POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

pod redakcją:
Jana Studzińskiego
Ludosława Drelichowskiego
Olgierda Hryniewicza

ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 28

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2001

ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

pod redakcją
Jana Studzińskiego, Ludosława Drelichowskiego
i Olgierda Hryniewicza

Wydano z wykorzystaniem dotacji KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju w zakresie rozwoju technologii, modeli i systemów informatycznych oraz ich zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki narodowej. Wyodrębnioną grupę stanowią artykuły aplikacyjne omawiające wyniki projektów badawczych i celowych KBN.

Recenzenci artykułów:

Dr hab. inż. Ryszard Budziński, prof. US
Prof. dr hab. inż. Janusz Kacprzyk
Dr hab. Adam Kopiński, prof. AE we Wrocławiu
Doc dr hab. inż. Marek Libura
Prof. dr hab. inż. Andrzej Straszak

ISBN 83-85847-59-6
ISSN 0208-8028

Rozdział 5

Modele i systemy wspomagania decyzji w zarządzaniu i technice

MEDIATOR PLUS
ORGANIZACJA SYSTEMU I ALGORYTMY

Hanna Bury, Dariusz Wagner
Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa

MEDIATOR PLUS.
SYSTEM ORGANIZATION AND ALGORITHMS

In the paper the basic features of a new version of computer decision support system Mediator plus are presented. Presently, the main attention is focused on one of the group work aspects, i.e. on the problem of determining group opinion. The system may be also of some help in organization of a session, when experts present their judgements on topics under consideration, e.g. preparation of an agenda, list of problems to be discussed, application of selected algorithms of group opinion determining. The experts judgements may have the form of preference order of the whole set of objects orders or pairwise comparisons. Moreover, experts' judgements may be given in the order as well in the number scale. Some algorithms are also described. Proposition of graphics interpretation of the results obtained are presented.

1. Wstęp

Problemy decyzyjne, jakie mogą być rozwiązywane za pomocą systemu Mediator plus należą do grupy zadań ekspertyzy. Zadanie ekspertyzy można ogólnie sformułować w następujący sposób [Bury, Wagner (2000a)].

Dany jest zbiór n obiektów (wariantów), które należy uporządkować lub wybrać obiekt (obiekty) najlepszy (najlepsze) ze względu na przyjęte kryterium lub zbiór kryteriów, zazwyczaj nie poddających się sformułowaniu w postaci wyrażeń matematycznych. Uporządkowania lub wyboru należy dokonać na podstawie opinii zespołu K ekspertów. Jeżeli nie zostanie wprowadzone pojęcie kompetencji eksperta, to opinie wszystkich ekspertów uważane są za równocenne. Wynik końcowy tak określonego procesu ekspertyzy nosi nazwę oceny grupowej. Jeżeli liczba analizowanych obiektów jest znaczna, rozważane jest więcej niż jedno kryterium wyboru oraz zespół ekspertów jest liczny należy zastosować komputerowy system wspomagający pracę grupową.

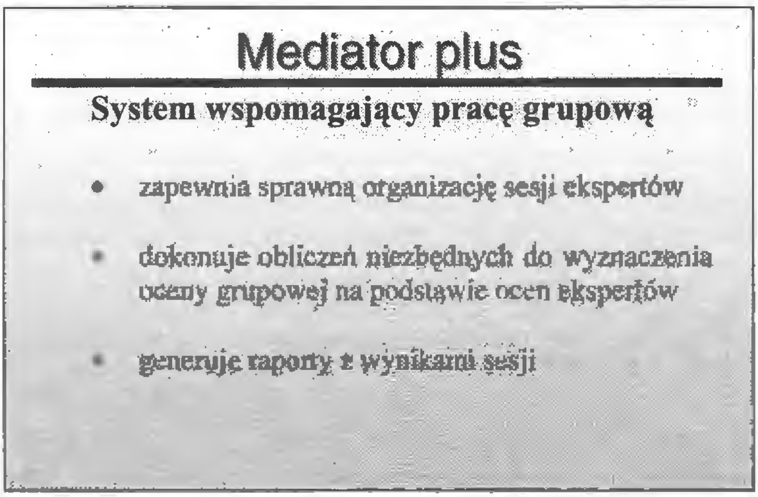
Celem systemu wspomagającego pracę grupową jest:

- zapewnienie sprawnej organizacji sesji ekspertów
- dokonanie obliczeń niezbędnych do wyznaczenia oceny grupowej
- przedstawienie w postaci odpowiednich raportów wyników sesji

2. Organizacja pracy grupowej przy użyciu systemu **Mediator plus**

Przyjęto, że system powinien zapewnić użytkownikowi następujące możliwości [Bury, Wagner (2000a)]:

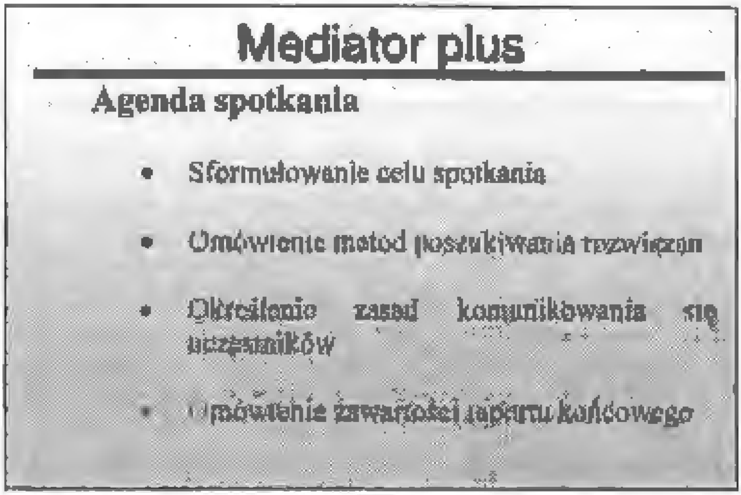
- interakcyjny tryb pracy
- dostęp do bieżącej pomocy kontekstowej dotyczącej zarówno obsługi programu, jak również informacji o algorytmach wyznaczania oceny grupowej, które można zastosować
- inicjowanie, monitorowanie i sprawdzanie poprawności wprowadzania danych przez użytkownika za pomocą systemu okien dialogowych
- generowanie wyników i informacji o przebiegu pracy
- przyjazny dla użytkownika charakter pracy z programem.



3. Schemat sesji z udziałem ekspertów wspomaganej przez system **Mediator plus**

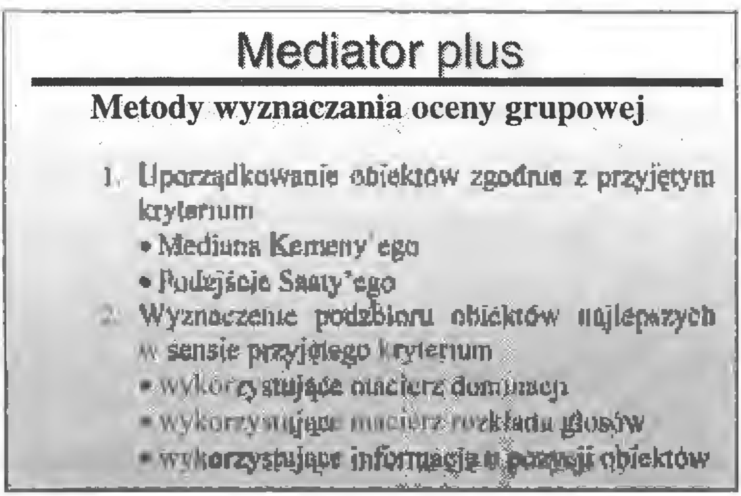
<u>3.1. Etap wstępny</u>

- informacja o spotkaniu oraz określenie jego celu,
- określenie liczby uczestników oraz sporządzenie ich listy, ustalenie zasad wymiany informacji między ekspertami [Bury, Wagner (2000a)],
- ustalenie porządku spotkania.

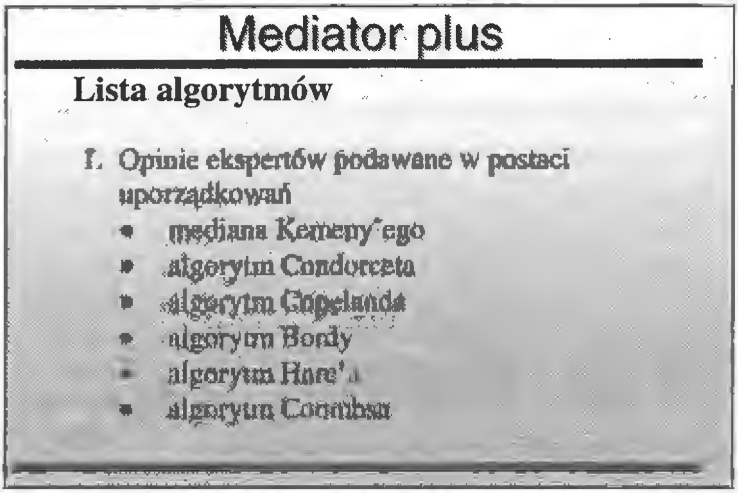


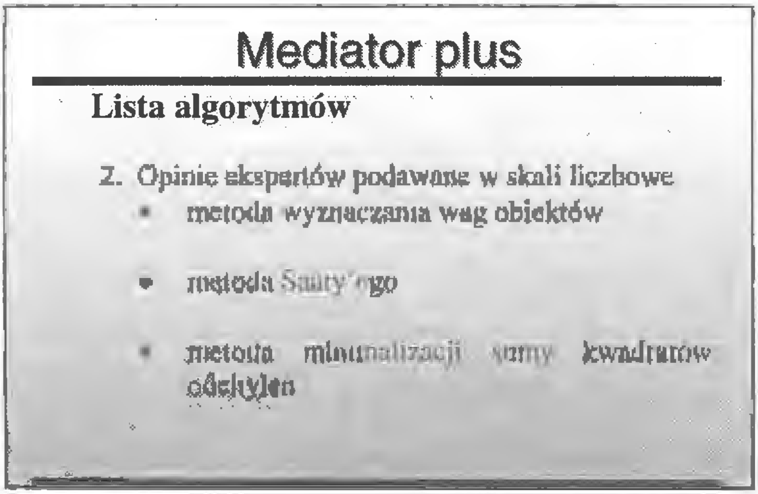
3.2. Rozpoczęcie pracy z programem Mediator

- informacja o programie



- lista algorytmów – w zależności od sposobu, w jaki eksperci podają swoje opinie, można wybrać algorytm z odpowiedniej grupy





- wyświetlanie opisów wybranych algorytmów
- sformułowanie problemu - zadaniem ekspertów jest uporządkowanie, zgodnie z przyjętym kryterium, obiektów z podanej listy
- przedstawienie listy obiektów oraz jej modyfikacja
- informacja o sposobie wprowadzania ocen – w skali porządku lub w skali liczbowej
- inicjalizacja bazy danych, logowanie użytkowników – system **Mediator plus** został oprogramowany za pomocą pakietu Borland Delphi z wykorzystaniem systemu bazy danych Borland InterBase.

- wprowadzanie opinii ekspertów poprzez wypełnianie wyświetlanych na ekranie formularzy, którym towarzyszą okna informacyjne oraz pomocy kontekstowej
- wyznaczenie oceny grupowej za pomocą algorytmu wybranego przez prowadzącego sesję
- wyświetlanie oceny grupowej odniesionej do oceny podanej przez i-tego eksperta
- sporządzenie raportu o wyniku sesji, podanie dodatkowych informacji o przebiegu sesji (statystyki rozkładu głosów, prezentacja graficzna)

3.3. Dyskusja wyników, akceptacja /lub nie raportu końcowego

- umożliwienie zainteresowanym użytkownikom modyfikacji ocen, ponowne wyznaczenie oceny grupowej i uzupełnienie raportu.

4. Algorytmy wyznaczania oceny grupowej

Jednym z podstawowych zagadnień wiążących się z praktycznym zastosowaniem ocen grupowych jest wybór algorytmu służącego temu celowi. W zasadzie można wyróżnić dwie grupy algorytmów. Pierwszą stanowią algorytmy, w których ocena grupowa jest tworzona na podstawie macierzy porównań parami; w algorytmach drugiej grupy wykorzystuje się informację o pozycji obiektu w uporządkowaniu. Przedstawicielem pierwszej grupy jest algorytm podany przez markiza Condorceta, drugiej zaś algorytm Bordy i metoda większości. Oba algorytmy – Bordy i Condorceta – zostały opracowane w XVIII w. dla celów ustalania zwycięzcy wyborów.

Dotychczas uważano, że najlepszą metodą tworzenia oceny grupowej jest metoda Condorceta. Nie zawsze jednak zastosowanie tej metody pozwala wyznaczyć ocenę grupową, bowiem nie zawsze istnieje „zwycięzca w sensie Condorceta" [1]. Fakt ten spowodował, że wciąż poszukiwano nowych metod, które wykorzystując ideę Condorceta pozwalałyby w każdym przypadku wyznaczyć ocenę grupową tak, jak to ma miejsce w przypadku metody Bordy.

Wiadomo od dawna [Nurmi (2000b)], że ocena grupowa wyznaczona metodą Condorceta nie musi być taka sama, jak określona metodą Bordy. Jedno z rozwiązań tego zagadnienia podał Black (1958) proponując, aby jako rozwiązanie grupowe przyjmować zwycięzcę w sensie Condorceta – jeżeli istnieje, w przeciwnym przypadku należy stosować metodę Bordy. Oczywiście, również metoda Bordy doczekała się wielu modyfikacji. Z praktyki wynika, że istniejące metody nie pozwalają uzyskać zadowalających wyników w każdym konkretnym przypadku, dlatego wciąż powstają nowe metody.

Ciekawy przykład pokazujący, jak różne mogą być oceny grupowe uzyskane przy użyciu różnych metod, podał D.G. Saari (1995).

[1] Zwycięzcą w sensie Condorceta jest obiekt, który w wyniku porównań parami został przez większość ekspertów uznany za lepszy od wszystkich pozostałych [Nurmi (2000b)].

Ostatnio coraz częściej zwraca się uwagę, że metoda Condorceta ma pewne zasadnicze wady związane z faktem, że nie daje ona możliwości rozróżnienia, czy oceny ekspertów spełniają warunek przechodniości, czy też nie. Należy podkreślić, że jest to wada wszystkich metod, których podstawę stanowi macierz porównań parami. Wada ta wiąże się z tak zwanym paradoksem Condorceta [Saari (1995)], [Nurmi (2000b)] lub, inaczej mówiąc, z występowaniem ekspertów „nie myślących racjonalnie" [Saari (1995)]. W przypadku trzech obiektów O_1, O_2, O_3 paradoks Condorceta ma miejsce, gdy ekspert poda następujące wyniki porównań parami:

O_1, O_2; O_2, O_3; O_3, O_1 [2)]

D.G. Saari (1995) podał ciekawy przykład pokazujący, że w przypadku anonimowości ocen nie można rozróżnić, czy opinie ekspertów podawane w postaci porównań parami są przechodnie, czy też nie. W tabeli poniżej w wierszach przedstawione są wyniki porównań parami trzech obiektów (podane przez ekspertów I, II i III), spełniające warunki przechodniości. Indeksem k (k=1, 2, 3) oznaczono wyniki porównań parami podane przez hipotetycznego k-tego eksperta, które nie spełniają warunku przechodniości

$(O_1, O_2)_1$, $(O_2, O_3)_2$, $(O_1, O_3)_3$: Ekspert I

$(O_2, O_1)_3$, $(O_2, O_3)_1$, $(O_3, O_1)_2$, : Ekspert II

$(O_1, O_2)_2$, $(O_3, O_2)_3$, $(O_3, O_1)_1$: Ekspert III

Niektórzy autorzy [Saari (1995)] uważają, że metoda Bordy powinna być traktowana jako metoda wzorcowa. Jednakże i w przypadku tej metody mamy do czynienia z paradoksem polegającym na trudności jednoczesnego spełnienia dwóch intuicyjnie oczywistych wymagań:

i) obiekt, który został uznany za najlepszy przez większość ekspertów powinien być również najlepszy w sensie oceny grupowej,
ii) obiekt, który w wyniku porównań parami został uznany za gorszy od pozostałych przez większość ekspertów, nie powinien w ocenie grupowej zajmować pierwszego miejsca.

H.Nurmi (2000a) podał następujący przykład ilustrujący ten paradoks.

Załóżmy, że 9 ekspertów oceniało trzy obiekty O_1, O_2, O_3. Uporządkowania podane przez ekspertów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.

Eksperci	1-4	5-7	8-9
Uporządkowania	O_1, O_2, O_3	O_2, O_3, O_1	O_3, O_2, O_1

[2)] Zapis O_1, O_2 oznacza, że obiekt O_1 jest lepszy od obiektu O_2 w sensie przyjętego kryterium.

Rozkład głosów ekspertów podano w tabeli 2.

Tabela 2.

	O_1	O_2	O_3
O_1	-	4	4
O_2	5	-	7
O_3	5	2	-

WB_1[3] $= 2{\cdot}4+1{\cdot}0+0{\cdot}3 = 8$

$WB_2 = 2{\cdot}3+1{\cdot}6+0{\cdot}0 = 12$

$WB_3 = 2{\cdot}2+1{\cdot}3+0{\cdot}4 = 7$

Obiekt O_1 został umieszczony na pierwszej pozycji przez 4 ekspertów, obiekt O_2 przez 3 ekspertów a obiekt O_3 przez dwóch ekspertów. Zgodnie z (i) obiekt O_1 powinien w ocenie grupowej być na pierwszym miejscu. Jednakże z tabeli 2 wynika, że przy porównaniach parami obiekt O_1 przegrywa stosunkiem głosów 5:4 z obiektami O_2 i O_3. A zatem zgodnie z warunkiem (ii) nie powinien zajmować pierwszego miejsca w ocenie grupowej. Wskaźnik Bordy WB_i, (i=1, 2, 3) jest największy dla obiektu O_2. Obiekt O_2 jest zwycięzcą w sensie Bordy, mimo że nie spełnia warunku (i). W zastosowaniach metody Bordy może również wystąpić zmiana oceny grupowej przy niezmienionych ocenach ekspertów, jeżeli zmianie ulega liczba obiektów. W terminologii angielskiej taki przypadek nosi nazwę *rank reversal*. Przykład takiej sytuacji podaje Nurmi (?).

Uporządkowania czterech obiektów O_1, O_2, O_3, O_4 podane przez siedmiu ekspertów są następujące:

Tabela 3.

Eksperci	1-3	4-5	6-7
Uporządkowania	O_4, O_3, O_2, O_1	O_1, O_4, O_3, O_2	O_2, O_1, O_4, O_3

Rozkład głosów ekspertów podano w tabeli 4.

Tabela 4.

	O_1	O_2	O_3	O_4
O_1	-	2	4	4
O_2	5	-	2	2
O_3	3	5	-	0
O_4	3	5	7	-

$WB_1 = 3{\cdot}2+2{\cdot}2+1{\cdot}0+0{\cdot}3 = 10$

$WB_2 = 3{\cdot}2+2{\cdot}0+1{\cdot}3+0{\cdot}2 = 9$

$WB_3 = 3{\cdot}0+2{\cdot}3+1{\cdot}2+0{\cdot}2 = 8$

$WB_4 \quad 3{\cdot}3+2{\cdot}2+1{\cdot}2+0{\cdot}0 = 15$

A zatem kolejność obiektów ustalona metodą Bordy jest jak następuje: O_4, O_1, O_2, O_3. Załóżmy teraz, że obiekt O_4 zostaje usunięty z uporządkowań. Macierz rozkładu głosów ma w tym przypadku postać:

---

[3] Wskaźnik Bordy definiowany jest następująco: $WB_i = \sum_{j=1}^{n}(n-j)l^i_j$, gdzie i – nr obiektu, j – nr pozycji, l^i_j - liczba ekspertów, którzy umieścili obiekt O_i na pozycji j.

Tabela 5.

	O_1	O_2	O_3
O_1	-	2	4
O_2	5	-	2
O_3	3	5	-

$WB_1 = 2\cdot2+1\cdot2+0\cdot3 = 6$

$WB_2 = 2\cdot2+1\cdot3+0\cdot2 = 7$

$WB_3 = 2\cdot3+1\cdot2+0\cdot2 = 8$

Uporządkowanie obiektów określone wartościami wskaźników Bordy jest następujące: O_3, O_2, O_1; jest więc odwrotne niż w poprzednim przypadku, mimo że preferencje ekspertów pozostały bez zmiany.

Oczywistym postulatem, który powinien być spełniony przy tworzeniu oceny grupowej jest warunek, aby ze zbioru ocen ekspertów usunąć te, które generują paradoks Condorceta, jak i te, które są sobie przeciwstawne, to znaczy takie, jak $O_{i_1}, O_{i_2}, \ldots, O_{i_n}$ oraz $O_{i_n}, O_{i_{n-1}}, \ldots, O_{i_1}$. Rozwiązaniu tego zagadnienia służy zasada dekompozycji ocen ekspertów podana przez D.G. Saari'ego (1995).

Załóżmy, że dane są trzy obiekty O_1, O_2, O_3. W przypadku, gdy nie dopuszczamy możliwości równoważności obiektów mogą wystąpić jedynie następujące typy uporządkowań (w przypadku n obiektów jest n! typów uporządkowań):

Typ1° O_1, O_2, O_3 Typ4° O_3, O_2, O_1

Typ2° O_1, O_3, O_2 Typ5° O_2, O_3, O_1

Typ3° O_3, O_1, O_2 Typ6° O_2, O_1, O_3

Profilem nazywamy wektor $p=(p_1, p_2, \ldots, p_6)$, którego składowe p_i określają liczbę ekspertów, którzy podali uporządkowanie zgodne z typem i. Zazwyczaj składowe te są podawane w postaci znormalizowanej, to znaczy $0 \le p_i \le 1$. Przypadek $p_i=1$ oznacza jednomyślność ekspertów. D.G. Saari (1995) udowodnił, że w rozpatrywanym przypadku profil p można przedstawić w postaci

$$P = b_iB_i + b_jB_j + a_iR_i + a_jR_j + dC + eK, \text{ gdzie}$$

B_i, B_j, $i,j=1, 2, 3, i\neq j$ tak zwane profile bazowe odpowiadające obiektom O_i oraz O_j,

R_i, R_j, $i,j=1, 2, 3, i\neq j$ profile odpowiadające przeciwstawnym typom uporządkowań, związane z obiektami O_i oraz O_j,

C – profil odpowiadający opiniom generującym paradoks Condorceta

K – profil odpowiadający opiniom jednomyślnym,

a_i, b_i, d, e – współczynniki liczbowe, które mogą przyjmować również wartości ujemne.

Załóżmy, że jest dany profil p=(30, 1, 10, 1, 10, 29) [Nurmi (2000b)]. W profilu tym można wyróżnić dwie składowe związane z paradoksem Condorceta.

Pierwsza z nich to $p_1 = (10, 0, 10, 0, 10, 0)$, która odpowiada następującym ocenom:

O_1, O_2, O_3; O_2, O_3, O_1; O_3, O_1, O_2

druga zaś to $p_2 = (0, 1, 0, 1, 0, 1)$,

która odpowiada następującym ocenom:

O_1, O_3, O_2; O_3, O_2, O_1; O_2, O_1, O_3.

Profil p można zatem przedstawić w postaci

$$p = p_1 + p_2 + p_3, \quad \text{gdzie} \quad p_3 = (20, 0, 0, 0, 0, 28).$$

Profil p_3 będzie więc decydować o ocenie grupowej. W tabeli 6 podano macierz rozkładu głosów dla profilu p_3.

Tabela 6.

	O_1	O_2	O_3
O_1	-	20	49
O_2	29	-	49
O_3	0	0	-

Wyznacza ona uporządkowanie O_2, O_1, O_3.

Nie zawsze jednak dekompozycja profilu p jest tak prosta. Bardzo często dekompozycja prowadzi do profili o ujemnych składowych, co nastręcza trudności interpretacyjne. Generalnie analiza profilu p sprowadza się do analizy wartości współczynników stojących przy kolejnych składowych. Im większa jest wartość współczynnika, tym większe jest znaczenie danej składowej. W przypadku, gdy liczba obiektów jest znaczna podobną dekompozycję można również przeprowadzić; jednakże rozważania prowadzące do wyznaczenia postaci składowych B_i, R_i, C oraz wartości współczynników a_i, b_i oraz d są znacznie bardziej skomplikowane. Przewiduje się, że w następnej wersji systemu Mediator plus będzie występować blok dekompozycji, o którym mowa powyżej.

Metodą wyznaczania oceny grupowej, której przypisuje się wiele zalet, jest metoda mediany Kemeny'ego zaproponowana w 1959 r.

Mediana Kemeny'ego, jak udowodniono w pracy Kemeny (1959), jest jedyną funkcją preferencji, która jest symetryczna względem zmiany numeracji obiektów (neutralność), spełnia warunek Condorceta oraz ma własność zgodności.

Własność zgodności definiowana jest jak następuje. Niech P oznacza funkcję preferencji a X, Y dwa podzbiory zbioru uporządkowań ekspertów. Mówimy, że funkcja preferencji ma własność zgodności, jeżeli

$$P(X + Y) = P(X) \cap P(Y), \qquad \text{o ile } P(X) \cap P(Y) \neq \varnothing.$$

Własności mediany Kemeny'ego, możliwe modyfikacje oraz algorytmy jej wyznaczania wyczerpująco omówiono w pracach Bury i in. (1998) i (1999) oraz Bury, Wagner (2000b).

Należy jednak zaznaczyć, że metoda mediany Kemeny'go ma również pewną wadę. Z definicji może ona prowadzić do niejednoznacznych wyników i może się zdarzyć, że zmiana opinii tylko jednego z wielu ekspertów może doprowadzić do zasadniczej zmiany oceny grupowej, co przeczy naturalnemu wymaganiu ciągłości oceny grupowej. W pracy Saari, Merlin (2000) podano interesujący przykład ilustrujący tę cechę mediany Kemeny'ego.

Załóżmy, że mamy opinie 1000 ekspertów dotyczące uporządkowania trzech obiektów O_1, O_2, O_3 przedstawione w tabeli 7.

Tabela 7.

Eksperci	1-400	401-800	801-1000
Uporządkowania	O_1, O_2, O_3	O_3, O_1, O_2	O_2, O_3, O_1

Macierz strat [Bury i in. (1999)] dla tych ocen jest jak następuje:

$$R=\begin{bmatrix} 0 & 400 & 1200 \\ 1600 & 0 & 800 \\ 800 & 1200 & 0 \end{bmatrix}$$

Medianę Kemeny'ego tworzą w tym przypadku dwa uporządkowania:

O_3, O_1, O_2 oraz O_1, O_2, O_3, dla których odległość od zbioru uporządkowań podanych przez ekspertów osiąga wartość minimalną $d=2400$. Warto podkreślić, że w obu tych uporządkowaniach obiekt O_3 zajmuje przeciwstawne pozycje.

Przyjmijmy teraz, że jeden z pierwszych 400 ekspertów zmienił opinię:

Tabela 8.

Eksperci	1-399	400-799	800-1000
Uporządkowania	O_1, O_2, O_3	O_3, O_1, O_2	O_2, O_3, O_1

Macierz strat ma teraz następującą postać

$$R=\begin{bmatrix} 0 & 402 & 1202 \\ 1598 & 0 & 800 \\ 798 & 1200 & 0 \end{bmatrix}$$

W tym przypadku odległość d dla uporządkowania O_1, O_2, O_3, wynosi 2404 a dla uporządkowania O_3, O_1, O_2 d = 2400. Tak niewielka zmiana opinii ekspertów powoduje zmianę oceny grupowej.

Doświadczenie autorów pokazuje, że w przypadku wielu obiektów liczba uporządkowań stanowiących medianę Kemeny'ego może być stosunkowo duża a ponadto uporządkowania te mogą się zasadniczo różnić. Taka sytuacja może utrudniać praktyczne zastosowanie mediany Kemeny'ego do tworzenia ocen grupowych.

Przykład wyznaczenia, przy użyciu systemu **Mediator plus**, oceny grupowej zgodnie z klasyczną definicją mediany Kemeny'ego podano w punkcie 5.

5. Przykład

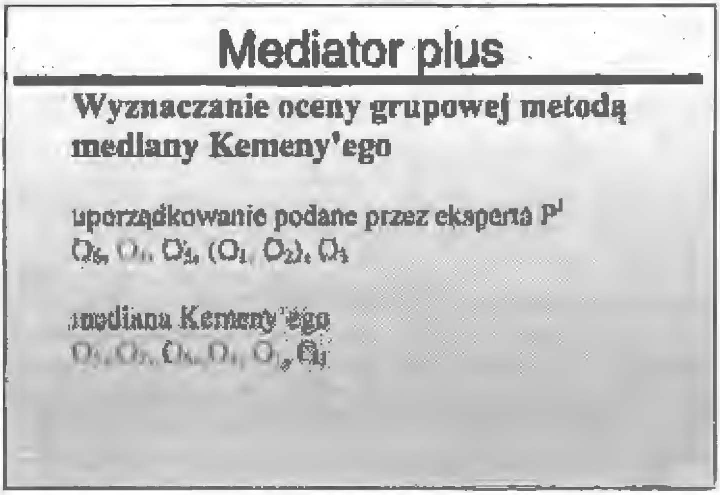
Mamy 11 uporządkowań P^1, P^2, P^3, P^4, P^5, P^6, P^7, P^8, P^9, P^{10}, P^{11} zbioru 6 obiektów O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6, podanych przez zespół ekspertów. W tabeli 9 przedstawiono macierz uporządkowań. Elementy tej macierzy określają miejsce w uporządkowaniu zajmowane przez dany obiekt. Jeżeli w danym wierszu różne obiekty mają przyporządkowane te same liczby, to oznacza, że ekspert uważa te obiekty za równoważne.

Tabela 9.

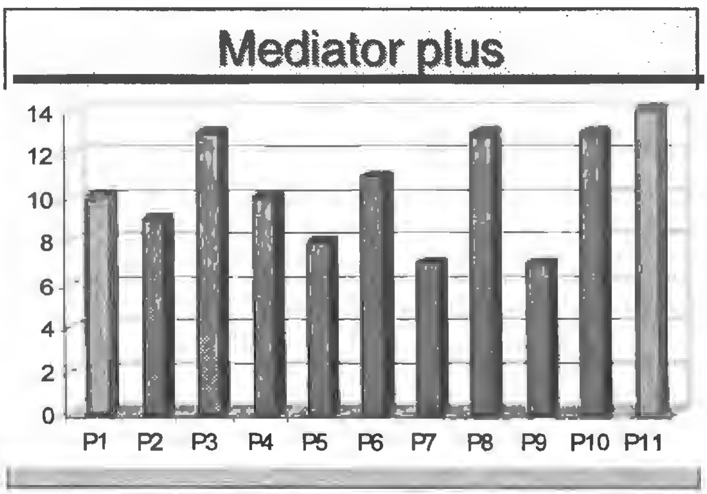
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6
P^1	4	4	5	2	3	1
P^2	2	1	4	3	1	1
P^3	1	2	1	5	4	3
P^4	4	1	2	3	2	1
P^5	4	2	4	1	3	3
P^6	3	1	1	2	1	2
P^7	1	2	4	3	1	3
P^8	2	3	1	1	2	3
P^9	2	3	4	4	1	2
P^{10}	2	3	1	2	2	2
P^{11}	2	1	2	2	3	1

Do wyznaczenia oceny grupowej w systemie **Mediator plus** zastosowano heurystyczny algorytm obliczania mediany Kemeny'go opisany w pracy Bury, Wagner (2000c) i otrzymano następujące uporządkowanie: O_5, O_2, O_6, O_4, O_1, O_3.

Odległość tego uporządkowania od zbioru uporządkowań podanych przez ekspertów wynosi 138. Warto podkreślić, że opisany w literaturze algorytm Litvaka [Litvak (1982)] prowadzi do uporządkowania, dla którego odległość jest większa i wynosi 140.



Odległości uporządkowań podanych przez ekspertów od mediany Kemeny'ego



W tabeli 10 przedstawiono odległości obiektów w uporządkowaniach podanych przez ekspertów od mediany Kemeny'ego

Tabela 10.

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	odległość od MK
P^1	1	2	1	2	2	2	10
P^2	3	1	2	1	0	2	9
P^3	4	0	5	1	3	0	13
P^4	1	1	4	1	1	2	10
P^5	1	0	2	3	2	0	8
P^6	2	1	5	2	0	1	11
P^7	4	0	2	1	0	0	7
P^8	3	1	5	3	1	0	13
P^9	3	1	2	0	0	1	7
P^{10}	3	1	5	2	1	1	13
P^{11}	3	1	4	2	2	2	14

Eksperci P^7 oraz P^9 podali uporządkowania najbardziej zbliżone do oceny grupowej, zaś uporządkowanie podane przez eksperta P^{11} różniło się najbardziej od oceny grupowej.

Uwagi końcowe

Dalsze prace nad systemem **Mediator plus** będą szły z jednej strony w kierunku ulepszenia obsługi systemu przez osobę prowadzącą sesję (poprzez wizualizację wyników, tworzenie raportów cząstkowych i końcowych) z drugiej zaś do systemu będą dołączane pozostał algorytmy wyznaczania oceny grupowej.

Literatura

Black D. (1958) *The Theory of Committees and Elections.* Cambridge University Press, Cambridge, England.

Bury H., Petriczek G., Wagner D. (1998) Porównanie algorytmów wyznaczania oceny grupowej. W: *Modelowanie preferencji a ryzyko'98*, T. Trzaskalik (red.). Wydawnictwo Uczelniane AE w Katowicach.

Bury H., Petriczek G., Wagner D. (1999) Wyznaczanie oceny grupowej metodą mediany Kemeny'ego. W: *Modelowanie preferencji a ryzyko'99*, T. Trzaskalik (red.). Wydawnictwo Uczelniane AE w Katowicach.

Bury H., Wagner D. (2000a) Komputerowe systemy wspomagania pracy grupowej – przykład systemu Mediator plus. W: *Technologie informatyczne w zarządzaniu. Systemy* *wspomagania decyzji*, Studziński J., Drelichowski L., Hryniewicz O., Kacprzyk J. (red.). Polska Akademia Nauk, Instytut Badań Systemowych, Warszawa.

Bury H., Wagner D. (2000b) The use of Kemeny median for group decision making. Integer programming approach. In: *Methods and Models in Automation and Robotics*. Wydawnictwo Uczelniane PS, Szczecin.

Bury H., Wagner D. (2000c) Algorytmy heurystyczne wyznaczania mediany Kemeny'ego. Opracowanie wewnętrzne IBS PAN, Warszawa.

Kemeny J. (1959) Mathematics without numbers, *Daedalus* 88.

Litvak N.G. (1982) *Ekspertnaja informacija. Mietody poluczenija i analiza*. Radio i Swjaz, Moskva.

Nurmi H. (2000a) Decision making in committees: an introductory review. *Center for Business and Policy Studies*, Stockholm.

Nurmi H . (2000b) Some techniques of preference profile analysis. Paper presented at NPÖ – *Meeting on "Power and Fairness"*, Bad Segelberg.

Saari D.G., Merlin V.R. (2000) A geometric examination of Kemeny's rule. *Social Welfare and Choice*, vol. 17.

Saari D.G. (1995) *Basic Geometry of Voting*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Young H.P., Levenglick A. (1978) A consistent extension of Condorcet's election principle. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, vol.35, No 2.

ISSN 0208-8028
ISBN 83-85847-59-6

W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN

ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: bibliote@ibspan.waw.pl