Ewa KONARZEWSKA-GUBAŁA

WSPOMAGANIE INTELIGENTNE DECYZJI W SYSTEMIE „KOMPROMIS"

Wstęp

Aktualny rozwój badań operacyjnych i ich zastosowań w sferze zarządzania wskazuje na dwie podstawowe tendencje:

1) w zakresie badań teoretycznych – opracowywanie podejść i narzędzi modelowania tzw. słabo ustrukturalizowanych („miękkich") problemów decyzyjnych (zob. [3], [9], [11]),

2) w sferze zastosowań – wykorzystanie techniki komputerowej, głównie w ramach koncepcji tzw. systemów wspomagania decyzji oraz systemów z bazą wiedzy (zob. [1], [10], [14], [17]).

Najpowszechniej występującą w praktyce klasą słabo ustrukturalizowanych problemów decyzyjnych są zagadnienia, w których jakość decyzji oceniana jest z punktu widzenia więcej niż jednego kryterium. W dziedzinie teorii podejmowania decyzji w warunkach wielości kryteriów istnieje bogactwo podejść, modeli oraz metod analizy i optymalizacji decyzji (zob. [4], [6], [11]). Część metod i algorytmów została oprogramowana w postaci tzw. *stand-alone* systemów, tj. programów pojedynczych algorytmów wyposażonych w interface użytkownika i zbiory danych (zob. np. [7], [9], [13], [15]).

Obecne wysiłki w dziedzinie tworzenia systemów wspomagania decyzji opartych na metodologii wielokryterialnej analizy i optymalizacji decyzji zmierzają do konstrukcji systemów charakteryzujących się wyższym stopniem integracji podstawowych elementów systemu wspomagania decyzji (metody, dane, interface użytkownika) przez tworzenie bazy modeli oraz bazy dialogów złożonej z systemu generowania i zarządzania dialogiem (zob. [5], [8]).

Zintegrowane w ten sposób systemy wspomagania decyzji ułatwiają dobór i konstruowanie modelu odpowiednio do danej sytuacji decyzyjnej, a tym samym stwarzają warunki do praktycznych wdrożeń metod wspomagania podejmowania decyzji.

Jednakże wobec zróżnicowanej natury rzeczywistych problemów decyzyjnych z jednej strony oraz bogactwa i różnorodności narzędzi analizy wielokryterialnej z drugiej wykorzystanie tych ostatnich w praktyce wciąż jest ograniczone przez to, iż potencjalny użytkownik metodologii wielokryterialnej musi mieć lub pozyskiwać wiedzę eksperta (analityka problemu), aby trafnie sformułować model problemu i dobrać odpowiednią metodę lub metody. Powstaje więc uzasadniona potrzeba tworzenia „inteligentnych" systemów komputerowych, które wspomagałyby użytkowników w pokonywaniu wymienionych trudności, integrując wiedzę i doświadczenie zarówno o modelach, jak i o problemach.

System KOMPROMIS jest zintegrowanym, konwersacyjnym pakietem programów (modułów) analizy i optymalizacji wielokryterialnej, o cechach inteligentnego systemu wspomagania decyzji, przygotowanym do pracy na mikrokomputerach klasy IBM PC.

System KOMPROMIS (wersja 1.0) został opracowany w Katedrze Badań Operacyjnych AE we Wrocławiu przez zespół: W. Bukietyński, E. Konarzewska-Gubała, J. Majchrzak, M. Nowiński, M. Rymarczyk, L. Warężak w ramach tematu CPBP 10.9.VI.6 „Optymalizacja komputerowa i jej wykorzystanie do zarządzania" realizowanego w latach 1990-1991.

Bazę modeli w systemie tworzą wybrane, oprogramowane algorytmy analizy i optymalizacji wielokryterialnej odnoszące się do ciągłych i dyskretnych problemów decyzyjnych.

Baza danych tworzona jest w formie zbiorów danych wprowadzanych przez użytkownika (w szczególności może zostać utworzona za pomocą dowolnego edytora tekstowego).

Baza dialogów w systemie zorganizowana jest na dwóch poziomach:

1) Na poziomie systemu stwarza użytkownikowi możliwość korzystania z bazy modeli, tj. prowadzi go, w ramach opracowanej sieci semantycznej, do wyboru odpowiedniego modelu analizy decyzji.
2) Na poziomie modułów systemu umożliwia:
   - wprowadzanie danych dotyczących rozpatrywanego zagadnienia (w sposób aktywny – z klawiatury, bądź pasywny – wczytanie z wcześniej założonego zbioru),
   - ingerencję w postać modelu i zestaw jego parametrów, odzwierciedlającą subiektywną ocenę przez użytkownika otrzymanych rozwiązań na poszczególnych etapach komputerowej realizacji.

Zakres możliwej ingerencji użytkownika jest zróżnicowany w poszczególnych modułach systemu, w zależności od specyfiki modelu.

Przedstawiamy zakres wspomagania, bazę modeli oraz modułową strukturę systemu KOMPROMIS.

1. Zakres wspomagania w systemie „KOMPROMIS"

Teoria i praktyka wielokryterialnego podejmowania decyzji przekonują, iż poszukiwanie rozwiązania problemu jest w istocie sprawą drugorzędną wobec podstawowej trudności określenia koncepcji tego rozwiązania należącej do fazy formułowania problemu.

Wspomaganie decyzji wielokryterialnych zaprojektowane w systemie KOMPROMIS dotyczy dwu zasadniczych faz procesu strukturalizacji problemów decyzyjnych w warunkach wielorakości celów:

A: identyfikacji problemu użytkownika i wyboru postaci modelu analizy decyzji,

B: konstrukcji modelu oraz poszukiwania i oceny rozwiązania (rozwiązań).

Przesłanką w określeniu koncepcji „najlepszej" („najlepszych") decyzji w warunkach wektorowej oceny wariantów decyzji może być rodzaj (jakość) i liczba informacji o problemie, w szczególności o celach decyzji i systemie wartości reprezentowanym przez decydenta (zob. [6], rozdz. 3).

Wspomaganie użytkownika systemu KOMPROMIS w wyborze modelu analizy i optymalizacji decyzji odbywa się na podstawie odpowiedzi użytkownika dotyczących różnych aspektów jego problemu, przede wszystkim:

- ostatecznego celu analizy decyzji (wybór problematyki),
- postaci zbioru rozpatrywanych wariantów decyzyjnych,
- systemu preferencji względem celów decyzji i zakresu ich wzajemnej kompensacji,
- innych oczekiwań użytkownika (decydenta lub występującego w jego imieniu analityka) odnośnie do procedury i oceny wariantów decyzyjnych.

W systemie wykorzystano modele i metody wielokryterialnej analizy i optymalizacji decyzji obejmujące stosunkowo szerokie spektrum zadań decyzyjnych, w szczególności problemy:

- wyboru i porządkowania,
- ciągłe i dyskretne,
- w których decydent ma określony system preferencji i takie, w których takiego systemu nie ma (przynajmniej na początku procedury analitycznej).

Zastosowane podejścia należą w części do kanonu metodologii wielokryterialnej opartej na koncepcji decyzji sprawnej i procedurach generowania zbioru rozwiązań sprawnych oraz na skalaryzacji wielokryterialnych problemów optymalizacyjnych. Do repertuaru modeli włączono również podejścia niekonwencjonalne, oparte na przeformułowanej aksjomatyce teoriodecyzyjnej (zob. [9]) i koncepcji systemów relacyjnych preferencji typu przewyższania (zob. [11]).

Z punktu widzenia przebiegu wielu rzeczywistych procesów decyzyjnych ważne jest, że zastosowana w systemie baza modeli i metod może wspomagać użytkownika zarówno we wstępnej selekcji wariantów decyzji, jak i przy opracowywaniu finalnej decyzji.

2. Baza modeli decyzyjnych

W modułach systemowych wykorzystano następujące modele i metody wielokryterialnej analizy i optymalizacji decyzji:

1) Metoda ADBASE generowania zbioru rozwiązań sprawnych w modelach wielokryterialnego programowania liniowego (WPL) [4], [15].
2) Modele WPL skalaryzowane za pomocą następujących funkcji kompromisu [4], [6]: a) wagowej, b) ułamkowej, c) leksykograficznej, d) dystansowej.
3) Model i metoda BIPOLAR wielokryterialnej analizy decyzji w problemach dyskretnych oparta na koncepcji bireferencyjnej oceny decyzji [7], [9].
4) Model i zmodyfikowana metoda ELECTRE IV wielokryterialnej analizy decyzji w problemach dyskretnych oparta na koncepcji struktury wiarygodności preferencji [16].
5) Model i metody PROMETHEE wielokryterialnej analizy decyzji w problemach dyskretnych z zastosowaniem koncepcji uogólnionego kryterium [2].
6) Modele i procedury „filtrujące" skończony zbiór rozwiązań niezdominowanych w problemach selekcji pojedynczych decyzji [15].

ad 1) *Metoda ADBASE* (*Adjacent Efficient Basis Procedure*) jest metodą generowania wszystkich wierzchołków sprawnych oraz nieskończonych krawędzi sprawnych (jeżeli takie istnieją) zbioru rozwiązań dopuszczalnych liniowego zadania maksymalizacji wektorowej:

$$\text{Max } \{\mathbf{C}\mathbf{x} + a \mid \mathbf{x} \in D\},$$

gdzie:

$$D = \{\mathbf{x}: \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \mid \mathbf{A}_k\mathbf{x} \leq \mathbf{b}_k, \quad \mathbf{A}_e\mathbf{x} = \mathbf{b}_e, \quad \mathbf{A}_s\mathbf{x} \geq \mathbf{b}_s\}.$$

Etapem wyjściowym metody jest wyznaczenie pierwszego bazowego rozwiązania sprawnego (pierwszego elementu zbioru wierzchołków sprawnych D). Kolejne elementy zbioru D wyznacza się przez ustalenie, która z baz sąsiednich bazy odpowiadającej wyznaczonemu wierzchołkowi sprawnemu jest również bazą sprawną. W celu znalezienia pierwszej sprawnej bazy w metodzie ADBASE używa się pięciu alternatywnych procedur obliczeniowych.

Poza wierzchołkami i krawędziami sprawnymi w metodzie ADBASE wyznacza się rozwiązania słabo sprawne oraz rozwiązania optymalne ze względu na poszczególne funkcje kryterium.

Z przedstawionej idei metody wynika m.in., że czas generowania zbioru D_{SW} zależy nie tylko od liczby warunków ograniczających zadania wyjściowego, lecz i od liczby funkcji celu występujących w zadaniu.

ad 2) *Modele WPL* (*Wielokryterialnego Programowania Liniowego*) ze skalarną funkcją kompromisu służą do punktowego wyznaczania jednego rozwiązania (ze zbioru rozwiązań sprawnych) i mogą wspomagać decydenta w fazie przygotowywania propozycji końcowej decyzji. Typ przyjętego kompromisu wynika z rodzaju informacji o problemie będącej w dyspozycji analityka.

W systemie KOMPROMIS wykorzystano następujące odmiany modelu WPL:

a) *Model z wagową funkcją kompromisu* postaci:

$$\text{Max (Min)} \{\mathbf{w}^T \mathbf{C}\mathbf{x} \mid \mathbf{x} \in D\},$$

gdzie

$$D = \{\mathbf{x}: \mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{b}, \quad \mathbf{x} \geq \mathbf{0}, \quad \mathbf{b} \geq \mathbf{0}\}$$

oraz $\mathbf{w} \in \mathbf{R}^k$ jest ustalone i spełnia:

$$\mathbf{w}_i \in \langle 0, 1\rangle, \qquad i = 1, 2, \ldots, k, \qquad \sum_i \mathbf{w}_i = 1.$$

Przesłanką sformułowania modelu jest informacja o preferencjach użytkownika w postaci współczynników wagowych poszczególnych funkcji celu. Algorytm rozwiązujący model to konwencjonalna metoda simplex.

b) *Model z ułamkową funkcją kompromisu*:

$$\text{Max} \left\{ \frac{\mathbf{c}^{(1)}\mathbf{x} + \mathbf{c}_0^{(1)}}{\mathbf{c}^{(2)}\mathbf{x} + \mathbf{c}_0^{(2)}} \;\middle|\; \mathbf{x} \in D, \mathbf{c}^{(2)}\mathbf{x} + \mathbf{c}_0^{(2)} > 0 \right\}$$

sformułowany dla przypadku wyjściowego zadania dwukryterialnego postaci:

$$\left[\text{Max } \mathbf{c}^{(1)}\mathbf{x} + \mathbf{c}_0^{(1)}, \quad \text{Min } \mathbf{c}^{(2)}\mathbf{x} + \mathbf{c}_0^{(2)}\right], \qquad \mathbf{x} \in D$$

gdzie D jest określone jak w punkcie *a*.

Sformułowanie tego modelu jest uzasadnione w przypadku istnienia kategorii o strukturze ilorazowej wiążącej treści wyrażane przez funkcje licznika i mianownika, na przykład maksymalizacja rentowności może wyrażać jednocześnie dążenie do maksymalizacji zysku i minimalizacji kosztów. Algorytm rozwiązujący model to metoda programowania hiperbolicznego Martosa wykorzystująca transformację zadania w zadanie programowania liniowego.

c) *Model z sekwencyjną (leksykograficzną) funkcją kompromisu*, w którym na podstawie zidentyfikowanej hierarchii celów decydenta oraz przyjętego poziomu rezerwacji celów S (dokładnie, współczynnik dopuszczalnego pogorszenia się wartości optymalnej każdej z funkcji) rozważa się następujący ciąg zadań programowania liniowego:

$$\text{Max}\left\{\mathbf{f}_{h+1} = \mathbf{c}_{h+1}^{\mathrm{T}}\mathbf{x} \,|\, \mathbf{x} \in D_h\right\} \quad \text{dla} \quad h = 1, 2, \ldots, k-1,$$

gdzie:

$$D_0 = \{\mathbf{x}: \mathbf{Ax} = \mathbf{b}, \quad \mathbf{x} \geq \mathbf{0}, \mathbf{b} \geq \mathbf{0}\},$$

$$D_h = D_{h-1} \cap \left\{\mathbf{x}: \mathbf{c}_h^{\mathrm{T}}\mathbf{x} \geq \mathbf{f}_h^*(1-\mathbf{S}), \quad h = 1, 2, \ldots, k-1\right\},$$

$$\mathbf{f}_1^* = \text{Max}\left\{\mathbf{f}_1 = \mathbf{c}_1^{\mathrm{T}}\mathbf{x} \,|\, \mathbf{x} \in D_0\right\},$$

$$\mathbf{f}_h^* = \text{Max}\left\{\mathbf{f}_h = \mathbf{c}_h^{\mathrm{T}}\mathbf{x} \,|\, \mathbf{x} \in D_h\right\}, \quad h = 1, 2, \ldots, k-1.$$

Zadanie to ma rozwiązanie, jeżeli $D_0 \neq \emptyset$. Rozwiązanie zależy zarówno od kolejności (hierarchii) maksymalizowanych funkcji kryterium, jak i od przyjętego poziomu rezerwacji S wartości poszczególnych kryteriów.

d) *Modele z dystansową funkcją kompromisu* (*zwaną też funkcją strat*), w których jakość dowolnej decyzji ze zbioru decyzji dopuszczalnych oceniana jest na podstawie odległości obrazu decyzji w przestrzeni kryterialnej od pewnego, wyróżnionego punktu tej przestrzeni, nazywanego *punktem* (*rozwiązaniem*) *idealnym* F*

$$\mathbf{F}^* = \left[\mathbf{f}_1^*, \mathbf{f}_2^*, \ldots, \mathbf{f}_k^*\right],$$

gdzie

$$\mathbf{f}_h^* = \text{Max}\left\{\mathbf{c}_h^{\mathrm{T}}\mathbf{x} \,|\, \mathbf{x} \in D\right\}$$

w przypadku wyjściowego zadania maksymalizacji wektorowej.

Są to modele formułowane zazwyczaj w warunkach braku informacji o preferencjach decydenta lub też w wypadku wyraźnego sformułowania postulatu równorzędnego traktowania wszystkich występujących w problemie funkcji celu.

Różne postacie modelu z funkcją strat wynikają z odmiennych definicji odległości w przestrzeni kryteriów.

ad 3) *Model i metoda BIPOLAR* zostały zaprojektowane jako narzędzie wspomagające decydenta w analizie dyskretnych problemów decyzyjnych, w których obiekty (warianty decyzyjne) oceniane są z punktu widzenia więcej niż jednego kryterium, na skalach liczbowych, porządkowych lub binarnych, a oceny kryte-

rialne powinny przybierać wartości możliwie największe lub możliwie najmniejsze albo też określone wartości skończone. Decydent zaś (osoba lub ciało kolegialne) zamierza wyselekcjonować wariant najlepszy z możliwych bądź wysortować zbiór wariantów zadowalających w celu dalszej ich analizy czy też uporządkować warianty od najlepszego do najgorszego.

Niezależnie od ostatecznego celu przeprowadzanej analizy wielokryterialnej wariantów decyzji, podstawowe pytanie, na które BIPOLAR próbuje dać odpowiedź swojemu użytkownikowi, brzmi: „Jak «dobry» i/lub jak «zły» jest rozpatrywany przez ciebie wariant decyzji?", przy czym odpowiedź tę próbuje dać w kategoriach prognozy sukcesu i/lub porażki, a nie tylko oceny zaszłości czy stanu istniejącego. Istota bowiem analizy polega na tym, że badane obiekty – warianty decyzyjne nie są porównywane między sobą, lecz konfrontuje się je z innym zbiorem obiektów, obiektów odniesienia, ukonstytuowanym w tzw. *bipolarny system referencyjny*.

Model BIPOLAR dotyczy decydenta (indywidualnego lub grupowego), w stosunku do którego przyjmuje się, iż odpowiednio do swych doświadczeń i wiedzy, a także na przykład specjalnie w tym celu zebranych opinii i przeprowadzonych studiów, jest on w stanie określić taki system w postaci dwóch zbiorów rzeczywistych obiektów z następującymi „referencjami": jeden złożony z przypadków wzorcowych realizacji danego typu decyzji oraz drugi utworzony z przypadków o zdecydowanie negatywnej ocenie.

W metodzie konstruuje się na podstawie koncepcji rozmytej relacji przewyższania system relacyjny preferencji typu przewyższania.

ad 4) *Model wielokryterialnej analizy i wspomagania decyzji* przewidziany w *metodzie ELECTRE IV* dotyczy dyskretnych problemów decyzyjnych, w których poszczególne warianty decyzji ocenia się z punktu widzenia skończonej liczby kryteriów ściśle mierzalnych, o których zakłada się, że tworzą tzw. spójną rodzinę kryteriów (por. [11], s. 218), a ponadto, że decydent nie chce lub nie umie ocenić ważności poszczególnych kryteriów względem pozostałych. Celem analizy jest uporządkowanie (ranking) wariantów w sensie relacji częściowego porządku (niekiedy zupełnego).

Na procedurę analityczną metody składają się trzy etapy:

- Konstrukcja systemu relacji przewyższania na zbiorze wariantów decyzyjnych. Relacje te wyrażają dla każdej pary (a, b), w jakiej mierze można przyjąć hipotezę, że a jest nie gorsze od b. Skonstruowana w omawianej metodzie struktura relacyjna przewyższania nosi nazwę struktury wiarygodności.
- Określenie dwóch odrębnych porządków na zbiorze ocenianych obiektów. Uporządkowania te otrzymuje się na drodze tzw. destylacji zstępującej oraz wstępującej. W efekcie pierwszej obiekty są selekcjonowane ze zbioru

początkowego od najlepszych do najgorszych. W przypadku procedury wstępującej „destyluje się" najpierw obiekty najgorsze.

- Konstrukcja części wspólnej porządków. W ogólnym przypadku intersekcja porządków prowadzi do określenia porządku częściowego na zbiorze ocenianych wariantów decyzyjnych, uwidaczniającego sytuacje nieporównywalności między wariantami.

ad 5) *Model i metody PROMETHEE* (*I i II*) należą również do klasy metod ze strukturą preferencji typu przewyższania. Analizują zagadnienia, w których skończony zbiór wariantów decyzji oceniany jest z punktu widzenia skończonej liczby kryteriów ściśle mierzalnych, maksymalizowanych lub minimalizowanych.

Procedura analityczna przebiega w dwóch fazach:

– Konstrukcja relacji przewyższania na zbiorze wariantów decyzyjnych.

– Wykorzystanie tej relacji do uporządkowania częściowego (PROM.I) i/lub zupełnego (PROM.II) wariantów.

Zakłada się, że decydent potrafi określić wagi kryterialne oraz typ funkcji preferencji i jej parametry związane z każdym kryterium. Ma tu zastosowanie pojęcie uogólnionego kryterium i sześć jego odmian (zob. [2], s. 231).

3. Struktura systemu

System KOMPROMIS ma strukturę modułową, na którą składa się siedem programów o nazwach: EXPERT, ND_MOLP, F_MOLP, FILTR, BIPOLAR, ELECTRA, PROMET.

Moduły nie pełnią jednorodnej funkcji w systemie. Sześć spośród nich: ND_MOLP, F_MOLP, BIPOLAR, PROMET, ELECTRA oraz FILTR zawierają bazę modeli i metod systemu.

Moduł ND_MOLP (*NonDominated solutions of MultiObjective Linear Programming*) zawiera oprogramowanie metody ADBASE w postaci „zacytowanego" fragmentu oryginalnego pakietu „ADBASE: MOLP-Computer Package" opracowanego przez R. Steuera (zob. [15]).

Moduł F_MOLP (*Final Solutions of MOLP*) zawiera oprogramowanie modeli WPL (*Wielokryterialnego Programowania Liniowego*) w wyborze przedstawionym w punkcie 3.

Mooduł FILTR wykorzystuje („cytuje") oprogramowanie następujących procedur filtrujących: FILTER, UTILITY, VECTOR, LAMBDA stanowiące integralną część pakietu „ADBASE: MOLP-Computer Package" opracowanego przez R. Steuera [15], [16].

Moduł BIPOLAR (*Multiple Criteria Decision Aid using Bipolar Reference System*) wykorzystuje („cytuje") funkcjonujący pod tą nazwą system typu *stand-alone* opracowany przez E. Konarzewską i Z. Perkala (zob. [7], [9]).

Moduł ELEKTRA zawiera oprogramowanie metody ELECTRE IV B. Roy i J. C. Hugonnarda w wersji przedstawionej w pracy [13].

Moduł PROMET tworzy oprogramowanie metod PROMETHEE I i II opracowanych przez J. P. Bransa, Ph. Vincke'a oraz B. Marschala w wersji przedstawionej przez autorów w pracy [2].

Wspomaganie użytkownika realizowane w wyżej wymienionych modułach dotyczy fazy formułowania modelu oraz poszukiwania i oceny rozwiązania (faza B), a więc już po podjęciu decyzji co do koncepcji rozwiązania problemu i postaci modelu formalnego.

Wspomaganie fazy wyboru modelu (faza A) realizowane jest w module EXPERT. Program ten zawiera elementarną bazę wiedzy zorientowaną na podstawie diagnozy w kwestii identyfikacji problemu użytkownika i wyboru modelu jego strukturalizacji.

Zakończenie

Prezentowany pakiet jest systemem otwartym. Budowa modułowa, funkcje w module pozwalają na łatwe rozszerzenie jego zakresu merytorycznego. Autorzy wyrażają opinię, iż oferowany w systemie zakres wspomagania użytkownika będzie rozszerzany, zważywszy na istniejące bogactwo modeli i metod wielokryterialnej analizy i optymalizacji decyzji i na jeszcze różnorodniejszy repertuar rzeczywistych problemów decyzyjnych.

Literatura

[1] **Bodily S. E.**, Modern Decision Making – A Guide to Modeling with Decision Support Systems, McGraw-Hill, New York 1985.

[2] **Brans J. P., Vincke Ph., Marschal B.**, How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE method. EJOR, 24, 1986.

[3] **Findeisen W.** (red.), Analiza systemowa. Podstawy i metodologia, PWN, Warszawa 1985.

[4] **Galas Z., Nykowski I.**, Programowanie wielokryterialne, PWE, Warszawa 1987.

[5] **Jelassi M. T.**, MCDM From „stand-alone" Methods to Integrated and Intelligent DSS, w: **Sawaragi Y., Inoue K., Nakayama H.**, Towatrd Interactive and Intelligent Deci

sion Support, vol. 2, Lecture Notes in Economics and Math. Systems, vol 285, Springer Verlag, 1987.

[6] **Konarzewska-Gubała E.**, Programowanie przy wielorakości celów, PWN, Warszawa 1980.

[7] **Konarzewska-Gubała E.**, BIPOLAR: Multiple Criteria Decision Aid using Bipolar Reference System. Document du LAMSADE, Paris 1989.

[8] **Konarzewska-Gubała E.**, Komputerowe systemy wspomagania w problemach wielokryterialnej analizy i optymalizacji decyzji, Prace Naukowe AE we Wrocławiu, 500, Wrocław 1989.

[9] **Konarzewska-Gubała E.**, Wspomaganie decyzji wielokryterialnych. System BIPOLAR, Prace Naukowe AE we Wrocławiu, 551, Wrocław 1991.

[10] **Radzikowski W.**, Komputerowe systemy wspomagania decyzji, PWE, Warszawa 1990.

[11] **Roy B.**, Wielokryterialne wspomaganie decyzji, WNT, Warszawa 1990.

[12] **Roy B., Hugonnard J. C.**, Ranking of Suburban Line Extension Projects on the Paris Metro System by a Multicriteria Method. Transportation Research, 1982, vol 16A, 4.

[13] **Skalka J. M., Boussou D., Bernabeu Y. A.**, ELECTRE III et IV – Aspects methodologiques et guide d'utilisation. Documents du LAMSADE, Paris 1986.

[14] **Singh M. G.** i inni, Managerial Decision Support Systems, North-Holland 1988.

[15] **Steuer R.**, ADBASE Transmittal Package (Version 9/89), Department of Management Science and Information Technology, University of Georgia, Athens, Georgia, USA 30602.

[16] **Steuer R.**, ADBASE Operating Manual (ver 9/89). Part III Auxiliary Programs. University of Georgia, Athens.

[17] **Turban E.**, Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems (sec. ed.), Macmillan Publ. Company, New York 1990.