

Wojciech ZOLEŃSKI
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Zarządzania i Administracji

KONCEPCJA INFORMATYCZNEGO SYSTEMU WIEDZY WSPOMAGAJĄCEGO HEUREZĘ

Streszczenie. W artykule zaproponowano koncepcję informatycznego systemu wiedzy wspomagającego heurzę, który łączy w sobie funkcje systemu informacyjno-wyszukiwawczego oraz systemu ekspertowego. Ponadto, w artykule przedstawiono ogólną charakterystykę sytuacji problemowych oraz czynników mających wpływ na wybór odpowiedniej metody rozwiązywania problemu.

THE CONCEPT OF INFORMATION KNOWLEDGE SYSTEM SUPPORTING THE HEURISTIC

Summary. The author proposes the concept of the information knowledge system supporting the heuristic, which combines the functionalities of an information and searching system and an expert system. Additionally, the article discusses the general characteristics of problem situations and factors determining the selection of the appropriate method to solve the problem.

1. Wstęp

Heureza to wynajdywanie sposobów prowadzących do rozwiązania postawionego problemu. W wielu sytuacjach nie jest znany niezawodny sposób znalezienia rozwiązania, dlatego zachodzi potrzeba stosowania metod heurystycznych.

W rozwiązywaniu problemów rozróżnia się trzy typy metod:

- metody algorytmiczne, charakteryzujące się jednoznacznością i dużą efektywnością. Metody te mają zastosowanie tylko w wyraźnie określonych, wąskich klasach problemów;

- metody prób konatywnych, czyli prób mających na celu bezpośrednio rozwiązanie problemu. Zakres stosowalności prób konatywnych jest bardzo szeroki, ale efektywność bardzo mała;
- metody heurystyczne obejmują szerokie spektrum metod pomiędzy algorytmicznymi i konatywnymi. Dobór i układ działań składowych nie jest tak jednoznaczny, jak w metodach algorytmicznych. Stosowanie metody heurystycznej nie gwarantuje niezawodnego osiągnięcia celu, ale efektywność jest znacznie wyższa niż w przypadku prób konatywnych.

Metody heurystyczne charakteryzują się następującymi cechami¹:

- stosunkowo rozległy obszar zastosowań;
- połączenie rozwiązywanego problemu z elementami wcześniej zgromadzonej wiedzy i ze znanymi sposobami działania;
- wykorzystanie doświadczenia jako źródła faktów związanych z problemem;
- racjonalizacja prób działania, w której występuje zestawianie planów działania, analiza przyczyn i uwarunkowań osiągniętego postępu i popełnionych błędów, uczenie się w toku rozwiązywania problemu;
- stosowanie analogii i indukcji jako podstawowych form rozumowania;
- wyraźne oddzielenie poszukiwania od oceny rozwiązania (zasada odroczonego wartościowania), odmienność postępowania w fazie poszukiwania i w fazie oceniania.
- Trudność przewidywania efektywności zastosowania.

Początki heurystyki kojarzone są z działalnością szkół filozoficznych i pracami starożytnych matematyków (Pappus), a także średniowiecznych scholastyków (R. Lullus). Duże znaczenie dla ogólnych idei dokonywania odkryć mają prace Kartezjusza², Leibniza, Bolzano, Poincare³. Rozwój współczesnej heurystyki przypada na drugą połowę XX wieku (m. in. analiza morfologiczna, brainstorming, synektyka, prace Polya, „algorytm” rozwiązywania zadań wynalazczych, działalność Ośrodka Badań Metodologicznych CERMA⁴, niektóre metody sztucznej inteligencji).

W literaturze przedmiotu opisywane są liczne koncepcje i metody heurystyczne, z których każda jest przydatna tylko w określonych przypadkach i w ograniczonym zakresie. W artykule przedstawiono koncepcję systemu informatycznego integrującego wiedzę o różnego typu sytuacjach problemowych i metodach mających zastosowanie w ich rozwiązywaniu.

¹ Góralski A.: Twórcze rozwiązywanie zadań. PWN, Warszawa 1989.

² Descartes R.: Rozprawa o metodzie. Reguły kierowania umysłem. Hachette Livre Polska, Warszawa 2008.

³ Hadamard J.: Psychologia odkryć matematycznych. PWN, Warszawa 1964.

⁴ Kaufmann A., Fustier M., Drevet A.: Inwentyka. Metody poszukiwań twórczych rozwiązań. WNT, Warszawa 1975.

Koncepcja ta łączy w sobie idee występujące w systemach informacyjno-wyszukiwawczych, systemach ekspertowych i systemach wspomaganie decyzji⁵.

2. Przesłanki komputerowego wspomaganie heurezy

Efektywna strukturalizacja informacji o licznych i różnorodnych metodach heurystycznych i sytuacjach problemowych nie jest możliwa bez wspomaganie przez systemy informatyczne. System informatyczny umożliwia rozwiązującemu problem szybsze zapoznanie się z nowymi, nieznanymi wcześniej metodami. Ze względu na umiarkowaną skuteczność i ograniczony zakres stosowalności poszczególnych metod fakt ten ma duże znaczenie, gdyż straty spowodowane absorbowaniem czasu i potencjału intelektualnego na wyszukiwanie i poznawanie nowych metod mogą przewyższać korzyści z ich stosowania.

Zastosowanie odpowiedniej metody heurystycznej (lub dyrektywy, techniki pomocniczej, pomysłu) zależy od wielu okoliczności: struktury logicznej problemu, predyspozycji rozwiązującego, etapu rozwiązywania problemu, uwarunkowań sytuacyjnych. Bieżąca analiza wszystkich przesłanek mających wpływ na wybór właściwej porady może być efektywnie wspomaganie przez podsystem wnioskujący systemu ekspertowego.

W rozwiązywaniu problemów ważne są zarówno kreatywność, jak i systematyczność oraz uporządkowanie działań. Jednoczesne spełnienie tych wymogów sprawia duże trudności natury psychologicznej. Kreatywne myślenie osłabia dyscyplinę działania, a postępowanie podporządkowane przyjętym schematom tłumi kreatywność. Interaktywny system informatyczny może w pewnym stopniu porządkować kreatywne myślenie użytkownika. Jednak możliwe jest też w pewnym zakresie stymulowanie przez system informatyczny kreatywności użytkownika wykonującego działania o charakterze usystematyzowanej procedury.

Rozwiązywanie problemów wymaga uprzedniego zgromadzenia wiedzy faktograficznej oraz utrwalenia w pamięci najważniejszych informacji związanych z problemem⁶. Komputerowy system informatyczny stwarza możliwości efektywnego wyszukiwania informacji, ich strukturyzacji i kompresji, może też wspomagać proces zapamiętywania przez odpowiednie przygotowanie informacji, wizualizację i zapewnienie właściwego sposobu prezentacji.

W procesie rozwiązywania problemu pojawiają się efekty cząstkowe, które utrzymywane są jedynie w pamięci rozwiązującego. Efekty te w krótkim czasie ulegają rozpraszaniu i zapominaniu, dlatego bardzo ważne jest zapewnienie możliwości szybkiego ich

⁵ Zoleński W.: Wybrane modele interaktywnych systemów wspomaganie decyzji. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, nr 702, Ekonomiczne Problemy Usług, nr 87, Szczecin 2012.

⁶ Polya G.: Jak to rozwiązać. PWN, Warszawa 2009.

rejestrowania. W rozwiązywaniu problemów duże znaczenie ma też utrzymywanie ciągłości toku myślowego, co nieraz wymaga szybkiego uzupełnienia luki informacyjnej. System informatyczny stwarza możliwość znacznie sprawniejszego rejestrowania i wyszukiwania informacji niż systemy konwencjonalne, niewykorzystujące elektronicznych nośników informacji.

W rozwiązywaniu problemów występuje dużo różnorodnych efektów próbnych, tymczasowych, o różnej wartości merytorycznej. Przestrzeganie zasady odroczonego wartościowania sprawia, że zbiór takich efektów często jest bardzo liczny. System informatyczny można wyposażyć w efektywne narzędzia porządkowania, wartościowania, strukturalizowania, selekcji, filtracji i kompresji informacji.

W rozwiązywaniu problemów często występują zadania, które standardowo realizowane są przez systemy komputerowe (m.in. obliczenia matematyczne, sporządzanie wykresów, badania symulacyjne). Dla rozwiązującego problem wygodne jest zastosowanie zintegrowanego środowiska pracy, łączącego możliwość wykonywania zadań obliczeniowych z użytkowaniem aplikacji, przeznaczonych do przetwarzania informacji opisowych.

3. Koncepcja systemu informatycznego

Podstawowe funkcjonalności systemu informatycznego, wspomagającego heurystykę realizowane są przez hipertekstowy system informacji oraz regułowy system ekspertowy.

Hipertekstowy system informacji umożliwia rejestrowanie, porządkowanie i wyszukiwanie informacji (głównie opisowej, możliwe jest jednak jej uzupełnienie obiektami graficznymi lub obiektami innego typu), przedstawionej w postaci ujednoczonych, standardowych obiektów elementarnych. Elementarny obiekt informacji łączy w sobie jednolitą strukturę formalną z możliwością rejestrowania różnych typów informacji (tekstowych, graficznych, liczbowych i innych, także bardziej złożonych, np. dowolnym obiektem MS Windows). Obiektom informacji można przypisywać różne atrybuty: opisujące i interpretujące, klasyfikacyjne i wartościujące, werbalne i liczbowe (np. liczba porządkowa, data aktualizacji, źródło informacji, ocena ważności, ocena wiarygodności). Każdy obiekt informacji może być połączony z dowolną liczbą innych obiektów relacjami nadrzędności – podrzędności lub relacjami związku jako struktura hierarchiczna lub sieciowa (graf skierowany). Możliwe jest też rejestrowanie obiektów swobodnych, niepowiązanych z innymi obiektami.

Regułowy system ekspertowy współpracuje z bazami wiedzy w postaci standardowych reguł Horna. Są to reguły (implikacje ekspertowe) z jednym wnioskiem, których części warunkowe mają postać koniunkcji stwierdzeń. Wniosek jest zawsze stwierdzeniem bez

negacji. Warunki i wnioski występujące w regułach są zdaniami logicznymi (a nie funkcjami zdaniowymi), czyli nie występują w nich zmienne. Rozwiązanie takie upraszcza budowę systemu wnioskującego i zapewnia stabilność jego działania. W procesie wnioskowania nie występuje eksplozja kombinatoryczna, nie jest też możliwe zapętlenie się systemu, jeżeli tylko reguły nie są sprzeczne zewnętrznie.

Baza wiedzy może mieć strukturę wielopoziomową. System rozpoznaje poziom stwierdzeń i typ stwierdzenia, tj. warunki dopytywalne (czyli stwierdzenia poziomu zerowego, niebędące wnioskami żadnej reguły), wnioski końcowe (czyli stwierdzenia niewystępujące w części warunkowej żadnej reguły) oraz wnioski pośrednie (czyli stwierdzenia będące jednocześnie wnioskami jednych reguł i warunkami innych).

Stwierdzenia w części warunkowej reguł mogą występować jednocześnie w postaci prostej (bez negacji) i zanegowanej, tworząc rozwiniętą bazę wiedzy. Dzięki temu wiedzę daje się przedstawić w postaci wielopoziomowo zagnieżdżonych zasad (stwierdzeń w postaci prostej) i wyjątków (stwierdzeń zanegowanych). Umożliwia to wyrażenie złożonych (niemonotonicznych) zależności logicznych w sposób znacznie uproszczony.

Reguły i stwierdzenia mogą być dokładne lub przybliżone. Dla reguł i stwierdzeń dokładnych zastosowano logikę trójwartościową z wartościami logicznymi: Prawda (1), Brak wiedzy (0), Fałsz (-1). Dzięki temu wnioskowanie jest monotoniczne nie tylko w elementarnych, ale także w rozwiniętych bazach wiedzy (wnioskowanie w logice dwuwartościowej byłoby niemonotoniczne).

W przypadku wnioskowania w logice przybliżonej (np. rozmytej), stwierdzeniom zamiast wartości logicznych przypisuje się współczynniki CF (Certainty Factor) z przedziału [-1, 1]. Współczynniki CF przypisuje się także regułom. Współczynniki CF reguł mają zazwyczaj wartości dodatnie, chociaż nie jest to bezwzględny wymóg systemu. Jeżeli stwierdzenie jest całkowicie prawdziwe i pewne, to odpowiada mu współczynnik $CF = 1$. Jeżeli stwierdzenie jest całkowicie nieprawdziwe i pewne, to odpowiada mu współczynnik $CF = -1$. W pozostałych przypadkach współczynnik CF jest bliżej nieokreśloną wypadkową prawdziwości i pewności. W przypadku stwierdzeń, których $CF \in (-\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ można przyjąć, że nie jest znana ich prawdziwość i pewność (w logice trójwartościowej: Brak wiedzy).

W regułowym systemie ekspertowym baza wiedzy zapisana jest w samoorganizującej się tablicy reguł Horna. Każde stwierdzenie (warunek lub wniosek) zapisane jest tylko raz. Dzięki temu unika się niekorzystnych konsekwencji, związanych z redundancją informacji, m.in. nie występują anomalie przy wstawianiu, usuwaniu i modyfikacji informacji. W szczególności unika się możliwości wystąpienia błędów logicznych w przypadku pomyłki (np. literowej) przy wprowadzaniu lub modyfikacji stwierdzeń. System wyznacza bieżąco poziom stwierdzeń i poziom reguł. Użytkownik może uporządkować bazę wiedzy, sortując ją według poziomu stwierdzeń lub poziomu reguł.

Regułowy system ekspertowy może wnioskować w przód lub wstecz. Wnioskowanie w przód polega na tym, że dla ustalonych wartości warunków dopytywalnych wyznaczone są przez podsystem wnioskujący wszystkie możliwe do wyznaczenia wartości logiczne wniosków (pośrednich i końcowych). Dzięki temu spośród licznego zbioru wniosków (np. wskazówek heurystycznych) można wybrać tylko te, które odpowiadają konkretnym warunkom (np. uwarunkowaniom charakteryzującym sytuację problemową).

Wnioskowanie wstecz polega na tym, że dla ustalenia prawdziwości wybranego wniosku podsystem wnioskujący na bieżąco wyznacza warunki dopytywane, które w konkretnej sytuacji decyzyjnej mogą mieć wpływ na wynik wnioskowania i prowadząc z użytkownikiem dialog zadaje pytania o wartość logiczną tych warunków. Dzięki temu dla zbadania jakiegoś wniosku (np. dotyczącego przydatności wybranej metody heurystycznej) użytkownik nie sprawdza wszystkich, a tylko niektóre warunki (np. związane z konkretną sytuacją problemową lub metodą heurystyczną), wystarczające do poprawnego wnioskowania.

Uzasadnione jest, aby informatyczny system wspomagający heurystykę wyposażać w podsystemy pomocnicze o następujących funkcjonalnościach:

- wizualizacja logicznej struktury wiedzy (zależności hierarchiczne i sieciowe, mapy pamięci, drzewa decyzyjne) oraz wizualizacja ścieżek wnioskowania;
- symulacje badawcze. P. Senge⁷ przedstawił koncepcję archetypów systemowych, np. inwestowanie i odroczone korzyści, poprawa przed pogorszeniem, szkodliwe środki naprawcze, bariery wzrostu, anomalne korzyści lidera, zjawiska lawinowe, oscylacje w układach ze sprzężeniem zwrotnym, które mogą znaleźć zastosowanie w opisie sytuacji problemowych. Przeprowadzenie symulacji badawczych może ułatwić zrozumienie odpowiadających archetypom sytuacji problemowych oraz wyjaśnić przebieg procesów rozwiązywania problemów;
- interaktywne porównywanie parami. Bezpośrednie uporządkowanie licznego zbioru obiektów (występującego np. w analizie morfologicznej), charakteryzowanych cechami jakościowymi może być trudne. Porównywanie obiektów parami nie wymaga utrzymywania w pamięci informacji o wszystkich obiektach, ale standardowa metoda jest bardzo pracochłonna. 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 parami,⁸ polegającej na połączeniu oceny porównawczej dwóch obiektów z bieżącym sortowaniem zbioru. Wybór par oraz kolejność porównywania wynikają z algorytmu sortowania

⁷ Senge P.M.: Piąta dyscyplina. Teoria i praktyka organizacji uczących się. Materiały dla praktyka. Jak budować organizację uczącą się. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2006.

⁸ Zoleński W.: Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 41, Gliwice 2007.

(realizowanego przez system informatyczny) i zależą od odpowiedzi udzielonych przez użytkownika w poprzednich porównaniach;

- operacje algebraiczno-logiczne, które mogą być realizowane np. przez ekspertowe arkusze wnioskująco-przeliczające.⁹

4. Bazy wiedzy

Pod koniec lat siedemdziesiątych XX wieku dokonano ważnego spostrzeżenia (E. Feigenbaum), że najważniejszym czynnikiem decydującym o jakości działania systemów ekspertowych jest wiedza, z jakiej one korzystają, a nie formalizmy i schematy wnioskowania¹⁰. To samo odnosi się do systemów informacyjno-wyszukiwawczych, gromadzących wiedzę opisową.

W bazach wiedzy systemu wspomagającego heurystykę zawarte są dwie podstawowe kategorie wiedzy: wiedza opisowa i wiedza proceduralna.

Wiedzę opisową należy zgromadzić, dokonać selekcji, podzielić na obiekty elementarne, opisać odpowiednimi atrybutami oraz ustrukturyzować, łącząc obiekty relacjami hierarchiczności i związku w ontologie i taksonomie¹¹.

Wiedzę proceduralną należy pozyskać metodami inżynierii wiedzy i przekształcić na odpowiednią reprezentację formalną. W regułowym systemie ekspertowym są to reguły Horna. Przekształcenie wiedzy opisowej na postać sformalizowaną nie jest zadaniem łatwym. W literaturze przedmiotu można jednak znaleźć opisy precyzyjnie sformułowanych procedur, dotyczących rozwiązywania niektórych problemów, zwłaszcza logiczno-ilościowych¹². Szacuje się, że system ekspertowy z bazą wiedzy, zawierającą od kilkudziesięciu do kilkuset reguł może już efektywnie wspomagać użytkownika, zwłaszcza w rozwiązywaniu problemów z pewnej wąskiej, dobrze określonej dziedziny.

Zaletą systemów bazujących na wiedzy jest możliwość ewolucyjnego (inkrementalnego) tworzenia, rozwijania i modyfikacji baz wiedzy. Istniejące elementy można uzupełnić o nowe, usunąć lub zmienić. Wiedza często występuje w postaci wielopoziomowo zagnieżdżonych zasad i wyjątków. Prosta baza wiedzy opisuje sytuacje typowe, a dodanie nowych reguł może uwzględniać wyjątki i nowe zasady, zwiększając dokładność i zakres stosowalności systemu. Zmiany w bazie wiedzy nie naruszają integralności systemu wnioskującego, dlatego mogą być

⁹ Zoleński W.: Narzędzia wspomagające tworzenie systemów ekspertowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 15, Gliwice 2003.

¹⁰ Kisielnicki J., Sroka H.: Systemy informacyjne biznesu. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2005.

¹¹ Jashapara A.: Zarządzanie wiedzą. PWE, Warszawa 2006.

¹² Polya G.: op.cit.

dokonywane przez użytkownika dostosowującego wiedzę do swoich indywidualnych wymagań i do zmieniających się okoliczności.

5. Wiedza o sytuacjach problemowych

Sytuacja problemowa to trudna do usunięcia rozbieżność pomiędzy istniejącym i pożądanym stanem rzeczy. Ogólny podział sytuacji problemowych (bez uwzględnienia problemów przekazu wiedzy) przedstawił M. Mazur¹³ wyróżniając w problemach poznawczych eksplorację, klasyfikację i eksplikację, a w problemach realizacyjnych postulację, optymalizację i realizację (por. rys. 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 liczbową, 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 złożonych zależności systemowych w stosunkowo nielicznym zbiorze obiektów (sprzężenia zwrotne,

¹³ M. Mazur: *Cybernetyka i charakter. Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości*, Warszawa 1991.

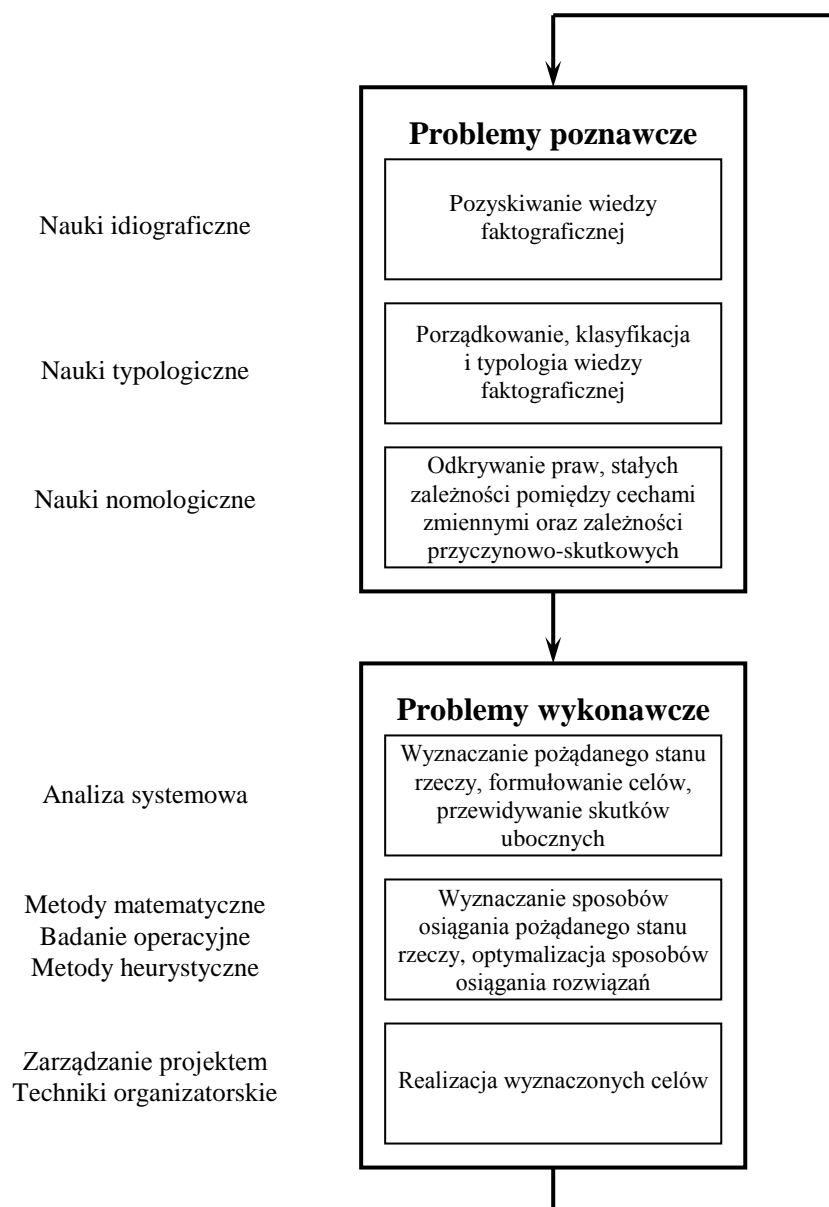
zależności dynamiczne, nieliniowości, sprzężenia skrośne w wielowymiarowych zależnościach przyczynowo-skutkowych, złożona struktura logiczna);

- 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”¹⁴. 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 inne.

¹⁴ Polya G.: Odkrycie matematyczne. WNT, Warszawa 1975.



Rys. 1. Ogólna charakterystyka sytuacji problemowych

Fig. 1. The general characteristics of problem situations

Źródło: Opracowanie własne.

6. Wiedza o rozwiązywaniu problemów

W rozwiązywaniu problemów wykorzystuje się liczne sposoby postępowania, różniące się stopniem schematyzacji, uwzględniające w różnym stopniu zarówno elementy logiczno-metodologiczne, jak i psychologiczne. Ważnym zadaniem jest dokonanie rejestracji i klasyfikacji metod stosowanych w rozwiązywaniu problemów. Na podstawie prac Ośrodka Badań

Metodologicznych CERMA w Paryżu wyróżniono 60 metod inwencyjnych i poza-inwencyjnych¹⁵. W klasyfikacji metod o orientacji technicznej należy wymienić opracowany przez H. Altszullera¹⁶ wykaz 40 chwytów inwencyjnych, eliminujących sprzeczności technologiczne, który stanowi element metody nazwanej Algorytmem Rozwiązywania Zadań Wynalazczych. J.Ch. Jones sklasyfikował 35 metod projektowania technicznego¹⁷. A. Góralski wyróżnia heurystykę refleksyjną (m.in. metoda Polya i metody związane z podejściem systemowym), heurystykę pragmatyczną (m.in. analiza morfologiczna, brainstorming, synektyka) oraz heurystykę informatyczną¹⁸.

W heurystyce informatycznej można wyróżnić przynajmniej trzy nurty:

- heurystyki i metaheurystyki dotyczące problemów matematyczno-logicznych (m.in. metody badań operacyjnych, algorytmy genetyczne i ewolucyjne);¹⁹
- komputerowe systemy dokonywania odkryć (m.in. General Problem Solver, systemy produkcji formuł);²⁰
- komputerowe wspomaganie rozwiązywania problemów. W koncepcji tej mieści się przedstawiony w artykule system wiedzy wspomagający heurystykę.

W rozwiązywaniu bardziej złożonych problemów występują podproblemy, w których zastosowanie mają dwie, zasadniczo różne metody: algorytmiczna i heurystyczna. Najważniejszą ideą systemów informatycznych, interaktywnie wspomagających heurystykę jest połączenie obydwu metod.

Podstawą interaktywnej współpracy osoby rozwiązującej problem 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 muszą być wielokrotnie powtarzane.

Dla zrozumienia specyficznych cech inteligencji naturalnej użyteczne są neurofizjologiczne modele pamięci i przetwarzania informacji. Ważnymi elementami takich modeli są:²¹

- przechowywanie w pamięci sekwencji wzorców;
- przechowywanie w pamięci wzorców w postaci niezmiennych reprezentacji.

¹⁵ Martyniak Z.: Wstęp do inwentyki. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 1997.

¹⁶ Altszuller H.: Elementy teorii twórczości inżynierskiej. WNT, Warszawa 1983.

¹⁷ Jones J.Ch.: Metody projektowania. WNT, Warszawa 1977.

¹⁸ Góralski A.: op.cit.

¹⁹ Michalewicz Z., Fogel D.: Jak to rozwiązać, czyli nowoczesna heurystyka. WNT, Warszawa 2006.

²⁰ Newell A., Simon H.: Human Problem Solving. Giza P.: Filozoficzne i metodologiczne aspekty komputerowych systemów odkryć naukowych. Wydawnictwo UMCS, Lublin 2006.

²¹ Hawkins J., Blakeslee S.: Istota inteligencji. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2006.

- 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;
- 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 osób rozwiązujących problemy mogą być bardzo zróżnicowane. W szczególności należy uwzględnić trzy wyróżniki: umiejętność utrzymywania w pamięci dużego zbioru informacji, zdolność intensywnego przetwarzania informacji oraz specyficzne uzdolnienia (talent)²².

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 formalnych.

²² Mazur M.: op.cit.

W interaktywnej współpracy użytkownika z komputerem 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 inne. Ten typ interakcji ma podstawowe znaczenie w koncepcji systemu wspomagającego heurystykę.

7. Podsumowanie

W rozwiązywaniu problemów istotną rolę odgrywa znajomość różnorodnych metod, algorytmicznych i heurystycznych. Ważne jest też uwzględnienie wielu czynników, takich jak logiczna struktura sytuacji problemowej, uwarunkowania sytuacyjne, predyspozycje rozwiązującego.

W procesie rozwiązywania problemu występują zadania odpowiadające naturalnej inteligencji człowieka i zadania algorytmiczne. Odpowiednia dekompozycja problemu oraz interaktywna współpraca użytkownika z systemem informatycznym mogą znacząco zwiększyć efektywność heurystyki.

Wymienione okoliczności zostały uwzględnione w przedstawionej w artykule koncepcji informatycznego systemu wiedzy wspomagającego heurzę. System ten łączy w sobie funkcje systemu informacyjno-wyszukiwawczego oraz systemu ekspertowego.

Bibliografia

1. Altszuller H.: Elementy teorii twórczości inżynierskiej. WNT, Warszawa 1983.
2. Descartes R.: Rozprawa o metodzie. Rozmyślenia nad zasadami filozofii i inne pisma. Hachette Livre Polska, Warszawa 2008.
3. Giza P.: Filozoficzne i metodologiczne aspekty komputerowych systemów odkryć naukowych. Wydawnictwo UMCS, Lublin 2006.
4. Góralski A.: Twórcze rozwiązywanie zadań. PWN, Warszawa 1989.
5. Hadamard J.: Psychologia odkryć matematycznych. PWN, Warszawa 1964.
6. Jashapara A.: Zarządzanie wiedzą. PWE, Warszawa 2006.
7. Jones J. Ch.: Metody projektowania. WNT, Warszawa 1977.
8. Hawkins J., Blakeslee S.: Istota inteligencji. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2006.
9. Kaufmann A., Fustier M., Drevet A.: Inwentyka. Metody poszukiwań twórczych rozwiązań. WNT, Warszawa 1975.
10. Kisielnicki J., Sroka H.: Systemy informacyjne biznesu. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2005.
11. Martyniak Z.: Wstęp do inwentyki. Wydawnictwo Uczelniane AE, Kraków 1997.
12. Mazur M.: Cybernetyka i charakter. Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości, Warszawa 1991.
13. Michalewicz Z., Fogel D.: Jak to rozwiązać, czyli nowoczesna heurystyka. WNT, Warszawa 2006.
14. Newell A., Simon H.: Human Problem Solving. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall 1972.
15. Polya G.: Jak to rozwiązać. PWN, Warszawa 2009.
16. Polya G.: Odkrycie matematyczne. WNT, Warszawa 1975.
17. Senge P. M.: Piąta dyscyplina. Materiały dla praktyka. Jak budować organizację uczącą się. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2006.
18. Zoleński W.: Narzędzia wspomagające tworzenie systemów eksperckich. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej seria Organizacja i Zarządzanie, zeszyt nr 15, Gliwice 2003.
19. Zoleński W.: Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie wiedzą. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 41, Gliwice 2007.

20. Zoleński W.: Wybrane modele interaktywnych systemów wspomaganie decyzji. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, nr 702, Ekonomiczne Problemy Usług, nr 87, Szczecin 2012.

Abstract

In solving problems a key role plays the knowledge of various methods, algorithmic and heuristic. It is also important to take into account many factors, such as the logical structure of a problem situation, situational determinants or solving abilities.

In the problem solving process there are tasks corresponding to natural human intelligence and the algorithmic tasks. The appropriate decomposition of the problem and the interactive collaboration of the user with the information system can significantly increase the effectiveness of the heuristic.

The above-mentioned circumstances are included in presented in the article the concept of the information knowledge system supporting the heuristic. The information knowledge system combines the functionalities of an information and searching system and an expert system.