

Wojciech Zoleński

Wybrane modele interaktywnych systemów wspomaganie decyzji

Ekonomiczne Problemy Usług nr 87, 787-795

2012

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

WOJCIECH ZOLEŃSKI

Politechnika Śląska

WYBRANE MODELE INTERAKTYWNYCH SYSTEMÓW WSPOMAGANIA DECYZJI

Wprowadzenie

System wspomaganie decyzji (SWD) to system komputerowy wspomagający decydenta, dzięki któremu może wykorzystać dane i modele dla rozpoznania, zrozumienia i formułowania problemu, a ponadto może wykorzystać porady analityczne do oceny wariantów rozwiązań i podjęcia decyzji¹. Istotną cechą SWD jest interaktywność polegająca na naprzemiennym, wielokrotnym przetwarzaniu informacji przez system komputerowy i użytkownika systemu.

Decyzja to świadomy wybór jednego spośród rozpoznanych i uznanych za możliwe wariantów przyszłego działania, któremu przypisuje się największą użyteczność. Proces podejmowania decyzji najczęściej utożsamiany jest z procesem rozwiązywania problemów. Decyzje kierownicze wyróżniają się tym, że są dwuszczeblowe, dotyczą celów i sposobów działania własnego oraz działania bezpośrednich wykonawców². Początkowo SWD, m. in. ze względu na wysoki koszt sprzętu komputerowego, przeznaczony był dla kierownictwa najwyższego szczebla. Pojawienie się i rozpowszechnienie mikrokomputerów, także przenośnych, stwarza możliwość znacznie szerszego stosowania SWD.

W artykule przedstawiono koncepcje i narzędzia, które mogą być wykorzystane w systemie informatycznym wspomagającym zarządzanie wiedzą³ w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn, opracowywanym w ramach projektu ba-

¹ Kisielnicki J, Sroka H., *Systemy informacyjne biznesu*.

² Mikołajczyk Z., *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*.

³ Dohn K., Gumiński A., Zoleński W., *Assumptions for the creation of a system supporting knowledge management in enterprises of mechanical engineering industry*.

dawczego rozwojowego realizowanego w Instytucie Zarządzania i Administracji Wydziału Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

1. Sytuacje problemowe

Sytuacja problemowa to trudna do usunięcia rozbieżność pomiędzy istniejącym i pożądanym stanem rzeczy. Najogólniejszy podział sytuacji problemowych przedstawił M. Mazur⁴, wyróżniając w problemach poznawczych: eksplorację, klasyfikację i eksplikację, a w problemach realizacyjnych: postulację, optymalizację i realizację (rysunek 1).

Bardziej szczegółowo problemy można scharakteryzować według różnych kryteriów.

Ze względu na strukturę problemu można wyróżnić:

- Problemy ilościowe i jakościowe – stosownie do cech charakteryzujących sytuację problemową.
- Problemy ustrukturyzowane i nieustrukturyzowane. W problemach ustrukturyzowanych znana jest postać rozwiązania, a niewiadomymi są wartości cech rozwiązania (na ogół cech ilościowych i logicznych). Stopień ustrukturyzowania charakteryzuje zarówno pożądaný stan rzeczy, jak i sposób jego osiągnięcia.
- Problemy, których rozwiązanie ma prostą postać (np. wartość liczbowa, wektor wartości liczbowych), i problemy, których rozwiązanie ma postać złożoną (np. system, proces).
- Problemy konwergencyjne i dywergencyjne. Problemy konwergencyjne mają jedno rozwiązanie (ewentualnie kilka rozwiązań), natomiast problemy dywergencyjne mają bardzo wiele rozwiązań. Ważną kategorię problemów konwergencyjnych stanowią jednokryterialne problemy optymalizacyjne z jednomodalną funkcją kryterialną. W problemach konwergencyjnych warunki rozwiązania (dotyczące postaci i wartości cech pożądanego stanu rzeczy) na ogół podane są bezpośrednio, natomiast dywergencyjność problemów często wynika stąd, że warunki nie są sformułowane bezpośrednio. Problemy dywergencyjne prawie zawsze są problemami słabo ustrukturyzowanymi.
- Problemy, których trudność związana jest z koniecznością uwzględnienia bardzo wielu informacji, oraz problemy, których trudność wynika ze złożoności systemowych w stosunkowo nielicznym zbiorze obiektów (sprzężenia zwrotne, zależności dynamiczne, nieliniowości, sprzężenia skrośne

⁴ M. Mazur, *Cybernetyka i charakter*.

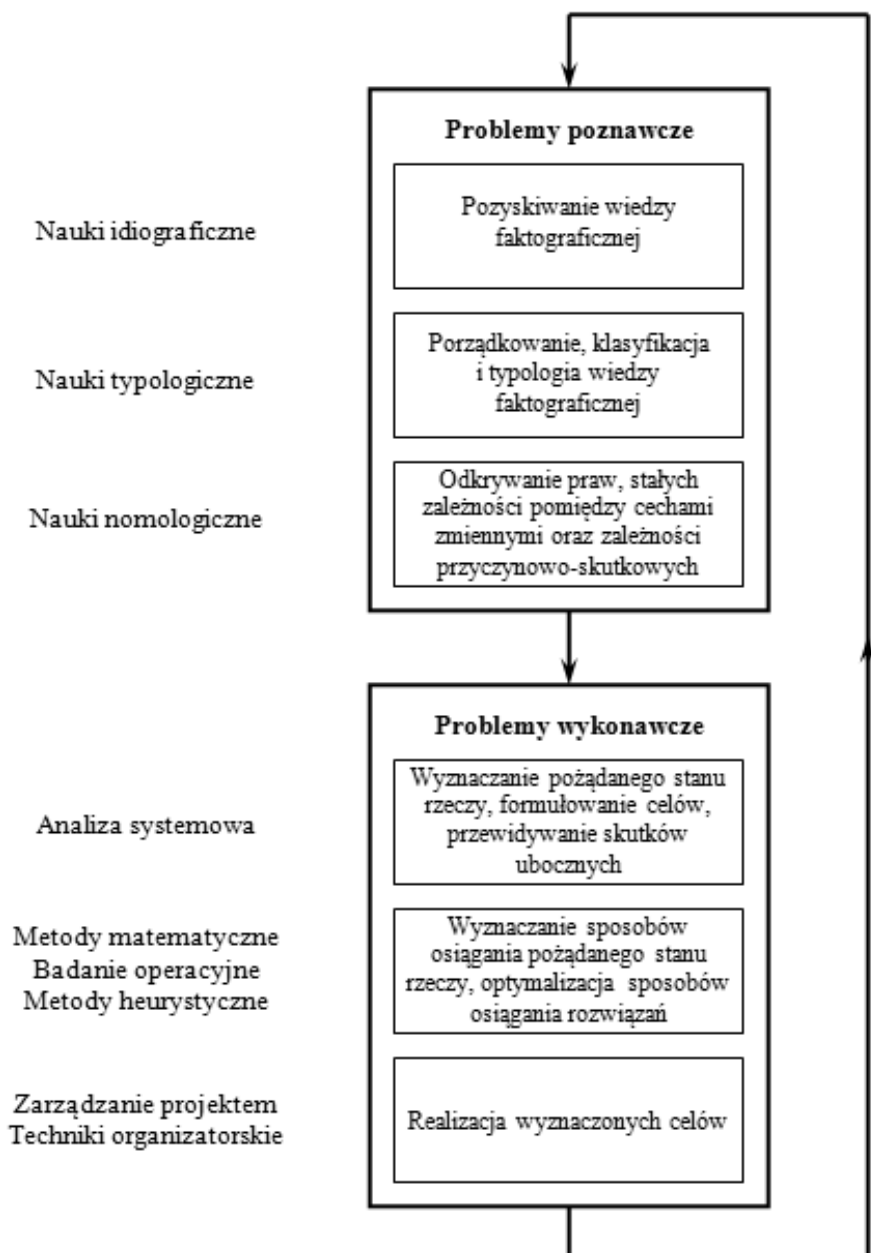
- w wielowymiarowych zależnościach przyczynowo-skutkowych, złożona struktura logiczna).
- W problemach dających się sprowadzić do postaci sformalizowanej (matematycznej) wyróżnia się zadania typu „znaleźć” i zadania typu „udowodnić”, które Euklides określał jako „Problema” i „Theorema”⁵. Zadania typu „znaleźć” mają charakter raczej konkretny, doraźny, natomiast zadania typu „udowodnić” są poprzedzone sformułowaniem hipotezy, która po udowodnieniu staje się teorią o bardziej ogólnym znaczeniu.
 - Problemy, dla których istnieją dobre modele abstrakcyjne, i problemy, dla których brak takich modeli (dlatego ich rozwiązywanie musi opierać się na eksperymentach w sferze realnej). Problemy, których modele abstrakcyjne można przedstawić w postaci formalnej (matematyczno-logicznej), na ogół można efektywnie rozwiązywać metodami algorytmicznymi. Problemy, dla których istnieją jedynie modele myślowe, trzeba rozwiązywać heurystycznie.

Ze względu na uwarunkowania sytuacyjne można wyróżnić:

- Problemy rutynowe, w których występuje wiele powtarzalnych elementów sytuacji problemowych, oraz problemy unikalne.
- Problemy rozwiązywane w czasie bieżącym (*real time*), i problemy, których czas rozwiązywania nie ma większego znaczenia.
- Problemy, w których ważna jest wysoka jakość rozwiązania (np. „wygrywający bierze wszystko”), i problemy, w których wystarczy znaleźć rozwiązanie dopuszczalne.
- Istotnymi uwarunkowaniami sytuacyjnymi są też: dostępność informacji potrzebnych w rozwiązywaniu problemu, dostępność wiedzy dotyczącej problemu (np. wiedzy ekspertów), możliwość skorzystania z doświadczeń w rozwiązywaniu podobnych problemów, ważność problemu i in.

W rozwiązywaniu problemów występują dwie zasadniczo różne metody: algorytmiczna i heurystyczna. Najważniejszą ideą interaktywnych systemów wspomaganie decyzji jest połączenie obydwu metod.

⁵ Polya G., *Odkrycie matematyczne*.



Rys. 1. Ogólna charakterystyka sytuacji problemowych

Źródło: opracowanie własne.

2. Interaktywne systemy komputerowe

Podstawą interaktywnej współpracy z systemem informatycznym jest dekompozycja problemu na podproblemy odpowiadające naturalnej inteligencji człowieka i podproblemy, które mogą być efektywnie rozwiązywane przez komputer. Ponieważ obydwa typy problemów na ogół są ze sobą ściśle powiązane, proces naprzemiennego przetwarzania informacji przez człowieka i system komputerowy musi być wielokrotnie powtarzany.

Dla zrozumienia specyficznych cech inteligencji naturalnej użyteczne są neurofizjologiczne modele pamięci i przetwarzania informacji. Ważnymi elementami takich modeli są⁶:

- przechowywanie w pamięci sekwencji wzorców,
- przechowywanie w pamięci wzorców w postaci niezmiennych reprezentacji,
- wydobywanie informacji z zasobów pamięci na zasadzie autoasocjacji,
- przewidywanie oparte na pamięci (a nie na intensywnym przetwarzaniu stosunkowo niewielu informacji),
- hierarchiczne (wielopoziomowe) uporządkowanie wzorców.

Z powyższych modeli wynikają następujące właściwości inteligencji naturalnej:

- zdolność wielopoziomowego uogólniania, tworzenia pojęć abstrakcyjnych oraz zdolność operowania tymi pojęciami;
- intuicja wynikająca z bardzo licznych, wielopoziomowych skojarzeń faktów i uogólnień przechowywanych w pamięci. Skojarzenia te, a także duża część faktów i uogólnień przeważnie nie występują w postaci uświadomionej (*explicite*). Dlatego tylko niewielka część wiedzy intuicyjnej może być przekształcona na postać jawną, dającą się przedstawić w jednoznacznym systemie językowym;
- zdolność odbierania i bieżącego zapamiętywania (głównie w pamięci krótko i średnioterminowej) bardzo dużego strumienia informacji, których struktura nie została wcześniej określona, oraz zdolność operowania takimi informacjami.

Samoświadomość człowieka oraz zdolność tworzenia i utrzymywania relacji społecznych determinują kolejne, ważne właściwości inteligencji naturalnej:

- zdolność dokonywania oceny złożonych obiektów, procesów i sytuacji, także w warunkach ograniczonej dostępności informacji. W ocenie występują dwa aspekty – kognitywny, związany z wyobraźnią i przewidywaniem opartym na modelach myślowych, oraz aspekt aksjologiczny, związany z systemem wartości;

⁶ Hawkins J., Blakeslee S., *Istota inteligencji*.

- naturalna zdolność przewidywania zachowań ludzi, m.in. pracowników, właścicieli, klientów, kooperantów. Zachowania ludzi są bardzo ważnym czynnikiem wielu sytuacji problemowych.

Należy podkreślić, że indywidualne predyspozycje użytkowników SWD mogą być bardzo zróżnicowane. W szczególności należy uwzględnić umiejętność utrzymywania w pamięci dużego zbioru informacji, zdolność intensywnego przetwarzania informacji oraz specyficzne uzdolnienia użytkownika (talent)⁷.

Do podstawowych możliwości systemów komputerowych należy zaliczyć:

- zdolność bardzo intensywnego i szybkiego przetwarzania informacji o określonej strukturze, głównie danych liczbowych, według sformułowanych wcześniej algorytmów;
- możliwość rejestrowania i trwałego zapamiętywania bardzo dużych zbiorów informacji oraz możliwość szybkiego wyszukiwania informacji na podstawie dobrze określonych kryteriów.

W interaktywnej współpracy użytkownika z SWD pojawia się trudność związana z wymianą informacji. System komputerowy może użytkownikowi przekazywać stosunkowo duży strumień różnorodnych informacji (np. tabele, obrazy), natomiast użytkownik podczas pojedynczej sesji interaktywnej współpracy może przekazywać systemowi tylko proste informacje typu sterującego (głównie logiczne i liczbowe, a także nazwy, np. dla wyszukiwarek) oraz informacje merytoryczne, zwłaszcza liczbowe. Informacje tekstowe w języku naturalnym mogą być rejestrowane, ale możliwości ich interpretacji przez system komputerowy są ograniczone. System komputerowy może też pozyskiwać informacje o użytkowniku w sposób pośredni, np. mierząc szybkość i równomierność wprowadzania znaków z klawiatury, czasy przerw itp. Ponadto istnieje możliwość wykorzystania przez system komputerowy sygnałów biometrycznych użytkownika, np. EEG, nie ma jednak jednoznacznych wyników badań uzasadniających stosowanie tego typu rozwiązań.

Współpraca użytkownika z systemem komputerowym może być realizowana w następujących trybach:

- interakcje w układzie równorzędności charakterystyczne dla zadań i procesów wieloetapowych, takich jak np. gry menedżerskie;
- interakcje w układzie nadrzędności – podrzędności: a) użytkownik ukierunkowuje działanie algorytmu komputerowego, np. dostrajając parametry algorytmu, b) system komputerowy ukierunkowuje użytkownika rozwiązującego problem, np. przekazując wskazówki heurystyczne uwzględniające strukturę problemu, predyspozycje użytkownika, fazę procesu rozwiązywania problemu i in.

⁷ Mazur M., *op. cit.*

3. Przykładowe modele systemów interaktywnych

W modelu systemu interaktywnego kluczowym czynnikiem jest sposób dekompozycji występujących w rozwiązywaniu problemu zadań i podzielenie ich pomiędzy użytkownika i system komputerowy. Poniżej przedstawiono przykładowe modele interaktywnego wspomagania decyzji.

System ekspertowy wnioskujący wstecz. Regułowy system ekspertowy zawiera bazę wiedzy w postaci faktów (stwierdzeń) i reguł (implikacji)⁸. Celem wnioskowania wstecz jest zbadanie prawdziwości jakiegoś faktu będącego wnioskiem reguły (lub kilku reguł). W tym celu system wnioskujący na bieżąco wyznacza warunki dopytywalne (stwierdzenia znajdujące się na początku ścieżki inferencyjnej) mogące mieć wpływ na prawdziwość badanego faktu. Stosownie do odpowiedzi użytkownika system wyznacza zaktualizowaną ścieżkę inferencyjną i zadaje kolejne pytanie aż do uzyskania kompletnej ekspertyzy. Dla uzasadnienia wyniku wnioskowania system ekspertowy może przedstawić ścieżkę inferencyjną w postaci graficznej.

Interaktywne porównywanie parami. Jednym z zadań występujących w procesie podejmowania decyzji jest wartościowanie, czyli przypisanie wartości liczbowych obiektom opisanym cechami jakościowymi. Bezpośrednia ocena punktowa licznych zbiorów informacji jest trudna i obciążona dużym błędem. Trudności te można znacznie zmniejszyć, jeżeli przed przypisaniem obiektom wartości liczbowych zostaną one uporządkowane metodą porównywania parami. Porównywanie dwóch obiektów nie wymaga utrzymywania w pamięci informacji o wszystkich obiektach. Standardowa metoda porównywania parami ma jednak tę wadę, że jest bardzo pracochłonna, wymaga porównania wszystkich par. Aby uporządkować zbiór n obiektów, należy dokonać $(n^2 - n)/2$ porównań. Liczbę porównań można ograniczyć do wartości poniżej $n \cdot \log_2 n$ przez zastosowanie metody interaktywnego porównywania parami⁹. Metoda ta polega na połączeniu oceny porównawczej dwóch obiektów z bieżącym sortowaniem zbioru. Dzięki temu nie porównuje się wszystkich, lecz tylko niektóre pary. Wybór par oraz kolejność porównywania wynikają z algorytmu sortowania i zależą od odpowiedzi udzielonych przez użytkownika w poprzednich porównaniach. Na przykład dla uporządkowania zbioru 100 obiektów wystarczy mniej niż 534 porównań zamiast 4950.

Wspomaganie eksperta przez hipertekstowy system informacji. Właściwa organizacja informacji jest jednym z kluczowych czynników wpływających na efektywność pracy eksperta. System wspomagający organizację informacji powinien posiadać następujące funkcjonalności:

- możliwość rejestrowania informacji o zróżnicowanej formie i treści;

⁸ Zoleński W., *Narzędzia wspomagające tworzenie systemów eksperckich*.

⁹ Zoleński W., *Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą*.

- możliwość strukturyzowania informacji, zwłaszcza podział na elementarne obiekty informacji i ustanawianie relacji „całość – część” oraz „generalizacja – specjalizacja”;
- możliwość przypisywania elementarnym obiektom informacji atrybutów: opisujących i interpretacyjnych, klasyfikacyjnych i wartościujących, werbalnych i liczbowych (np. liczba porządkowa, data aktualizacji, źródło informacji, ocena ważności, ocena wiarygodności), charakteryzujących informacje merytoryczne.

W hipertekstowym systemie informacji¹⁰ obiekt elementarny zapisany jest w jednym rekordzie bazy danych o następującej strukturze:

- etykieta (streszczenie informacji) – pole tekstowe,
- podstawowy opis słowny (treść) – pole notatnikowe,
- dowolny obiekt MS Office – obiekt OLE,
- atrybuty opisujące i interpretacyjne informacji o zróżnicowanej formie i treści.

Elementarne obiekty informacji łączą w sobie jednolitą strukturę formalną z możliwością rejestrowania różnych typów informacji i mogą być łączone relacjami nadrzędności – podrzędności w dowolne struktury.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono ogólną charakterystykę sytuacji problemowych występujących w podejmowaniu decyzji oraz czynniki mające wpływ na efektywne zastosowanie interaktywnych systemów komputerowych. W szczególności uwzględniono dekompozycję problemów decyzyjnych na zadania odpowiadające naturalnej inteligencji człowieka i zadania, które mogą być rozwiązywane algorytmicznie. Czynniki te mają istotny wpływ na wybór modelu interaktywnego systemu wspomagania decyzji.

Publikacja sfinansowana ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy rozwojowy nr 03-0112-10 /2010 z dnia 9.12.2010 r.

¹⁰ Zoleński W., *Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą*.

Literatura

1. Dohn K., Gumiński A., Zoleński W., *Assumptions for the creation of a system supporting knowledge management in an enterprises of mechanical engineering industry*, Konferencja Naukowa "Information Systems in Management", SGGW, Warszawa 2011.
2. Hawkins J., Blakeslee S., *Istota inteligencji*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2006.
3. Kisielnicki J, Sroka H., *Systemy informacyjne biznesu*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2005.
4. Mazur M., *Cybernetyka i charakter*, Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości, Warszawa 1991.
5. Mikołajczyk Z., *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*, WN PWN, Warszawa 2002.
6. Polya G., *Odkrycie matematyczne*, WNT, Warszawa 1975.
7. Zoleński W., *Narzędzia wspomagające tworzenie systemów eksperckich*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej seria Organizacja i Zarządzanie, zeszyt nr 15, Gliwice 2003.
8. Zoleński W., *Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej seria Organizacja i Zarządzanie, zeszyt nr 41, Gliwice 2007.

SELECTED MODELS OF INTERACTIVE DECISION SUPPORT SYSTEMS

Summary

In the paper the author discussed the general characteristics of problematic situations in decision making processes and factors concerning effective implementation of interactive computer systems.

In particular, the decomposition of decision problems was taken into consideration concerning tasks corresponding to natural human intelligence and tasks which could be solved algorithmically. Additionally, in the article the examples of models of interactive systems supporting decision making processes were given.

Translated by Adam Gumiński