: bilans, rachunek wyników, przepływy pieniężne, koszty itd. Na poziomie fizycznym drzewo ma postać pliku binarnego zawierającego hierarchiczno-relacyjną bazę danych. Re-kordem bazy danych jest węzeł drzewa decyzyjnego (dane wejściowe + wyniki).

Na poziomie węzłów dostępne są następujące operacje: przeglądanie decyzji, kasowanie, dodawanie, przeprowadzenie eksperymentu symulacyjnego. W graficznej (wyświetlanej na ekranie) formie drzewa decyzyjnego węzeł reprezentowany jest przez ciąg znaków w postaci D numer_węzła (decyzja wprowadzona, bez wykonania eksperymentu, sprawozdania niedostępne) i D/R numer_węzła (decyzja wprowadzona, wykonany eksperyment, dostępne sprawozdania finansowe). Każdy węzeł może stanowić źródło-matrycę konkretnych danych (do skopiowania) podczas przygotowywania eksperymentu typu *ceteris paribus*, natomiast węzeł typu D/R dodatkowo może stać się węzłem-rodzicem dla nowych węzłów-potomków.

Model [1979] omawiając ograniczenia dotyczące możliwości przyswajania informacji przez człowieka uwarunkowane pamięcią krótkoterminową zwraca uwagę na maksymalną liczbę porcji (jednostek) informacji równą $7+2$. W kontekście dydaktycznego symulatora przedsiębiorstwa Ekanwin czas reakcji związany jest z szybkością wykonania poszczególnych elementów planu eksperymentu. Proponuje się, aby ograniczyć liczbę faz (etapów) eksperymentów symulacyjnych do rozsądnej liczby np. 9. W systemie Ekanwin każda z faz eksperymentu obejmuje badanie wpływu jednej zmiennej (np. ceny wyrobu ALFA) na funkcję celu, natomiast liczba 9 wynika z maksymalnej liczby składników poszczególnych podmacierzy np. cen, zamówień surowców, zamówień produkcyjnych itd.

Proces automatycznego poszukiwania zadowalających rozwiązań polega na takim dobraniu danych wejściowych, czyli zestawu zmiennych decyzyjnych, aby:

a) na podstawie obserwacji zbieżności rozwiązań (funkcji celu) odpowiednio dopasować (stroić) wartości danych wejściowych lub

b) osiągnąć wymagany poziom lub zakres wartości funkcji celu.

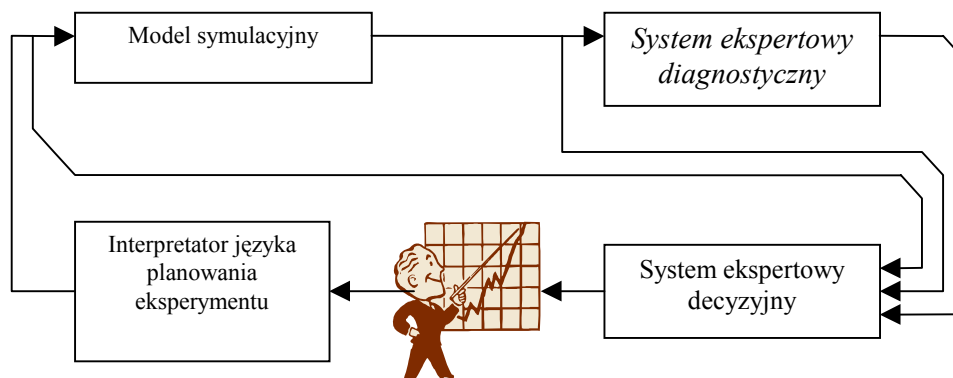
Postępowanie b) prowadzone może być np. podczas określenia klasy ryzyka kredytowego, wskaźnika rentowności, zadłużenia itp. Należy podkreślić, że funkcja celu ma tu najczęściej charakter agregatu, wyniku operacji logicznych, relacji. Taka sytuacja ma miejsce, gdy chcemy np. zwiększyć rentowność sprzedaży o określoną wartość przy jednoczesnym utrzymaniu zadłużenia w określonym przedziale (wartościowym lub wskaźnikowym).

W doniesieniach literaturowych np. Zopounidis [1999] spotkać można wiele przykładów zastosowań analizy wielokryterialnej (MCDA) w problemach finansowych: zagrożenia bankrutstwem, ubezpieczeniach, ocenie dochodowości firm i banków, planowania finansowego i przedsięwzięciach kapitałowych.

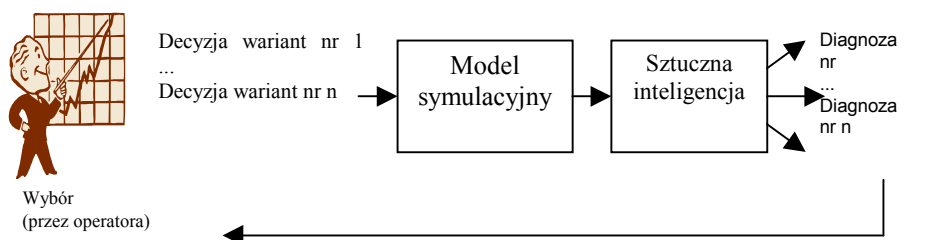
5. PRZESŁANKI POTRZEBY ZAPROJEKTOWANIA ROZBUDOWANEGO, WIELOWEJŚCIOWEGO INTERFACE UŻYTKOWNIKA W HYBRYDOWYM SWD

Złożone środowisko EKANWIN, charakteryzujące się współdziałaniem wielu modułów: modelu symulacyjnego, komponentu graficznego, metod analitycznych, technik inteligentnych, planowania i sterowania eksperymentami symulacyjnymi wymaga opracowania specyficznego, złożonego interface. Powyższa cecha interface przejawia się w przygotowaniu wielu okien dialogowych zawierających treści zależne od kontekstu, rozbudowanym menu głównym, wyposażeniem poszczególnych okien dialogowych we własne wirtualne przyciski ekranowe i własne menu. Trudno sobie oczywiście wyobrazić metodę przewidywania dalszego ciągu działań użytkownika. Można najwyżej ograniczyć możliwości popełniania przez użytkownika błędów

towarzyszących wprowadzaniu danych (np. wprowadzanie liter tam, gdzie oczekiwane są cyfry).



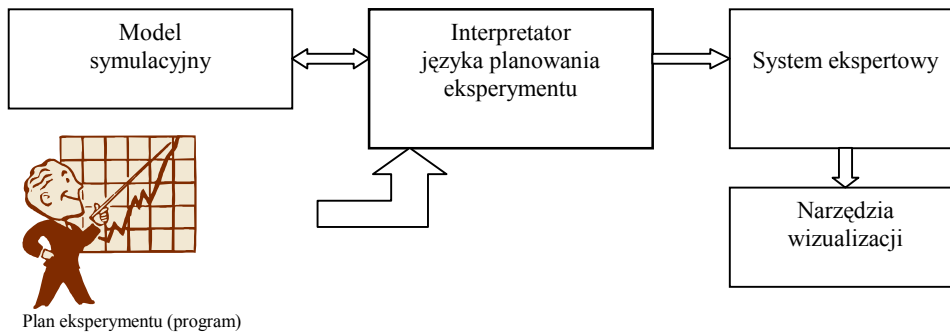
Rys. 3. Zamknięta pętla MS-SE-Operator-Interpreter



Rys. 4. Hybryda modelu symulacyjnego i sztucznej inteligencji. Sprzężenie zwrotne przez operatora.

Użytkownik powinien mieć możliwość wyboru trybu korzystania z SWD w zależności od etapu postępowania badawczego. Poszczególne tryby pracy można scharakteryzować następująco: wprowadzanie danych w formularzu decyzyjnym, wyświetlanie zestawień i wykresów, definiowanie wskaźników ekonomicznych, planowanie i przeprowadzanie serii eksperymentów symulacyjnych (rys. 3 i 4). Praca z hybrydowym SWD może mieć postać współdziałania z systemem czasu rzeczywistego podczas wyświetlania zestawień i wykresów, definiowania wskaźników lub trybu wsadowego charakteryzującego się niewielką częstością interakcji komputera z użytkownikiem (rys. 5). Tryb taki wykorzystywany jest podczas przeszukiwania większej liczby wyników eksperymentu. Jak twierdzą Swain [1997] oraz Bell i inni [1987] połączenie i współgranie symulacji i wizualizacji charakteryzuje się obiecującymi możliwościami: jest to potężna kombinacja. Oddziaływanie wyników symulacji wzmacniane jest przez wizualizację. Z tego powodu niemal wszystkie programy sy-

mulacyjne posiadają możliwości animacyjne służące zwiększaniu stopnia zaufania względem modelu i jego wyników nie tylko u użytkowników nieposiadających przygotowania technicznego.

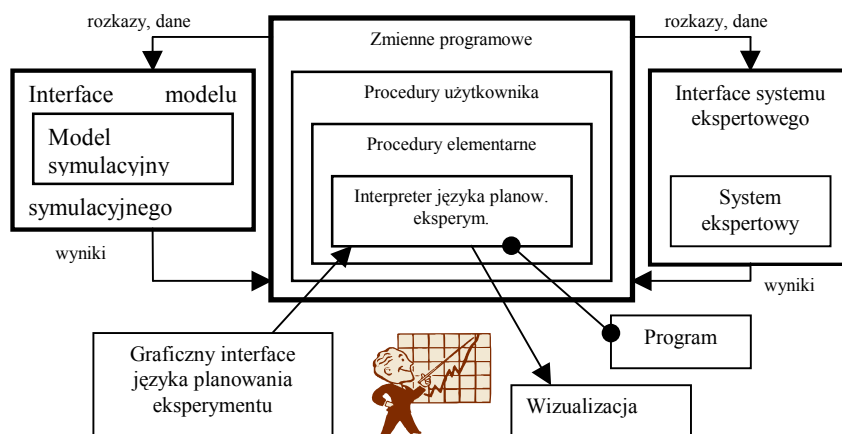


Rys. 5. Hybryda modelu symulacyjnego i systemu ekspertowego. Tryb wsadowy z interpretacją planu eksperymentu

6. PROPOZYCJA KONSTRUKCJI KANAŁU KOMUNIKACYJNEGO W POSTACI INTERPRETATORA JĘZYKA STEROWANIA EKSPERYMENTEM SYMULACYJNYM

Zadaniem interface jest umożliwienie współpracy polegającej na automatycznym, zaprogramowanym (tzn. bez udziału użytkownika w wyborze każdego następnego polecenia) sterowaniu, przesyłaniu danych i wyników, koordynacji działań między podsystemami i modułami hybrydowego systemu wspomagania decyzji poszczególnych technik inteligentnych a modułem modelu symulacyjnego przedsiębiorstwa. Moduł zarządzający eksperymentem symulacyjnym (rys. 6) za pośrednictwem interface nadzoruje pracę modułów inteligentnych, obliczeniowych (np. analiza wskaźnikowa) i symulatorem pozwalając na realizację zautomatyzowanego sterowania eksperymentem. Moduł zarządzający i jego interface tworzą interpretator (interaktywny program tłumacząco-wykonawczy) pracujący jako procesor rozkazów specjalizowanego języka sterowania eksperymentem. Język ten oprócz standardowych instrukcji sterujących: wejścia-wyjścia, warunkowych i pętli, operacji na zmiennych (wykorzystywanych w sterowaniu działaniem programu) powinien umożliwiać wywoływanie procedur z bibliotek: obliczeniowej, analitycznej, modułu symulacyjnego oraz modułów technik inteligentnych. Możliwe jest także dołączenie do języka poleceń sterujących modułem prezentacyjnym. Elastyczność języka podnosi wbudowanie technik inżynierii oprogramowania jak programowanie proceduralne i obiektowe. Wydaje się, że przydatne może być korzystanie z sekwencji języka sterowania eksperymentem w

trybie wsadowym. Tryb ten może znaleźć zastosowanie podczas konstruowania i testowania szczególnie złożonych programów (planów eksperymentu).



Rys. 6. Projektowany schemat interakcji hybrydowego systemu wspomaganie decyzji: wersja model symulacyjny + system ekspertowy

W zbiorze instrukcji składających się na język sterowania eksperymentem nie powinno zabraknąć poleceń wspierających proces lokalizowania i usuwania błędów (tzw. debugowania) takich jak:

- tryb pracy krokowej,
- podgląd i zmiana wartości zmiennych programu.

Tryb pracy krokowej jest powszechnie stosowany w implementacjach środowisk programistycznych i jest dostępny nawet w znanych pakietach biurowych jak MS Excel czy MS Winword. Praca krokowa polega na wstrzymaniu wykonywania następnych instrukcji (po napotkaniu tzw. pułapki) w celu umożliwienia zapoznania się przez użytkownika z bieżącą wartością zmiennych programu. Następnie użytkownik podejmuje decyzję czy uznać dotychczasowe działanie programu za poprawne i wznowić jego działanie. Wznowienie może polegać na wykonaniu następnej instrukcji, bloku instrukcji do momentu dojścia do następnej pułapki. Operator może także wybrać wyjście z trybu pracy krokowej. W takiej sytuacji do momentu napotkania nowej pułapki program wykonywany jest bez zatrzymywania się (z pełną prędkością).

Podgląd i zmiana wartości zmiennych programu są operacjami wykonywanymi w trybie pracy krokowej lub realizowanymi w postaci dodatkowego okienka (widocznego przez cały czas działania programu) lub zakładki. Zakładka wyświetlana jest na żądanie i prezentuje ustalony zestaw zmiennych programu wraz z bieżącymi wartościami. Zmienne programu przechowują wartości liczbowe lub reprezentują teksty (ciągi znaków). Zmienne służą realizacji sterowania w programie. Za pomocą zmiennych programu odbywać może się ustalanie zmiennych wejściowych (parametrów)

oraz przechowywanie wyników eksperymentu symulacyjnego, procedur analitycznych oraz rozwiązań proponowanych przez moduł sztucznej inteligencji.

Modułowa konstrukcja środowiska EKANWIN umożliwia realizację niektórych własności architektury klient serwer, której zalety w porównaniu z podejściem zcentralizowanym podaje np. Kobsa [2001]. EKANWIN pełniąc rolę serwera dostarcza zestawu narzędzi symulacyjnych, analitycznych, optymalizacyjnych i wizualizacyjnych. Narzędzia powyższe aktywowane są za pomocą poleceń języka planowania eksperymentu. Strona klienta reprezentowana jest przez program tworzony w edytorze tekstowym. Udostępnia także narzędzia konfiguracyjne i koordynujące pracę poszczególnych modułów, z których zbudowany jest serwer.

Program w postaci uporządkowanego zestawu sekwencji poleceń (rozkazów) wydawanych przez moduł zarządzający i wykonywanych przez interpretator - odwzorowuje etapy postępowania analityczno-decyzyjnego kierownictwa przedsiębiorstwa:

1. Zbieranie, analiza i prezentacja informacji o sytuacji przedsiębiorstwa.
2. Opracowanie wariantów decyzji i prognoz.
3. Podjęcie i realizacja decyzji.

Poszczególne etapy realizowane są w postaci następujących działań (w nawiasach – operacje realizowane przez interpretator):

Etap 1:

- Zbieranie informacji o obiekcie (operacje na danych; odczyt wartości zmiennych wejściowych i wyników, operacje wejścia-wyjścia).
- Analiza wyników przedsiębiorstwa (operowanie na informacjach, przetwarzanie i interpretacja zmiennych wyjściowych, pochodzących z zestawień i sprawozdań finansowych: bilansu, rachunku wyników itd. dla badanego okresu).

Etap 2:

- Ustalenie celów i wymagań stawianych przez kierownictwo na następne okresy (przetwarzanie wiedzy, ustalenie kryterium oceny, priorytety).
- Wykonanie prognoz i przygotowanie wariantów decyzji (symulacja i prezentacje np. graficzne, raporty).

Etap 3:

- Decyzja polegająca na wybraniu rozwiązania zadowalającego decydenta (porównanie wartości wielokryterialnej funkcji celu, uwzględniającej np. niepewność warunków, w których gospodaruje przedsiębiorstwo).
- Wykonanie decyzji (przypisanie wartości pozycjom formularza zmiennych decyzyjnych, eksperyment symulacyjny, odczyt wyników).
- Obserwacja zachowania się obiektu i ocena skutków decyzji (ocena stopnia realizacji celów założonych przez kierownictwo).
- Reagowanie na nieprzewidziane zdarzenia itd. (śledzenie wyników, bieżąca diagnoza i podejmowanie decyzji w horyzoncie operacyjnym).

7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWANIA PROCEDUR

Program sterujący eksperymentem automatyzuje poszukiwanie zadowalających (lub nawet optymalnych) rozwiązań, wspierając przygotowanie alternatywnych zestawów rozwiązań pozostawiając ostateczny wybór scenariusza decyzyjnego menedżerowi. Mogą być to scenariusze, których zadaniem jest rozwiązywanie problemów decyzyjnych w horyzoncie operacyjnym, taktycznym i strategicznym. Zopounidis [1999] stwierdza, że „widoczny jest dychotomiczny podział ze względu na horyzont decyzji. Decyzje krótkoterminowe dotyczą głównie zarządzania kapitałem pracującym – optymalizuje się zapasy, środki pieniężne, należności i krótkoterminowe zobowiązania”. Procedury modułu zarządzającego można skonstruować w taki sposób, aby miały znamiona działań inteligentnych - dostosowania się do zmieniającej się sytuacji (układu wartości zmiennych) podczas dążenia do celu. Martin [1976] zauważa, że trudności w porozumieniu menedżerów z informatykami są „spowodowane całkowitą odmiennością sposobu ich myślenia”. Dlatego procedury powinno się opracowywać w taki sposób, aby dały się wykorzystać (po odpowiednim skonfigurowaniu) w prowadzeniu następujących zadań badawczych: diagnoza sytuacji ekonomicznej przedsiębiorstwa, poszukiwanie metod wyjścia z kryzysu, optymalizacja funkcji celu, sygnalizacja niebezpiecznych sytuacji, opracowanie i weryfikacja reguł analitycznych i reguł podejmowania decyzji. Decyzje obejmują trzy główne aspekty zarządzania finansami wyróżnione przez Zopounidisa i innych [2001]: działalność inwestycyjną, finansowanie i wykorzystanie dywidendy. Freyenfeld [1984] potwierdza, że system operacyjnych analiz ekonomicznych (financial control system) wykorzystuje się w planowaniu finansowym, planowaniu zintegrowanym i wieloletnim, budowie modeli, ocenie rynku, planowaniu i prognozowaniu sprzedaży, wspomaganie decyzji w zakresie inwestowania, zmiany cen oraz wolumenu produkcji.

7.1. FUNKCJA DIALOGU Z OPERATOREM PODCZAS STEROWANIA EKSPERYMENTEM

Menedżer korzystający z SWD w trybie dialogowym może dokonywać wyboru w kolejnych etapach eksperymentu spośród różnych wzorców sterowania eksperymentem. Dotyczą one wyznaczenia do badania pewnego wycinka macierzy zmiennych decyzyjnych, określenia dopuszczalnego zakresu zmienności zestawu parametrów (zmiennych decyzyjnych), a następnie wykorzystania SWD do przygotowania (optymalizacji) decyzji dla tego obszaru. Należy zatem zgodzić się ze Swainem [1997] że „symulacja ... jest nierozłącznie związana z podejmowaniem decyzji na poziomie każdej znaczącej operacji”. W kolejnym etapie decydent wyraża swoje zdanie eliminując lub rozbudowując właściwą ścieżkę scenariusza decyzyjnego. Realizacja dialogu odbywa się przez wyświetlanie zestawień np. wpływ wartości zmiennej decyzyjnej na wartość zmiennej obserwowanej - np. zysku czy bardziej złożonego agregatu, ujmującego np. zmienność w czasie, wykresy, wyświetlanie komunikatów

(np. o niedopuszczalności danego rozwiązania, stopniu niepewności realizacji scenariusza) oraz ich konfigurowania przez użytkownika. Moduł zarządzający zapewnia przyjmowanie poleceń do wykonania, przygotowanych przez użytkownika lub konstruowanych dynamicznie przez program sterowania eksperymentem. System wspomaganie decyzji zrealizowany jako hybryda zawierająca moduły techniki sztucznej inteligencji i symulatora przedsiębiorstwa prezentuje użytkownikowi wielowariantowe rozwiązania sformułowanych przez niego problemów, posługując się zestawem (biblioteką) narzędzi obliczeniowych, analitycznych i grafiki biznesowej.

7.2. ZASTOSOWANIE PROCEDUR MODUŁU ANALIZY EKONOMICZNEJ

Moduł analityczny korzysta z wyliczonych wartości wskaźników ekonomicznych oraz wielkości bezpośrednio dostępnych w sprawozdaniach finansowych (zysk, suma bilansowa, wpływy z działalności itp.)

Wskaźniki definiowane są jako agregaty zawierające:

- dane z tego samego sprawozdania ekonomicznego (wskaźniki strukturalne, ale także np. wskaźniki płynności),
- dane z kilku różnych sprawozdań (na nich oparte są wskaźniki obrotowości),
- dane z kolejnych okresów w tej samej ścieżce decyzyjnej (tzw. wskaźniki dynamiki),
- dane z odmiennych wariantów decyzyjnych (stosowane w analizie porównawczej),
- dane wejściowe określające podjęte decyzje i dane wyjściowe czyli wyniki (zestawienia porównawcze).

Oprócz powyższych, elementarnych przekształceń na dostępnych danych mogą być wykonywane operacje logiczne, arytmetyczne itp. Do konkretnych czynności analitycznych niezbędne są najczęściej tylko ograniczone zestawy wskaźników – zbyt wielka ich liczba może utrudnić analizę. Zopounidis i inni [2001] przypominają, że decyzje finansowe podejmuje się na podstawie wielu czynników ilościowych (strukturalnych i funkcjonalnych) i jakościowych, często wzajemnie powiązanych, co powoduje trudności w pozyskaniu właściwych informacji finansowych. Dla spełnienia powyższych wymagań proponuje się wykorzystanie modyfikowalnych zestawów wskaźników skonstruowanych w postaci wielowymiarowych arkuszy z zapisanymi formułami kalkulacyjnymi, posiadających odpowiednio ustaloną strukturę służącą definiowaniu wskaźników, ich agregatów i zalecanych zakresów wartości.

7.3. PROCEDURA OPTIMALIZACYJNA WYKONYWANA PRZEZ HYBRYDOWY SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI

Jak pisze Zopounidis [1999] „decyzje finansowe organizacji (przedsiębiorstw, banków, ubezpieczycieli) są zazwyczaj rozważane w kontekście optymalizacji”.

Podobnie Swain [1997] stwierdza, że dzięki programom optymalizacyjnym można otrzymać rozwiązania służące sterowaniu modelami symulacyjnymi. Modele symulacyjne po pomyślnym przejściu testu walidacji umożliwiają następnie wnikliwe rozpatrzenie proponowanych w wyniku optymalizacji rozwiązań i dokonanie najlepszego wyboru spośród alternatywnych rozwiązań. Proces projektowania i weryfikacji (tzn. upewnienia się, czy znalezione rozwiązania nie zawierają nieakceptowalnego poziomu błędów) rozwiązań może być przyspieszony dzięki zintegrowaniu symulacji i optymalizacji. Symulacja staje się w ten sposób ważną częścią procesu. Niezbędna jest także w analizie wrażliwości, polegającej na określaniu, czy małe zmiany zmiennych decyzyjnych wpływają na końcowe wagi i ranking alternatyw.

Aby możliwe stało się zastosowanie elementarnej procedury analitycznej, służącej np. optymalizacji wielkości sprzedaży względem cen wyrobów należy udostępnić polecenia wykonujące operacje wyznaczenia i zastosowania badanej wysokości ceny, analizy wyników i podjęcie decyzji, w szczególności:

- Ustalenie (wyliczenie) hipotetycznej wysokości ceny, której wpływ chcemy zbadać przy niezmiennych pozostałych warunkach wyjściowych.
- Dodanie do ścieżki decyzyjnej (drzewa) nowego węzła z ustaloną ceną.
- Wykonanie eksperymentu symulacyjnego.
- Odczytanie wartości obserwowanej zmiennej (w tym przypadku wielkości sprzedaży), fakultatywna prezentacja wyniku.
- Przekształcenie parametrów decyzji i wyników do postaci akceptowanej przez moduły technik inteligentnych, symulatora i modułu prezentacyjnego (zarządzającego).
- Podjęcie decyzji dotyczącej dalszego postępowania badawczego (decyzja automatyczna – podejmowana na podstawie bazy wiedzy lub technik optymalizacyjnych lub podejmowana przez użytkownika SWD) polegająca na zaakceptowaniu rozwiązania jako satysfakcjonującego bądź zaklasyfikowaniu jako krok we właściwym kierunku lub w kierunku niewłaściwym i wymagającego dalszych badań.
- Usunięcie z drzewa decyzyjnego węzła, który nie został zaakceptowany (operacja wykonywana często w przypadku wykorzystaniu algorytmów genetycznych w poszukiwaniu rozwiązania optymalnego).

Niekiedy niezbędne jest zapamiętanie punktów z przestrzeni rozwiązań już odwiedanych przez algorytm (np. tabu search); przypomnijmy za Ho (Url), że główną ideą tabu search jest wykonywanie poszukiwań równoległe ze zbieraniem informacji (często zawierającej zakłócenia) o powierzchni definiującej funkcję celu. Wykorzystując tę informację można opracować adaptacyjne reguły i wnioski o dobrych i złych (tzn. tabu) ruchach i na ich podstawie wyznaczyć dalszą drogę. Można powiedzieć, że tabu search jest kombinacją uczenia się i optymalizacji. Z powyższego względu tabu search może być techniką wykorzystywaną podczas rozwiązywania obliczeniowych problemów optymalizacji, w których posiadamy niewiele wiedzy o strukturze problemu.

Schemat procedury wykonującej powyższe operacje przedstawia się następująco:

1. Start (zdefiniowanie sytuacji początkowej, nadanie wartości zmiennym decyzyjnym).
2. Wyznaczenie nowej wartości w macierzy zmiennych decyzyjnych (realizowane przez moduł zarządzający i techniki sztucznej inteligencji).
3. Translacja do postaci akceptowanej przez moduł symulacyjny.
4. Wykonanie eksperymentu symulacyjnego.
5. Translacja do postaci akceptowanej przez moduł zarządzający (który następnie przygotowuje dane do modułu technik sztucznej inteligencji).
6. Jeśli rozwiązanie zostało zaakceptowane przez moduł zarządzający lub samodzielnie (ręcznie) przez menedżera to następuje koniec procedury; jeśli rozwiązanie nie spełnia oczekiwań to następuje powrót do kroku drugiego.

Schemat ten może być zastosowany także przy bardziej złożonych problemach polegających na ocenie jakościowej np. ocenie ryzyka kredytowego dla projektów inwestycyjnych, ustaleniu wielkości i rozłożeniu w czasie nakładów inwestycyjnych oraz ich finansowaniu, emisji akcji. Przykładem zastosowania systemu ekspertowego w ocenie ryzyka kredytowego jest wdrożony w Coopers & Lybrand, opisywany przez Lynforda i innych [1991] Risk Advisor składający się z pięciu modułów: interface klienta, transmisji danych w czasie rzeczywistym, narzędzi prowadzenia wywiadu dotyczącego informacji jakościowych, właściwego analizatora oraz modułu tworzenia raportów. Przykładem analiz inwestycyjnych jest wdrożony w Tyler Manufacturing system PACEE opisany przez Browna i Phillips [1994] wspomagający rozważanie wielu opcji inwestycyjnych mających finansowy wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstwa. Składa się on z trzech modułów: obliczania ratingu przedsiębiorstwa na podstawie kryteriów zawierających wagi poszczególnych rodzajów wyników firmy, opracowywania wariantów decyzyjnych oraz ich oceny za pomocą informacji o przychodach, stopach zwrotu i wartości bieżącej netto.

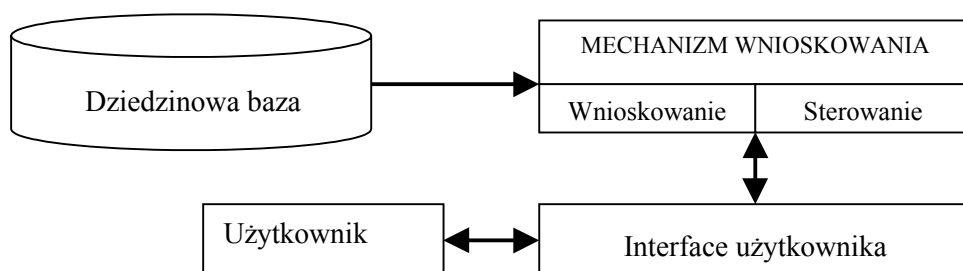
Jak twierdzą Zopounidis i inni [2001] informacje jakościowe w pewnych sytuacjach mogą mieć równe lub nawet większe znaczenie niż informacje ilościowe, szczególnie jeśli chodzi o operacje długoterminowe. Informacje jakościowe dotyczą oceny jakości zarządzania, technicznej struktury firmy, pozycji rynkowej, organizacji, zaawansowania technologicznego, trendu rynkowego itd. Ręczna (dokonywana każdorazowo przez menedżera) lub automatyczna (przez mechanizm wnioskujący) ocena efektów wprowadzenia wartości zmiennych wejściowych modyfikowanych sukcesywnie w pętli (ze stałą lub zmienną wartością kroku) oraz otrzymywanych zestawień wyników symulacji pozwala na utworzenie dowolnie licznego zbioru przypadków (np. w uwzględnieniu losowości podczas symulacji metodą Monte Carlo). Może on być podstawą do zastosowania wnioskowania typu case-based oraz budowy bazy wiedzy (nowych reguł). Jak stwierdza Clymer [1993], systemy case-based charakteryzują się pozyskiwaniem bardzo wąskiej wiedzy dziedzinowej o każdej sytuacji od eksperta i poszukiwaniem właściwej reguły. Podobne postępowanie wykonywane jest

podczas zbierania materiału badawczego w sterowaniu eksperymentem za pomocą algorytmu genetycznego oraz w specjalizowanych metodach sterowania eksperymentem (np. gdy szukamy przypadków (konfiguracji zmiennych) które w największym stopniu zwiększają nasz stan wiedzy, przy weryfikacji, falsyfikacji reguł analitycznych dla konkretnego przedsiębiorstwa – w tym wypadku – modelu symulacyjnego). W ten sposób wykonywane eksperymenty mogą służyć uwiarygodnieniu teorii lub sugerowaniu jej rozwoju i przewartościowania.

8. CHARAKTERYSTYKA INTERFACJÓW HYBRYDY SYMULATORA I SYSTEMU EKSPERTOWEGO

8.1. W JAKI SPOSÓB DZIAŁA SYSTEM EKSPERTOWY?

Jak piszą Shepherd [1997] oraz Edwards i inni [1989] system ekspertowy jest programem komputerowym od którego wymagamy uzyskania porady pozwalającej na podjęcie decyzji w taki sposób jak podjąłby ją ekspert lub charakteryzującą się podobnymi rezultatami. Przetworzone dane (liczbowe, symboliczne lub w postaci zdań języka naturalnego, ale zawierające terminy należące do rozważanej dziedziny) definiują strukturę problemu i nazywane są faktami lub atrybutami. Dane te pochodzą z eksperymentu symulacyjnego, parametrów otoczenia (informacje o branży, koniunkturze itd.). Na podstawie faktów i reguł wnioskowania (production rules) regułowy system ekspertowy tworzy nowe fakty. Reguły mogą mieć, jak podaje Duch [1997], cechy heurystyk, subiektywnych informacji, charakteryzujących proces oceny i rozwiązywania problemu przez określonego specjalistę, posiadającego intuicyjne domysły, przypuszczenia, zdroworozsądkowe zasady postępowania.



Rys. 7. Typowa struktura regułowego systemu ekspertowego. Źródło: [Expertise2Go Url]

Niederliński [2001] określa reguły jako wiedzę dziedzinową o charakterze ogólnym natomiast fakty jako wiedzę dziedzinową o charakterze szczegółowym. W przy-

kładowym zapisie faktu „bieżąca płynność mniejsza niż dobra” „bieżąca płynność” to nazwa faktu (atrybutu), „mniejsza niż” to operator relacji, natomiast „dobra” to wartość atrybutu. Reguła może być przedstawiona jako wyrażenie “if <x> then <y> else <z>”. W części <x> zapisywane są przesłanki, w części <y> konkluzje, natomiast część <z> jest opcjonalna. Po wyznaczeniu wartości logicznej przesłanek, możliwe jest wyznaczenie wartości części <y> i <z>. Przykładowa reguła [Expertise2Go, Url]:

If zdolność kredytowa jest dobra i wielkość transakcji sprzedaży jest mniejsza niż 10000 Then decyzja akceptacji propozycji transakcji sprzedaży Else decyzja odrzucenia propozycji transakcji sprzedaży.

Reguły wnioskowania owocują nowymi faktami wtedy, gdy przesłanki reguły są prawdziwe. Gdy reguła (oprócz części „if-then”) zawiera także część „else” to wtedy powstają nowe fakty, także gdy wyrażenie w części przesłankowej nie jest prawdziwe. Przesłanki są wyrażeniami logicznymi zawierającymi informacje o faktach (atrybutach). Uruchomiona reguła przypisuje wartości poszczególnym atrybutom występującym w przesłance. Wang [1997] zauważa, że przewaga wiedzy deklarytywnej (reprezentacji wiedzy w regułowych systemach ekspertowych) polega na tym, że wiedza ta może być zmieniana dość łatwo – zwykle wystarczy zmodyfikować kilka wyrażen. Natomiast nawet małe doskonalenie wiedzy proceduralnej wymagać może znaczących zmian w oprogramowaniu komputerowym. Głównymi komponentami systemu ekspertowego (rys. 7) opisanymi np. przez Liebowitza [1995] są interface użytkownika, mechanizm wnioskowania oraz baza wiedzy. Mechanizm wnioskowania integruje metody wnioskowania oraz strategie sterowania wyborem metod wnioskowania np. forward (przewodnia rola danych) lub backward chaining (udowadnianie hipotez). Selig i Johannes [1990] wskazują, że wnioskowanie zapisywane jest za pomocą pojęć elementarnych (pierwotnych, primitives) języka. W większości regułowych systemów ekspertowych elementarnymi pojęciami są fakty i reguły. Fakty mają postać zdań orzekających, chociaż mogą być w niektórych przypadkach tylko hipotezami (nawet błędnymi). System ekspertowy może służyć przygotowaniu zestawu zmiennych decyzyjnych – danych wejściowych dla modelu symulacyjnego lub ocenie wyników przedsiębiorstwa. Wtedy wiedza teoretyczna lub doświadczenie eksperta pozwalają na wyrażenie interpretacji wyników eksperymentów i sugerowanie ewentualnych zmian w zestawie parametrów wejściowych. W realnie użytkowanych systemach ekspertowych należy jednak pamiętać o często przyjętym założeniu o „zamkniętym świecie” (ang. closed-world assumption) opisanym np. przez Genesetha i Nilssona [1987]. Przykładem może być pytanie „Czy przedsiębiorstwo Omega w roku 1999 jest rentowne”, gdy aktywnym jest okres 2000-2002. Jeśli aktywne jest założenie o zamkniętym świecie, to odpowiedź będzie brzmiała: nie, chociaż nie wiemy nic o rentowności w roku 1999, gdyż informacja o sytuacji w roku 1999 znajduje się w węźle reprezentującym lata 1997-1999. Pełna informacja o roku 1999 będzie dostępna po uaktywnieniu węzła reprezentującego lata 1997-1999, będącego poprzednikiem węzła aktywnego w momencie zadania pytania. Sytuacja jeszcze bar-

dziej komplikuje się, gdy mamy do czynienia z drzewem posiadającym więcej niż jeden węzeł dotyczący tego samego okresu. Przypadek taki zajdzie gdy opracowano wiele wariantów decyzyjnych dla tego samego okresu.

8.2. JAKIE SĄ ZADANIA SYSTEMU EKSPERTOWEGO?

Przed systemem ekspertowym stawiane są zadania o charakterze klasyfikacyjnym (jaka jest sytuacja), diagnostyczno-ostrzegającym (określenie mocnych i słabych stron) i operatywno-prognostycznym (jakie są propozycje postępowania). Współpraca ES i symulatora poszerza znacząco obszar badawczy o następujące zagadnienia: klasyfikacyjne (jak postępować, aby sytuacja poprawiła się oraz w jakich warunkach sytuacja pogorszy się); diagnostyczne (jak wykorzystać mocne strony i ograniczyć wpływ słabych stron); operatywno-prognostyczne (w jaki sposób dokonać wyboru najkorzystniejszego wariantu); konstruowanie bazy wiedzy (budowa nowych reguł analitycznych oraz reguł podejmowania decyzji, weryfikacja poszczególnych reguł i zasad, metody przetwarzania danych-zbioru faktów). Wśród cech metodologicznych analizy wielokryterialnej Zopounidis [1999] podaje „wykorzystywanie zarówno ilościowych (wskaźniki finansowe) jak i jakościowych ... kryteriów oceny badanego podmiotu gospodarczego”. Oczywistym celem interfejsu użytkownika jest umożliwienie interakcji użytkownika z systemem ekspertowym na wzór dialogu z ekspertem-człowiekiem. Dzięki modułowi wyjaśniającemu użytkownik otrzymuje informacje, które reguły i fakty zostały użyte w procesie wnioskowania. Na podstawie tej wiedzy można określić, które dane wyjściowe (które wyniki, jakie funkcje przedsiębiorstwa) otrzymane z symulatora okazały się istotne w ścieżce wnioskowania. W zagadnieniach klasyfikacyjnych potrzebne są następujące zasoby informacyjne: biblioteka metod analitycznych i obliczeniowych (np. definicje wskaźników i ich zalecanych zakresy, wiedza o przedsiębiorstwie i jego otoczeniu), dane wyjściowe z symulatora – wyniki ekonomiczne (zakres czasu zależy od celu analizy), baza reguł (metody wnioskowania, klasyfikacji) – ewentualnie w postaci tzw. tablicy decyzyjnej. Jak przedstawia Liebowitz [1995] połączona symulacja i system ekspertowy jest już stosowany jako zintegrowany ilościowy i jakościowy system wiedzy oparty na reprezentacji symbolicznej.

W diagnostyce ekonomicznej system ekspertowy korzysta z biblioteki metod analitycznych oraz bazy reguł niezbędnych do określenia objawów mogących świadczyć o złym funkcjonowaniu przedsiębiorstwa, dokonujących sprawdzenia poprawności funkcjonowania firmy w zarządzaniu produkcją, sprzedażą, wykorzystywania funduszy. Baza reguł powinna wspierać poszukiwanie wyjścia w sytuacjach zagrożenia realizacji celów firmy – a więc także zadań operatywno-prognostycznych. Zopounidis [1999] zauważa: „Decyzje, których wyniki widoczne są w dłuższym okresie, to optymalna alokacja funduszy oraz odpowiednia struktura finansowania”. Przykład: *If płynność < zalecana granica then begin komunikat „kłopoty z płynnością” przypisz*

inwestycje bieżący rok = brak end else przypisz inwestycje bieżący rok = inwestycja_nr_1 end. Reguły powinny dotyczyć wspomaganie konstruowania zestawów zmiennych decyzyjnych dla modelu symulacyjnego.

8.3. PODEJMOWANIE DECYZJI

Dzięki odpowiedniemu materiałowi porównawczemu zawierającemu wyniki eksperymentów użytkownik dokonać może wyboru najbardziej odpowiedniego wariantu działania. Proces dokonywania wyboru może być wspomagany przez narzędzia dostępne w bibliotece obliczeniowej zawierającej zestaw metod optymalizacyjnych i podejmowania decyzji. Jak podkreśla Liebowitz [1995] ważnym komponentem systemu ekspertowego jest też moduł łączący i integrujący go z wykorzystywanymi w firmie systemami informatycznymi. W omawianych zadaniach niezbędny jest dostęp do następujących operacji w zakresie zarządzania eksperymentem: odczyt danych wyjściowych (wyników) dla rozważanego wariantu decyzyjnego, wyszukiwanie w drzewie decyzyjnym poprzedników i następników danego wariantu (węzła) w celu wykonania analiz porównawczych w aspekcie czasowym, wyszukiwanie w drzewie decyzyjnym węzłów mających wspólnego przodka z rozważanym wariantem (ocena wariantów decyzji), generowanie zestawu nowych wariantów (przygotowanie materiału badawczego przez wyborem właściwej decyzji), wykonanie eksperymentu, funkcje edycyjne w drzewie (kasowanie, kopiowanie itd.).

8.4. TWORZENIE BAZY WIEDZY

Pozyskiwanie wiedzy odbywa się w procesie wielokrotnej interakcji inżyniera wiedzy (obserwatora) z ekspertem. Inżynier wiedzy dąży do takiej zmiany stanu pewnej części (porcji) swojej wiedzy o dziedzinie, aby była ona (z założoną dokładnością) jak najbliższa wiedzy eksperta. Podobny proces uczenia się realizowany jest przez algorytmy sztucznych sieci neuronowych. Na etapie wdrożonego systemu ekspertowego miejsce inżyniera wiedzy zajmuje użytkownik a miejsce eksperta – moduł sztucznej inteligencji wyposażony w interfejs. W ogólnym przypadku inżynier wiedzy rozpoczynając konstruowanie dziedzinowego systemu ekspertowego zapoznaje się z terminologią i problemami dziedzinowymi przez przeprowadzenie studiów literaturowych a następnie prowadząc intensywne i długotrwałe wywiady z ekspertami. Wywiady uważane są przez Schmullera [1992] za główne wąskie gardło w procesie pozyskiwania wiedzy.

W końcowym etapie odbywa się systematyzowanie nabytej wiedzy i przystosowanie do zapisu (reprezentacji) w komputerze. W zadaniu konstruowaniu bazy wiedzy (najbardziej zaawansowanym) przydatne mogą być wszystkie operacje w zakresie sterowania eksperymentem, dotyczące zarządzania informacją (która jest elementem wiedzy, ale o charakterze opisowym, faktograficznym) oraz wiedzą (posiadającą wła-

sności instruktywne, tzn. umożliwiające przemyślane i umotywowane działanie). Może być konieczne zastosowanie specjalizowanego narzędzia edycji badanych reguł. Kategorie problemów projektowania wyszczególnione przez Patzaka [1982] obejmują zagadnienia: informacyjne (co trzeba wiedzieć), innowacyjne (jak osiągnąć założony cel) oraz decyzyjne (jak optymalizować decyzję). Poziomy, na których możliwe jest badanie reguł są bardziej liczne: określenie (definiowanie) hipotezy, przesłanek, konkluzji, pojęć w nich zagnieżdżonych oraz ich dziedzin, relacje między wartościami zmiennych: przesłanek i konkluzji, postać reguł (zapis w notacji logiki), niepewność, prawdopodobieństwo, wiarygodność, konstruktywność reguł (przydatność w diagnostyce i podejmowaniu decyzji). Powyżej wyszczególnione działania wykorzystują pamięć roboczą systemu ekspertowego, zachowującą oprócz tego ścieżkę uruchomionych (zastosowanych) reguł i przywoływanych faktów. Bardzo pomocne są także narzędzia z zakresu sztucznej inteligencji wspierające zarządzanie bazą wiedzy: proces dodawania i eliminacji reguł, zasady aktualizacji i parametryzacji reguł, określanie ich priorytetów (stopnia ważności) w mechanizmie wnioskowania, grupowanie reguł (architektura tablicowa), weryfikację i wykrywanie sprzeczności w bazie wiedzy oraz (bardzo istotne) generowanie zestawów zmiennych decyzyjnych do eksperymentów mających służyć weryfikacji reguł. Przydatna może okazać się także wizualizacja procesu wnioskowania, jednak jak stwierdzają Selig i Johannes [1990] „W celu uzyskania dostępu do tych operacji należy najpierw uzyskać dostęp do implementacji języka mechanizmu wnioskowania”.

LITERATURA

- BELL, P.C.; O'KEEFE, R.M. 1987. Visual Interactive Simulation - History, Recent Developments, and Major Issues [w:] *Simulation* 49,3 (September) pp. 109-116.
- BROWN, C.E.; PHILLIPS, M.E. 1994. *Expert Systems for Management Accountants*, Institute of Management Accountants.
- CLYMER, J.R. 1993. System design and evaluation using discrete event simulation with artificial intelligence [w:] *Proceedings of the 1993 Winter Simulation Conference*.
- EDWARDS, A.; CONNELL, N.A.D. 1989. *Expert Systems in Accounting*, Herfordshire, UK: Prentice Hall International (UK) Ltd.
- FREYENFELD, W. A. 1984. *Decision Support Systems*, N.C.C Publications.
- GENESERETH, M. R.; NILSSON, N.J. 1987. *Logical foundations of artificial intelligence*, San Mateo, CA: Kaufmann.
- GRAHAM, L.E.; DAMENS, J.; VAN NESS, G. 1991. Developing Risk Advisor: An Expert System for Risk Identification; [w:] *Auditing* 10(1) pp. 69-96.
- KING, D. 1993. Building Computerized Financial Advisors: The User Model and Human Interface [w:] *Expert Systems in Business and Finance: Issues and Application*, John Wiley & Sons.

- KLEIBER, M. 1999. Modelowanie i Symulacja Komputerowa . Moda czy Naturalny Trend Rozwoju Nauki; [w:] *Nauka*, No 4, 1999, pp. 29 - 41.
- KOBSA, A. 2001. Generic User Modeling Systems; [w:] *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11: 49-63, Kluwer Academic Publishers.
- LIEBOWITZ, J. 1995. Expert Systems: a short introduction; [w:] *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 50 No 5/6, Elsevier.
- MARTIN, J. 1976. *Dialog człowieka z maszyną cyfrową*. WNT Warszawa
- MODEL, M.L. 1979. *Monitoring System Behavior in a Complex Computational Environment*. Tech Rep. CSL-79-1, Xerox Parc
- PATZAK, G. 1982. *Systemtechnik - Planung komplexen Innovativer Systeme, Grundlagen, Methoden, Techniken*, Springer Verlag, Berlin.
- Radośniński, E. 2001. *Systemy informatyczne w dydaktycznej analizie decyzyjnej*. PWN, Warszawa-Wrocław.
- RICH, E.; KNIGHT, K. 1991. *Artificial Intelligence*. Second Edition New York: McGraw-Hill.
- SELIG, W.J.; JOHANNES, J.D. 1990. Reasoning Visualization in Expert Systems: The Applicability of Algorithm Animation Techniques; [w:] *Proceedings of the Third International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems*, Charleston, S.C.
- SHEPHERD, A. 1997. Interactive implementation: promoting acceptance of expert systems; [w:] *Journal of Computers, Environment, and Urban Systems*, Elsevier, 21 (5); pp. 317-333.
- SWAIN, J.J. 1997. Simulation goes mainstream; [w:] *OR/MS Today* October 1997.
- SWAIN, J.J. 2001. Power Tools for Visualization and Decision-Making, *ORMS Today*, February 2001.
- WANG, H. 1997. Knowledge level analysis of group decision support systems [w:] *Expert Systems With Application*, vol.13, no 2, Elsevier.
- WEISS, Z. 1996. *Komputery jak ludzie. Łagodne wprowadzenie do systemów operacyjnych*, WNT Warszawa.
- Wrycza, S. 1993. *Informatyka dla ekonomistów*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- ZOPOUNIDIS, C. 1999. Multicriteria decision aid in financial management [w] *European Journal of Operation Research* 119; pp. 404-415; Elsevier.
- ZOPOUNIDIS, C.; DOUMPOS, M. 2001. A preference disaggregation decision support system for financial classification problem [w] *European Journal of Operation Research* 130; Elsevier.

ŹRÓDŁA INTERNETOWE (URL)

- AITECH, <http://www.aitech.com.pl>
- CEMPEL, C. 2001. *Nowoczesne Zagadnienia Metodologii i Filozofii Badań* <http://neur.am.put.poznan.pl/skrypty.htm> Poznań, październik 2001
- DUCH, W. 1997. Fascynujący świat programów komputerowych. Sztuczna inteligencja. <http://www.phys.uni.torun.pl/~duch/book-fsk.html>; *Fascynujący Świat Programów Komputerowych* (pełny tekst) Wydawnictwo NAKOM, Poznań
- HO Y.C.. <http://www.deas.harvard.edu/courses/es205/>. Class Notes #13 Capsule Description of the Tools of Computational Intelligence

HÖÖK, K.. Multimodal Interfaces and Natural Language Processing,

<http://www.dsv.su.se/~calle/II.html>

INTERLAN. www.interlan.pl

NIEDERLIŃSKI, A. 2001. www.ekspert.wsi.edu.pl/pl/pliki/rmse.zip

APPROACHES, <http://library.thinkquest.org/2705/Approaches.html>

EXPERTISE2GO, <http://www.expertise2go.com/webesie/tutorials/ESIntro/>

SCHMULLER, J. Expert Systems: A Quick Tutorial [w] *Journal of Information Systems Education* 9/92, <http://Gise.Org/Jise/Vol1-5/Expertsy.htm>